

СХВАЛЕНО

МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

І. Ю. Ненашев

# ФІЗИКА

## 8 ЗБІРНИК ЗАДАЧ

ВИДАВНИЦТВО  
**РАНОК**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Передмова .....                                                                                                             | 2   |
| 1. Відносність руху. Траєкторія. Шлях .....                                                                                 | 3   |
| 2. Швидкість руху. Відносність швидкості.<br>Одиниці швидкості .....                                                        | 6   |
| 3. Середня швидкість .....                                                                                                  | 11  |
| 4. Графіки руху тіла .....                                                                                                  | 16  |
| 5. Період та обертова частота .....                                                                                         | 24  |
| 6. Амплітуда, період і частота коливань .....                                                                               | 26  |
| 7. Звук, його поширення та сприймання людиною.<br>Ультразвук та інфразвук .....                                             | 28  |
| 8. Взаємодія тіл. Інерція .....                                                                                             | 32  |
| 9. Маса як міра інертності тіл. Сила. Додавання сил .....                                                                   | 35  |
| 10. Сила тяжіння. Вага тіла. Невагомість .....                                                                              | 40  |
| 11. Сила пружності. Закон Гука. Динамометри .....                                                                           | 44  |
| 12. Тертя. Сила тертя .....                                                                                                 | 47  |
| 13. Момент сили. Умова рівноваги важеля .....                                                                               | 52  |
| 14. Блоки .....                                                                                                             | 57  |
| 15. Тиск і сила тиску. Одиниці тиску .....                                                                                  | 63  |
| 16. Тиск газів та рідин .....                                                                                               | 67  |
| 17. Закон Паскаля. Сполучені посудини .....                                                                                 | 71  |
| 18. Атмосферний тиск. Барометри.<br>Залежність тиску атмосфери від висоти .....                                             | 78  |
| 19. Манометри. Гідравлічні машини. Насоси .....                                                                             | 83  |
| 20. Виштовхувальна сила. Закон Архімеда .....                                                                               | 87  |
| 21. Плавання тіл .....                                                                                                      | 92  |
| 22. Механічна робота. Одиниці роботи .....                                                                                  | 99  |
| 23. Потужність .....                                                                                                        | 101 |
| 24. Енергія. Закон збереження та перетворення енергії .....                                                                 | 104 |
| 25. Прості механізми. «Золоте правило» механіки.<br>ККД простих механізмів .....                                            | 110 |
| 26. Тепловий стан тіл. Температура та її вимірювання .....                                                                  | 116 |
| 27. Внутрішня енергія. Зміна внутрішньої енергії .....                                                                      | 119 |
| 28. Кількість теплоти, яка йде на нагрівання тіла<br>або виділяється під час його охолодження.<br>Питома теплоємність ..... | 125 |
| 29. Тепловий баланс .....                                                                                                   | 130 |
| 30. Теплота згоряння палива. ККД нагрівника .....                                                                           | 133 |
| 31. Теплові двигуни. ККД теплових двигунів .....                                                                            | 136 |
| 32. Плавлення і кристалізація. Питома теплота плавлення ...                                                                 | 140 |
| 33. Випаровування та конденсація. Питома теплота<br>випаровування .....                                                     | 149 |
| Відповіді, вказівки, розв'язання .....                                                                                      | 156 |
| Додаток .....                                                                                                               | 175 |

## ПЕРЕДМОВА

Пропонований збірник містить задачі для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів України, які покликані формувати в учнів навички розв’язання фізичних задач, і повністю відповідає чинній програмі з фізики (12-річна школа).

Задачі, які подано в посібнику, розташовані за тематичними розділами, що є зручним для використання збірника в рамках календарного планування при викладанні фізики. Задачі кожного параграфа диференційовано за 1—3 рівнями складності (що у цілому відповідає середньому, достатньому та високому рівням навчальних досягнень учнів).

Загальна кількість завдань є досить великою й значно перевищує необхідну. Це дає змогу використати збірник для розв’язання типових задач на уроках, дозволяє підібрати домашні завдання, організувати поточне й тематичне оцінювання або скористатися посібником для самоосвіти.

Практично в кожному розділі, крім різнорівневих задач, є задачі для допитливих (не призначені для контролю рівня навчальних досягнень учнів). Ці задачі стануть у пригоді тим учням, які прагнуть спробувати свої навчальні можливості для розв’язання евристичних та олімпіадних завдань, а вчителю допоможуть підготувати своїх вихованців до участі як у шкільних фізичних олімпіадах, так і змаганнях більш високого рівня.

Збірник має елементи, які роблять роботу вчителя й учня більш продуктивною:

- виділено якісні задачі **?** (вони не потребують письмового розв’язання і допоможуть, наприклад, організовувати мотиваційне фронтальне опитування на початку уроку);
- позначено групи однотипних завдань (першу задачу з цієї групи — її виділено сірим фоном — можна розв’язати в класі колективно, решту — їх узято в рамку — учні за аналогією можуть розв’язувати самостійно на уроці або вдома);
- наведено приклади розв’язання задач.

Автор вдячний учителю фізики Харківського фізико-математичного ліцею № 27 І. М. Гельфгату за зауваження та пропозиції.

# 1. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ. ТРАЄКТОРІЯ. ШЛЯХ

## 1-й рівень складності

- ? 1.1.** Учень під час уроку сидить за партою. Назвіть тіла, відносно яких учень перебуває в спокої, а відносно яких рухається.
- ? 1.2.** Потяг прямує від Вінниці до Львова. Назвіть тіла, відносно яких машиніст потяга рухається, а відносно яких перебуває в спокої.
- ? 1.3.** Учень крокує шкільним коридором разом зі своїми друзями. Назвіть тіла, відносно яких учень рухається, а відносно яких перебуває в спокої.
- ? 1.4.** Щоб дістатися до місця роботи, учитель має їхати автобусом. Відносно яких тіл учитель, їдучи автобусом, рухається, відносно яких перебуває в спокої?
- ? 1.5.** Наведіть приклади прямолінійних рухів.
- ? 1.6.** Наведіть приклади криволінійних рухів.
- ? 1.7.** Прямою ділянкою дороги їде мотоцикліст. Які деталі мотоцикла рухаються відносно Землі по прямолінійних траєкторіях, а які — по криволінійних?
- 1.8.** Їдучи з дому до школи, дівчина долає 250 м, а до музичного театру в тому ж напрямі — 670 м. Який шлях долає дівчина до музичного театру, якщо йде до нього зі школи?
- 1.9.** Відстань від будинку, де мешкає хлопець, до школи, де навчається, дорівнює 420 м. Після уроків, прямуючи повз свою домівку на заняття гуртка технічної творчості, хлопець проходить 770 м. Який шлях долає хлопець, коли повертається з гуртка додому?

## 2-й рівень складності

- ? 1.10.** Ви перебуваєте у вагоні потяга, вікна якого закрито шторами. Гуркоту коліс не чути, і вагон не розгойдується. Чи можна стверджувати, що потяг не рухається? Поясніть, чому.

- ? 1.11.** Усім відомо, що Земля обертається. Поясніть, чому в повсякденному житті ми цього не помічаємо.
- ? 1.12.** Хлопчик, який пливе на плоту річкою, кидає у воду дерев'яну дощечку. Чи випередить дощечка пліт, чи станеться навпаки? Поясніть чому.
- ? 1.13.** Вітрильна яхта заходить у порт. Капітан віддає наказ спустити вітрила. Опишіть траєкторію, за якою рухатиметься вершина трикутного вітрила, з точки зору капітана і з точки зору тих, хто зустрічає на пірсі.
- ? 1.14.** Прямою ділянкою дороги їде мотоцикліст. Якою є траєкторія руху точки обода колеса мотоцикла відносно мотоцикліста?
- ? 1.15.** Пасажир зайшов до автобуса через задні двері, а на наступній зупинці вийшов через передні. Чи однаковий шлях відносно дороги подолали між зупинками автобус та пасажир? Поясніть чому.
- 1.16.** Хлопчик випустив з рук м'яч на висоті 1,5 м, а коли м'яч відскочив від підлоги, спіймав його на висоті 1 м. Який шлях пройшов м'яч? На якій відстані від вихідної точки було спіймано м'яч?
- 1.17.** Під час гри в баскетбол спортсмен кинув м'яч вертикально вгору з висоти 0,5 м, а спіймав на висоті 1,5 м. Який шлях пройшов м'яч, якщо в польоті він підіймався на максимальну висоту 3 м? На якій відстані від вихідної точки було спіймано м'яч?
- ? 1.18.** У романі Жуль Верна діти капітана Гранта, шукаючи батька, пройшли й пропливли по 37-й паралелі понад 10 000 км, увесь час рухаючись (або намагаючись рухатися) по прямій. А чи насправді траєкторією їхнього руху відносно центра земної кулі є пряма?

### 3-й рівень складності

- ? 1.19.** Кран піднімає бочку з бетоном і одночасно пересувається вздовж будівельного майданчика. Накресліть приблизну траєкторію руху бочки відносно: а) кранівника; б) будівельників, які працюють на майданчику.

- ? 1.20.** Будівельний кран піднімає бочку з бетоном і одночасно обертається. Накресліть приблизну траєкторію руху бочки відносно: а) кранівника; б) будівельників, які працюють на майданчику.
- ? 1.21.** Уздовж поручня каруселі, що обертається, рухається хлопчик. Накресліть приблизну траєкторію руху хлопчика відносно Землі, якщо відстань від краю до центра каруселі він здолав за три оберти.
- ? 1.22.** Упоперек палуби судна, яке йде річкою, встановлено тенісний стіл. Два пасажери грають у теніс. Накресліть при спостереженні зверху приблизну траєкторію руху тенісного м'яча відносно берегів, якщо судно йде по прямій.
- ? 1.23.** У перших автомобілях задні колеса були жорстко з'єднані між собою. Чому це викликало швидкий знос покриття під час їзди звивистими дорогами?

#### **Задачі для допитливих**

- 1.24.** Хлопчик зайшов до зали театру ляльок, зупинився біля першого місця першого ряду, на якому сидить його друг, і розгорнув свій білет. Там було зазначено: «10 ряд, 10 місце». Який шлях потрібно пройти хлопчику, щоб потрапити на своє місце? На якій відстані від крісла свого друга сидітиме хлопчик під час вистави?\* Ширина ряду 1 м, ширина крісел — 75 см.
- 1.25.** Відстань від місця розташування полярної станції до Південного полюса дорівнює 200 км. Зі станції вирушила експедиція, якій треба дістатися полюса, повернути праворуч під кутом  $90^\circ$  і пройти ще 200 км. На якій відстані від станції перебуватиме експедиція, коли пройде весь маршрут?
- 1.26.** Пліт пропливав під мостом, коли його обігнав моторний човен. Пройшовши 10 км, човен, не міняючи режиму роботи двигуна, повернув назад до плоту. Під час розвороту між човном і плотом була відстань 9 км. На якій відстані від моста човен знов зустрінеться з плотом?

\* Відповідь на це питання можна отримати, якщо знати теорему Піфагора.

## 2. ШВИДКІСТЬ РУХУ. ВІДНОСНІСТЬ ШВИДКОСТІ. ОДИНИЦІ ШВИДКОСТІ\*

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Автомобіль їде зі швидкістю 108 км/год. Виразіть цю швидкість у метрах за секунду.

*Дано:*

$$v = 108 \text{ км/год}$$

$$v \text{ (м/с)} — ?$$

*Розв'язання*

Для того щоб виразити швидкість у метрах за секунду, потрібно перевести кілометри у метри, а години в секунди.

Отже, 108 км = 108 000 м, а 1 год = 3600 с. Поділивши 108 000 на 3600, ми отримаємо шукану швидкість у метрах за секунду.

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{v\} = \frac{108\,000}{3600} = \frac{108}{3,6} = 30.$$

$$\text{Отже, } v = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\text{Відповідь: } v = 108 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Задача 2.** Автомобіль їхав 40 хв зі швидкістю 144 км/год. Яку відстань проїхав автомобіль?

*Дано:*

$$v = 144 \text{ км/год}$$

$$t = 40 \text{ хв} = \frac{2}{3} \text{ год}$$

$$l — ?$$

*Розв'язання*

Скористаємося формулою швидкості

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

Шлях, який подолав автомобіль, знайдемо за формулою

$$l = vt.$$

Перевіримо одиниці:

$$[l] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{l\} = 144 \cdot \frac{2}{3} = 96.$$

$$\text{Отже, } l = 96 \text{ км}.$$

$$\text{Відповідь: } l = 96 \text{ км}.$$

\* В усіх задачах цього параграфа вважайте рух тіл за рівномірний.



**Задача 3.** По шосе зі швидкістю 72 км/год іде автобус. Його наздоганяє легковий автомобіль, швидкість якого становить 90 км/год. Назустріч автобусу іде трейлер зі швидкістю 48 км/год. З якою швидкістю автобус наближається до трейлера та легкового автомобіля?

*Дано:*

$$v_1 = 72 \text{ км/год}$$

$$v_2 = 90 \text{ км/год}$$

$$v_3 = 48 \text{ км/год}$$

$$v_{12} = ?$$

$$v_{13} = ?$$

*Розв'язання*

Автомобіль і автобус рухаються в одному напрямі, тому швидкість їхнього зближення

$$v_{12} = v_2 - v_1.$$

Трейлер іде назустріч автобусу, тому швидкість зближення автобуса й трейлера

$$v_{13} = v_1 + v_3.$$

Перевіримо одиниці:

$$[v_{12}] = \frac{\text{км}}{\text{год}} - \frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{\text{км}}{\text{год}}, [v_{13}] = \frac{\text{км}}{\text{год}} + \frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{v_{12}\} = 90 - 72 = 18, \{v_{13}\} = 72 + 48 = 120.$$

$$\text{Отже, } v_{12} = 18 \frac{\text{км}}{\text{год}}, v_{13} = 120 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

$$\text{Відповідь: } v_{12} = 18 \frac{\text{км}}{\text{год}}, v_{13} = 120 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

### 1-й рівень складності

**2.1.** Виразіть у кілометрах за годину такі значення швидкості: 0,5 м/с, 3 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с, 100 м/с, 1000 м/с.

**2.2.** Виразіть у метрах за секунду такі значення швидкості: 3,6 км/год, 18 км/год, 36 км/год, 54 км/год, 72 км/год, 90 км/год, 108 км/год, 180 км/год.

**2.3.** Шлях від кар'єру до комбінату вантажівка долає за 30 хв, а на зворотний шлях витрачає 15 хв. У скільки разів порожня вантажівка іде швидше, ніж завантажена?

**2.4.** Спортсмен пробіг стадіоном два круги. Перший круг — за 3 хв, а другий — за 2 хв. У скільки разів збільшив свою швидкість спортсмен на другому кругі?



**2.5.** Літак пролетів 1200 км за 2 год. З якою швидкістю летів літак?

**2.6.** Тенісний м'яч під час змагань пролітає 15 м за півсекунди. З якою швидкістю рухається м'яч?

**2.7.** Потяг іде зі швидкістю 180 км/год. Який шлях він долає за 2 год?

**2.8.** Надзвуковий літак летить зі швидкістю 400 м/с. Яку відстань він пролетить за 5 с?

**2.9.** Велосипедист рухається зі швидкістю 36 км/год. Скільки часу він витратить, щоб проїхати 27 км?

**2.10.** Від станції «Фізика» до станції «Математика» потяг іде зі швидкістю 90 км/год. Скільки часу триває подорож, якщо відстань між станціями становить 60 км?

## 2-й рівень складності

**2.11.** Яка швидкість є більшою: 10 м/с чи 10 км/год?

**2.12.** Яка швидкість є меншою: 72 км/год чи 24 м/с?

**2.13.** Спринтер біжить зі швидкістю 480 м/хв, а хлопчик на велосипеді їде зі швидкістю 27 км/год. Хто з цих спортсменів рухається з більшою швидкістю?

**2.14.** Швидкість надзвукового літака становить 1500 км/год. Чи наздожене його куля, яка летить зі швидкістю 500 м/с?

**2.15.** Пасажир пробіг уздовж двох вагонів пасажирського потяга за 20 с. Скільки часу витратить пасажир, щоб пробігти ще повз сім вагонів?

**2.16.** Сидячі у вагоні потяга, який іде зі сталою швидкістю, хлопчик помітив, що повз вікно за 8 с «проходить» 5 опор електромережі. Скільки опор зможе налічити хлопчик, якщо вести спостереження протягом 46 с?

**2.17.** Літак пролетів 750 км за 1 год 15 хв. З якою швидкістю рухався літак?

**2.18.** Спортсмен пробіг дистанцію 4 км за 8 хв 20 с. З якою швидкістю біг спортсмен?

- 2.19.** Автобус проїхав 1,5 км за 1 хв. Який шлях подолає автобус за 1,5 год?
- 2.20.** Потяг іде зі швидкістю 180 км/год. Який шлях долає потяг за 1 хв?
- 2.21.** Швидкість надзвукового літака становить 400 м/с. За який час літак пролетить 100 км?
- 2.22.** Під час змагань тенісний м'яч летить зі швидкістю 99 км/год. За який час м'яч пролетить 13,75 м?
- 2.23.** Автобус, ідучи зі швидкістю 90 км/год, від передмістя до міста дістався за 20 хв. З якою швидкістю має їхати на велосипеді мешканець передмістя, щоб дістатися до міста за 1 год 30 хв?
- 2.24.** Будівельний підйомник за 2 хв піднімає вантаж на 31-й поверх будинку, що зводиться. З якою швидкістю має рухатися підйомник, якщо відстань між поверхами дорівнює 3 м?
- 2.25.** Під час забігу на іподромі кінь з жокеєм за 1 хв долає ділянку дистанції, уздовж якої розташовано на однаковій відстані 26 стовпчиків. З якою швидкістю біжить кінь, якщо відстань між двома сусідніми стовпчиками становить 30 м?
- ? 2.26.** Потяг повільно їде вздовж перону. Як потрібно рухатися пасажиру в потязі, щоб лишитися нерухомим відносно перону?
- ? 2.27.** Потяг повільно їде вздовж перону. Для чого пасажир, який намагається вскочити на підніжку вагона, перед стрибком рухається поряд з ним?
- 2.28.** По дорозі назустріч один одному їдуть велосипедист і автомобіль зі швидкостями 15 км/год і 65 км/год відповідно. З якою швидкістю вони зближуються?
- 2.29.** По дорозі в одному напрямі їдуть велосипедист та автомобіль зі швидкостями 15 км/год і 65 км/год відповідно. Автомобіль наздоганяє велосипедиста. З якою швидкістю вони зближуються?

### 3-й рівень складності

**2.30.** З якою швидкістю йде локомотив, якщо відстань між 125- і 127-кілометровими стовпчиками він проходить за 1,5 хв? Відповідь дайте у кілометрах за годину та метрах за секунду.

**2.31.** З якою швидкістю їде автомобіль, якщо відстань між 72- та 78-кілометровим стовпчиками він проходить за 2,5 хв? Відповідь дайте у кілометрах за годину та метрах за секунду.

**2.32.** З якою швидкістю йде людина, якщо робить три кроки за 2 с? Довжина кроку становить 80 см. Відповідь дайте в метрах за секунду та кілометрах за годину.

**2.33.** Людина робить 5 кроків за 3 с. Довжина кроку становить 75 см. Скільки часу витратить людина на подолання 6 км 750 м?

**2.34.** Людина йде зі швидкістю 5,4 км/год. Скільки кроків у секунду вона робить? Довжина кроку становить 60 см.

**2.35.** Два зустрічні потяги проходять один повз одного зі швидкостями 48 км/год і 60 км/год відповідно. Пасажир першого потяга помітив, що другий потяг пройшов повз його вікно за 10 с. Яка довжина другого потяга?

### Задачі для допитливих

**2.36.** Пліт пропливав під мостом, коли його обігнав моторний човен, який ішов униз за течією. Через 1 год човен, не міняючи режиму роботи двигуна, повернув назад і за 3 год дістався моста. Через який час після розвороту човен проходив повз міст з плотом?

**2.37.** Хлопчик пройшов  $\frac{2}{5}$  довжини моста, коли почув сигнал автомобіля, який його наздоганяв. Якщо хлопчик побіжить назад, то зустрінеється з автомобілем біля одного краю моста, якщо побіжить уперед — то біля другого. У скільки разів швидкість автомобіля більша від швидкості, з якою біжить хлопчик?

- 2.38.** Капітан катера намагається встановити рекорд зі швидкісного проходження певної дистанції — від місця старту до розвороту і назад до старту. Де зробити це зручніше: на річці чи озері? Доведіть, чому.

### 3. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ

#### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Автомобіль проїхав автострадою 50 км та ґрунтовою дорогою 40 км зі швидкостями 100 км/год і 20 км/год відповідно. Визначити середню швидкість руху автомобіля на всьому шляху.

*Дано:*

$$l_1 = 50 \text{ км}$$

$$v_1 = 100 \text{ км/год}$$

$$l_2 = 40 \text{ км}$$

$$v_2 = 20 \text{ км/год}$$

$$v_{\text{сеп}} — ?$$

*Розв'язання*

Скористаємось визначенням середньої швидкості

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t},$$

де  $l$  — увесь шлях, який пройшло тіло,  
 $t$  — час, за який пройдено весь шлях.

Увесь шлях  $l = l_1 + l_2$ , а час  $t = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}$ .

Остаточно отримуємо для середньої швидкості:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[v_{\text{сеп}}] = \frac{\frac{\text{км} + \text{км}}{\frac{\text{км}}{\text{год}} + \frac{\text{км}}{\text{год}}}}{\frac{\text{км}}{\text{год}}} = \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{v\} = \frac{50 + 40}{\frac{50}{100} + \frac{40}{20}} = \frac{90}{2,5} = 36.$$

Отже,  $v_{\text{сеп}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$

*Відповідь:*  $v_{\text{сеп}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$

**Задача 2.** Два автомобілі одночасно виїхали з міста А до міста В. Перший автомобіль першу половину часу всього шляху їхав зі швидкістю  $v_1$ , а другу — з меншою швидкістю  $v_2$ . Другий автомобіль першу половину шляху їхав зі швидкістю  $v_1$ , а другу — зі швидкістю  $v_2$ . Який з автомобілів доїхав до міста В раніше?

Дано:

$$v_1$$

$$v_2$$

$$t_1 = t_2$$

$$l_1 = l_2$$

$$v_{\text{сеп1}} - v_{\text{сеп2}} \text{ — ?}$$

Розв'язання

Порівнюємо середні швидкості автомобілів. Скористаємось визначенням середньої швидкості

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t}.$$

Для першого автомобіля отримаємо:

$$v_{\text{сеп1}} = \frac{\frac{l_1}{\frac{t}{2}} + \frac{l_2}{\frac{t}{2}}}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{v_1 \cdot \frac{t}{2} + v_2 \cdot \frac{t}{2}}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Для другого автомобіля отримаємо:

$$v_{\text{сеп2}} = \frac{\frac{l}{\frac{t_1 + t_2}{2}}}{\frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}} = \frac{\frac{l}{\frac{t}{2}}}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}.$$

Доведемо, що середня швидкість першого автомобіля більша від середньої швидкості другого автомобіля:

$$\begin{aligned} v_{\text{сеп1}} - v_{\text{сеп2}} &= \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2} = \frac{v_1^2 + 2v_1 \cdot v_2 + v_2^2}{2(v_1 + v_2)} - \frac{4v_1 \cdot v_2}{2(v_1 + v_2)} = \\ &= \frac{v_1^2 - 2v_1 \cdot v_2 + v_2^2}{2(v_1 + v_2)} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2(v_1 + v_2)} > 0. \end{aligned}$$

Отже,  $v_{\text{сеп1}} > v_{\text{сеп2}}$ .

Таким чином, перший автомобіль доїде до міста В раніше, ніж другий.

Відповідь:  $v_{\text{сеп1}} > v_{\text{сеп2}}$ .

## 1-й рівень складності

**3.1.** Спортсмен біжить стадіоном. Перший круг він пробіг зі швидкістю 12 км/год, а другий — зі швидкістю 10 км/год. Яке коло й у скільки разів спортсмен пробігає довше?

**3.2.** Велосипедист проїхав велотреком чотири круги. Перші два круги велосипедист проїхав зі швидкістю 48 км/год, а решту — зі швидкістю 40 км/год. У скільки разів відрізняється час проходження першої і другої половини дистанції?

**3.3.** Мотоцикліст першу половину часу їхав зі швидкістю 100 км/год, а другу — зі швидкістю 80 км/год. У скільки разів відрізняються шляхи, які проїхав мотоцикліст за першу і другу половину часу?

**3.4.** Хлопчик пройшов деякий час зі швидкістю 4 км/год, везучи велосипед у руках, а потім стільки ж часу їхав на велосипеді зі швидкістю 16 км/год. У скільки разів відрізняються шляхи, які пройшов та проїхав хлопчик?

## 2-й рівень складності

**? 3.5.** Кожні 15 хв тіло долає 150 м. Чи можна стверджувати, що тіло обов'язково рухається рівномірно?

**? 3.6.** Опишіть нерівномірний рух, при якому кожні 4 хв тіло проходить 400 м.

**3.7.** Автомобіль проїхав 50 км за 0,5 год, а потім ще 150 км за 2 год. Обчисліть середню швидкість автомобіля на всьому шляху.

**3.8.** Юнак пройшов 3 км за 40 хв, а потім проїхав автобусом 17 км за 20 хв. Обчисліть середню швидкість юнака на всьому шляху.

**3.9.** На перегонах велосипедист проїхав спочатку 15 км зі швидкістю 45 км/год, а потім ще 28 км зі швидкістю 42 км/год. Обчисліть середню швидкість велосипедиста на всій дистанції.

**3.10.** Автомобіль проїхав 45 км зі швидкістю 90 км/год, а потім ще 75 км зі швидкістю 100 км/год. Обчисліть середню швидкість автомобіля на всьому шляху.

- 3.11.** Спортсмен біжить стадіоном. Перший круг він пробіг зі швидкістю 11 км/год, а другий — зі швидкістю 9 км/год. Обчисліть середню швидкість бігуна протягом двох кругів.
- 3.12.** Велосипедист проїхав велотреком чотири круги. Перші два круги він проїхав зі швидкістю 48 км/год, а решту — зі швидкістю 42 км/год. Обчисліть середню швидкість спортсмена на всьому шляху.
- 3.13.** Мотоцикліст першу половину часу їхав зі швидкістю 100 км/год, а другу — зі швидкістю 80 км/год. Обчисліть середню швидкість мотоцикліста на всьому шляху.
- 3.14.** Хлопчик пройшов деякий час зі швидкістю 4 км/год, везучи велосипед у руках, а потім стільки ж часу їхав на велосипеді зі швидкістю 16 км/год. Обчисліть середню швидкість руху хлопчика на всьому шляху.
- 3.15.** Автобус проїхав першу половину часу зі швидкістю 60 км/год. З якою швидкістю автобус їхав другу половину часу, якщо його середня швидкість на всьому шляху становила 50 км/год?
- 3.16.** Автобус проїхав першу половину шляху зі швидкістю 60 км/год. З якою швидкістю автобус їхав другу половину шляху, якщо його середня швидкість на всьому шляху становила 48 км/год?
- 3.17.** Відстань між двома станціями, де курсує електричка, дорівнює 56 км. В один бік електричка їде 1 год 20 хв, а на зворотний шлях витрачає 1 год 10 хв; на кінцевій станції стоїть 10 хв. Визначте середню швидкість електрички на всьому шляху. Якою була б середня швидкість електрички, якби тривалістю зупинки можна було знехтувати?
- 3.18.** Хлопець пробіг 600 м до магазину за 4 хв. Зробивши покупку, він спокійною ходою повернувся додому за 8 хв. Скільки часу провів хлопець у магазині, якщо його середня швидкість становила 3,6 км/год?



### 3-й рівень складності

**3.19.** На перевал туристична група піднімалася зі швидкістю 2 км/год, а спускалася з іншого боку гори зі швидкістю 4 км/год. Якою була середня швидкість групи на всьому шляху, якщо на підйом було витрачено  $\frac{3}{4}$  всього часу?

**3.20.** Катер пройшов річкою від пристані А до пристані В за течією 20 км, а потім, не зупиняючись, повернув назад. На весь шлях було витрачено 2 год. З якою швидкістю катер ішов проти течії, якщо його швидкості вниз за течією та вверх проти течії відрізнялися в 2 рази?

**3.21.** Під час змагань з воєнно-прикладних видів спорту спортсмен повинен пробігти крос та, не гаючи часу, перепливти озеро. З якою швидкістю має бігти спортсмен, щоб побити рекорд, який становить 20 хв? Довжина кросової дистанції становить 4 км, ширина озера — 500 м. Спортсмен біжить у 5 разів швидше, ніж пливе.

**3.22.** Щоб потрапити зі Львова у віддалений куточок Карпат, група туристів проїхала  $\frac{3}{4}$  шляху автомобілем по дорозі, а решту шляху — на конях гірськими стежками. Обчисліть середню швидкість групи, якщо швидкість автомобіля дорівнювала 90 км/год, швидкість коней — 6 км/год.

**3.23.** З міста до передмістя вирушив автобус, але, проїхавши 15 км, зламався. Решту шляху пасажирам довелося йти пішки. Яку відстань пройшли пасажирки, якщо швидкість автобуса становила 60 км/год, швидкість ходьби — 5 км/год, середня швидкість — 16 км/год?

**3.24.** Турист проїхав півшляху на автобусі зі швидкістю 75 км/год, а решту пройшов пішки. Якою була швидкість ходьби туриста, якщо він їхав  $\frac{1}{16}$  всього часу?

- 3.25.** Не чекаючи шкільного автобуса, школяр пішов зі школи додому пішки. На півдорозі його наздогнав автобус і довів додому. З якою швидкістю їхав автобус, якщо школяр ішов  $\frac{9}{10}$  всього часу зі швидкістю 4 км/год?

### Задачі для допитливих

- 3.26.** Хлопчик їхав на велосипеді зі швидкістю 24 км/год, а потім ішов пішки зі швидкістю 4 км/год. Яку частину всього шляху і яку частину всього часу руху хлопчик їхав, якщо за 2 год він подолав 16 км?
- 3.27.** Туристична група йшла рівниною зі швидкістю 3 км/год, піднімалася пагорбом зі швидкістю 2 км/год, потім спускалася униз тією самою стежиною зі швидкістю 6 км/год та знову йшла рівниною до свого табору зі швидкістю 3 км/год. Якою була середня швидкість групи на всьому шляху?
- 3.28.** З воєнного містечка на полігон, який розташований на відстані 12 км, потрібно доставити групу військовослужбовців. Автобус за рейс може взяти тільки півгрупи, пального в баку вистачає на 12 км. За який мінімальний час можна доставити на полігон всю групу, якщо автобус їде зі швидкістю 30 км/год, а військовослужбовці йдуть маршем зі швидкістю 6 км/год?

## 4. ГРАФІКИ РУХУ ТІЛА

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Автобус проїхав 1 год 30 хв зі сталою швидкістю 50 км/год, 30 хв стояв, а потім проїхав ще 1 год зі сталою швидкістю 75 км/год. Побудуйте графіки залежності швидкості й пройденого шляху від часу. За допомогою графіка залежності швидкості знайдіть шлях, який автобус подолав за перші 1,5 год. Обчисліть середню швидкість автобуса на всьому шляху.

Дано:

$$v_1 = 50 \text{ км/год}$$

$$t_1 = 1 \text{ год } 30 \text{ хв} = 1,5 \text{ год}$$

$$v_2 = 0$$

$$t_2 = 30 \text{ хв} = 0,5 \text{ год}$$

$$v_3 = 75 \text{ км/год}$$

$$t_3 = 1 \text{ год}$$

Побудувати

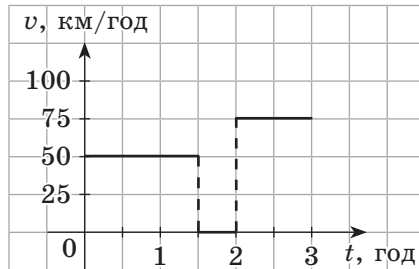
графіки  $v(t)$  і  $l(t)$ ,

$l(1,5 \text{ год})$  — ?

$v_{\text{сер}}$  — ?

Розв'язання

Рух автобуса складається з відрізків шляху, протягом яких він рухався рівномірно. Для кожного такого руху графік залежності швидкості від часу — відрізок, який є паралельним осі  $t$  (див. рисунок).



Графік залежності шляху від часу при рівномірному русі є відрізком прямої, тому графік залежності шляху від часу для автобуса є ламаною, яка складається з прямих відрізків. Кожен відрізок можна побудувати за двома точками. Наприклад, перший відрізок проходить через точки з координатами  $(0; 0)$  і  $(50; 1)$  відповідно. В момент часу 1,5 год перший відрізок закінчується і починається другий, а далі — третій (рис. 1).

Для знаходження шляху, який пройшло тіло, за допомогою графіка залежності швидкості від часу обчислимо площу зарисованої фігури, що розміщується під графіком швидкості (рис. 2).

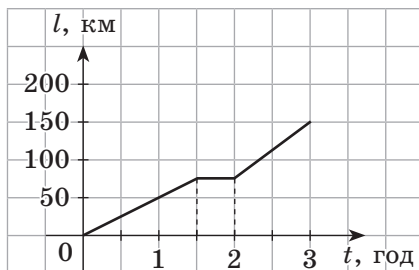


Рис. 1

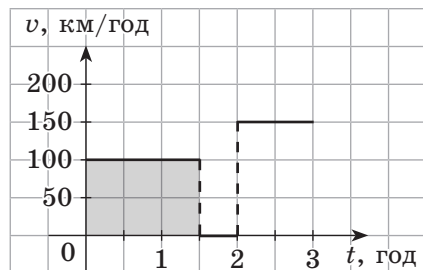


Рис. 2

Площею прямокутника є добуток його «висоти» (50 км/год) і «ширини основи» (1,5 год). Остаточного отримаємо:

$$l(1,5 \text{ год}) = 50 \text{ км/год} \cdot 1,5 \text{ год} = 75 \text{ км}.$$

Аналогічно можна знайти шлях, який автобус подавав за будь-який проміжок часу.

Для знаходження середньої швидкості скористаємося графіком шляху. Увесь шлях дорівнює 150 км, а весь час — 3 год. Отже, для середньої швидкості ми отримаємо:

$$v_{\text{сер}} = \frac{150 \text{ км}}{3 \text{ год}} = 50 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Відповідь:  $l(1,5 \text{ год}) = 75 \text{ км}$ ,  $v_{\text{сер}} = 50 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ .

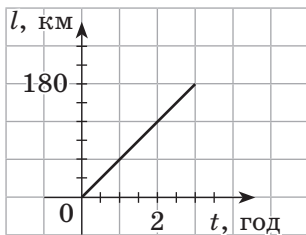
### 1-й рівень складності

**4.1.** Автобус їде зі сталою швидкістю 45 км/год протягом 4 год. Побудуйте графіки залежності швидкості та шляху від часу.

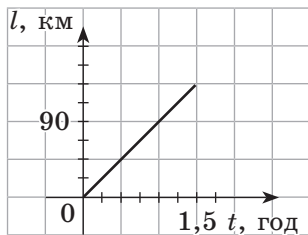
**4.2.** Зі швидкістю 90 км/год легковий автомобіль їде протягом 1,5 год. Побудуйте графіки залежності швидкості та шляху від часу.

**4.3.** На рисунку зображено графік залежності шляху, який пройшов потяг, від часу. З якою швидкістю їде потяг?

**4.4.** На рисунку зображено графік залежності шляху, який подолав автомобіль, від часу. З якою швидкістю їде автомобіль?



До задачі 4.3



До задачі 4.4

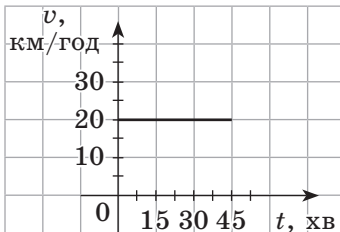
**4.5.** На рисунку зображено графік залежності швидкості, з якою їхав велосипедист, від часу. Який шлях проїде велосипедист за 45 хв?

**4.6.** На рисунку зображено графік залежності швидкості, з якою їде судно, від часу. Яку відстань проїде судно за 15 год?

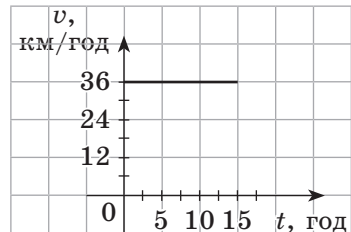
- 4.7.** На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для двох автомобілів. Швидкість якого з автомобілів є більшою? у скільки разів?

## 2-й рівень складності

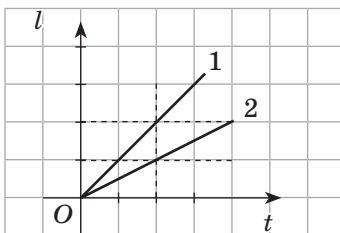
- 4.8.** На рисунку зображено графік залежності шляху, який пройшов потяг, від часу. Побудуйте графік залежності швидкості від часу.
- 4.9.** На рисунку зображено графік залежності шляху, який подолав автомобіль, від часу. Побудуйте графік залежності швидкості від часу.
- 4.10.** На рисунку зображено графік залежності шляху, який проїхав автомобіль, від часу. Побудуйте графік залежності швидкості від часу.



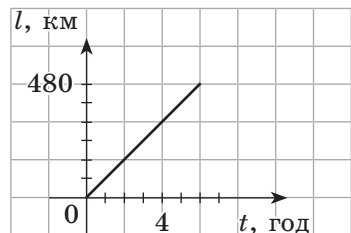
До задачі 4.5



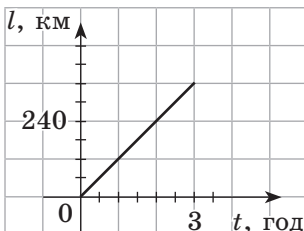
До задачі 4.6



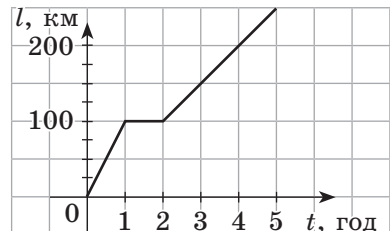
До задачі 4.7



До задачі 4.8



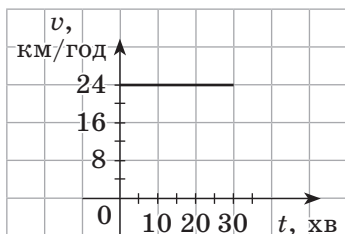
До задачі 4.9



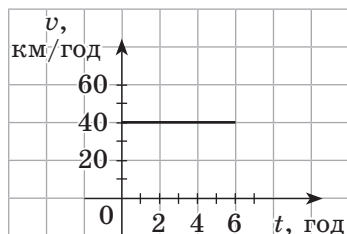
До задачі 4.10

**4.11.** На рисунку зображено графік залежності швидкості, з якою їхав велосипедист, від часу. Побудуйте графік залежності шляху, який проїхав велосипедист, від часу.

**4.12.** На рисунку зображено графік залежності швидкості, з якою йде судно, від часу. Побудуйте графік залежності шляху, який пройшло судно, від часу.

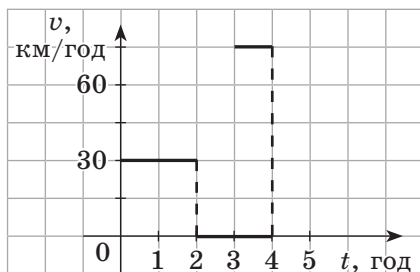


До задачі 4.11



До задачі 4.12

**4.13.** На рисунку зображено графік залежності швидкості від часу для деякого тіла. Побудуйте графік залежності шляху від часу.

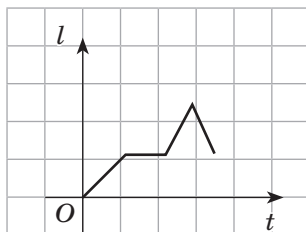


**4.14.** Автобус їхав 1 год зі швидкістю 90 км/год, півгодини стояв та їхав ще 2 год зі швидкістю 60 км/год. Побудуйте графіки залежності шляху та швидкості автобуса від часу. Визначте середню швидкість автобуса.

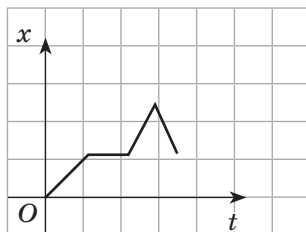
**4.15.** Автомобіль проїхав 120 км зі швидкістю 60 км/год, а потім ще 1 год — зі швидкістю 90 км/год. Побудуйте графіки залежності шляху та швидкості автобуса від часу. Визначте середню швидкість автобуса.

### 3-й рівень складності

- 4.16.** На рисунку наведено графіки залежності від часу шляху  $l$  та відстані тіла від початкової точки  $x$  для двох рухів. У якому з випадків  $a$ ,  $b$  допущено помилку? Обґрунтуйте свою відповідь.



$a$



$b$

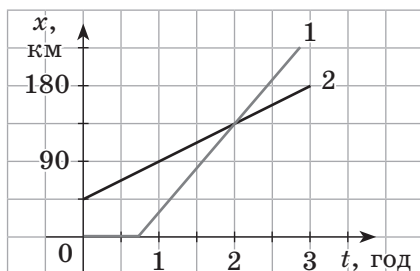
- 4.17.** Від автостанції в одному напрямі одночасно виїхали маршрутне таксі й автобус зі швидкістю 90 км/год і 60 км/год відповідно. Побудуйте графіки залежності шляху від часу для таксі й автобуса. Користуючись графіками, знайдіть відстань між таксі й автобусом через 1 год 40 хв після початку руху.

- 4.18.** Від пристані вниз за течією річки одночасно вийшли моторний човен і катер. Швидкість човна відносно берегів становить 12 км/год, а катера — 24 км/год. Побудуйте графіки залежності шляху від часу для човна і катера. Користуючись графіками, знайдіть відстань між човном і катером через 45 хв після початку руху.

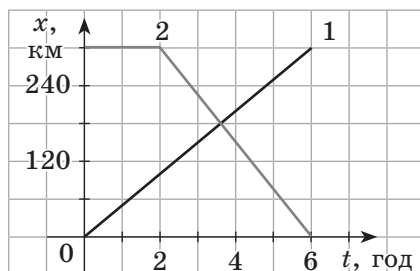
- 4.19.** На рисунку (див. с. 22) зображено графіки залежності від часу відстані  $x$  до міста  $A$  для двох автобусів. Якою була початкова відстань від міста  $A$  для кожного автобуса? Який автобус почав рухатися пізніше? на скільки пізніше? Рухались автобуси в одному напрямі чи в різних? Який з автобусів рухався з більшою швидкістю? З якою швидкістю рухався кожний автобус? На якій відстані від міста  $A$  один з автобусів наздожене другий?

- 4.20.** На рисунку зображено графіки залежності від часу відстані  $x$  до станції  $A$  для двох потягів. Якою була початкова відстань від станції  $A$  для кожного потяга?

Який потяг почав рухатися раніше? на скільки раніше? Рухались потяги в одному напрямі чи в різних? Який із потягів рухався з більшою швидкістю? З якою швидкістю рухався кожний потяг? На якій відстані від вихідного пункту другого потяга вони зустрінуться?



До задачі 4.19



До задачі 4.20

**4.21.** Від автостанції вирушив автобус і попрямував за маршрутом зі швидкістю 75 км/год. Через 40 хв у тому самому напрямі зі швидкістю 100 км/год виїхав міжміський експрес. Побудуйте на одному рисунку графіки залежності шляху від часу для автобуса і експреса. Через який час після початку руху автобуса експрес перебуватиме у 25 км позаду автобуса? Через який час після початку руху експрес наздожене автобус?

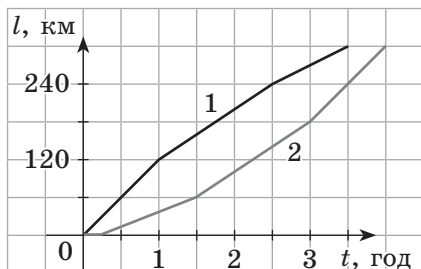
**4.22.** Від станції з інтервалом у 45 хв вирушили товарний і пасажирський потяги. Швидкість товарного потяга становить 60 км/год, а пасажирського — у 1,5 разу більша. Побудуйте на одному рисунку графіки залежності шляху від часу для товарного та пасажирського потягів. На якій відстані від товарного потяга перебуватиме пасажирський через 1 год після початку свого руху? На якій відстані від відправної станції розташований залізничний вузол, на якому пасажирський потяг обійде товарний?

**4.23.** Два потяги прямують від станції в одному напрямку. На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для цих потягів. Який із потягів вирушив раніше? В які інтервали часу потяги наближались

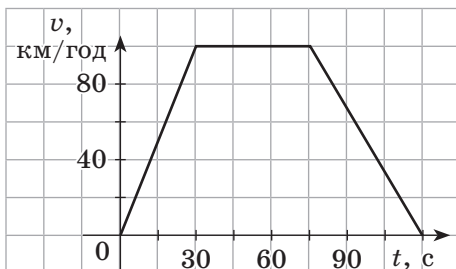


один до одного? Протягом якого часу були нерухомими один відносно одного? З якою найбільшою та найменшою швидкістю рухалися?

- 4.24.** На рисунку наведено графік руху потяга у метро між двома станціями. Визначте максимальну і середню швидкість потяга та відстань між станціями.



До задачі 4.23

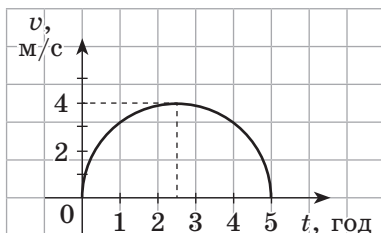


До задачі 4.24

- 4.25.** Мандрівник проплив 2 год на моторному човні озером зі швидкістю 15 км/год, потім пройшов 1 год пішки зі швидкістю 5 км/год. Відпочивши 1 год, він протягом 3 год ішов зі швидкістю 5 км/год і вийшов до залізниці, де 1 год чекав на потяг. Далі мандрівник потягом за 2 год доїхав до відправного пункту. Побудуйте графік залежності шляху від часу  $i$ , користуючись ним, знайдіть середню швидкість руху на всьому шляху.

### Задачі для допитливих

- 4.26.** На рисунку зображено графік залежності швидкості від часу для тіла у вигляді півкола. Якої максимальної швидкості набуває тіло під час руху? Який шлях проходить за весь час руху?



- 4.27.** Електричка проходить шлях між двома станціями за 40 хв. При цьому 10 хв із них вона витрачає на розгін і гальмування, а 30 хв — на рівномірний рух зі швидкістю 90 км/год. Знайдіть відстані між станціями. Вважайте, що швидкість електрички при розгоні та гальмуванні з часом змінювалась лінійно.

## 5. ПЕРІОД ТА ОБЕРТОВА ЧАСТОТА

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Патрон електродриля обертається з частотою 900 об/хв. Скільки обертів здійснює патрон за 1 с? Обчисліть період його обертання.

| Дано:             | Розв'язання                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\nu = 600$ об/хв | Оскільки за 1 хв патрон здійснює 600 обертів, то за 1 с він обертатиметься в 60 разів менше, тобто $\nu = 10$ об/с $= 10$ с <sup>-1</sup> . |
| $T = ?$           |                                                                                                                                             |

Період обертання є обернено пропорційним обертовій частоті:

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

Перевіримо одиниці:

$$[T] = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \text{с}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{T\} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Отже,  $T = 0,1$  с.

**Відповідь:**  $T = 0,1$  с.

### 1-й рівень складності

- ?** **5.1.** Чому дорівнює період обертання секундної стрілки годинника?
- ?** **5.2.** Чому дорівнює період обертання хвилинної стрілки годинника?
- ?** **5.3.** Чому дорівнює обертова частота секундної стрілки годинника?
- ?** **5.4.** Чому дорівнює обертова частота хвилинної стрілки годинника?

- 5.5.** Колесо велосипеда, яке обертається, за 0,5 хв здійснює 90 обертів. З яким періодом обертається колесо?
- 5.6.** Чому дорівнює період обертання гвинта гелікоптера, якщо за 20 с він здійснює 400 обертів?
- 5.7.** З якою частотою обертається барабан пральної машини, якщо за 2 хв він здійснює 1600 обертів?
- 5.8.** Обчисліть обертову частоту вала електродвигуна, якщо він здійснив 500 обертів за 10 с.

### 2-й рівень складності

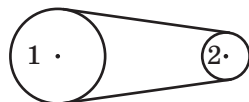
- 5.9.** Вентилятор кондиціонера здійснює один оберт за 0,5 с. З якою частотою він обертається?
- 5.10.** Компакт-диск у CD-приводі здійснює один оберт за 0,01 с. З якою частотою він обертається?
- 5.11.** Вал електродвигуна обертається з частотою 480 об/хв. З яким періодом він обертається?
- 5.12.** Кулер мікропроцесора персонального комп'ютера обертається з частотою 3000 об/хв. З яким періодом він обертається?

### 3-й рівень складності

- ? 5.13.** У скільки разів обертова частота секундної стрілки годинника перевищує обертову частоту хвилинної стрілки?
- ? 5.14.** У скільки разів обертова частота хвилинної стрілки годинника перевищує обертову частоту годинникової стрілки?

### Задачі для допитливих

- 5.15.** Секундна стрілка годинника в 2 рази довша від хвилинної. У скільки разів швидкість кінця секундної стрілки перевищує швидкість кінця хвилинної стрілки?
- ? 5.16.** Радіуси двох коліс, які з'єднано ремінною передачею (див. рисунок), відрізняються в 2 рази.



Перше колесо обертається за годинниковою стрілкою. У якому напрямі обертається друге колесо? Порівняйте період обертання, обертову частоту та швидкість точок ободів обох коліс.

- ? 5.17.** Супутники Марса Фобос і Деймос обертаються навколо нього в один бік. Але ж для спостерігача, що перебуває на Марсі, вони рухаються в різні боки. Чим обумовлений такий загадковий рух супутників?
- 5.18.** Вертикальний паперовий циліндр радіусом 50 см обертається навколо осі зі швидкістю 50 об/с. Із пневматичної гвинтівки по центру бічної поверхні циліндра в горизонтальному напрямі роблять постріл. Куля пробиває циліндр, при цьому в циліндрі виявляється лише один отвір. З якою швидкістю летіла куля?

## 6. АМПЛІТУДА, ПЕРІОД І ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ

### 1-й рівень складності

- 6.1.** Поплавок, який коливається на поверхні води, за 1 хв піднімається й занурюється 40 разів. Чому дорівнює період коливань поплавок?
- 6.2.** Рухи ніг хлопця, який крокує зі сталою швидкістю, можна вважати коливаннями. Визначте період коливань ніг хлопця, якщо за 5 хв він зробив 400 кроків.
- 6.3.** Якою є частота коливань тіла, яке за 10 с здійснює 150 коливань?
- 6.4.** За 2 хв хлопець, який підстрибує на місці, здійснив 180 стрибків. З якою частотою підстрибує хлопець?
- ? 6.5.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо зменшити амплітуду коливань?
- ? 6.6.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо збільшити амплітуду коливань?

- ? 6.7.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо зменшити довжину маятника?
- ? 6.8.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо збільшити довжину маятника?
- ? 6.9.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо зменшити масу тіла, яке прикріплено до нитки?
- ? 6.10.** Як зміняться період та частота малих коливань математичного маятника, якщо збільшити масу тіла, яке прикріплено до нитки?

## **2-й рівень складності**

- ? 6.11.** Період коливань маятника настінного годинника збільшено завдяки подовженню підвісу маятника. Як змінився хід годинника?
- ? 6.12.** Маятником у настінному годиннику слугує тягарець на легкому стрижні, який може коливатися відносно верхньої точки. Куди треба пересунути тягарець, якщо годинник відстає?
- ? 6.13.** Маятниковий годинник узимку винесено з кімнати на вулицю. Як змінився хід годинника?
- 6.14.** Голка швацької машини коливається з періодом 0,25 с. Якою є частота коливань голки?
- 6.15.** Поршні двигуна автомобіля здійснюють коливання з періодом 50 мс. З якою частотою коливаються поршні?
- 6.16.** Ударний вузол перфоратора здійснює коливання з частотою 2,5 Гц. З яким періодом коливається ударний механізм?
- 6.17.** Каретка струминного принтера під час друкування здійснює зворотно-поступальний рух з частотою 0,5 Гц. З яким періодом коливається каретка?
- 6.18.** Амплітуда коливань маятника становить 4 см. Який шлях проходить тіло за два періоди?

**6.19.** Тіло, що коливається, за чотири періоди проходить 16 см. З якою амплітудою коливається тіло?

### 3-й рівень складності

**? 6.20.** Якщо в темряві спостерігати лампочку, яка гойдається на дроті, то можна побачити світну смугу, кінці якої є більш яскравими. Чому краї цієї смуги світліші, ніж середина?

**6.21.** На стіні кают-компанії судна висить годинник, маятник якого коливається з частотою 0,5 Гц. Скільки коливань здійснить маятник за час подорожі судна з Одеси до Маріуполя? Середня швидкість судна дорівнює 15 км/год, відстань між містами — 600 км.

## 7. ЗВУК, ЙОГО ПОШИРЕННЯ ТА СПРИЙМАННЯ ЛЮДИНОЮ. УЛЬТРА- ТА ІНФРАЗВУК

### 1-й рівень складності

**? 7.1.** Які тіла можуть бути джерелом звуку?

**? 7.2.** Що відчує людина, якщо доторкнеться рукою до дзвона, що звучить?

**? 7.3.** Джміль під час польоту гуде набагато басовитіше, ніж бджола. Хто з комах частіше змахує крильцями?

**? 7.4.** Чоловіки, як правило, співають більш низькими голосами, ніж жінки. Хто — чоловіки чи жінки — створюють звукові коливання більшої частоти?

**? 7.5.** Чому ми не чуємо звуки, які видають кажани?

**? 7.6.** Якщо помахати в повітрі рукою, то від її поверхні, що коливається, почнуть поширюватися механічні хвилі. Чому ми їх не чуємо?

**? 7.7.** Чому комара в польоті чути, а метелика — ні?

**? 7.8.** По гітарній струні вдарили спочатку слабо, а потім сильно. Чому в другому випадку гучність звуку є помітно більшою?

- ? 7.9.** Чи можуть звуки поширюватися в рідинах та твердих тілах?
- ? 7.10.** Чи можуть звуки поширюватися у вакуумі?
- ? 7.11.** Чи можна на Землі почути гуркіт від падіння метеорита на Місяць?

## 2-й рівень складності

- ? 7.12.** Чому людина сприймає звуки однакової амплітуди, але різних частот як звуки різної гучності?
- ? 7.13.** Кажани й дельфіни здатні випромінювати та чути ультразвук. Як це допомагає їм орієнтуватися в повній темряві?
- ? 7.14.** Іноді дресирувальники тварин подають сигнали своїм вихованцям за допомогою свистків, звук яких людина не чує. Який секрет криється у цих свистках?
- ? 7.15.** Ультразвукове опромінення застосовується в медицині для лікування вад опорно-рухового апарату людини. Схожий результат отримують, і коли хвора людина плаває разом з дельфінами. Що дозволяє дельфінам «проводити» такі незвичайні лікувальні сеанси?
- ? 7.16.** Автомобільний та залізничний транспорт є джерелом інфразвукових коливань. Чому люди, які мешкають біля залізничних магістралей або трамвайних колій, доволі часто скаржаться на погане самопочуття?
- ? 7.17.** Медузи за декілька годин «чують» наближення шторму і ховаються на глибину. Що стає для них сигналом про наближення шторму?
- ? 7.18.** З якою швидкістю летить куля, якщо до мішені вона долітає в 2 рази швидше, ніж долине звук пострілу? Швидкість звуку в повітрі дорівнює 340 м/с.
- 7.19.** Під час грози перехожий почув гуркіт грому через 8 с після спалаху блискавки. На якій відстані від перехожого йде гроза? Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.
- 7.20.** Хлопчик крикнув «ау» біля розвалин старовинного замку. Луна докотилася до нього за півсекунди.

На якій відстані від стін замку був хлопчик? Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.

**? 7.21.** Чому звучання симфонічного оркестру в концертному залі й на відкритому просторі дуже відрізняються?

**? 7.22.** Завдяки чому хорові співи напрочуд гарно чутно в усіх куточках католицьких середньовічних храмів?

### 3-й рівень складності

**? 7.23.** Якщо прикласти вухо до одного кінця довгої дошки, а по другому легенько вдарити, то можна почути два удари, що сліднують один за одним. Поясніть, чому утворюються два удари.

**? 7.24.** Літак рухається зі швидкістю, яка перевищує швидкість звуку в повітрі. Чи означає це, що в кабіні пілотів не чути, як працює двигун?

**? 7.25.** Космонавт здійснює вихід у відкритий космос біля зовнішньої поверхні космічної станції. Несподівано апаратура радіозв'язку вийшла з ладу. Чи може він передати колезі, який перебуває всередині станції, сигнал про повернення?

**? 7.26.** У склі й повітрі звук поширюється без перешкод. Тоді чому віконні склопакети (два скла і шар повітря між ними) добре захищають оселю від вуличного шуму?

**? 7.27.** Біля злітно-посадкових смуг аеропортів (переважно тих, які розташовані в містах) або автомагістралей можна побачити великі бетонні, пластикові або металеві щити — шумозахисні екрани. Як вони захищають прилеглу територію від шуму?

**? 7.28.** Якщо зануритися в басейн, звуки ззовні стають ледь чутними, а звук від струменя води з підводного крана, через який наповнюється басейн, навпаки — дуже сильним. Чому?



- ? 7.29.** Звук відбився від поверхні скелі. Чи змінилася при цьому частота звукової хвилі?
- ? 7.30.** Чим пояснюються високі звукоізолюючі властивості таких матеріалів, як вата й пінопласт?
- 7.31.** Із гвинтівки здійснено постріл по мішені, яку розташовано на відстані 1020 м. Швидкість, з якою куля наближається до мішені, дорівнює 850 м/с. На скільки раніше куля влучить у мішень, ніж до мішені долине звук пострілу? Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.
- 7.32.** Постріл здійснено керованим реактивним снарядом, який полетів до цілі зі швидкістю 510 м/с. Через який час після пострілу людина, яка зробила постріл, почує звук вибуху снаряда? Ціль розташовано на відстані 10,2 км. Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.

### Задачі для допитливих

- ? 7.33.** Для чого корпуси струнних музичних інструментів (гітари, скрипки, віолончелі тощо) усередині роблять порожніми?
- ? 7.34.** Якщо на кільце натягнути еластичну плівку й вдарити по ній, то можна почути звук. Поясніть, чому звук буде набагато гучнішим, якщо кільце із плівкою надіти на порожній циліндр (як у барабанах).
- 7.35.** Дельфін випромінює короткі імпульси ультразвуку, проміжок часу між якими становить 200 мс. На якій максимальній відстані від дельфіна може бути у воді перешкода, яку він «почує»? Швидкість звуку у воді становить 1500 м/с.
- 7.36.** Система «звуколокації» деяких кажанів настільки досконала, що вони здатні вловити порух плавця дрібної рибки, який виступає лише на 2 мм над поверхнею води. З якою точністю кажани мають визначати час між випроміненням ультразвукового імпульсу і його відбиттям? Швидкість ультразвуку в повітрі становить 340 м/с.

## 8. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. ІНЕРЦІЯ

### 1-й рівень складності

- ? 8.1.** З якими тілами взаємодіє книжка, що лежить на столі?
- ? 8.2.** Чи взаємодіє з якимось тілом птиця, що летить?
- ? 8.3.** Дія яких тіл викликає зміну швидкості волейбольного м'яча під час гри?
- ? 8.4.** Яке явище призводить до того, що обледенілим тротуаром небезпечно пересуватися?
- ? 8.5.** Яке явище призводить до того, що під час різкого гальмування автобуса пасажирів «кидає» вперед?
- ? 8.6.** Судно заходить у порт. Капітан віддає команду «Стоп машина», але судно продовжує рухатися. Прикладом якого фізичного явища є цей випадок?

### 2-й рівень складності

- ? 8.7.** У супермаркетах для зручності покупців біля кас встановлено транспортні стрічки. Поряд з ними часто розміщують надписи з проханням: «Для запобігання биття скляної тари високі пляшки кладіть на стрічку». Чому небезпечно ставити пляшки на стрічку?
- ? 8.8.** Під час транспортування автомобілів або інших габаритних вантажів їх ретельно закріплюють на залізничних платформах. Для чого?
- ? 8.9.** Якщо швидко спускатися сходами, то на поворотах потрібно триматися за поручні. Для чого?
- ? 8.10.** Човняр зупинився на середині озера. До берега недалеко, але весла загублені, а на дні човна є трохи води. Чи почне човен рухатися до берега, якщо посудиною вичерпувати з нього воду? Якщо так, то в який бік її потрібно виливати?
- ? 8.11.** У човні, що нерухомо тримається біля причалу, стоїть хлопчик і збирається зробити крок. Чи однаковими будуть наслідки цього руху у двох випадках: коли хлопчик зробить крок у човні та з човна на причал?

- ? 8.12.** Якщо велосипед під час руху раптово наїде на перешкоду, яка гальмує переднє колесо, то він обов'язково полетить уперед. Чому?
- ? 8.13.** Коли розкривається парашут, його лямки досить сильно смикають парашутиста. Чому?
- ? 8.14.** Якщо автомобіль, що їде першим, різко гальмує, автомобіль, що їде за ним, може не встигнути загальмувати. При цьому водій та пасажир першого автомобіля можуть отримати травми ший. Які конструктивні особливості крісел сучасних автомобілів застосовують для запобігання таких травм?
- ? 8.15.** У стволі рушниці куля рухається під дією газів, які виникають при спалюванні пороху. На кулю, що вилетіла зі ствола, гази перестають діяти, та вона все одно продовжує рухатися. Чому куля рухається після того, як залишає ствол?
- ? 8.16.** Наприкінці XIX — початку XX ст. був популярним такий цирковий трюк. Атлет лягав на підлогу, йому на груди клали важке ковадло і били по ньому молотками. Якби молотками били просто по грудях, то атлет отримав би тяжкі травми, а завдяки ковадлу удари молотками не завдавали ніякої шкоди. Чому?
- ? 8.17.** Ви подорожуєте вночі сучасним автобусом. За вікнами салону суцільна темрява. За якими ознаками можна зрозуміти, що автобус рушає із зупинки? Шуму двигуна не чути.
- ? 8.18.** Коли електричка переїжджає через переїзд, її хитає з боку в бік. Чому в такі моменти пасажирам, які стоять у проході, важко втримати рівновагу?
- ? 8.19.** Автобус повертає праворуч. У який бік «кидає» пасажирів?
- ? 8.20.** Завдяки якому явищу витрушується пил з ковдри? Поясніть, що при цьому відбувається.
- ? 8.21.** Щоб позбавитися пилу у ковдрі, її або витрушують, або вибивають. У чому полягає різниця?

- ? 8.22.** У кузові вантажівки звільнився від кріплення легковий автомобіль. Чи буде він рухатися, якщо вантажівка збільшить швидкість? якщо загальмує? Якщо буде рухатися, то в який бік?

### 3-й рівень складності

- ? 8.23.** Якої форми (приблизно) набуває поверхня бетонного розчину, який перевозять у кузові вантажівки, при розгоні? при гальмуванні? Чому?
- ? 8.24.** Залізничні цистерни з нафтопродуктами для більшої безпеки під час руху заповнюють повністю. Чому цистерна, яку заповнено наполовину, може створити небезпечну ситуацію під час транспортування?
- ? 8.25.** Коли буксирування несправного автомобіля здійснюється на жорсткому зчепленні, то водій у цьому автомобілі не потрібен, а коли буксирування здійснюється на буксирному тросі, водій потрібен і має бути дуже уважним. Чому?
- ? 8.26.** Кальмари, каракатиці та восьминоги плавають завдяки тому, що дуже швидко викидають воду з порожнини свого тіла. Яким чином викидання води дозволяє рухатися цим молюскам? Як збігаються напрямки викиду води та їхнього руху?
- ? 8.27.** Космонавт перебуває на зовнішній поверхні космічної станції і разом зі станцією рухається зі швидкістю 8 км/с. У руках у нього ящик з інструментами. Що космонавт має зробити з ящиком, щоб випередити станцію? відстати від неї?

### Задачі для допитливих

- ? 8.28.** На одній шальці терезів стоїть банка, на дні якої сидить муха. Терези зрівноважено. Чи порушиться рівновага терезів, якщо муха почне літати всередині банки?
- ? 8.29.** Для того щоб зрушити з місця довгий товарний потяг, досвідчені машиністи спочатку трохи пересувають

локомотив назад, а потім рушають уперед. У чому полягає секрет такого способу зрушення з місця?

- ? 8.30.** Якщо у велосипеді прокололася шина заднього колеса й отвір маленький, велосипедисти інколи разом з повітрям накачують у шину воду. Вода не дає виходити повітрю з шини. Але якщо у такий спосіб накачати шину переднього колеса, то керувати велосипедом набагато важче. Чому?
- ? 8.31.** Чи можна назвати рухами за інерцією такі приклади: а) Місяць рухається навколо Землі; б) потяг прямує зі сталою швидкістю прямолінійною ділянкою колії; в) снаряд після пострілу летить у ціль; г) дерев'яний човник коливається на хвилях?

## 9. МАСА ЯК МІРА ІНЕРТНОСТІ ТІЛ. СИЛА. ДОДАВАННЯ СИЛ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** З платформи, яка рухається зі швидкістю 3 м/с, зіскочив хлопчик. У який бік і з якою швидкістю відносно Землі стрибнув хлопчик, якщо його маса становить 50 кг, а маса платформи — 150 кг? Після стрибка платформа зупинилась.

*Дано:*

$$v_1 = 3 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 150 \text{ кг}$$

$$m_2 = 50 \text{ кг}$$

$$v_2 = ?$$

*Розв'язання*

При взаємодії хлопчика і платформи зміни швидкостей тіл є обернено пропорційними їхнім масам:

$$\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{m_2}{m_1},$$

де  $\Delta v_1 = v_1$  — зміна швидкості платформи,  $\Delta v_2 = v_2 - v_1$  — зміна швидкості хлопчика. Для того щоб платформа зупинилась, хлопчик мав стрибнути в напрямку її руху.

Остаточного отримаємо:

$$\frac{v_1}{v_2 - v_1} = \frac{m_2}{m_1}, \quad v_2 = v_1 \left( \frac{m_1}{m_2} + 1 \right).$$

Перевіримо одиниці:

$$[v_2] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \left( \frac{\text{кг}}{\text{кг}} + 1 \right) = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{v_2\} = 3 \cdot \left( \frac{150}{50} + 1 \right) = 12.$$

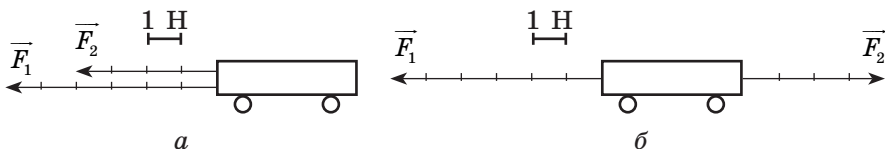
Отже,  $v_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

*Відповідь:* у напрямі руху платформи зі швидкістю  $v_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

**Задача 2.** До візка масою 10 кг прив'язано дві нитки. За них тягнуть у горизонтальному напрямку вздовж однієї прямої з силами 6 Н і 4 Н. Зобразіть на рисунку сили, які прикладено до візка, у масштабі 0,5 см : 1 Н. Знайдіть рівнодійну і вкажіть, як вона впливатиме на швидкість візка.

### Розв'язання

На рисунку нитки прив'язані до візка двома способами: обидві нитки з одного боку (випадок *а*) або з протилежних боків (випадок *б*).



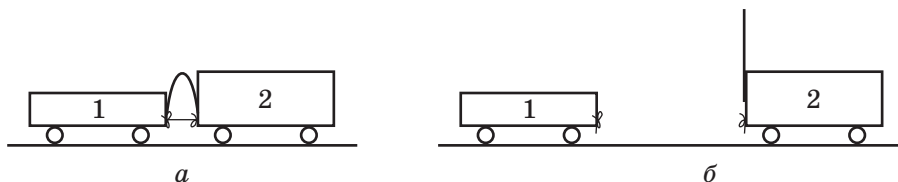
Відповідно і рівнодійна дорівнюватиме  $R_2 = F_1 + F_2 = 10 \text{ Н}$  (у випадку *а*) і  $R_1 = F_1 - F_2 = 2 \text{ Н}$  (у випадку *б*). Отже, під дією рівнодійної візок щосекунди змінюватиме швидкість на  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  і  $0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  відповідно.

*Відповідь:* випадок *а*: 10 Н,  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; випадок *б*: 2 Н,  $0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

### 1-й рівень складності

**? 9.1.** Унаслідок зіткнення дві кульки, які рухалися назустріч одна одній, зупинилися. Яка з кульок має меншу масу і в скільки разів, якщо початкова швидкість першої кульки дорівнювала 2 м/с, а другої — 1 м/с?

**? 9.2.** Два візки, які стоять на столі, з'єднано стиснутою за допомогою нитки пружиною (див. рисунок). Коли нитку перепалили, пружина розпрямила і розштовхала візки. Який із візків має більшу масу і в скільки разів, якщо перший з них набув швидкості 50 см/с, а другий — 10 см/с?



**? 9.3.** Камінь лежить на землі і діє на неї із силою в 50 Н, яка напрямлена вертикально вниз. Зобразіть цю силу на рисунку.

**? 9.4.** Хлопець тягне на себе ручку зачинених дверей із силою в 20 Н. Зобразіть цю силу на рисунку.

## 2-й рівень складності

**9.5.** З нерухомої рушниць зроблено постріл кулею масою 50 г у горизонтальному напрямі. З якою швидкістю рухатиметься після пострілу рушниця, якщо її маса становить 5 кг, а швидкість кулі — 500 м/с?

**9.6.** Перебуваючи в нерухомій байдарці, турист у напрямі берега кинув зі швидкістю 2 м/с важкий рюкзак. Унаслідок кидка байдарка набула швидкості 20 см/с. Якою є маса байдарки з туристом, якщо маса рюкзака 10 кг?

**9.7.** По рейках назустріч один одному рухаються два залізничні вагони зі швидкостями відповідно 0,2 м/с і 0,5 м/с. Маса першого вагона дорівнює 80 т. Якою є маса другого вагона, якщо після зчеплення вагони зупиняються?

**9.8.** Назустріч одна одній рухаються зі швидкостями відповідно 40 см/с і 20 см/с дві пластилінові кульки. Маса першої з них становить 20 г. Якою є маса другої кульки, якщо після зіткнення вони зупинилися?

**? 9.9.** Весляр, налягаючи на весла, упирається ногами в спеціальний упор у човні. З якою силою весляр діє на упор, якщо гребе одночасно обома веслами й прикладає до кожного з них силу 500 Н? Відповідь поясніть за допомогою рисунка.

- ? 9.10.** Чоловік діє на підлогу із силою 800 Н. З якою силою чоловік діятиме на підлогу, якщо візьме в руки вантаж, який у свою чергу діє на чоловіка із силою 200 Н? Відповідь поясніть за допомогою рисунка.
- ? 9.11.** Судно пливе на захід зі сталою швидкістю. Куди напрямлена рівнодійна?
- ? 9.12.** Судно вирушає від причалу, набираючи швидкість. Куди напрямлена рівнодійна?
- ? 9.13.** Судно, яке пливе озером, вимкнуло двигуни. Куди напрямлена рівнодійна?

### 3-й рівень складності

- ? 9.14.** Досвідчені гравці в більярд у разі влучного удару «в лоб» змушують нерухому більярдну кулю, на яку накочується інша куля, рухатися з тією самою швидкістю. Як буде «поводитися» після удару куля, що накочується?
- ? 9.15.** З нерухомою залізничною платформою стикається вагон такої маси, що і платформа. Після зіткнення вагон зупиняється. З якою швидкістю почне рухатися платформа, якщо швидкість вагона становить 1 м/с?
- 9.16.** На залізничній станції вагон масою 60 т, який рухався на захід зі швидкістю 0,3 м/с, зчепився з двома такими самими вагонами, що стояли на рейках нерухомо. У який бік і з якою швидкістю почали рухатися вагони після зчеплення?
- 9.17.** На нерухому кулю масою 2 кг налетіла інша — масою 1 кг. Менша куля рухалася зі швидкістю 3 м/с і після зіткнення відлетіла назад зі швидкістю 1 м/с. З якою швидкістю після зіткнення почала рухатися більша куля?
- 9.18.** Порожній залізничний вагон котився зі швидкістю 1 м/с та після зіткнення з навантаженою платформою почав рухатися зі швидкістю 0,6 м/с у зворотному напрямі. Навантажена платформа в результаті удару набула швидкості 0,4 м/с. З якою швидкістю рухалися б вагон і платформа, якби при ударі спрацювало автозчеплення?



- 9.19.** Людина зіскакує з платформи, що рухається зі швидкістю  $3 \text{ м/с}$ , так, що стає нерухомою відносно Землі. З якою швидкістю буде рухатися платформа після стрибка людини? Маса платформи в  $1,5$  разу більша за масу людини.
- 9.20.** З рушниць здійснюється постріл у дерев'яний брусок. З якою швидкістю рухатиметься брусок, якщо куля, пробиваючи брусок, зменшить швидкість з  $300 \text{ м/с}$  до  $100 \text{ м/с}$ ? Маса бруска дорівнює  $500 \text{ г}$ , маса кулі —  $50 \text{ г}$ .
- ? 9.21.** Перетягуючи канат, обидві команди діють на нього із силами  $800 \text{ Н}$  — кожна у свій бік. Як «поводиться» канат? Зобразіть на рисунку сили, що діють на канат з боку команд. Чому дорівнює рівнодійна сил, які діють на канат?
- ? 9.22.** Хлопець тягне на себе ручку дверей класної кімнати, які намагаються відкрити однокласники, із силою  $100 \text{ Н}$ . З якою силою ручка діє на руки хлопця? Зобразіть на рисунку сили, що діють на ручку з боку хлопця та дверей. Чому дорівнює рівнодійна цих сил?
- 9.23.** Два горизонтальні канати прив'язані до автомобільного причепа. Канати чіпляють до тягачів, які тягнуть їх із силами  $3 \text{ кН}$  та  $5 \text{ кН}$ . Визначте межі значення рівнодійної цих двох сил. Відповідь поясніть за допомогою рисунка.
- 9.24.** До тіла вдовж однієї прямої прикладені три сили, що дорівнюють відповідно  $20 \text{ Н}$ ,  $30 \text{ Н}$  і  $50 \text{ Н}$ . Чому може дорівнювати рівнодійна цих сил? Спробуйте знайти всі можливі варіанти. Відповідь поясніть за допомогою рисунка.

### Задачі для допитливих

- 9.25.** На нерухомий кам'яний куб налітає куля й відскакує від нього зі швидкістю, що є в  $3$  рази меншою за початкову. У скільки разів відрізняються маси куба й кулі, якщо під час зіткнення куб набув швидкості, яка в  $3$  рази менша за початкову швидкість кулі?

**9.26.** На горизонтальній ділянці по рейках назустріч один одному рухаються два залізничні вагони. Після зчеплення вагони рухаються зі швидкістю 2 м/с у напрямі руху першого вагона. З якою швидкістю рухався до зчеплення другий вагон, якщо перший мав швидкість 12 м/с. Маса першого вагона в 1,5 рази більша, ніж маса другого.

**? 9.27.** Останніми роками було відкрито близько 200 планет поза Сонячною системою. Відкривають планети, спостерігаючи «погойдування» зорі. Чому такий спосіб дає тим кращі результати, чим більш масивною є планета?

## 10. СИЛА ТЯЖІННЯ. ВАГА ТІЛА. НЕВАГОМІСТЬ\*

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Хлопчик масою 40 кг стоїть у нерухомому ліфті. Якою є сила тяжіння та вага хлопця? Якими будуть ці сили, якщо ліфт буде рухатися зі сталою швидкістю?

Дано:

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_{\tau 1} \text{ — ?}$$

$$P_1 \text{ — ?}$$

$$F_{\tau 2} \text{ — ?}$$

$$P_2 \text{ — ?}$$

*Розв'язання*

Сила тяжіння, що діє на хлопчика, в обох випадках є однаковою і залежатиме тільки від тяжіння Землі:

$$F_{\tau 1} = F_{\tau 2} = mg.$$

У випадку, коли хлопчик нерухомо стоїть у нерухомому ліфті, вага хлопчика дорівнюватиме силі тяжіння  $P_1 = mg$ .

У випадку, коли ліфт рухатиметься, вага хлопчика також дорівнюватиме силі тяжіння. Той факт, що ліфт рухається зі сталою швидкістю, свідчить, що сили, які діють на хлопчика, не змінилися, а отже, й сила, з якою хлопчик діє на підлогу ліфта, не змінилася. Ця сила і є вагою  $P_2 = mg$ .

$$\text{Перевіримо одиниці: } [F_{\tau 1}] = [F_{\tau 2}] = [P_1] = [P_2] = \text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

\* В усіх задачах цього та наступних параграфів вважайте  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ .

Визначимо числові значення шуканих величин:

$$\{F_{\tau 1}\} = \{F_{\tau 2}\} = \{P_1\} = \{P_2\} = 40 \cdot 10 = 400.$$

Отже,  $F_{\tau 1} = F_{\tau 2} = P_1 = P_2 = 400 \text{ Н}$ .

Відповідь:  $F_{\tau 1} = F_{\tau 2} = P_1 = P_2 = 400 \text{ Н}$ .

**Задача 2.** З якою силою діє на підлогу десятилітрове сталеве відро, яке наполовину наповнене олією? Маса відра дорівнює 1 кг.

Дано:

$$V = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ол}} = 0,5V$$

$$\rho_{\text{ол}} = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$m_{\text{в}} = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$P = ?$

Розв'язання

Сила, з якою відро тисне на підлогу, є вагою. Оскільки відро нерухоме, то

$$P = (m_{\text{в}} + m_{\text{ол}})g.$$

Масу олії можна знайти через густину та об'єм:

$$m_{\text{ол}} = \rho_{\text{ол}} \cdot V_{\text{ол}} = 0,5\rho_{\text{ол}} \cdot V.$$

Остаточню отримаємо:

$$P = (m_{\text{в}} + 0,5\rho_{\text{ол}} \cdot V)g.$$

Перевіримо одиниці:

$$[P] = \left( \text{кг} + \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \right) \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

Визначимо числові значення шуканих величин:

$$\{P\} = (1 + 0,5 \cdot 800 \cdot 0,01) \cdot 10 = 50.$$

Отже,  $P = 50 \text{ Н}$ .

Відповідь:  $P = 50 \text{ Н}$ .

### 1-й рівень складності

**10.1.** Чи притягує Сонце тіла, що перебувають на поверхні Землі?

**10.2.** Чи притягує Землю м'яч, який підкинув хлопець?

**10.3.** Хлопець сидить за партою. На яке тіло діє сила тяжіння хлопця? його вага?

**10.4.** Камінь лежить на дорозі. На яке тіло діє сила тяжіння каменя? його вага?

**10.5.** Яка сила тяжіння діє на дівчину масою 50 кг?

**10.6.** Яка сила тяжіння діє на автомобіль масою 800 кг?

**10.7.** Чому дорівнює вага хлопця, якщо його маса становить 60 кг?

**10.8.** Якою є вага велосипеда, якщо його маса дорівнює 16 кг?

## 2-й рівень складності

**? 10.9.** Чи з однаковою силою притягує Сонце тіла, що перебувають на поверхні Землі, протягом доби?

**? 10.10.** Чи з однаковою силою притягує Земля космонавта на космодромі та під час його польоту на космічній станції?

**? 10.11.** До якого тіла прикладена вага мухи, що літає?

**? 10.12.** До якого тіла прикладена вага тенісної кульки, яка плаває у відрі з водою?

**? 10.13.** Чи перебуває у стані невагомості тополиний пух, який навесні і влітку літає в повітрі?

**? 10.14.** Із телерепортажів з борту орбітальної станції можна помітити, що рухи космонавтів нагадують рухи аквалангістів під водою. Чи можна з цього зробити висновок, що аквалангісти також перебувають у стані невагомості?

**? 10.15.** На шпальтах газет іноді можна натрапити на таку інформацію: у космосі спостерігається невагомість через відсутність дії тяжіння Землі. Чи справді це так? Сформулюйте правильно причину виникнення невагомості.

**? 10.16.** У романі Жуль Верна «З гармати на Місяць» для учасників польоту стан невагомості настав у той момент, коли тяжіння Землі зрівноважилося тяжінням Місяця. Чи згодні ви з автором, що невагомість під час такого польоту наступить тільки на дуже короткий проміжок часу?

**? 10.17.** Визначте, у якому з випадків тіло перебуває в невагомості: а) тенісний м'яч плаває на поверхні води; б) риба плаває в озері; в) сокіл злітає у височінь;

г) повітряна кулька піднімається в небо; д) сталеву кульку вислизнула з рук.

**10.18.** Якою є маса тіла, на яке діє сила тяжіння  $350\text{ Н}$ ?

**10.19.** Тіло якої маси важить  $200\text{ Н}$ ?

**10.20.** Автомобіль масою  $4\text{ т}$  має вантажопідйомність  $8\text{ т}$ . Скільки важить порожній автомобіль та повністю завантажений?

**10.21.** З якою силою діє хлопець на підлогу, коли тримає в руках повне п'ятилітрове відро з водою? Маса хлопчика становить  $43\text{ кг}$ , маса відра —  $2\text{ кг}$ .

**10.22.** Яка сила тяжіння діє на алюмінієвий кубик з ребром завдовжки  $10\text{ см}$ ?

**10.23.** Якою є вага сталевго кубика з ребром завдовжки  $40\text{ см}$ ?

**10.24.** Чому дорівнює об'єм алюмінієвої деталі, якщо її вага становить  $540\text{ Н}$ ?

### 3-й рівень складності

**? 10.25.** Яблуко, що падає з гілки, набуває швидкості завдяки притяганню до Землі. А чи набуває Земля швидкості завдяки притяганню до цього яблука?

**? 10.26.** Пасажир підняв з палуби корабля сталеву гайку і кинув у воду. Гайка опустилась на дно річки. Чи однаковою буде сила тяжіння, що діє на гайку на палубі корабля та на дні річки?

**? 10.27.** Дерев'яну кульку кинули спочатку у воду, а потім у масло. Чи змінилась при цьому сила тяжіння, що діє на кульку?

**? 10.28.** Тенісний м'яч кинули спочатку у відро з водою, а потім — з гасом. Чи однаковою буде вага м'яча у воді та гасі?

**? 10.29.** Як змінюється сила тяжіння та вага дівчинки, яка стрибає через скакалку в спортивній залі?

**? 10.30.** Атлет відштовхнувся від помосту, підстрибнув і, на мить зупинившись, схопився за атлетичні кільця. Чи перебував атлет хоча б мить у стані невагомості?

## 11. СИЛА ПРУЖНОСТІ. ЗАКОН ГУКА. ДИНАМОМЕТРИ\*

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** До пружини завдовжки 8 см підвісили тягарець масою 100 г. Пружина видовжилася до 12 см. Тягарець якої маси потрібно підвісити до пружини, щоб її довжина дорівнювала 9 см?

*Дано:*

$$l_1 = 8 \text{ см}$$

$$l_2 = 12 \text{ см}$$

$$l_3 = 9 \text{ см}$$

$$m_1 = 100 \text{ г}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$m_2 = ?$$

*Розв'язання*

Скористаємося законом Гука. Тоді для двох випадків, які описано у задачі:

$$F_1 = kx_1 \text{ і } F_2 = kx_2,$$

де  $F_1 = m_1 g$  — вага першого тягарця,  $x_1 = l_2 - l_1$  — деформація пружини в першому випадку,  $F_2 = m_2 g$  — вага другого тягарця,  $x_2 = l_3 - l_1$  — деформація пружини в другому випадку.

Далі отримаємо:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{x_2}{x_1}, \quad \frac{m_2 g}{m_1 g} = \frac{l_3 - l_1}{l_2 - l_1}, \quad m_2 = m_1 \frac{l_3 - l_1}{l_2 - l_1}.$$

Перевіримо одиниці:  $[m_2] = \text{г} \frac{\text{см} - \text{см}}{\text{см} - \text{см}} = \text{г}.$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{m_2\} = 100 \frac{9 - 8}{12 - 8} = 25.$$

Отже,  $m_2 = 25 \text{ г}.$

*Відповідь:*  $m_2 = 25 \text{ г}.$

### 1-й рівень складності

**11.1.** При розтягуванні пружини на 6 см виникає сила пружності 1,8 Н. Яка сила виникає внаслідок розтягування цієї пружини на 2,5 см?

**11.2.** Щоб стиснути пружину на 6 см, треба прикласти силу 120 Н. Яку силу треба прикласти до пружини, щоб стиснути її на 4,5 см?

\* Розв'язуючи задачі цього параграфу, вважайте, що при деформації тіл виконується закон Гука, якщо іншого не вказано в умові.

**11.3.** Жорсткість пружини становить  $25 \text{ Н/м}$ . Яку силу потрібно прикласти до пружини, щоб стиснути її на  $2 \text{ см}$ ?

**11.4.** Жорсткість пружини становить  $40 \text{ Н/м}$ . Яка сила пружності виникає в пружині, якщо її розтягнути на  $1,5 \text{ см}$ ?

## 2-й рівень складності

**11.5.** На скільки скоротиться довжина пружини, якщо її стискати із силою  $20 \text{ Н}$ ? Жорсткість пружини становить  $400 \text{ Н/м}$ .

**11.6.** На скільки видовжилася пружина, якщо під час її деформації виникла сила пружності  $80 \text{ Н}$ ? Жорсткість пружини становить  $1 \text{ кН/м}$ .

**11.7.** До пружини, один кінець якої закріплено в штативі, підвісили тягарець масою  $150 \text{ г}$ . На скільки видовжилася пружина, якщо її жорсткість становить  $30 \text{ Н/м}$ ?

**11.8.** На пружину зверху помістили вантаж масою  $1 \text{ кг}$ . На скільки стиснулася пружина, якщо її жорсткість становить  $500 \text{ Н/м}$ ?

**11.9.** До пружини, один кінець якої закріплено в штативі, підвісили вантаж. При цьому пружина видовжилася на  $4 \text{ см}$ . Якою є маса вантажу, якщо жорсткість пружини становить  $200 \text{ Н/м}$ ?

**11.10.** Хлопчик розтягує гумову стрічку, прикладаючи до її кінців сили  $20 \text{ Н}$  кожна. Яка сила пружності виникає у стрічці? На скільки розтягується стрічка, якщо її жорсткість становить  $800 \text{ Н/м}$ ?

**11.11.** Довжина шкали шкільного динамометра дорівнює  $10 \text{ см}$ . Межа вимірювання динамометра —  $4 \text{ Н}$ . Чому дорівнює жорсткість пружини динамометра?

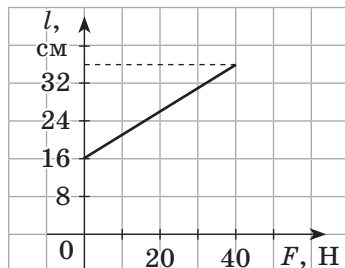
**11.12.** Ціна поділки шкали динамометра —  $0,2 \text{ Н}$ . Відстань між двома сусідніми рисками на шкалі дорівнює  $5 \text{ мм}$ . Чому дорівнює жорсткість пружини динамометра?

### 3-й рівень складності

**11.13.** Чи завжди при збільшенні сили, яка розтягує пружину, у стільки ж разів збільшується її деформація?

**11.14.** Пружину стискають на 2 см силою 4 кН. У скільки разів потрібно збільшити силу, що стискає пружину, для того, щоб пружина скоротилась ще на 3 см?

**11.15.** На рисунку наведено графік залежності довжини пружини від значення сили, що розтягує пружину. Яка сила пружності виникає в пружині, якщо вона видовжена на 12 см? 17 см?



**11.16.** Унаслідок підвішування тягарця масою 500 г пружина розтягнулася на 10 см. Із пружини виготовили динамометр. При градуюванні на шкалу динамометра нанесли поділки, відстань між якими становить 0,5 см. Якою буде ціна поділки отриманого динамометра?

**11.17.** Виконуючи лабораторну роботу з градуювання динамометра, учень 8 класу з'ясував, що в разі підвішування до пружини тягарця масою 2 кг вона видовжується на 8 см. Якою має бути відстань між поділками на шкалі динамометра, щоб ціна поділки становила 0,5 Н/под?

### Задачі для допитливих

**11.18.** Щоб пружина видовжилася до 15 см, потрібно прикласти силу 45 Н, а до 18 см — 72 Н. Визначте довжину пружини в недеформованому стані.

**11.19.** Пружину спочатку розтягнули до довжини 16 см силою 16 Н, а потім стиснули силою 8 Н до 10 см. Якою буде довжина пружини, якщо стискувати її силою 6 Н?



## 12. ТЕРТЯ. СИЛА ТЕРТЯ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** На скільки видовжиться пружина жорсткістю 100 Н/м, якщо за її допомогою дерев'яний брусок масою 2 кг рівномірно та прямолінійно тягнуть по поверхні стола? Коефіцієнт тертя між бруском і столом дорівнює 0,4. Пружина весь час розміщена горизонтально.

*Дано:*

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,4$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$x = ?$$

*Розв'язання*

Брусок рухається рівномірно. Це свідчить про те, що сила пружності пружини компенсується силою тертя ковзання між бруском та поверхнею стола:

$$F_{\text{пруж}} = F_{\text{тертя}}.$$

Відповідно сили пружності й тертя

$$F_{\text{пруж}} = kx, \quad F_{\text{тертя}} = \mu mg.$$

Остаточного отримаємо:

$$kx = \mu mg, \quad x = \frac{\mu mg}{k}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці: } [x] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{\frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{x\} = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 10}{100} = 0,08.$$

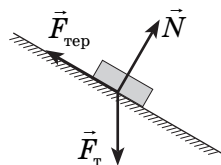
Отже,  $x = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ см}$ .

*Відповідь:*  $x = 8 \text{ см}$ .

**Задача 2.** На похилій площині розміщено нерухоме тіло. Зобразіть на рисунку всі сили, що діють на тіло.

*Розв'язання*

На тіло (див. рисунок) з боку Землі діє сила тяжіння  $\vec{F}_t$ , яка напрямлена вертикально вниз; з боку похилої площини — сила пружності  $\vec{N}$ , яка напрямлена перпендикулярно до поверхні площини, а також сила тертя спокою  $\vec{F}_{\text{тер}}$ , яка напрямлена



вгору вздовж поверхні площини. Тіло за умовою перебуває у спокої, отже рівнодійна сил  $\vec{F}_T$ ,  $\vec{N}$  і  $\vec{F}_{\text{тер}}$  дорівнює нулю.

### 1-й рівень складності

- ? 12.1.** На горизонтальному столі стоїть монітор. Чи діє на нього сила тертя?
- ? 12.2.** Із дерев'яної стіни стирчить цвях. Чи діє на нього сила тертя?
- ? 12.3.** По горизонтальному столу, прикладаючи силу, тягнуть брусок. Чи діє на нього сила тертя?
- ? 12.4.** Яка сила заважає витягувати цвях із дошки?
- 12.5.** Уздовж поверхні стола, прикладаючи горизонтальну силу 20 Н, рівномірно тягнуть брусок. Чому дорівнює сила тертя, що діє при цьому на брусок?
- 12.6.** Сила тертя ковзання між санчатами й горизонтальною дорогою дорівнює 40 Н. З якою мінімальною силою потрібно діяти на санчата, щоб вони рівномірно рухалися по дорозі?
- 12.7.** Вага портфеля дорівнює 30 Н, коефіцієнт тертя між портфелем і партою — 0,4. Якою є максимальна сила тертя спокою між портфелем і партою?
- 12.8.** Книжка тисне на стіл із силою 10 Н. Якою є максимальна сила тертя спокою між книжкою і столом, якщо коефіцієнт тертя між ними дорівнює 0,3?

### 2-й рівень складності

- ? 12.9.** Яка сила, що діє між підошвами взуття та тротуаром, допомагає нам безпечно рухатися?
- ? 12.10.** Чому шовкові шнурки постійно розв'язуються?
- ? 12.11.** Що означає дорожній знак «Обережно, слизька дорога» (див. рисунок)?
- ? 12.12.** Чому правила дорожнього руху вимагають від водіїв у разі використання ними взимку коліс із шипами розміщати на задньому склі автомобіля знак у вигляді великої літери «Ш» (див. рисунок)?

- ? 12.13.** Чому, щоб зменшити силу тертя ковзання, поверхні тіл змащують?
- ? 12.14.** Чому важко писати крейдою по мокрій дошці?



До задачі 12.11



До задачі 12.12

- ? 12.15.** Щоб перевірити, чи є горизонтальною поверхня стола, на неї достатньо покласти, наприклад, кульку з підшипника або тенісну. Як кулька допомагає перевірити горизонтальність стола?
- 12.16.** Виконуючи лабораторну роботу, учень рівномірно тягне вздовж поверхні стола брусок із тягарцями загальною масою 200 г, прикладаючи за допомогою динамометра горизонтальну силу. Знайдіть коефіцієнт тертя між бруском і столом, якщо динамометр показує 0,6 Н.
- 12.17.** По горизонтальному столу рівномірно тягнуть ящик масою 12 кг. Яку мінімальну силу вздовж стола потрібно при цьому прикладати? Коефіцієнт тертя між ящиком і столом дорівнює 0,2.

### 3-й рівень складності

- ? 12.18.** У шахтах на окремих ділянках вугілля переміщують за допомогою транспортерів. Чи діє сила тертя на грудки вугілля, якщо вони рухаються зі сталою швидкістю на горизонтальній ділянці? під кутом вгору?
- ? 12.19.** Хлопець утримує ручку між пальцями. Яку природу має вага ручки?
- ? 12.20.** Чому може дорівнювати сила тертя між ящиком і підлогою, якщо дві горизонтальні сили 100 Н та 200 Н не можуть зрушити ящик з місця?

- ? 12.21.** Чи може сила тертя зрушити книжку, яка лежить на столі?
- ? 12.22.** Для того щоб змінити швидкість тіла, до нього потрібно прикласти силу. Яка сила змушує ящик, який лежить у кузові вантажівки, змінювати швидкість разом з автомобілем? Бортів кузова ящик не торкається.
- ? 12.23.** Автомобіль їде по дорозі. Допомогає чи заважає йому рухатися сила тертя?
- ? 12.24.** Яка сила розганяє автомобіль? Розгляньте випадки: а) колеса автомобіля не проковзують; б) колеса автомобіля проковзують.
- ? 12.25.** У вантажному автомобілі ведучими є задні колеса. Де в кузові вантажівки треба розмістити вантаж, щоб на слизькій дорозі автомобіль легше рушав з місця: ближче до кабіни чи заднього борта?
- ? 12.26.** Щоб тягти важкий товарний потяг, локомотив має бути якомога легшим чи важчим?
- ? 12.27.** Під які колеса автомобіля, що застряг в калюжі, — задні чи передні — треба підкладати гілки?
- ? 12.28.** Навіщо бігуни на короткі дистанції взувають взуття з шипами?
- ? 12.29.** Під час перепилювання дерев'яних колод пилку іноді «закушує». Чому це трапляється?
- ? 12.30.** Чому в'язку речовину (смоли, вершкове масло, пластилін тощо) легше різати тонким міцним натягнутим дротом, ніж ножем?
- ? 12.31.** Похилою площиною за допомогою пружини вгору рівномірно піднімають візок. Зобразіть на рисунку всі сили, що діють на цей візок.
- ? 12.32.** Візок рухається вздовж похилої площини вниз. Зобразіть на рисунку всі сили, що діють на цей візок.
- ? 12.33.** За допомогою динамометра учень намагається зрушити з місця калькулятор, який лежить на горизонтальній парті. Сила, яку показує динамометр,

поступово збільшується. На позначці  $2\text{ Н}$  калькулятор почав рухатися. Як змінювалася сила тертя між калькулятором і партою? Як рухатиметься калькулятор, якщо динамометр показуватиме  $2,5\text{ Н}$ ? Якою при цьому буде сила тертя?

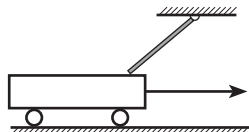
- ? 12.34.** По горизонтальному столу за допомогою динамометра рівномірно тягнуть брусок. Динамометр показує  $4\text{ Н}$ . Яка сила тертя діє на брусок? Як рухатиметься брусок, коли динамометр показуватиме  $1\text{ Н}$ ?  $5\text{ Н}$ ?
- ? 12.35.** Рибалка витягує на берег човен. Чому в міру того, як човен витягається, рибалці потрібно докладати все більших зусиль?
- 12.36.** По горизонтальному столу за допомогою динамометра рівномірно тягнуть брусок вагою  $10\text{ Н}$ . Динамометр показує  $2\text{ Н}$ . На брусок встановлюють тягарець масою  $500\text{ г}$ . Якими будуть показання динамометра, якщо брусок знов рухається рівномірно?
- 12.37.** Брусок масою  $2\text{ кг}$  за допомогою пружини жорсткістю  $50\text{ Н/м}$  рівномірно тягнуть уздовж стола. Чому дорівнює видовження пружини, якщо коефіцієнт тертя між бруском і столом становить  $0,25$ ?

### Задачі для допитливих

- ? 12.38.** На бібліотечному столі лежить стовпчик із чотирьох однакових підручників. Що легше зробити: витягти другий знизу підручник, притримуючи решту, чи потягти на себе два верхні підручники, також притримуючи решту? У скільки разів легше?
- 12.39.** Тягач масою  $5\text{ т}$  не може зрушити з місця сани з вантажем через проковзування коліс. Коли на тягач поклали додатковий тягар у  $1\text{ т}$ , то він зміг зрушити сани. Якою є маса саней, якщо коефіцієнт тертя поверхні коліс і полозів саней об поверхню дороги дорівнює  $0,2$ ?
- 12.40.** Потяг масою  $6000\text{ т}$  рівномірно рухається горизонтальною ділянкою залізниці. Якою має бути маса тепловоза, щоб забезпечити цей рівномірний рух?

Коефіцієнт тертя спокою коліс об рейки дорівнює 0,15, а коефіцієнт опору рухові — 0,002.

- ? 12.41.** Жорсткий стрижень, який шарнірно закріплено за верхній кінець, нижнім кінцем спирається на візок (див. рисунок). У разі спроб зрушити візок праворуч він залишається на місці, яке б зусилля ми до нього не приклали. Визначте причину такої «поведінки» візка.



### 13. МОМЕНТ СИЛИ.

#### УМОВА РІВНОВАГИ ВАЖЕЛЯ\*

##### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** До важеля підвішено три тягарці (див. рисунок). Чому дорівнює маса другого тягарця, якщо маси першого та третього становлять відповідно 4 кг і 1 кг? Важіль перебуває в рівновазі.



Дано:

$$m_1 = 4 \text{ кг}$$

$$m_3 = 1 \text{ кг}$$

$$l_1 = 4a$$

$$l_2 = 2a$$

$$l_3 = 6a$$

$$m_2 = ?$$

Розв'язання

Унаслідок того, що до важеля прикріплено три тіла, для розв'язування задачі ми не можемо використати умову рівноваги у вигляді  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$  (умову в такому вигляді можна використовувати у випадку, коли до важеля прикладено дві сили).

Тому скористаємося правилом моментів:

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0,$$

де  $M_1 = m_1 g l_1$ ,  $M_2 = -m_2 g l_2$ ,  $M_3 = -m_3 g l_3$  — моменти сил тяжіння, що діють на тягарці 1, 2 і 3 відповідно (знак «+» або «-» враховує напрям можливого обертання важеля під дією від-

\* В усіх задачах цього параграфу вагу важеля не враховуйте, якщо не зазначено іншого.

повідних сил), а  $l_1 = 4a$ ,  $l_2 = 2a$ ,  $l_3 = 6a$  — плечі цих сил ( $a$  — довжина «одиничного відрізка»).

Переписавши правило моментів, отримаємо:

$$m_1 g l_1 - m_2 g l_2 - m_3 g l_3 = 0, \quad 4m_1 g a - 2m_2 g a - 6m_3 g a = 0.$$

Остаточнo отримаємо:

$$2m_1 - m_2 - 3m_3 = 0, \quad m_2 = 2m_1 - 3m_3.$$

Перевіримо одиниці:  $[m_2] = \text{кг} - \text{кг} = \text{кг}$ .

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{m_2\} = 2 \cdot 4 - 3 \cdot 1 = 5.$$

Отже,  $m_2 = 5$  кг.

*Відповідь:*  $m_2 = 5$  кг.

**Задача 2.** На довге плече циркової підкидної дошки на відстані 3 м від осі обертання стала гімнастка вагою 500 Н. На якій відстані від осі обертання на коротке плече дошки мають стати два асистенти загальною вагою 1500 Н, щоб урівноважити дошку?

*Дано:*

$$l_1 = 3 \text{ м}$$

$$P_1 = 500 \text{ Н}$$

$$P_2 = 1500 \text{ Н}$$

$$l_2 = ?$$

*Розв'язання*

Скористаємося умовою рівноваги важеля:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}, \text{ або } \frac{P_1}{P_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

$$\text{Для шуканої відстані отримаємо: } l_2 = l_1 \frac{P_1}{P_2}.$$

Перевіримо одиниці:  $[l_2] = \text{м} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = \text{м}$ .

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{l_2\} = 3 \cdot \frac{500}{1500} = 1.$$

Отже,  $l_2 = 1$  м.

*Відповідь:*  $l_2 = 1$  м.

### 1-й рівень складності

**13.1.** До лівого плеча важеля завдовжки 20 см прикладено вертикально вниз силу 60 Н. Яку силу прикладено вертикально вниз до правого плеча, довжина якого дорівнює 30 см? Важіль перебуває в рівновазі.

**13.2.** Важіль має плечі завдовжки 50 см і 90 см. Більша з двох вертикальних сил, які діють на важіль,

дорівнює 180 Н. Чому дорівнює друга сила, якщо важіль перебуває в рівновазі?

**13.3.** До лівого плеча важеля завдовжки 50 см прикладено вертикально вниз силу 120 Н. Визначте довжину правого плеча, якщо до нього прикладено вертикально вниз силу 300 Н. Важіль перебуває в рівновазі.

**13.4.** До кінців важеля прикладено вертикально вниз сили 150 Н і 250 Н. Коротке плече важеля дорівнює 30 см. Якою є довжина довгого плеча? Важіль перебуває в рівновазі.

**13.5.** Вага другого вантажу (див. рисунок) становить 40 Н. Якою є вага першого? Важіль перебуває в рівновазі.



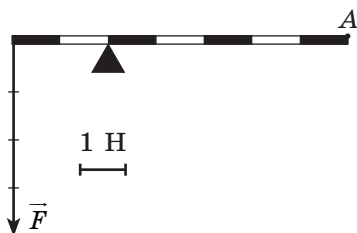
**13.6.** Маса першого вантажу становить 5 кг (див. рисунок). Якою є маса другого вантажу? Важіль перебуває в рівновазі.



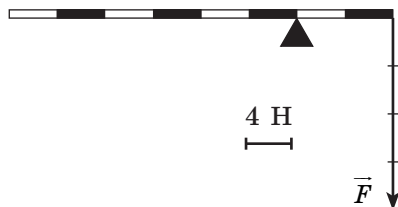
## 2-й рівень складності

**13.7.** У якому напрямі і яку вертикальну силу треба прикласти в точці А, щоб важіль перебував у рівновазі (див. рисунок)?

**13.8.** У якій точці і в якому напрямі треба прикласти вертикальну силу 8 Н (див. рисунок), щоб важіль перебував у рівновазі?



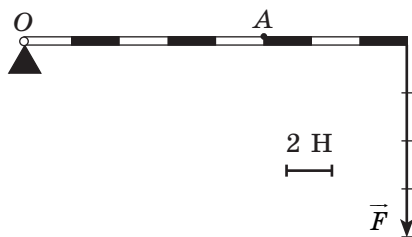
До задачі 13.7



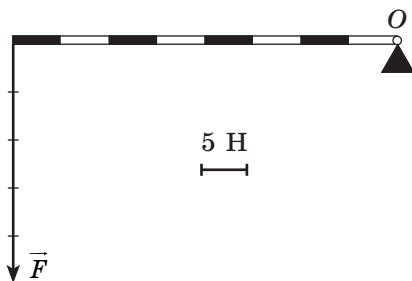
До задачі 13.8



- 13.9.** У якому напрямі і яку вертикальну силу треба прикласти в точці  $A$ , щоб важіль перебував у рівновазі (див. рисунок)? Вісь важеля розміщується в точці  $O$ .



- 13.10.** У якій точці і в якому напрямі потрібно прикласти вертикальну силу  $50\text{ Н}$ , щоб важіль перебував у рівновазі? Вісь важеля розміщується в точці  $O$  (див. рисунок).



### 3-й рівень складності

- 13.11.** Якою є маса кожного з вантажів (див. рисунок)? Загальна маса вантажів становить  $50\text{ кг}$ .



- 13.12.** Якою є маса кожного з вантажів (див. рисунок), якщо один із них важчий від другого на  $160\text{ Н}$ ?



- 13.13.** Важіль являє собою жорсткий стрижень завдовжки  $1,75\text{ м}$ , до кінців якого прикладено вертикально

вниз дві сили 300 Н і 750 Н. Де потрібно встановити підпорку під стрижень, яка б відігравала роль осі обертання важеля?

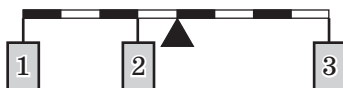
**13.14.** До кінців важеля підвішено два вантажі масою 24 кг та 9 кг. На якій відстані від середини важеля потрібно розмістити опору, щоб важіль перебував у рівновазі? Довжина важеля дорівнює 165 см.

**13.15.** До кінців важеля прикладено напрямлені вниз сили 36 Н і 12 Н. Точка опори розташована на 10 см ближче до одного з кінців важеля. Яка довжина важеля, якщо він перебуває у рівновазі?

**13.16.** Важіль являє собою жорсткий стрижень завдовжки 2 м, один із кінців якого спирається на край стола. На відстані 50 см від краю на стрижні висить вантаж масою 50 кг. Де і в якому напрямі потрібно прикласти до важеля вертикальну силу 125 Н для того, щоб він перебував у рівновазі?

**13.17.** Якщо ящик підвішено до лівого плеча нерівноплечого важеля, то його зрівноважують, підвішуючи до правого плеча вантаж масою 6 кг. Якщо ж ящик підвішено до правого плеча важеля, то його зрівноважують, підвішуючи до лівого плеча вантаж масою 24 кг. Яку масу має ящик?

**13.18.** Маса другого вантажу становить 2 кг, маса третього — 6 кг (див. рисунок). Якою є маса першого вантажу?



### Задачі для допитливих

**13.19.** Маса першого вантажу становить 10 кг, маса другого — 2 кг (див. рисунок). Якою є маса важеля?

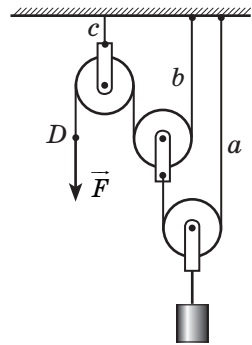


- 13.20.** Щоб виміряти масу лінійки, на один з її кінців поклали тягарець масою 15 г і встановили на круглий олівець, який лежить на столі. Лінійка займає горизонтальне положення і не торкається поверхні стола, відстань від вільного краю лінійки до олівця становить  $\frac{2}{3}$  її довжини. Обчисліть масу лінійки.
- 13.21.** Дошка масою 20 кг лежить, спираючись краями на дві підставки. З якою силою вона діє на підставки, якщо на дошку поставлено відро з фарбою масою 15 кг на відстані, що дорівнює  $\frac{1}{5}$  довжини дошки від її середини?
- 13.22.** Якщо діяти на високу шафу горизонтальною силою біля ніжок, то вона ковзатиме по підлозі. Якщо ж на шафу подіяти горизонтальною силою біля верхнього краю, то вона, скоріше за все, перекинеться. Чим пояснюється така «поведінка» шафи?

## 14. БЛОКИ\*

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** На рисунку зображено систему блоків, до яких підвішений вантаж масою 100 кг. Скільки в ній рухомих блоків і скільки нерухомих? Якою силою  $F$  можна утримати систему блоків у рівновазі? Чому дорівнює сила натягу мотузку  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ? Який виграш у силі дає система блоків? На яку висоту опуститься точка  $D$ , якщо вантаж підніметься на 50 см?



\* В усіх задачах цього параграфу вагою блоків і тертям знехтуйте, якщо не зазначено іншого.

Дано:

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$h = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F — ?$$

$$F_a — ?$$

$$F_b — ?$$

$$F_c — ?$$

$$\frac{mg}{F} — ?$$

$$h_D — ?$$

Розв'язання

Система блоків складається з двох рухомих і одного нерухомого блоків.

Рухомий блок, до якого підвішено вантаж, дає виграш у силі в 2 рази, отже,

$$F_a = \frac{mg}{2}.$$

Рухомий блок, до якого підвішено мотузку  $a$ , також дає виграш у силі в 2 рази, отже,

$$F_b = \frac{mg}{4}.$$

Через нерухомий блок перекинута мотузку  $b$ . Тому

$$F_c = 2F_b = \frac{mg}{2}.$$

До точки В підвішено мотузку  $b$ . Сила  $F$  і є силою натягу цієї мотузки, і вона в 4 рази менша за вагу вантажу

$F = F_b = \frac{mg}{4}$ . У скільки разів ми отримуємо виграш у силі, у стільки разів програємо у відстані:  $h_D = \frac{mg}{F} h$ .

Перевіримо одиниці:

$$[F_a] = \text{кг} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}, [F_b] = \text{кг} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н},$$

$$[F_c] = \text{кг} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}, [F] = \text{кг} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н},$$

$$[h_D] = \frac{\text{Н}}{\text{Н}} \text{м} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

$$\{F_a\} = 0,5mg = 500, \{F_b\} = 0,25mg = 250,$$

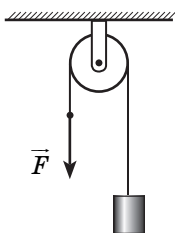
$$\{F_c\} = 0,5mg = 500, \{F\} = 0,25mg = 250.$$

$$\{h_D\} = \frac{mg}{0,25mg} h = 2.$$

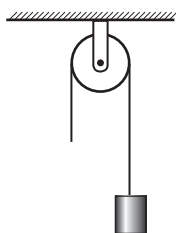
**Відповідь:** система блоків складається з двох рухомих і одного нерухомого блоків; виграш у силі становить 4,  $F_a = 500 \text{ Н}$ ,  $F_b = 250 \text{ Н}$ ,  $F_c = 500 \text{ Н}$ ,  $F = 250 \text{ Н}$ ,  $h_D = 2 \text{ м}$ .

## 1-й рівень складності

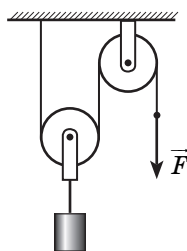
- ? 14.1. Яку силу  $F$  треба прикласти, щоб підняти вантаж масою 70 кг за допомогою блока, який зображено на рисунку?
- ? 14.2. Вантаж підняли на 2 м за допомогою блока, який зображено на рисунку. На скільки опустився лівий кінець мотузки?
- ? 14.3. Який виграш у силі дає система блоків, яку зображено на рисунку?
- ? 14.4. Яку силу потрібно прикласти до вільного кінця мотузки (див. рисунок), якщо вага вантажу становить 400 Н?
- ? 14.5. На скільки підніметься вантаж (див. рисунок), якщо вільний кінець мотузки опуститься на 72 см?



До задачі 14.1



До задачі 14.2



До задач 14.3–14.5

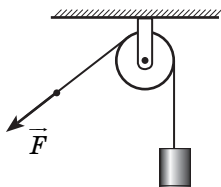
## 2-й рівень складності

- ? 14.6. З якою метою використовують нерухомі блоки? Чи дають вони виграш у силі? Наведіть приклади їх застосування.
- ? 14.7. З якою метою використовують рухомі блоки? Чи дають вони виграш у силі? Наведіть приклади їх застосування.
- ? 14.8. З якою метою рухомий блок частіше використовують у комбінації з нерухомим?
- ? 14.9. Вантаж рівномірно піднімають (див. рисунок с. 60). Порівняйте силу натягу мотузки  $F$ , яку перекинута через нерухомий блок, з вагою вантажу. Розгляньте випадки, коли в осі блока немає тертя і коли воно є.

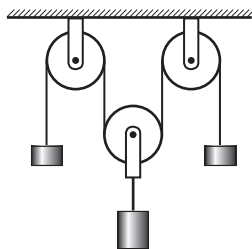
- ? 14.10.** Вантаж рівномірно опускають (див. рисунок). Порівняйте силу натягу мотузки  $F$ , яку перекинута через нерухомий блок, з вагою вантажу. Розгляньте випадки, коли в осі блока немає тертя і коли воно є.
- ? 14.11.** Система блоків перебуває в рівновазі (див. рисунок). Порівняйте вагу центрального та крайніх вантажів.
- 14.12.** Накресліть систему блоків, яка дає вигреш у силі в 4 рази.

### 3-й рівень складності

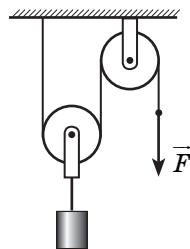
- 14.13.** Яку силу треба прикласти, щоб підняти вантаж масою 200 кг за допомогою рухомого і нерухомого блоків (див. рисунок), якщо маса рухомого блока становить 5 кг? Тертя в осях відсутнє.
- 14.14.** Вантаж якої маси піднімають за допомогою системи рухомого і нерухомого блоків (див. рисунок) із силою  $F$ , що дорівнює 150 Н, якщо маса рухомого блока становить 5 кг? Тертя в осях відсутнє.
- ? 14.15.** Чи може рухомий блок дати вигреш у переміщенні? Чи буде при цьому вигреш у силі? Відповідь поясніть за допомогою рисунка.



До задач 14.9,  
14.10, 14.21



До задачі 14.11

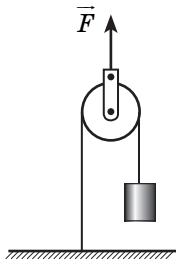


До задач 14.13, 14.14

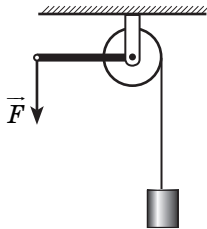
- ? 14.16.** Вантаж піднімають на мотузці, яка перекинута через невагомий рухомий блок (див. рисунок), прикладаючи до осі блока вгору силу  $F = 200$  Н. Якою є маса вантажу?
- 14.17.** На рисунку зображено коловорот, який складається з ручки і блока, жорстко з'єднаних одне з одним. Вантаж якої маси можна піднімати за допомогою

цього коловорота, прикладаючи силу 100 Н? Довжина ручки коловорота у 4 рази більша, ніж радіус блока.

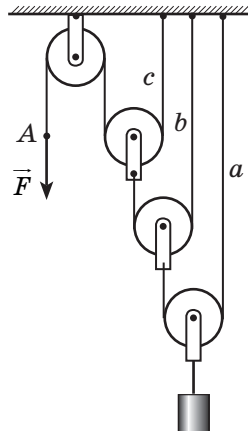
- 14.18.** Який виграш у силі дає система блоків, яку показано на рисунку? Чому дорівнює сила натягу мотузки  $b$ , якщо маса вантажу становить 40 кг?



До задачі 14.16



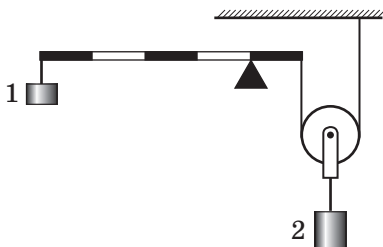
До задачі 14.17



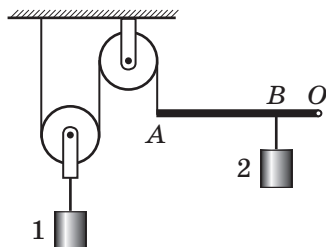
До задачі 14.18

- 14.19.** Точка опори ділить важіль у відношенні 4 : 1 (див. рисунок). Якою є маса другого вантажу, якщо маса першого дорівнює 40 кг? Масою важеля знехтувати.

- 14.20.** Важіль, довжина якого дорівнює 90 см (див. рисунок), перебуває у рівновазі. На якій відстані від осі обертання (точка  $O$ ) підвішено другий вантаж? Маса вантажів дорівнюють відповідно 8 кг і 12 кг. Масою важеля знехтувати.



До задачі 14.19



До задачі 14.20

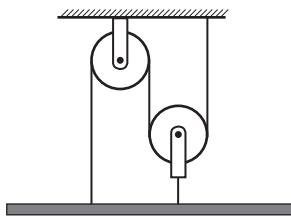
### Задачі для допитливих

**14.21.** В осі блока діє сила тертя (див. рисунок, с. 60), момент якої дорівнює  $20 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Радіус блока дорівнює  $20 \text{ см}$ , маса вантажу —  $40 \text{ кг}$ . З якою силою потрібно тягнути мотузку, щоб рівномірно піднімати вантаж? Якою мінімальною силою можна утримувати цей вантаж у спокої?

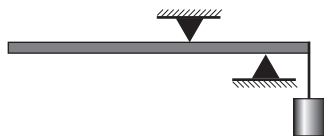
**? 14.22.** Чи можна за допомогою одного рухомого й одного нерухомого блоків отримати вигравш у силі в 4 рази? Відповідь поясніть за допомогою рисунка.

**14.23.** Однорідний брус завдовжки  $1 \text{ м}$  підвішено, як показано на рисунку. Ліву нитку укріплено на відстані  $30 \text{ см}$  від лівого кінця бруса. На якій відстані від правого кінця бруса укріплено праву нитку?

**14.24.** Горизонтальну балку (див. рисунок), до правого кінця якої підвішено вантаж масою  $4m$ , вставлено між упорами. Довжина балки  $L$ , відстань між упорами  $l$ , маса балки  $m$ . Як потрібно розташувати балку, щоб на лівий упор діяла сила  $mg$ ?



До задачі 14.23



До задачі 14.24



## 15. ТИСК І СИЛА ТИСКУ. ОДИНИЦІ ТИСКУ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** На столі стоїть мідний куб з ребром завдовжки 10 см. Який тиск він створює на стіл?

*Дано:*

$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p = ?$$

*Розв'язання*

Маса куба обчислюється за формулою  $m = \rho V = \rho a^3$ , де  $a$  — довжина ребра куба.

За означенням тиску  $p = \frac{F}{S}$ .

Підставивши формули  $S = a^2$  та  $F = mg$  у формулу тиску, отримаємо  $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{a^2} = \frac{\rho V g}{a^2} = \frac{\rho a^3 g}{a^2} = \rho a g$ .

Перевіримо одиниці:

$$[p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{p\} = 8,9 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10 = 8,9 \cdot 10^3.$$

Отже,  $p = 8,9 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .

**Відповідь:**  $p = 8,9 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .

### 1-й рівень складності

**?** 15.1. Навіщо заточують леза ножів?

**?** 15.2. Стоячи на підлозі, хлопчик підняв одну ногу. Як змінилися тиск і сила тиску, що створює хлопчик, на підлогу?

**?** 15.3. Хлопчик сів на підлогу в спортивній залі. Як змінилися тиск і сила тиску, що створює хлопчик, на підлогу?

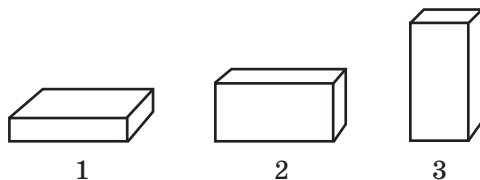
**15.4.** Яку силу тиску і тиск створює на опору площею  $400 \text{ см}^2$  тіло, маса якого дорівнює 12 кг?

**15.5.** Який максимальний тиск може створювати швець, коли шилом протикає шматок шкіри? Маса шевця становить 80 кг, товщина вістря шила —  $0,25 \text{ мм}^2$ .

## 2-й рівень складності

- ? 15.6.** Чому на м'якому дивані лежати набагато приємніше, ніж на твердій підлозі?
- ? 15.7.** Хлопець пересів зі шкільного стільця у м'яке крісло. Як змінюються сила тиску і тиск, які створює хлопець?
- ? 15.8.** Якщо виготовити крісло з твердого пластика, яке точно повторює форму людського тіла, то сидіти в ньому буде так само приємно, як і в м'якому кріслі. Чому?
- ? 15.9.** Індійські факіри можуть лежати на гострих лезах. Що треба зробити факіру, щоб зменшити ризик порізати шкіру спини: зменшити чи збільшити кількість лез?
- 15.10.** Лопатою, ширина різального краю якої становить 20 см, а товщина — 0,2 мм, скопують землю. Який тиск створює лопата на ґрунт, якщо її встромляють у землю із силою 400 Н?
- 15.11.** Людина масою 90 кг стоїть на лижах, які мають довжину 1,8 м і ширину 10 см. Який тиск людина створює на сніг?
- 15.12.** Чи залишає жінка, яка носить взуття на шпильці, вм'ятини на асфальті, якщо поверхня асфальту витримує тиск 1 МПа? Площа шпильки становить  $1 \text{ см}^2$ , маса жінки — 50 кг, на одну шпильку припадає  $\frac{1}{4}$  ваги жінки.
- 15.13.** Індійські факіри можуть лежати на гострих лезах. Якою має бути межа міцності (граничний тиск) шкіри факіра, якщо він може лежати на п'ятдесяти довгих гострих лезах? Маса факіра становить 60 кг, довжина кожного леза — 60 см, товщина — 0,2 мм.
- 15.14.** Якою є маса тіла, що створює на підлогу тиск 1000 Па? Площа опори тіла дорівнює  $250 \text{ см}^2$ .
- 15.15.** Сніговий покрив витримує тиск 2 кПа. Якою має бути максимальна маса лижника, щоб він не провалювався у сніг? Ширина лиж дорівнює 10 см, довжина — 1,6 м.

- 15.16.** Людина масою 120 кг стоїть на лижах, які мають довжину 1,6 м. Якою є ширина лиж, якщо тиск, створюваний людиною, дорівнює 6 кПа?
- 15.17.** Вантажівка створює тиск на дорогу 50 МПа. Якою є маса вантажівки, якщо кожне з її чотирьох коліс має площу стикання з дорогою 20 см<sup>2</sup>?
- 15.18.** Сніговий покрив витримує тиск 2 кПа. Якої довжини лижі потрібно взяти лижнику масою 80 кг на лижну прогулянку, щоб він не провалювався у сніг? Ширина лиж дорівнює 12,5 см.
- 15.19.** У скільки разів змінює свій тиск на лід хокеїст, який падає під час матчу? Ширина леза ковзанів становить 4 мм, довжина частини леза, що стикається з льодом, — 25 см, площа стикання з льодом хокеїста, що лежить, — 0,2 м<sup>2</sup>.
- 15.20.** На столі стоять два суцільні кубики, що виготовлено з одного матеріалу. Один із кубиків має ребро у 3 рази більше від другого. Який із кубиків має більшу вагу? Який із них створює більший тиск на стіл? у скільки разів?
- 15.21.** На столі лежать три однакові бруски (див. рисунок) розмірами 2 см×4 см×10 см і масою 800 г. Який тиск бруски створюють на стіл?



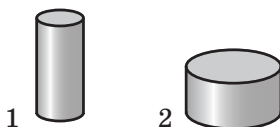
### 3-й рівень складності

- ? 15.22.** Для чого, з'їжджаючи автомобілем з дороги на пухкий ґрунт, водії зменшують тиск у шинах?
- ? 15.23.** Яким би був тиск коліс вагонів на рейки, якби колеса і рейки не деформувалися при стиканні?
- ? 15.24.** Штовхніть сталеву кульку на поверхні стола і на піщаній доріжці. У якому з випадків кулька прокотиться довше? Чому?

- ? 15.25.** Для чого, рухаючись дорогою з твердим покриттям, треба збільшити тиск у шинах автомобіля?
- 15.26.** Під час проведення дорожніх робіт на дорогу уклали шар асфальту завтовшки 5 см. Який тиск створює асфальт на дорогу, якщо його густина дорівнює  $2 \text{ т/м}^3$ ?
- 15.27.** На столі лежить сталеві пластинка завтовшки 10 см. Який тиск вона створює на стіл?
- 15.28.** На столі лежать дві книжки. Якщо їх покласти одна на одну, то вони створюватимуть тиск або 200 Па, або 300 Па. Якою є площа більшої книжки, якщо менша має розміри  $15 \text{ см} \times 20 \text{ см}$ ?

### Задачі для допитливих

- 15.29.** На столі стоять два циліндри (див. рисунок). Перший виготовлено з деревини густиною  $600 \text{ кг/м}^3$ . Він є у 2 рази вищим від другого, але у 2 рази меншим за діаметром. Циліндри створюють однаковий тиск. Для якого з циліндрів сила тиску на стіл є більшою? Визначте густину другого циліндра.



- 15.30.** На столі стоїть суцільний сталевий куб масою 62,4 кг. Який тиск він створює на поверхню стола?
- 15.31.** В автосалоні поряд із виставковим автомобілем стоїть його точна копія, але менша за оригінал у 27 разів. У скільки разів відрізняються сила тиску і тиск, які створюють автомобіль і його копія?

## 16. ТИСК ГАЗІВ ТА РІДИН

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** У підніжжя водонапірної вежі зірвало водопровідний кран. З якою силою потрібно притискати заглушку до отвору, що утворився, щоб вода не лилася? Висота вежі становить 25 м, площа отвору —  $4 \text{ см}^2$ , густина води —  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Дано:*

$$h = 25 \text{ м}$$

$$S = 4 \text{ см}^2 = 0,0004 \text{ м}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F = ?$$

*Розв'язання*

Сила, яку потрібно прикласти до заглушки, має врівноважити силу тиску води:

$$F = pS.$$

Тиск стовпа води заввишки  $h$  обчислюємо за формулою  $p = \rho gh$ .

Остаточнo отримаємо:

$$F = \rho ghS.$$

Перевіримо одиниці:

$$[F] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 = \text{Н}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{F\} = 1000 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 0,0004 = 100.$$

Отже,  $F = 100 \text{ Н}$ .

*Відповідь:*  $F = 100 \text{ Н}$ .

### 1-й рівень складності

**? 16.1.** Якщо слабо накачаний м'яч полежить на сонці, то стає більш пружним. Чому?

**? 16.2.** При накачуванні автомобільних шин тиск усередині них стає більшим. Чому?

**? 16.3.** Якщо порожню пластикову пляшку закоркувати і винести на мороз, то вона почне стискуватися. Що є причиною такого стискання?

**? 16.4.** При зведенні якої багатоповерхівки потрібно використовувати більш міцні водогінні труби: на дев'ять поверхів чи шістнадцять? Чому?

**16.5.** Який мінімальний тиск має витримувати вертикальна труба з водою заввишки 12 м?

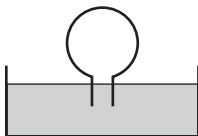
**16.6.** У дні цистерни є кран, через який зливають нафту, коли цистерну треба звільнити. Який тиск створює нафта на кран, якщо її рівень над дном цистерни становить 2 м?

**16.7.** Із шахти завглибшки 500 м треба відкачати воду. Який тиск має створювати насос, якщо його розташовано на дні шахти?

## 2-й рівень складності

**? 16.8.** Щоб усунути вм'ятину на тенісній кульці, її можна на деякий час занурити в гарячу воду. Що витисне зсередини увім'яту поверхню кульки?

**? 16.9.** Колбу відкритою шийкою занурено в посудину з водою (див. рисунок). Чи зміниться положення поверхні води, якщо колбу підігріти? Поясніть, чому.



**16.10.** На першому поверсі багатоповерхівки тиск води у водогоні становить 0,2 МПа. Чому дорівнює тиск на 5-му поверсі, якщо висота поверху становить 3 м?

**16.11.** На третьому поверсі багатоповерхівки тиск води у водогоні дорівнює 0,12 МПа. Чому дорівнює тиск на першому поверсі, якщо висота поверху становить 3 м?

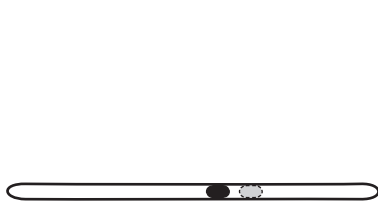
**16.12.** З якою силою природний газ тисне на круглу заслінку газового крана, якщо тиск у трубі досягає 2 МПа, а діаметр заслінки становить 10 см?

**16.13.** Яку силу потрібно прикласти, щоб витягти пробку з дна басейну? Глибина басейну дорівнює 4 м, радіус пробки — 4 см.

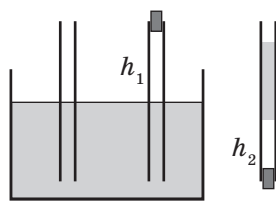
**16.14.** У циліндричну мензурку налито 625 г води. Який тиск створює вода на дно мензурки, якщо площа дна становить  $2,5 \text{ см}^2$ ?

### 3-й рівень складності

- ? 16.15.** Кидати скляний або металевий герметичний балон у багаття дуже небезпечно, навіть якщо в ньому міститься звичайне повітря. Поясніть, чому.
- ? 16.16.** Чому лампи розжарювання заповнюють інертним газом за тиску, який є значно меншим за атмосферний?
- ? 16.17.** Чи змінюється тиск на дно ванни, коли людина купається? Якщо змінюється, то чому?
- ? 16.18.** У велику склянку з водою занурили меншу склянку так, що вона плаває, не торкаючись стінок більшої склянки. Чи зміниться тиск води в більшій склянці після занурення в неї меншої?
- ? 16.19.** Який кінець запаяної з обох боків горизонтальної скляної трубки нагріли, якщо краплина ртуті, що міститься всередині, пересунулася праворуч (див. рисунок)? Що відбуватиметься далі в міру вирівнювання температури трубки?
- ? 16.20.** У склянку з водою занурили скляну трубку. Потім її верхній кінець закоркували і, затиснувши пальцем нижній кінець, витягли трубку з води і перевернули (див. рисунок). Як зміниться висота стовпчика повітря між корком та водою у трубці?



До задачі 16.19



До задачі 16.20

- ? 16.21.** Якщо перевернути відкриту пластикову пляшку з водою, то можна помітити, як в міру витікання води стінки пляшки стискаються. Чому це відбувається?
- 16.22.** У дві посудини налили різні рідини до однакового рівня (див. рисунок). Сила тиску на дно посудин виявилась однаковою. Чи однаковими є густини рідин? Якщо ні, то в якій посудині міститься більш густа рідина? У скільки разів її густина є більшою

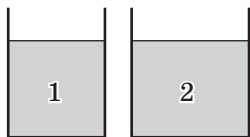
від густини іншої рідини? Площа дна посудини 2 більша від площі дна посудини 1 у 1,25 разу.

**16.23.** У дві посудини, які зображено на рисунку, налили однакову кількість води. Чи однаковою є сила тиску на дно посудин? Чи однаковим є тиск? Якщо ні, то в якій посудині він є більшим і в скільки разів? Площа дна посудини 2 більша від площі дна посудини 1 у 1,5 разу.

**16.24.** Акваріум, який має форму куба, заповнюють водою наполовину. У скільки разів сила тиску на одну бічну поверхню менша за силу тиску на дно акваріума?

**16.25.** Герметичні двері заввишки 2 м і завширшки 80 см відділяють сусідні приміщення всередині корабля і витримують максимальну силу тиску 4 кН. До якої висоти в сусідньому приміщенні може дійти рівень води, щоб двері не зруйнувалися?

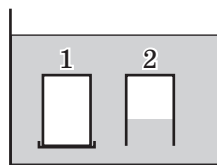
**16.26.** У ванну з водою занурили догори дном дві однакові пластикові посудини: першу — герметично закриту, а другу — відкриту (див. рисунок). Стінки посудини при тиску 1000 Па починають деформуватися. Яка з посудин і на якій глибині почне деформуватися першою?



До задачі 16.22



До задачі 16.23



До задачі 16.26

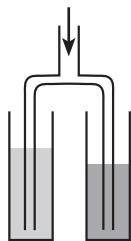
### Задачі для допитливих

**? 16.27.** Чи до одного рівня має бути налита вода у дві посудини (див. рисунок), щоб був однаковим тиск на дно? сила тиску на дно? Площа дна однієї посудини дорівнює площі шийки другої посудини, і навпаки.

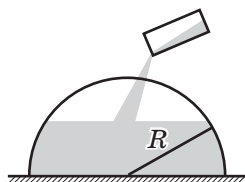




- 16.28.** У циліндричну мензурку налито води та машинного масла. Загальна висота рідин встановилася на рівні 20 см. Якою є висота стовпчиків масла і води, якщо загальний тиск рідин на дно дорівнює 1750 Па?
- 16.29.** Через подвійну трубку в склянки з гасом та водою вдувають повітря (див. рисунок). Бульбашки починають з'являтися біля нижнього краю трубок одночасно. У склянці з якою рідиною її рівень є нижчим? на скільки? У воду занурено 20 см трубки.
- 16.30.** На столі стоїть посудина, що має форму півсфери радіусом  $R$  (див. рисунок). Край посудини щільно прилягає до столу. У верхній точці посудини є маленький отвір, через який наливають воду. За якої маси посудини з-під неї може витікати вода?



До задачі 16.29



До задачі 16.30

## 17. ЗАКОН ПАСКАЛЯ. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** До лівого коліна  $U$ -подібної трубки, в яку попередньо налито воду, доливають машинне масло (див. рисунок). Висоти рідин встановилися з різницею 2 см. Якою є висота стовпчика масла?

Дано:

$$\Delta h = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

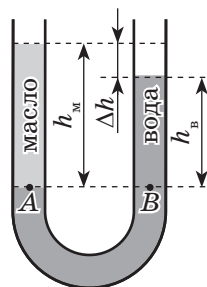
$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{м}} = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$h_{\text{м}} \text{ — ?}$$

Розв'язання

Масло має меншу густину, і тому рівень води в правому коліні буде нижчий, ніж масла в лівому.



Скористаємося законом Паскаля: на одному горизонтальному рівні в однорідній рідині тиск є однаковим. За такий рівень візьмемо рівень  $AB$ . У точці  $A$  стовпчик масла створює тиск  $p_A = \rho_m g h_m$ , а в точці  $B$  стовпчик води —  $p_B = \rho_v g h_v$ . Стовпчики створюють однакові тиски:  $p_A = p_B$ . Різниця висот цих стовпчиків  $h_m - h_v = \Delta h$ .

Враховуючи це, можемо записати:

$$h_m - \frac{p_B}{\rho_v g} = \Delta h, \quad h_m - \frac{\rho_m g}{\rho_v g} h_m = \Delta h.$$

Остаточно отримаємо:

$$h_m = \frac{\rho_v}{\rho_v - \rho_m} \Delta h.$$

Перевіримо одиниці:

$$[h_m] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \text{м} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{h_m\} = \frac{1000}{1000 - 800} \cdot 0,02 = 0,1.$$

Отже,  $h_m = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см}$ .

*Відповідь:*  $h_m = 10 \text{ см}$ .

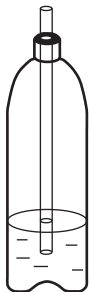
### 1-й рівень складності

**? 17.1.** На воду, яку наливо в циліндричну посудину, поклали поршень і натиснули на нього. Чи зміниться сила тиску на дно посудини? Чи залежить ця зміна від висоти наливої рідини?

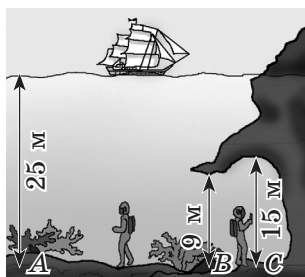
**? 17.2.** У пластикову пляшку з водою вставлено скляну трубку (див. рисунок). Що відбуватиметься, якщо натиснути на пляшку?

**? 17.3.** На рисунку показано схему підводної печери. Порівняйте тиск води в точках  $A$ ,  $B$  і  $C$ .

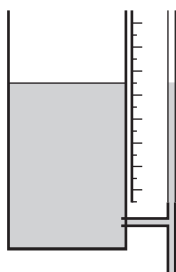
**? 17.4.** За рисунком поясніть принцип дії вимірювача рівня води в садовому баку для поливу городу.



До задачі 17.2



До задачі 17.3

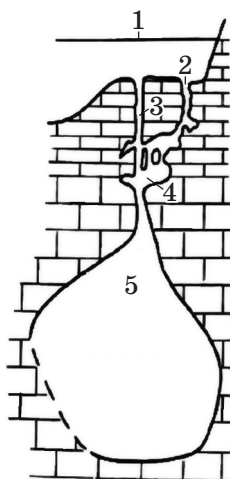


До задачі 17.4

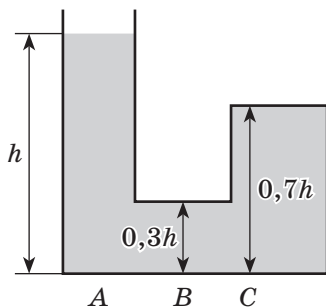
- ? 17.5. Чи однаковий тиск у точках 2—5 (див. рисунок) усередині підводної печери Петек (Туреччина)?

### 2-й рівень складності

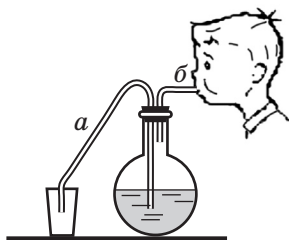
- ? 17.6. Чи можна в невагомості вичавити зубну пасту з тюбика?
- ? 17.7. Тиск води на дно посудини (див. рисунок) в точці С дорівнює 700 Па. Який тиск вода створює на дно в точках А, В?
- ? 17.8. Колбу з водою щільно корковано. Через корок пропущено дві трубки (див. рисунок). Що відбудеться, якщо хлопчик почне дмухати в трубку а? трубку б?



До задачі 17.5

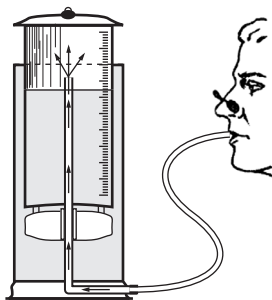


До задачі 17.7



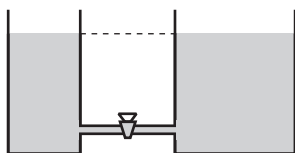
До задачі 17.8

- ? 17.9.** У медичних установах для визначення об'єму легень людини використовуються спірометри. Одну з можливих конструкцій спірометра зображено на рисунку. Поясніть принцип дії.

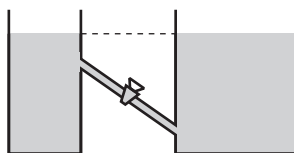


До задачі 17.9

- ? 17.10.** У посудини налито воду. Як видно з рисунка, об'єм води в правій посудині більший, ніж у лівій. Чи почне з неї перетікати вода у ліву посудину, якщо відкрити кран?

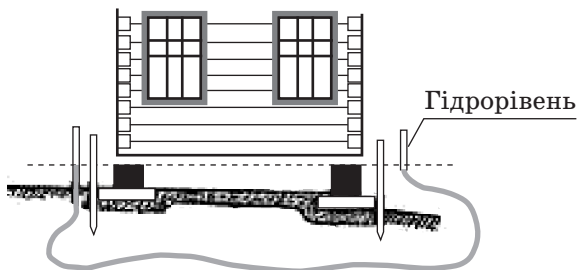


До задачі 17.10



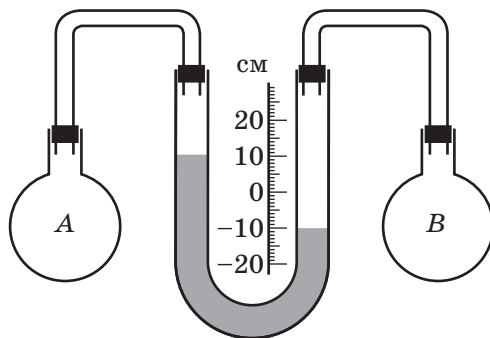
До задачі 17.11

- ? 17.12.** У сполучені посудини налито воду. У праве коліно доливають масло. У якому коліні рівень рідини буде вищим?
- ? 17.13.** Поясніть за рисунком, як за допомогою гнучкої трубки з водою на будівництві будинку визначають, чи однаковим є рівень фундаменту.



**17.14.** У  $U$ -подібну трубку налито воду (див. рисунок). Тиск у посудині  $A$  становить 5 кПа. Яким є тиск у посудині  $B$ ?

**17.15.** Тиск у посудині  $A$  (див. рисунок), що розташована ліворуч, становить 120 кПа, у посудині  $B$  — 147,2 кПа. Яка рідина міститься в  $U$ -подібній трубці?

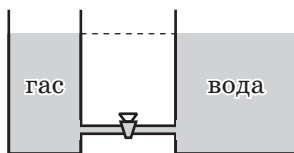


До задач 17.14, 17.15

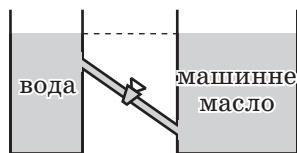
### 3-й рівень складності

**? 17.16.** У посудинах містяться газ та вода (див. рисунок). Чи почне текти рідина по трубці, якщо відкрити кран? Якщо так, то в який бік?

**? 17.17.** У посудинах містяться вода та машинне масло (див. рисунок). Чи почне текти рідина по трубці, якщо відкрити кран? Якщо так, то в який бік?



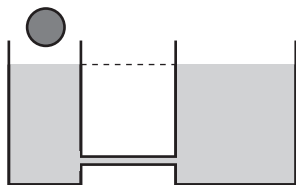
До задачі 17.16



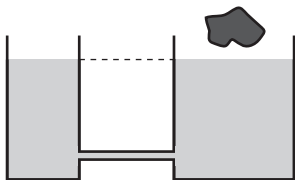
До задачі 17.17

**? 17.18.** У сполучені посудини налито воду (див. рисунок). В одну з посудин занурюють невеличку дерев'яну кульку. Чи зміниться рівень води в посудинах? тиск на дно посудин?

- ? 17.19.** У сполучені посудини налито воду (див. рисунок). В одну з посудин занурюють невеликий камінець. Чи зміниться рівень води в посудинах? тиск води на дно посудин?

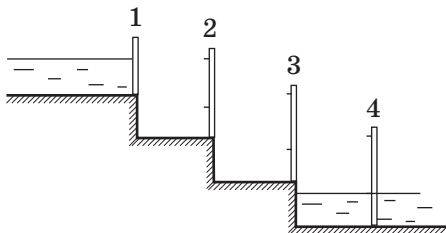


До задачі 17.18



До задачі 17.19

- ? 17.20.** У якій послідовності потрібно відкривати й закривати ворота шлюзу (див. рисунок), щоб судно пройшло через шлюз униз за течією?

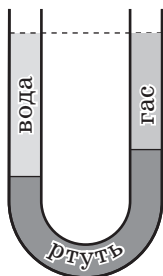


- 17.21.** У праве і ліве коліна сполучених посудин налито воду і гас. Яким є відношення висот рідин у колінах, якщо рідини перебувають у рівновазі?
- 17.22.** В одне з колін сполучених посудин налито воду, висота стовпчика якої становить 25 см. Якої висоти має бути стовпчик олії в іншому коліні посудин, щоб рідина перебувала в рівновазі?
- 17.23.** У U-подібну трубку налито ртуть. У коліно, що розташоване ліворуч, доливають 20 см гасу. Скільки води треба долити в коліно, що розташоване праворуч, щоб поверхні ртуті в колінах були на одному рівні?

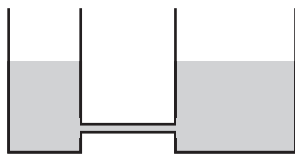
#### Задачі для допитливих

- 17.24.** У U-подібну трубку налито ртуть (див. рисунок). У трубку, що розташована праворуч, доливають

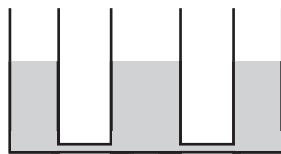
20 см гасу. Скільки води треба долити в трубку, що розташована ліворуч, щоб поверхні гасу і води в трубках були на одному рівні?



- ? 17.25.** У  $U$ -подібній трубці рівень води на 25 см нижчий за край трубки. В одне з колін трубки потроху доливають олію. На скільки будуть відрізнятися рівні рідин у колінах, коли в одному з них рідина дійде до краю?
- ? 17.26.** У циліндричних сполучених посудинах, площі перерізу яких відносяться як  $1 : 2$ , міститься вода (див. рисунок). У ширшу посудину доливають 9 см гасу. На скільки підніметься рівень води у вужчій посудині? Гас у цю посудину не потрапляє.
- ? 17.27.** Сполучені посудини частково заповнено водою (див. рисунок). До верхнього краю вода не доходить на 20 см. У середню посудину наливають 10 см гасу. На якій відстані від верхнього краю посудини встановиться рівень гасу? Діаметр середньої посудини у 1,5 разу більший, ніж діаметр бічних. Гас у бокові посудини не перетікає.



До задачі 17.26



До задачі 17.27

## 18. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК. БАРОМЕТРИ. ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИСКУ АТМОСФЕРИ ВІД ВИСОТИ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Нирець занурився на 30 м. Який тиск діє на нього?

*Дано:*

$$h = 30 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p = ?$$

*Розв'язання*

На глибині на нирця діють тиск стовпа води заввишки  $h$  і за законом Паскаля до нього додається атмосферний тиск  $p_{\text{а}}$ .

Остаточно отримаємо:

$$p = p_{\text{а}} + \rho_{\text{в}} g h.$$

Перевіримо одиниці:

$$[p] = \text{Па} + \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Па}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{p\} = 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 30 = 4 \cdot 10^5.$$

Отже,  $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

*Відповідь:*  $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

**Задача 2.** Який тиск показує барометр, встановлений на даху хмарочоса заввишки 250 м? Атмосферний тиск біля його підніжжя дорівнює 760 мм рт. ст., температура повітря — 0 °С.

*Дано:*

$$h = 250 \text{ м}$$

$$p_{\text{а}} = 760 \text{ мм рт. ст.} =$$

$$= 100 \text{ кПа}$$

$$p = ?$$

*Розв'язання*

Густина повітря при 0 °С становить 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Атмосферний тиск на висоті 250 м має бути нижчим від атмосферного на той тиск, який створює стовп повітря заввишки 250 м:  $p = p_{\text{а}} - \rho_{\text{п}} g h$ .

Перевіримо одиниці:

$$[p] = \text{Па} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Па}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{p\} = 10^5 - 1,29 \cdot 10 \cdot 250 = 96\,775.$$

Отже,  $p = 96\,775 \text{ Па} \approx 733 \text{ мм рт. ст.}$

*Відповідь:* 733 мм рт. ст.

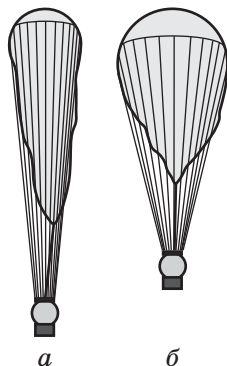
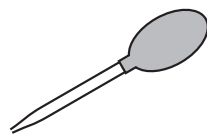


### 1-й рівень складності

- ? 18.1. У якій частині трубки Торрічеллі тиск є найвищим? Чому він дорівнює?
- ? 18.2. Де атмосферний тиск є більшим: на першому поверсі хмарочоса чи на сотому?
- ? 18.3. Що притискує до скла (або інших гладких поверхонь) гумові присоски?
- ? 18.4. Чому рідина у шприці піднімається, коли піднімається поршень шприца?
- ? 18.5. Щоб забезпечити більшу міцність кінескопів телевізорів, їх виготовляють із дуже товстого скла. Для чого треба робити корпуси кінескопів міцними?
- 18.6. Виразіть тиск 200 кПа у міліметрах ртутного стовпа.
- 18.7. Виразіть тиск 380 мм рт. ст. у кілопаскалях.

### 2-й рівень складності

- ? 18.8. На рисунку зображено скляну трубку з гумовою грушею. Як за допомогою цього простого приладу можна брати проби рідин?
- ? 18.9. На людей діє атмосферний тиск. Сила тиску на кожний квадратний сантиметр поверхні тіла становить 10 Н. Чому люди не відчують його?
- ? 18.10. Сила тиску повітря на поверхню учнівської парти становить понад 70 кН. Чому не спостерігаються наслідки дії цієї сили?
- ? 18.11. На рисунку зображено стратостат на різних висотах. Який з випадків *a*, *б* відповідає меншій висоті?
- ? 18.12. Чому з пляшки з газованою водою, яку відкрито в глибокій шахті, не виходять бульбашки газу?

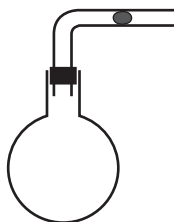


- ? 18.13.** Чому пляшки з газованою водою є джерелом небезпеки під час польоту на повітряній кулі?
- 18.14.** Яким є атмосферний тиск біля підніжжя хмарочоса, якщо на його даху барометр показує 750 мм рт. ст.? Висота хмарочоса дорівнює 300 м, температура повітря 0 °С.
- 18.15.** Барометр перенесли з дна шахти на поверхню, при цьому він зафіксував зміну тиску з 770 до 745 мм рт. ст. Якою є глибина шахти? Температура повітря становить 0 °С.
- ? 18.16.** Який барометр є більш чутливим: ртутний чи водяний?
- 18.17.** Виразить тиск 550 мм рт. ст. у сантиметрах водяного стовпа.
- 18.18.** Виразить тиск 250 см водяного стовпа у міліметрах ртутного стовпчика.
- 18.19.** Кашалоти можуть заглиблюватися у товщу води до 1 км. У скільки разів тиск води на цій глибині перевищує атмосферний?

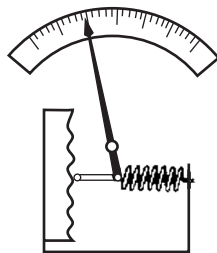
### 3-й рівень складності

- ? 18.20.** Чи можна, піднімаючи поршень шприца, набрати в нього рідину на космічній станції в умовах невагомості? Відповіді поясніть.
- ? 18.21.** Чи можна провести дослід Торрічеллі в умовах невагомості? Відповідь поясніть.
- ? 18.22.** Чи буде пересуватися крапелька ртуті в скляній трубці (див. рисунок) в міру нагрівання колби на борту космічної станції в умовах невагомості?
- ? 18.23.** Якщо нагріти руками колбу, то крапелька ртуті в скляній трубці почне пересуватися праворуч, якщо охолодити — ліворуч (див. рисунок). Чи можна цей прилад проградуювати і використовувати як термометр?

- ? 18.24.** На рисунку зображено схему моделі анероїда. Куди буде пересуватися кінець стрілки, якщо атмосферний тиск збільшиться? зменшиться?



До задач 18.22, 18.23



До задачі 18.24

- ? 18.25.** Якщо в трубці Торрічеллі на висоті 660 мм від поверхні ртуті в чашці зробити отвір і затягнути його тонкою гумовою плівкою (див. рисунок), як вона буде поводитися?

- 18.26.** У трубці Торрічеллі (див. рисунок) в точці А на висоті 500 мм від поверхні ртуті в чашці зроблено отвір площею  $10 \text{ мм}^2$ . Яку силу і в якому напрямі потрібно прикласти до пробки, яка б закрила цей отвір?

- 18.27.** У запаяній з одного боку скляній трубці утримується стовпчик ртуті (див. рисунок). Якою є його висота, якщо повітря всередині трубки створює тиск 590 мм рт. ст., а атмосферний тиск становить 740 мм рт. ст.?



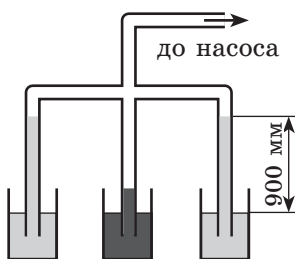
До задачі 18.25    До задачі 18.26    До задачі 18.27

- 18.28.** У відомому експерименті з магдебурзькими півкулями 16 коней (по 8 з кожного боку) не змогли відірвати півкулі одна від одної. А яку силу потрібно прикласти до півкуль, щоб їх відірвати? Усередині півкуль, діаметр яких становить 35,5 см, створювалось розрядження в  $\frac{1}{8}$  атмосферного тиску.

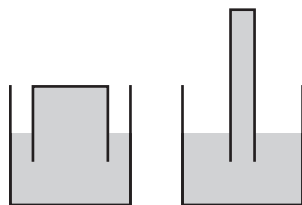
### Задачі для допитливих

**18.29.** У середній склянці міститься ртуть, у бічних склянках — вода (див. рисунок). Яке розрядження має створювати повітряний насос і чому дорівнює висота ртуті в середній трубці?

**18.30.** З води виймають догори дном легкі склянки (див. рисунок). Щоб повністю їх вийняти, треба прикласти силу. До якої склянки потрібно прикласти більшу силу? Висоти склянок відносяться як  $1 : 2$ , а діаметр — як  $3 : 1$ .



До задачі 18.29

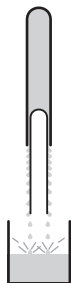


До задачі 18.30

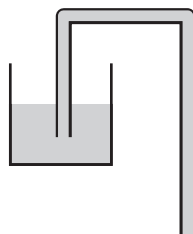
**? 18.31.** Із верхньої пробірки витікає вода (див. рисунок). Як «поводиться» нижня пробірка?

**18.32.** Якою є вага атмосфери Землі?

**? 18.33.** У склянку з водою занурили коротким кінцем донизу трубку, повністю заповнену водою (див. рисунок). Як «поводитиметься» далі поверхня води в склянці?



До задачі 18.31



До задачі 18.33

## 19. МАНОМЕТРИ. ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ. НАСОСИ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Великий поршень гідравлічного преса стискає деталь із силою 2 МН. З якою силою потрібно натискати на малий поршень преса? Скільки ходів потрібно зробити малому поршню, щоб великий пересунувся на 4 см? Площі великого і малого поршнів становлять 40 дм<sup>2</sup> і 20 см<sup>2</sup> відповідно, хід малого поршня — 20 см.

*Дано:*

$$F_1 = 2 \text{ МН}$$

$$h_1 = 4 \text{ см}$$

$$S_1 = 40 \text{ дм}^2 = 0,4 \text{ м}^2$$

$$S_2 = 20 \text{ см}^2 = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\Delta h_2 = 20 \text{ см}$$

$$F_2 = ?$$

$$N = ?$$

*Розв'язання*

Відношення сил, які діють на великий і малий поршні гідравлічного преса, дорівнює відношенню площ цих поршнів:

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

Для сили, з якою потрібно діяти на малий поршень, отримаємо:  $F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$ .

Рідина (зазвичай це масло) практично нестислива, отже, скільки витисне масла малий поршень з малого циліндра, стільки ж масла потрапить у великий:  $V_2 = V_1$ . Об'єм  $V_2$  малий поршень витисне за  $N$  ходів:  $V_2 = N \Delta h_2 S_2$ .

Тому для  $N$  отримаємо:

$$V_1 = N \Delta h_2 S_2,$$

$$h_1 S_1 = N \Delta h_2 S_2,$$

$$N = \frac{h_1 S_1}{\Delta h_2 S_2}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[F_2] = \text{Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2} = \text{Н}, \quad [N] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}^2}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = 1.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

$$\{F_2\} = 2 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,002}{0,4} = 1 \cdot 10^4, \quad \{N\} = \frac{0,04 \cdot 0,4}{0,2 \cdot 0,002} = 40.$$

Отже,  $F_2 = 1 \cdot 10^4 \text{ Н} = 10 \text{ кН}$ ,  $N = 40$ .

*Відповідь:*  $F_2 = 10 \text{ кН}$ ,  $N = 40$ .

**Задача 2.** Який максимальний тиск у водогоні може забезпечити всмоктувальний насос, якщо він подає воду на висоту 5 м?

Дано:

$$h = 5 \text{ м}$$

$$p_a = 100 \text{ кПа}$$

$$\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p = ?$$

Розв'язання

Усмоктувальний насос піднімає воду завдяки атмосферному тиску. Тому тиск, який він створює у водогоні, — це різниця між атмосферним тиском і тиском стовпа води в трубі насоса:

$$p = p_a - \rho_v g h.$$

Перевіримо одиниці:

$$[p] = \text{Па} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Па}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$p = 10^5 - 1000 \cdot 10 \cdot 5 = 5 \cdot 10^4.$$

Отже,  $p = 5 \cdot 10^4 \text{ Па} = 50 \text{ кПа}$ .

Відповідь:  $p = 50 \text{ кПа}$ .

### 1-й рівень складності

**?** 19.1. На яку висоту можна підняти воду за допомогою всмоктувального насоса?

**19.2.** Яку силу потрібно прикласти до малого поршня гідравлічного преса, щоб він розвивав зусилля 200 кН? Відношення площ малого і великого поршнів становить 1:100.

**19.3.** Яке зусилля розвиває гідравлічний прес, якщо до малого поршня прикладають силу 2000 Н? Площі малого і великого поршнів дорівнюють відповідно  $1 \text{ см}^2$  і  $1 \text{ дм}^2$ .

**19.4.** На малий поршень гідравлічної машини діє сила 300 Н. Яка сила діє на великий поршень, якщо їх площі дорівнюють відповідно  $10 \text{ см}^2$  и  $400 \text{ см}^2$ ?

**19.5.** Гідравлічний домкрат піднімає машину вагою 20 кН. До малого поршня домкрата прикладають силу 400 Н. Чому дорівнює площа великого поршня, якщо площа малого —  $2 \text{ см}^2$ ?

**19.6.** Щоб за допомогою гідравлічного домкрата підняти машину вагою 15 кН, до малого поршня приклада-

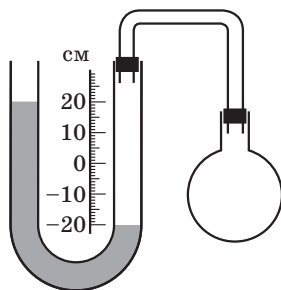
ють силу 300 Н. Чому дорівнює площа малого поршня, якщо площа великого —  $200 \text{ см}^2$ ?

- 19.7.** До малого поршня гідравлічного підйомника, за допомогою якого піднімають легковий автомобіль масою 1,5 т, прикладають силу 750 Н. У скільки разів відрізняються площі малого і великого поршнів?

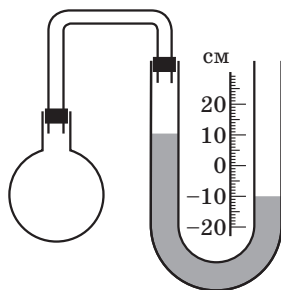
## 2-й рівень складності

- 19.8.** У рідинному манометрі міститься підфарбована вода (див. рисунок). Ліве коліно манометра відкрите в атмосферу. На скільки відрізняється тиск у посудині від атмосферного?

- 19.9.** У рідинному манометрі міститься ртуть (див. рисунок). Яким є тиск у посудині, якщо атмосферний тиск дорівнює  $100 \text{ кПа}$ ?



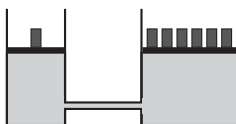
До задачі 19.8



До задачі 19.9

- ? 19.10.** Чому в гідравлічних машинах використовується рідина, а не повітря?

- 19.11.** Поршні гідравлічного преса перебувають у рівновазі (див. рисунок). Якою є площа малого поршня, якщо площа великого дорівнює  $12 \text{ дм}^2$ ? Вагою поршнів можна знехтувати.



- 19.12.** Площа малого поршня гідравлічного підйомника дорівнює  $4 \text{ см}^2$ , великого —  $300 \text{ см}^2$ . За його допомо-

гою піднімають автомобіль, прикладаючи до малого поршня силу 450 Н. Визначте масу автомобіля. Яким є тиск масла всередині підйомника?

**19.13.** Малий поршень гідравлічного преса опустився на 18 см, а великий поршень піднявся на 1 см. Який виграш у силі дає такий прес?

**19.14.** Гідравлічним підйомником підняли контейнер масою 300 кг на висоту 4 см. Малий поршень опустився на 24 см. Яку силу при цьому прикладали до нього?

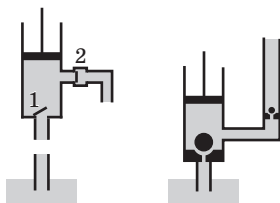
**19.15.** Малий поршень гідравлічної машини опустився під дією сили 300 Н на 4 см, а великий піднявся на 1 см. Яка сила діяла на великий поршень?

**? 19.16.** Від чого залежить висота, на яку можуть підняти воду насоси, які зображено на рисунку? Чи зможуть ці насоси підняти воду на висоту 20 м?

**? 19.17.** Поясніть за рисунком, куди рухається поршень насоса: угору чи вниз.

**? 19.18.** У якому з випадків *a*, *б* на рисунку поршень насоса рухається вниз?

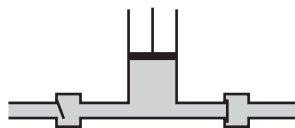
**? 19.19.** Поясніть, як працює насос, який зображено на рисунку.



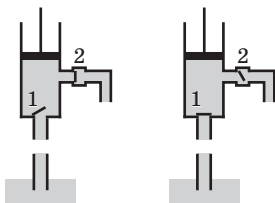
*a*

*б*

До задачі 19.16



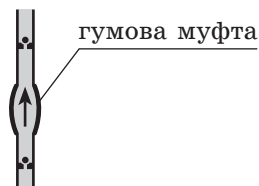
До задачі 19.17



*a*

*б*

До задачі 19.18



До задачі 19.19



### 3-й рівень складності

- ? 19.20.** Який із манометрів є більш чутливим: ртутний чи водяний?
- ? 19.21.** У ртутному манометрі ртуть замінили на воду. Збільшиться чи зменшиться ціна поділки? у скільки разів?
- 19.22.** Площа малого поршня гідравлічного підйомника дорівнює  $5 \text{ см}^2$ , один його хід становить  $10 \text{ см}$ . Скільки ходів малого поршня потрібно зробити, щоб підняти автомобіль масою  $2,1 \text{ т}$  на висоту  $1,5 \text{ м}$ , прикладаючи силу  $300 \text{ Н}$  до малого поршня?
- 19.23.** За допомогою гідравлічної машини, яку зображено на рисунку, стискають деталь. До першого малого поршня прикладено силу  $100 \text{ Н}$ . З якою силою стискається деталь, якщо площі малих поршнів дорівнюють  $2 \text{ см}^2$ , а великих —  $18 \text{ см}^2$ ? Визначте тиски масла в першому і другому резервуарах.



## 20. ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА. ЗАКОН АРХІМЕДА

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Яка виштовхувальна сила діє на сталеву деталь, що повністю занурена у воду? Маса деталі дорівнює  $156 \text{ кг}$ .

*Дано:*

$$m = 156 \text{ кг}$$

$$\rho_{\text{с}} = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$F_A = ?$$

*Розв'язання*

На тіло, що занурене в рідину, діє архімедова сила, яка дорівнює вазі рідини в об'ємі тіла. Для визначення цієї сили нам потрібно знати об'єм тіла. Знайдемо його через масу деталі та густину сталі:

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

Остаточно отримаємо:

$$F_A = \rho_b g V = m \frac{\rho_b}{\rho_c} g.$$

Перевіримо одиниці:

$$[F_A] = \text{кг} \cdot \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{F_A\} = 156 \cdot \frac{1000}{7800} \cdot 10 = 200.$$

Отже,  $F_A = 200 \text{ Н}$ .

Відповідь:  $F_A = 200 \text{ Н}$ .

**Задача 2.** Алюмінієвий кубик зі стороною завдовжки 10 см підвісили до динамометра. Якими будуть показання динамометра, якщо кубик перебуває в повітрі? у воді?

Дано:

$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{ал}} = 2700 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$F_1 \text{ — ?}$$

$$F_2 \text{ — ?}$$

Розв'язання

На тіло, яке занурене у повітря, діє настільки мала архімедова сила, що нею можна знехтувати. Тому показання динамометра у випадку, коли кубик перебуває у повітрі, дорівнюють силі тяжіння, що діє на кубик:

$$F_1 = mg = \rho_{\text{ал}} V g.$$

На тіло, що перебуває в рідині, діятиме помітна виштовхувальна сила. Тому показання динамометра зменшуються на значення цієї сили:

$$F_2 = mg - F_1 = \rho_{\text{ал}} V g - \rho_{\text{в}} V g = g V (\rho_{\text{ал}} - \rho_{\text{в}}).$$

Остаточно отримаємо:

$$F_1 = \rho_{\text{ал}} a^3 g, \quad F_2 = g a^3 (\rho_{\text{ал}} - \rho_{\text{в}}).$$

Перевіримо одиниці:

$$[F] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

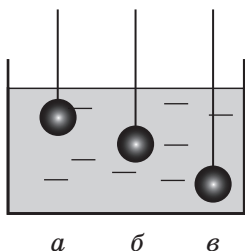
$$\{F_1\} = 2700 \cdot 0,1^3 \cdot 10 = 27, \quad \{F_2\} = 10 \cdot 0,1^3 \cdot (2700 - 1000) = 17.$$

Отже,  $F_1 = 27 \text{ Н}$ ,  $F_2 = 17 \text{ Н}$ .

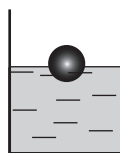
Відповідь:  $F_1 = 27 \text{ Н}$ ,  $F_2 = 17 \text{ Н}$ .

### 1-й рівень складності

- ? 20.1. Яка сила «допомагає» піднімати камінь у воді?
- ? 20.2. У якому з випадків *a—в* на рисунку на тіло діє більша архімедова сила?
- ? 20.3. У воді плаває дерев'яна кулька (див. рисунок). Які сили діють на кульку? Зобразіть ці сили на рисунку.



До задачі 20.2



До задачі 20.3

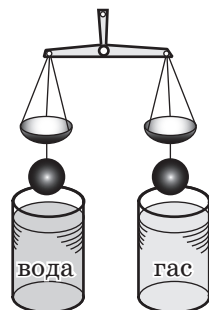
20.4. Чому дорівнює архімедова сила, що діє на тіло об'ємом  $25 \text{ см}^3$ , яке повністю занурене у гас?

20.5. На тіло, що повністю занурене у воду, діє архімедова сила  $12 \text{ Н}$ . Який об'єм має тіло?

### 2-й рівень складності

- ? 20.6. Чи справді тіла «втрачають вагу» під час занурення в рідину?
- ? 20.7. Чому при пожежі на бензосховищі марно використовувати воду для гасіння бензину, що горить?
- ? 20.8. Чи буде змінюватися архімедова сила, що діє на камінець у склянці з водою, у разі зміни атмосферного тиску?
- ? 20.9. У склянці з водою лежить камінець. Чи зміниться архімедова сила, що діє на нього, якщо склянку з камінцем помістити під дзвін вакуумного насоса й відкачати повітря?
- ? 20.10. Зануримо тіло в рідину. Чому в міру подальшого занурення тіла архімедова сила не змінюється?
- 20.11. У скільки разів архімедова сила, яка діє на тіло, що повністю занурене в рідину, у воді більша, ніж у гасі?

- 20.12.** На тіло, що повністю занурене у гас, діє архімедова сила 4 Н. Яка архімедова сила діятиме на це тіло, якщо його занурити у воду?
- 20.13.** На тіло, що повністю занурене у гас, діє архімедова сила 4 Н. Яку густину має тіло, якщо його маса становить 900 г?
- 20.14.** Яка виштовхувальна сила діє на скляне тіло масою 500 г, яке повністю занурене у воду?
- 20.15.** Яке зусилля потрібно прикласти, щоб утримувати під водою бетонний блок розмірами 20 см×30 см×40 см? На скільки це зусилля потрібно збільшити, щоб дістати блок з-під води?
- 20.16.** До динамометра підвісили тіло вагою 4 Н і об'ємом 200 см<sup>3</sup>. Якими будуть показання динамометра, якщо тіло повністю занурити у воду?
- 20.17.** Що покаже динамометр, якщо тіло, яке до нього підвішене, повністю занурити у воду? Маса тіла дорівнює 200 г, об'єм — 50 см<sup>3</sup>.
- 20.18.** На скільки зменшаться показання динамометра, якщо тіло об'ємом 150 см<sup>3</sup>, що підвішене до його пружини, повністю занурити у воду?
- 20.19.** Що покаже динамометр, якщо сталевий циліндр масою 312 г, який підвішений до нього, наполовину занурити у воду?
- ? 20.20.** Металеве тіло, що підвішене до динамометра, зважують у воді. Як позначаться на показаннях динамометра бульбашки повітря, що залишилися на тілі?
- ? 20.21.** На рівноплечих терезах зрівноважено мідне й алюмінієве тіла. Чи порушиться рівновага, якщо тіла занурити у воду?
- ? 20.22.** На рівноплечих терезах зрівноважено два однакові тіла (див. рисунок). Чи порушиться рівновага, якщо ліве тіло занурити у воду, а праве — у гас?



### 3-й рівень складності

- ? 20.23.** Чи діє архімедова сила в умовах невагомості?
- ? 20.24.** Тяжіння на інших планетах Сонячної системи інше, ніж на Землі. Чи залишиться там незмінною архімедова сила, що діє на тіло, яке занурене в рідину?
- 20.25.** Гранітну балку масою 1,3 т частково занурено у воду. У воді на неї діє архімедова сила 1 кН. Яка частина балки виступає над водою?
- 20.26.** Мідний кубик, грань якого має довжину 10 см, підвішено за нитку і занурено у воду. Яка частина кубика виступає над водою, якщо сила натягу нитки дорівнює 81 Н?
- 20.27.** Сталева деталь має порожнину. Яким є об'єм порожнини, якщо при масі 390 г ця деталь у воді розтягує нитку, на якій висить, із силою 3,35 Н?
- 20.28.** У воді брусок, який підвішено до динамометра, розтягує пружину із силою 14 Н, а в маслі — 16 Н. Визначте за цими даними масу і густину бруска.
- 20.29.** Металевий тягарець на динамометрі послідовно занурюють у склянку з водою та невідомою рідиною. У повітрі тягарець розтягує пружину динамометра із силою 11 Н, у воді — 10 Н, а в невідомій рідині — 9,5 Н. Якою є густина цієї рідини?
- 20.30.** Сталевий кубик занурено у воду так, що його верхня грань паралельна поверхні води. Тиск води на верхню грань становить 1000 Па. Який тиск створює вода на нижню грань, якщо сила натягу нитки, за допомогою якої кубик було занурено у воду, становить 68 Н?
- 20.31.** На сталевому тросі, жорсткість якого становить 4 МН/м, повільно піднімають із дна водойми затонулу статую об'ємом 3 м<sup>3</sup> і масою 12 т. Знайдіть видовження тросу. Опором води знехтувати.

## Задачі для допитливих

- ? 20.32.** На одній шальці терезів стоїть склянка з водою. Терези зрівноважено. Чи зміниться рівновага, якщо у склянку з водою опустити палець так, щоб він не торкався стінок і дна склянки?
- 20.33.** На шальці терезів стоїть склянка з водою. Терези зрівноважено. На скільки збільшаться показання терезів, якщо в склянку опустити на нитці мідну статуетку масою 178 г так, щоб вона не торкалася стінок і дна склянки? Статуетка повністю занурена у воду.
- ? 20.34.** Коли за допомогою золотих важків зважують коштовні камінці, чутливі терези дають похибку, а коли зважують золоті прикраси — ні? Поясніть, чому.

## 21. ПЛАВАННЯ ТІЛ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** У річковій воді плаває плоска крижина завтовшки 20 см площею  $10 \text{ м}^2$ . На скільки крижина виступає над поверхнею води? На скільки виступатиме, якщо на неї стане хлопець масою 50 кг?

Дано:

$$h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$S = 10 \text{ м}^2$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_1 \text{ — ?}$$

$$h_2 \text{ — ?}$$

Розв'язання

Умова плавання крижини:

$$P = F_{\text{А1}},$$

$$\rho_{\text{л}} g V = \rho_{\text{в}} g V_{\text{зан}},$$

$$\rho_{\text{л}} g S h = \rho_{\text{в}} g S (h - h_1),$$

$$h_1 = \left( 1 - \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} \right) h.$$

Перевіримо одиниці шуканої величини:

$$[h_1] = \left( 1 - \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \right) \cdot \text{м} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{h_1\} = \left(1 - \frac{900}{1000}\right) \cdot 0,2 = 0,02.$$

Над водою виступає шар льоду завтовшки  $h_1 = 2$  см.

Порівняємо вагу крижини разом з хлопцем та максимальну виштовхувальну силу, що діє на крижину в разі її повного занурення у воду:

$$P + mg = \rho_{\text{л}} g S h + mg = 900 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,2 + 50 \cdot 10 = 18,5 \text{ (кН)},$$

$$F_{\text{Аmax}} = \rho_{\text{в}} g S h = 1000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,2 = 20 \text{ (кН)},$$

$$P + mg < F_{\text{Аmax}}.$$

Як бачимо, крижина не зануриться повністю, якщо на неї стане хлопець.

Знайдемо висоту шару льоду, що виступає над водою, коли на кризі стоїть хлопець:

$$P + mg = F_{\text{А2}},$$

$$\rho_{\text{л}} g S h + mg = \rho_{\text{в}} g S (h - h_2),$$

$$h_2 = \left(1 - \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}\right) h + \frac{m}{\rho_{\text{в}} S}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[h_2] = \left(1 - \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}\right) \cdot \text{м} + \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$h_2 = \left(1 - \frac{900}{1000}\right) \cdot 0,2 + \frac{50}{1000 \cdot 100} = 0,015.$$

Отже,  $h_1 = 2$  см,  $h_2 = 1,5$  см.

*Відповідь:*  $h_1 = 2$  см,  $h_2 = 1,5$  см.

**Задача 2.** Повітряну кулю об'ємом  $500 \text{ м}^3$  наповнено гарячим повітрям, густина якого дорівнює  $0,9 \text{ кг/м}^3$ . Маса оболонки з гондолою становить  $100 \text{ кг}$ . Обчисліть вантажопідйомність кулі. Густина холодного повітря ззовні кулі дорівнює  $1,3 \text{ кг/м}^3$ .

*Дано:*

$V = 500 \text{ м}^3$

$m = 100 \text{ кг}$

$\rho_1 = 0,9 \text{ кг/м}^3$

$\rho_2 = 1,3 \text{ кг/м}^3$

$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

 $F = ?$ *Розв'язання*

У холодному повітрі на кулю діє виштовхувальна сила

$F_A = \rho_2 g V.$

Вагу повітря всередині кулі, оболонки та гондоли обчислюємо за формулою

$P = \rho_1 g V + mg.$

Різниця цих двох сил становить вантажопідйомність кулі

$F = F_A - P = \rho_2 g V - (\rho_1 g V + mg).$

Остаточно отримаємо:

$F = (\rho_2 - \rho_1) g V - mg.$

Перевіримо одиниці:

$$[F] = \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}^3 - \text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$\{F\} = (1,3 - 0,9) \cdot 500 \cdot 10 - 100 \cdot 10 = 1000.$

Отже,  $F = 1000 \text{ Н} = 1 \text{ кН}.$

*Відповідь:*  $F = 1 \text{ кН}.$

### 1-й рівень складності

**? 21.1.** Чи може плавати у воді суцільна пластмасова іграшка, густина якої становить  $900 \text{ кг/м}^3$ ? Чи може іграшка плавати в гасі?

**? 21.2.** У якій рідині може плавати залізна гантель?

**21.3.** У воду занурюють тіло масою  $180 \text{ г}$  й об'ємом  $200 \text{ см}^3$ . Чи буде це тіло плавати? Чи буде воно плавати у гасі?

**21.4.** Тіло масою  $400 \text{ г}$  під час занурення у воду витісняє  $350 \text{ см}^3$  води. Визначте, плаває це тіло чи ні.

**21.5.** Тіло об'ємом  $500 \text{ см}^3$  під час плавання у воді витісняє  $350 \text{ см}^3$  води. Чому дорівнює густина тіла? Чи буде це тіло плавати у машинному маслі?

**21.6.** Надувний пліт має об'єм  $5 \text{ м}^3$ . Який максимальний вантаж можна на ньому розмістити, якщо власна вага плота становить  $300 \text{ Н}$ ?



**21.7.** Повітряна кулька масою 100 г натягує нитку, на якій утримується, із силою 1 Н. Яка архімедова сила діє на кульку?

**21.8.** На повітряну кулю вантажопідйомністю 800 Н діє архімедова сила 1400 Н. Якою є маса гондоли, оболонки кулі й гарячого повітря всередині кулі?

## 2-й рівень складності

**? 21.9.** Як відомо, у воді залізний обух сокири тоне. Натомість судна не тільки не тонуть, а й можуть перевозити вантажі. У чому різниця між обухом сокири та корпусом судна?

**? 21.10.** Як буде поводитися сталева каструля, що плаває на поверхні води, якщо її занурити повністю? Як ця каструля поводитиметься в ртуті?

**? 21.11.** Дерев'яну копію корабля пустили плавати в акваріум. Як зміниться рівень води в акваріумі, якщо дерев'яну копію замінити на суцільну металеву того самого масштабу?

**? 21.12.** Судно переходить з моря в річку, не заходячи в порт. Чи зміниться виштовхувальна сила, яка діє на судно? осадка судна?

**? 21.13.** Дерев'яну кульку поклали спочатку у відро з водою, а потім — з машинним маслом. Чи однакова виштовхувальна сила діє на кульку у воді й маслі? Чи однаковою є вага кульки в цих рідинах?

**21.14.** Соснова дошка завтовшки 8 см плаває у воді. На скільки вона виступає над водою?

**21.15.** Якою є товщина крижини, що на 4 см виступає над водою?

**21.16.** Повітряна куля загальною масою 600 кг і об'ємом  $800 \text{ м}^3$  піднялася на певну висоту. Якою є густина повітря на цій висоті?

**21.17.** Повітряна куля об'ємом  $1200 \text{ м}^3$  піднялася на висоту, де густина повітря становить  $0,75 \text{ кг/м}^3$ . Якою є загальна маса кулі?

### 3-й рівень складності

**? 21.18.** У каструлю з водою опустили металеву миску, і вона там плаває. Чи зміниться рівень води у каструлі, якщо металеву миску занурити? Чи зміниться вага каструлі зі всім її вмістом?

**? 21.19.** У техніці для вимірювання густини рідини використовують спеціальні прилади — ареометри (див. рисунок). Поясніть принцип їхньої дії. Чому на точність вимірювання впливає температура рідини?

**21.20.** Порожниста мідна куля діаметром 25 см плаває на поверхні води, занурившись наполовину. Якою є товщина стінок кулі?

**21.21.** Скільки туристів зможе переправитися через озеро на плоті, який зроблено з 20 соснових колод завдовжки 4 м і завтовшки 20 см? Вважайте, що маса кожного туриста становить 70 кг.

**21.22.** Щоб підняти затонулі судна, використовують металеві понтони. Понтони занурюють у воду, прив'язують міцними тросами до затонулого судна і за допомогою компресора накачують повітрям. Понтони спливають і піднімають судно. Якою може бути максимальна маса сталевого корпусу судна, якщо для його підняття використовують 24 понтони? Маса кожного понтона з повітрям дорівнює 100 кг, об'єм —  $2 \text{ м}^3$ .

**21.23.** Баржу водотоннажністю 20 000 т завели в порт і зняли вантаж масою 500 т. Як змінилася осадка баржі? Площа перерізу баржі на рівні ватерлінії дорівнює  $10^3 \text{ м}^2$ .

**21.24.** Судно переходить із річки в море. У річковому порту біля гирла на судно помістили вантаж масою 900 т. Якою є водотоннажність судна, якщо при виході в море воно не змінило осадку?



До задачі  
21.19

**21.25.** Повітряна куля об'ємом  $600 \text{ м}^3$  натягує причальний трос. Якщо кулю звільнити від троса, вона піднімається до висоти, де густина повітря становить половину від густини на рівні Землі. З якою силою куля натягує причальний трос?

**21.26.** У скільки разів густина теплого повітря всередині повітряної кулі має бути меншою за густину навколишнього повітря, щоб ця куля могла піднятися? Об'єм кулі становить  $500 \text{ м}^3$ , маса оболонки й вантажу —  $150 \text{ кг}$ .

### Задачі для допитливих

**21.27.** Повітряна куля, яку повністю наповнено воднем, піднялася на висоту  $6 \text{ км}$ . Водень у кулі замінили на гелій. На яку висоту підніметься куля? Вважайте, що зміна густини повітря в міру збільшення висоти відбувається лінійно. Масою оболонки та гондоли знехтувати.

**? 21.28.** З пінопластового плотика в басейн стрибає хлопець. Як зміниться рівень води в басейні? А як він зміниться, якщо з плотика в басейн кидають важкий камінь?

**? 21.29.** При варінні у воді яйця можуть лопнути через взаємодію з гарячим дном каструлі. Чому в круто підсоленій воді яйця не лопаються?

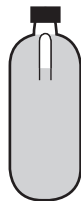
**? 21.30.** Виготовляючи цукровий сироп для підкорму бджіл, пасічник для контролю густини сиропу використовує сиру картоплину. Поясніть, як він це робить.

**21.31.** Чи буде циліндр масою  $200 \text{ г}$  і об'ємом  $400 \text{ см}^3$  плавати в циліндричному стакані, де налито  $100 \text{ г}$  води. Діаметр стакану трохи більший за діаметр циліндру (див. рисунок).



**? 21.32.** Вважають, що Рене Декарт створив фізичну іграшку «картезіанський водолаз». Її можна виготовити самостійно, якщо пластикову пляшку повністю

заповнити водою і помістити в неї невеличку пробірку, частково заповнену водою, відкритим кінцем униз, — «водолаза» (див. рисунок). Натисканням на стінки пляшки можна примусити «водолаза» занурюватися і підніматися вгору. Пояснить дію іграшки.



- 21.33.** У посудину поверх ртуті налили воду і в цю рідину кинули сталеву кульку. Як розміститься кулька? Яка її частина зануриться у воду? Товщина шарів рідин більша від діаметра кульки.

## 22. МЕХАНІЧНА РОБОТА. ОДИНИЦІ РОБОТИ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Силою 25 Н було виконано роботу в 625 Дж з переміщення зі сталою швидкістю тіла. Який шлях пройшло тіло?

*Дано:*

$$F = 25 \text{ Н}$$

$$A = 625 \text{ Дж}$$

$$l = ?$$

*Розв'язання*

З визначення механічної роботи сталої сили  $A = Fl$  знайдемо шлях, який пройшло тіло,

$$l = \frac{A}{F}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[l] = \frac{\text{Дж}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{l\} = \frac{625}{25} = 25.$$

Отже,  $l = 25 \text{ м}$ .

*Відповідь:*  $l = 25 \text{ м}$ .

**Задача 2.** З дна озера піднімають бетонну балку розмірами 40 см×50 см×75 см. Яку мінімальну роботу потрібно при цьому виконати, якщо глибина озера дорівнює 12 м? Опором води знехтуйте.

*Дано:*

$a = 40 \text{ см}$

$b = 50 \text{ см}$

$c = 75 \text{ см}$

$\rho_6 = 2000 \text{ кг/м}^3$

$\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$

$h = 12 \text{ м}$

$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

 $A = ?$ *Розв'язання*

Обчислимо силу, яку потрібно прикласти до бруска, щоб витягти його з води:

$$F = mg - F_A = \rho_6 g abc - \rho_в g abc = g abc (\rho_6 - \rho_в).$$

Для обчислення механічної роботи сталої сили скористаємося формулою

$$A = Fl = g abc (\rho_6 - \rho_в) h.$$

Перевіримо одиниці:

$$[A] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{A\} = 10 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot (2000 - 1000) = 1500.$$

Отже,  $A = 1500 \text{ Дж}$ .

*Відповідь:*  $A = 1500 \text{ Дж}$ .

### 1-й рівень складності

**?** 22.1. На тіло діє сила, але тіло під дією цієї сили не рухається. Чи виконує сила роботу?

**?** 22.2. На столі лежить книжка. Зобразіть на рисунку сили, які на неї діють. Чи виконують ці сили роботу?

**?** 22.3. По поверхні парти за допомогою горизонтальної пружини рівномірно тягнуть брусок. Зобразіть на рисунку сили, що діють на брусок. Які з них виконують роботу?

**?** 22.4. Якщо штовхнути шайбу по льоду, то вона, проковзавши деяку відстань, під дією сили тертя зупиниться. Чи виконує сила тертя роботу? Яка це сила тертя?

**22.5.** По поверхні парти за допомогою горизонтальної пружини рівномірно тягнуть брусок, прикладаючи силу 2 Н. Брусок пересувається на відстань 50 см. Яку роботу виконала при цьому сила пружності пружини?

**22.6.** Яку роботу виконала сила 5000 Н, яку прикладено до візка, якщо візок під дією цієї сили пройшов шлях 150 м?

## 2-й рівень складності

- ? 22.7.** Чи може сила тертя спокою виконати роботу? Якщо може, то наведіть приклади.
- 22.8.** Із шахти завглибшки 600 м піднімають кліть з шахтарями. Маса кліті з людьми становить 1,5 т. Яку роботу потрібно при цьому виконати?
- 22.9.** З висоти 20 м падає яблуко масою 200 г. Яку роботу виконує при цьому сила тяжіння?
- 22.10.** Яку силу потрібно прикласти до тіла, що проходить шлях 200 м, щоб виконати роботу 40 кДж?
- 22.11.** Тіло падає з висоти 40 м. Сила тяжіння при цьому виконує роботу 2 кДж. Яка сила тяжіння діє на тіло?
- 22.12.** Під дією сили 100 Н було виконано роботу в 500 Дж з переміщення тіла. На яку відстань перемістилося тіло?
- 22.13.** Сила тяжіння 12 Н, що діє на камінь, який падає, виконала роботу 240 Дж. З якої висоти падає камінь?

## 3-й рівень складності

- ? 22.14.** Наведіть приклади, коли тіло рухається, а робота не виконується.
- 22.15.** При накачуванні шини поршень насоса за один хід виконує роботу 80 Дж. Який тиск повітря створює поршень, якщо його площа дорівнює  $20 \text{ см}^2$ , а хід становить 40 см?
- 22.16.** Великий поршень гідравлічного преса при стисканні заготівки на 2 см виконав роботу 80 кДж. Яким є тиск масла всередині преса, якщо площа великого поршня дорівнює  $4000 \text{ см}^2$ ?
- 22.17.** Для підняття з дна озера мармурової колони масою 3,78 т була виконана робота 95,2 кДж. Визначте глибину озера.
- 22.18.** Автомобіль тягнуть на буксирі зі сталою швидкістю, прикладаючи силу 20 кН. Щохвилини сила натягу буксирного троса виконує роботу 10 МДж. З якою швидкістю тягнуть автомобіль?

### Задачі для допитливих

- 22.19.** Пружину динамометра жорсткістю 40 Н/м розтягнуто силою 4 Н. Яку роботу при цьому було виконано?
- 22.20.** Пружина стиснута силою 100 Н на 1 см. Яку роботу треба виконати, щоб стиснути пружину ще на 1 см?
- 22.21.** З дошки витягають цвях, прикладаючи силу 40 Н. Яку роботу при цьому потрібно виконати? Товщина дошки дорівнює 50 мм, довжина цвяха — 15 см.
- 22.22.** На дні озера завглибшки 4 м вертикально стоїть циліндрична мармурова колона, яка має висоту 2 м і масу 1 т. Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб підняти її на катер, який має висоту борта 2 м. Колону весь час піднімають вертикально.
- 22.23.** Довжина плота дорівнює 4 м, маса — 200 кг, коефіцієнт тертя матеріалу плота об берег — 0,4. Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб витягти пліт на берег?

## 23. ПОТУЖНІСТЬ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Створений в Україні важкий літак Ан-124 «Руслан» є найбільшим у світі літаком, який будується серійно. Сила тяги кожного з чотирьох його двигунів становить 250 кН. Яку потужність розвивають двигуни, коли літак летить зі швидкістю 810 км/год?

*Дано:*

$$n = 4$$

$$F = 250 \text{ кН}$$

$$v = 810 \text{ км/год} = 225 \text{ м/с}$$

$N$  — ?

*Розв'язання*

За рахунок виконання двигунами механічної роботи  $A = nFl$  літак пролітає деяку відстань, яку можна обчислити через швидкість і час польоту:

$$l = vt.$$

Тоді для роботи маємо  $A = nFvt$ .

Остаточно отримаємо:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{nFvt}{t} = nFv.$$

Перевіримо одиниці:  $[N] = H \cdot \frac{m}{c} = \frac{Дж}{c} = Вт.$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{N\} = 4 \cdot 250\,000 \cdot 225 = 225\,000\,000.$$

Отже,  $N = 225\,000\,000 \text{ Вт} = 225 \text{ МВт}.$

*Відповідь:*  $N = 225 \text{ МВт}.$

### 1-й рівень складності

- ?** **23.1.** Перший раз хлопчик піднявся на свій поверх сходами, а другий — ліфтом. Чи однакові роботи при цьому було виконано? Чи однакою є потужність хлопчика та ліфта?
- ?** **23.2.** Першокласник та одинадцятикласник наввипередки піднімаються сходами на другий поверх школи і фінішують одночасно. Чи однакову роботу виконали учні? Чи однакову потужність розвивали?
- 23.3.** Машина за 2 год виконала роботу 720 кДж. Яку потужність розвивала машина?
- 23.4.** Яку потужність розвиває двигун вантажівки, якщо за 4 год виконує роботу 1440 МДж?

### 2-й рівень складності

- ?** **23.5.** Людина піднімає відро з водою. Як потрібно змінити потужність, яку вона розвиває, щоб швидкість, з якою піднімається відро, була вдвічі більшою?
- ?** **23.6.** Ескалатором піднімаються двоє. Одна людина при цьому стоїть, друга йде сходами зі сталою швидкістю. Піднімаючи першу чи другу людину, ескалатор виконав більшу роботу? розвинув більшу потужність?
- ?** **23.7.** Коли двигуни літака мають розвинути більшу потужність: під час зльоту чи польоту зі сталою швидкістю?
- 23.8.** За який час вантажівка виконає роботу 250 МДж, якщо вона розвине потужність 100 кВт?
- 23.9.** За який час трактор з потужністю двигуна 75 кВт виконає роботу 540 МДж?
- 23.10.** Тепловоз ТЕП-70, який обслуговує «Столичний експрес» на ділянці Харків — Полтава, за максималь-



ної швидкості 160 км/год розвинув силу тяги 59 кН. Визначте потужність тепловоза.

**23.11.** Швидкісний потяг TGV (Франція) розвиває швидкість 575 км/год. Якою є потужність його двигунів, якщо сила опору руху потяга за такої швидкості становить 115,2 кН?

**23.12.** Яку потужність має двигун двомоторного літака, якщо під час польоту зі швидкістю 540 км/год сила опору руху літака становить 1,6 кН?

**23.13.** Автомобіль рухається дорогою зі швидкістю 180 км/год. Визначте силу опору його руху, якщо потужність, яку розвинув двигун автомобіля, становить 75 кВт?

**23.14.** Двигун трактора, який оре поле зі швидкістю 7,2 км/год, розвиває потужність 100 кВт. Чому дорівнює сила опору руху трактора?

**23.15.** Двигуни корабля розвинули потужність 20 МВт. З якою швидкістю йде корабель, якщо сила опору його руху у воді дорівнює 200 кН?

**23.16.** Будівельник за мотузку піднімає відро з бетонним розчином, прикладаючи силу 250 Н. З якою швидкістю він тягне мотузку, якщо за 1 хв виконує роботу 3 кДж?

### 3-й рівень складності

**? 23.17.** Судно йде з певною швидкістю. Капітан дає команду збільшити потужність двигунів у 2 рази. Чи збільшиться вдвічі швидкість судна? Поясніть, чому.

**? 23.18.** Судно на підводних крилах має двигуни тієї потужності, що й звичайне судно, але рухається набагато швидше. Чому?

**23.19.** Щохвилини будівельник піднімає і кладе на висоту 1,5 м 40 цеглин масою 3,2 кг кожна. Якою є середня потужність?

**23.20.** З колодязя завглибшки 3,5 м щохвилини насос подає 60 л води у бак, який розташовано на висоті 2,5 м. Який мінімальний тиск створює насос? Якою є потужність?

- 23.21.** Пожежний насос має потужність 10 кВт. На яку висоту насос може підняти 600 л води щохвилини? Який тиск він при цьому забезпечує?
- 23.22.** Локомотив тягне вантажний потяг масою 5000 т горизонтальною ділянкою колії. Яку потужність розвине локомотив, якщо швидкість його руху дорівнює 54 км/год? Коефіцієнт опору руху становить 0,002.
- 23.23.** Локомотив тягне потяг зі швидкістю 72 км/год горизонтальною ділянкою колії із потужністю 2 МВт. Визначте масу цього потяга. Коефіцієнт опору руху дорівнює 0,0015.

### Задачі для допитливих

- 23.24.** Для відкачування води з підвалу, що має форму куба з ребром завдовжки 4 м, використовують насос зі сталою потужністю 1 кВт. За який час насос відкачує воду, якщо її початковий рівень становить 3 м?
- 23.25.** Електродвигун приєднано до коловорота, на який намотується ланцюг завдовжки 20 м і масою 400 кг. За який час ланцюг намотається на коловорот, якщо потужність електродвигуна стала і дорівнює 800 Вт?

## 24. ЕНЕРГІЯ. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** На відрізку дороги автомобіль розганяється від 36 до 72 км/год. Яку роботу виконує сила, яка розганяла автомобіль? Маса автомобіля становить 1,5 т.

*Дано:*

$$v_1 = 36 \text{ км/год} = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 72 \text{ км/год} = 20 \text{ м/с}$$

$$m = 1,5 \text{ т} = 1500 \text{ кг}$$

*A — ?*

*Розв'язання*

Робота сили, що розганяє автомобіль, приводить до збільшення його кінетичної енергії:

$$A = W_{\kappa 2} - W_{\kappa 1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2).$$

Перевіримо одиниці\*:  $[A] = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right) = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \text{Дж}$ .

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{A\} = 1500 \cdot \left( \frac{400}{2} - \frac{100}{2} \right) = 225\,000.$$

Отже,  $A = 225\,000 \text{ Дж} = 225 \text{ кДж}$ .

Відповідь:  $A = 225 \text{ кДж}$ .

**Задача 2.** Із колодязя дістають відро масою 12 кг, виконуючи роботу 960 Дж. Визначте глибину колодязя.

Дано:

$$m = 12 \text{ кг}$$

$$A = 960 \text{ Дж}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h = ?$$

Розв'язання

Під час підняття відра була виконана робота, яка надала відру потенціальної енергії:  
 $A = mgh$ .

$$\text{Остаточного отримаємо: } h = \frac{A}{mg}.$$

Перевіримо одиниці:  $[h] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \text{м}$ .

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$h = \frac{960}{12 \cdot 10} = 8 \text{ м}.$$

Отже,  $h = 8 \text{ м}$ .

Відповідь:  $h = 8 \text{ м}$ .

**Задача 3.** З висоти 24 м падає металева куля. На якій висоті кінетична енергія кулі стане в 2 рази більшою, ніж потенціальна енергія і яку швидкість куля матиме в цю мить? Опором повітря знехтувати.

Дано:

$$h = 24 \text{ м}$$

$$W_{\text{кл}} = 2W_{\text{пл}}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_1 = ?$$

$$v_1 = ?$$

Розв'язання

Під час падіння кулі виконується закон збереження і перетворення механічної енергії (за умовою опір повітря відсутній). Це означає, що сума потенціальної та кінетичної енергії під час всього падіння не змінюється. В перший момент, коли куля ще

\* Оскільки формула кінетичної енергії  $W = \frac{mv^2}{2}$ , то між одиницями є таке співвідношення:  $\text{Дж} = \text{кг} \cdot (\text{м/с})^2$ .

не набула швидкості, є тільки потенціальна енергія. Виходячи з цього, отримаємо  $W_{\pi} = W_{\kappa 1} + W_{\pi 1}$ , або  $W_{\pi} = 3W_{\pi 1}$ ,  $mgh = 3mgh_1$ .

Остаточно отримаємо:  $h_1 = \frac{h}{3}$ .

Для того щоб знайти швидкість, скористаємося формулою для кінетичної енергії  $W_{\kappa 1} = \frac{mv_1^2}{2}$ .

Тоді

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1, \quad mgh = \frac{mv_1^2}{2} + mg \frac{h}{3},$$

$$v_1^2 = \frac{4}{3}gh, \quad v_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}\sqrt{gh}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[h_1] = \text{м},$$

$$[v_1] = \sqrt{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

$$h_1 = \frac{24}{3} = 8, \quad v_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}\sqrt{10 \cdot 24} = 17,9.$$

Отже,  $h_1 = 8 \text{ м}$ ,  $v_1 = 17,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Відповідь:  $h_1 = 8 \text{ м}$ ,  $v_1 = 17,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

### 1-й рівень складності

- ?** **24.1.** Як змінюється механічна енергія тіла, якщо сила, яку прикладено до нього, виконує роботу?
- ?** **24.2.** Ящик на складі перенесли з підлоги на полицю стелажа. Чи змінилася потенціальна енергія ящика?
- ?** **24.3.** Хлопчик підняв портфель з підлоги і поставив на парту. При цьому була виконана робота 40 Дж. Як змінилася потенціальна енергія портфеля? на скільки?
- ?** **24.4.** Вода у водосховищі має потенціальну енергію 100 МДж. Яку роботу може виконати ця вода?

- ? 24.5.** Кидаючи тенісну кульку, хлопчик виконав роботу 20 Дж. Якої кінетичної енергії набула кулька під час кидка?
- ? 24.6.** Автомобіль розганяється на горизонтальній ділянці дороги. Чи виконується при цьому механічна робота? Як змінюється енергія автомобіля?
- ? 24.7.** Футбольний м'яч має кінетичну енергію 100 Дж. Яку механічну роботу він може виконати?
- ? 24.8.** Волейбольний м'яч після удару злетів угору. Які перетворення енергії відбуваються під час польоту?
- ? 24.9.** Тенісна кулька падає на стіл і, відскочивши від нього, піднімається на початкову висоту. Які перетворення енергії при цьому відбуваються?
- 24.10.** Людина, яка стоїть на драбині на висоті 1,5 м, має потенціальну енергію 900 Дж. Якою є маса людини?
- 24.11.** Яблуко масою 300 г висить на гілці на висоті 2 м. Яку потенціальну енергію має яблуко? Яку роботу воно може виконати?
- 24.12.** Яку кінетичну енергію має сталевя кулька масою 100 г, що рухається зі швидкістю 25 м/с?
- 24.13.** Автомобіль масою 2 т розігнався до швидкості 108 км/год. Якої кінетичної енергії він набув? Яку роботу виконала сила, що розганяла автомобіль?
- 24.14.** Під дією сили 400 Н тіло розганялося на горизонтальній ділянці завдовжки 400 м. Якої кінетичної енергії набуло тіло?
- 24.15.** Груша масою 200 г висить на гілці на висоті 2 м. Яку потенціальну енергію має груша? Яку максимальну кінетичну енергію набуде, коли почне падати на землю? У який момент це відбудеться? Якою при цьому буде потенціальна енергія груші?

## 2-й рівень складності

- ? 24.16.** Чи виконує роботу сила тяжіння над хокейною шайбою, коли та ковзає по льоду?

- ? 24.17.** Супутник летить по коловій орбіті зі сталою швидкістю. Чи виконує роботу сила тяжіння Землі?
- ? 24.18.** Чи змінюється потенціальна енергія крижинки, яка зісковзує з льодової гірки? пливе на поверхні води в струмку?
- ? 24.19.** Як змінюється енергія автомобіля, коли він розганяється? гальмує? Чи виконує при цьому роботу сила тяжіння? Розгляньте випадки, коли автомобіль рухається не тільки горизонтальною дорогою, а й похилою ділянкою.
- ? 24.20.** Ракета злітає з космодрому. Як змінюється потенціальна і кінетична енергії ракети? Чи зберігається її механічна енергія? Відповідь поясніть.
- ? 24.21.** З льодяної гірки на санчатах з'їжджає хлопчик. Санчата виїжджають на тротуар, який посипано піском, і зупиняються. Які перетворення енергії при цьому відбуваються?
- ? 24.22.** Угору кинуто камінь зі швидкістю 20 м/с. З більшою чи меншою швидкістю камінь впаде на землю? Розгляньте випадки, коли опору повітря немає і коли він є.
- 24.23.** Автомобіль масою 1,5 т під дією сталої сили розігнався на горизонтальній ділянці дороги завдовжки 200 м до швидкості 72 км/год. Обчисліть силу, яка розганяла автомобіль.
- 24.24.** Під дією певної сили камінь масою 2 кг пролетів відстань 10 м і набув швидкості 10 м/с. Якою була ця сила?
- 24.25.** Піднімаючи вантаж 70 кг, підйомник виконав роботу 2,8 кДж. На яку висоту було піднято вантаж? Як змінилася його потенціальна енергія?
- 24.26.** Ескалатор підняв людину масою 80 кг і виконав при цьому роботу 4,8 кДж. На яку висоту було піднято людину? Як змінилася її потенціальна енергія?
- 24.27.** Тіло вільно падає з висоти 40 м. На якій висоті потенціальна і кінетична енергія тіла зрівняються? Опором повітря знехтувати.

**24.28.** Камінь відпускають без початкової швидкості з висоти 20 м. На якій висоті його кінетична енергія стане у 3 рази більшою від потенціальної? Опором повітря знехтуйте.

### 3-й рівень складності

**? 24.29.** Повітряна куля злітає. Які зміни енергії кулі при цьому відбуваються? Чи відбувається зміна механічної енергії кулі? За рахунок якої енергії виконується робота з підйому кулі? Враховуйте опір повітря.

**? 24.30.** Кулька, яку підвішено на нитці, здійснює коливання. Які зміни енергії при цьому відбуваються? Чи виконує роботу сила натягу нитки? сила тяжіння?

**? 24.31.** Характеризуючи автомобілі, обов'язково зазначають витрату пального на 100 км у двох випадках: при міському циклі їзди та зі сталою швидкістю по трасі. Чому в місті витрати пального є значно вищими?

**24.32.** Хлопчик піднімає сумку масою 5 кг на висоту 1,5 м. Яку роботу він виконує, якщо прикладена до сумки сила дорівнює 50 Н? 100 Н? Які зміни енергії відбуваються при цьому?

**24.33.** Вертикально вгору кидають камінь. Порівняйте кінетичну і потенціальну енергію каменя на висоті, на якій його швидкість зменшилась на чверть.

**24.34.** Із рушниці вертикально вгору стріляють кулею, яка має швидкість 200 м/с. На деякій висоті швидкість кулі зменшується до 50 м/с. Яка енергія кулі на цій висоті є більшою: потенціальна чи кінетична? у скільки разів? Опором повітря знехтувати.

**24.35.** Вертикально вгору стріляють з рушниці. Початкова швидкість кулі  $v$ . На якій висоті швидкість кулі зменшиться у 2 рази? Опором повітря знехтувати.

### Задачі для допитливих

**24.36.** На підлозі лежить елемент риштування у вигляді труби масою 20 кг і завдовжки 2 м. Яку мінімальну роботу потрібно виконати будівельнику під час зведення, щоб поставити трубу вертикально?

- 24.37.** З краю стола звисає частина брючного ремня, який має масу 100 г і довжину 40 см. Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб втягти ремінь на стіл?
- 24.38.** Із колодязі з глибини 8 м піднімають відро з водою масою 12 кг. Яку мінімальну роботу при цьому виконують, якщо маса ланцюга, на якому висить відро, дорівнює 6 кг?
- 24.39.** Будівельник складає цегляну стінку, висота якої має становити 24 цеглини, ширина — 40 цеглин. Яку мінімальну роботу при цьому виконає будівельник, якщо цеглина має розміри 250 мм×120 мм×65 мм і масу 3,2 кг?
- 24.40.** Пружину з жорсткістю 200 Н/м розтягли на 10 см. Якого виду енергію набула пружина? Обчисліть її.
- 24.41.** Пружинний пістолет з пружиною жорсткістю 400 Н/м, яка стиснута на 1 см, викидає вертикально вгору кульку масою 50 г. На яку висоту підскачить кулька? Опором повітря знехтувати.

## 25. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ. «ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО» МЕХАНІКИ. ККД ПРОСТИХ МЕХАНІЗМІВ

### Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** За допомогою важеля на висоту 25 см піднімають вантаж масою 100 кг, який прикріплено до короткого плеча завдовжки 80 см. Яку роботу при цьому виконує сила, що діє на довге плече важеля, яке має довжину 3 м 20 см? Чи є в задачі зайві дані?

*Дано:*

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$h = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$l_1 = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$$

$$l_2 = 3 \text{ м } 20 \text{ см} = 3,2 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$A = ?$

*Розв'язання*

Згідно із «золотим правилом» механіки прості механізми не дають виграшу в роботі. Тому робота, яку виконує сила, що прикладена до важеля, дорівнює роботі, яку виконує важіль з підняття вантажу:

$$A = mgh.$$



Перевіримо одиниці:

$$[A] = \text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

$$\{A\} = 100 \cdot 10 \cdot 0,25 = 250.$$

Отже,  $A = 250$  Дж.

У задачі є зайві дані — це довжини плечей важеля.

*Відповідь:*  $A = 250$  Дж, зайвими є значення довжин плечей важеля.

**Задача 2.** За допомогою підйомника, до складу якого входить рухомий блок масою 5 кг, піднімають вантаж масою 95 кг. Обчисліть ККД підйомника. Тертям можна знехтувати.

*Дано:*

$$m_{\text{в}} = 95 \text{ кг}$$

$$m_{\text{б}} = 5 \text{ кг}$$

$$\eta = ?$$

*Розв'язання*

Згідно із визначенням ККД

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{витр}}} \cdot 100 \, \%.$$

Корисна робота — це робота з підймання вантажу масою 95 кг на необхідну висоту:

$$A_{\text{кор}} = m_{\text{в}}gh.$$

Витрачена робота — це робота з підймання вантажу разом із важелем:

$$A_{\text{витр}} = (m_{\text{в}} + m_{\text{б}})gh.$$

Остаточного отримаємо:

$$\eta = \frac{m_{\text{в}}gh}{(m_{\text{в}} + m_{\text{б}})gh} \cdot 100 \, \% = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{в}} + m_{\text{б}}} \cdot 100 \, \%.$$

Перевіримо одиниці:

$$[\eta] = \frac{\text{кг}}{\text{кг} + \text{кг}} \cdot \% = \%.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{\eta\} = \frac{95}{95 + 5} \cdot 100 = 95.$$

Отже,  $\eta = 95 \, \%$ .

*Відповідь:*  $\eta = 95 \, \%$ .

**Задача 3.** По дошках до кузова автомобіля піднімають ящик масою 120 кг, прикладаючи до нього вздовж дощок силу 800 Н. Обчисліть ККД похилої площини, якщо довжина дощок дорівнює 2 м, а висота кузова — 1 м.

Дано:

$$m = 120 \text{ кг}$$

$$F = 800 \text{ Н}$$

$$l = 2 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$\eta = ?$$

Розв'язання

Згідно із визначенням ККД

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{витр}}} \cdot 100 \%$$

Корисна робота — це робота з підймання ящика на необхідну висоту:

$$A_{\text{кор}} = mgh.$$

Витрачена робота — це робота сили, яка прикладена до ящика вздовж дощок:

$$A_{\text{витр}} = Fl.$$

Остаточно отримаємо:

$$\eta = \frac{mgh}{Fl} \cdot 100 \%$$

Перевіримо одиниці:

$$[\eta] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}}{\text{Н} \cdot \text{м}} \cdot \% = \%$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{\eta\} = \frac{120 \cdot 10 \cdot 1}{800 \cdot 2} \cdot 100 = 75.$$

Отже,  $\eta = 75 \%$ .

Відповідь:  $\eta = 75 \%$ .

### 1-й рівень складності

- ?** 25.1. За допомогою важеля отримали виграш у силі в 4 рази. У чому при цьому програли?
- ?** 25.2. Нерухомий блок не дає виграшу в силі. А чи буде він давати виграш у роботі?
- ?** 25.3. Як відомо, рухомий блок дає виграш у силі в 2 рази. А чи буде він давати виграш у роботі?

**25.4.** На довгому плечі важеля було виконано роботу 2000 Дж, а на короткому — 1800 Дж. Обчисліть ККД важеля.

**25.5.** За допомогою нерухомого блока маляр підняв відро з фарбою. Обчисліть ККД блока, якщо маляр виконав роботу 3000 Дж, а відро набуло потенціальну енергію 2700 Дж.

**25.6.** Обчисліть ККД похилої площини, якщо для збільшення потенціальної енергії ящика на 700 Дж знадобилося виконати роботу з його втягування похилою площиною в 1000 Дж.

## 2-й рівень складності

**25.7.** За допомогою невагомого важеля піднімають вантаж масою 150 кг. На яку висоту було піднято вантаж, якщо на довге плече важеля діяла вертикальна сила 450 Н, а точка її прикладання перемістилася на 80 см? Тертя відсутнє.

**25.8.** За допомогою системи невагомих блоків, прикладаючи силу 200 Н, вантаж масою 80 кг піднято на висоту 2 м. На скільки перемістилася точка прикладання сили? Тертя відсутнє.

**25.9.** Похилою площиною піднімають вантаж масою 54 кг. Яку найменшу силу потрібно прикласти до вантажу, якщо довжина похилої площини становить 1,2 м, а висота — 40 см? Тертя відсутнє.

**25.10.** Важіль має плечі, довжини яких відрізняються в 4 рази. Щоб підняти вантаж масою 90 кг, до довгого плеча прикладають вертикальну силу 250 Н. Обчисліть ККД важеля.

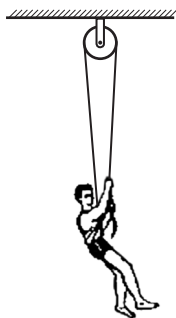
**25.11.** За допомогою нерухомого блока хлопець масою 50 кг може піднімати вантаж максимальною вагою 400 Н. Обчисліть ККД блока.

**25.12.** По похилій площині візок масою 120 кг, прикладаючи силу 500 Н, піднято на висоту 1,5 м. Обчисліть ККД похилої площини. Довжина площини дорівнює 4,8 м.

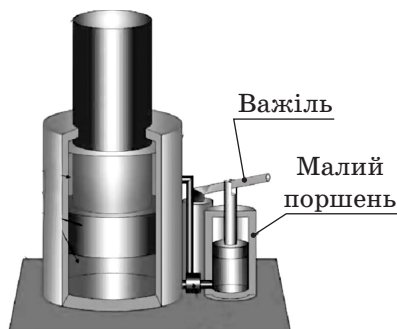
### 3-й рівень складності

**? 25.13.** Виграш в силі за допомогою нерухомого блока. Доведіть, що хлопчик, який піднімається за допомогою нерухомого блока (див. рисунок), до вільного кінця каната прикладає силу в 2 рази меншу від власної ваги.

**25.14.** За допомогою гідравлічного домкрата (див. рисунок) на висоту 20 см піднімають вантажівку масою 4 т. Кінець важеля, яким натискають на малий поршень домкрата, за один хід проходить 50 см. Яку вертикальну силу потрібно прикладати до кінця важеля, щоб за 40 ходів малого поршня виконати роботу з підйому вантажівки?



До задачі 25.13



До задачі 25.14

**25.15.** Контейнер масою 225 кг підняли на 20 см за допомогою важеля. Яку вертикальну силу довелося прикладати до довгого плеча важеля, якщо його ККД становить 90 %, а відношення довжин плечей 1 : 5?

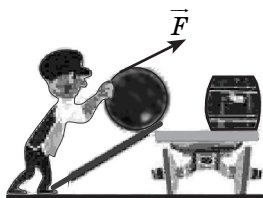
**25.16.** При завантаженні до кузова автомобіля сталевий сейф масою 450 кг за допомогою рухомого блока ККД становив 90 %. З якою силою робітники тягнули вільний кінець мотузки під час роботи?

**25.17.** Похилою площиною піднімають візок масою 50 кг. Яку силу потрібно прикладати в напрямі руху візка, якщо довжина похилої площини дорівнює 3,2 м, висота — 1,2 м, ККД становить 75 %?

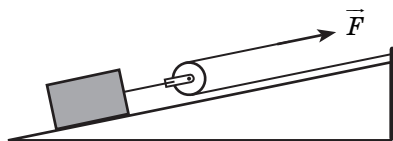
- 25.18.** Ремонтник за допомогою підйомника піднімає автомобіль на 2 м і виконує при цьому роботу 25 кДж. ККД підйомника становить 80 %. Визначте масу автомобіля.
- 25.19.** Похилою площиною піднімають ящик масою 75 кг, прикладаючи силу 150 Н. ККД площини становить 80 %, а довжина — 2,5 м. На яку висоту піднімають ящик? Яка сила тертя при цьому на нього діє?
- 25.20.** Гідравлічний прес розвине зусилля 240 кН, коли на малий поршень діє сила 12 кН. Обчисліть ККД преса. Діаметри малого і великого поршнів дорівнюють відповідно 4 см і 20 см.

### Задачі для допитливих

- 25.21.** Сталеву трубу завдовжки 3 м і масою 40 кг використовують як важіль з відношенням плечей 1 : 2. Обчисліть ККД важеля під час підняття вантажу масою 100 кг. Проаналізуйте отриманий результат.
- 25.22.** ККД нерухомого блока становить 80 %. За допомогою цього блока хлопець може піднімати вантаж максимальною вагою 400 Н. Якою може бути максимальна вага вантажу, який за допомогою блока хлопець може опускати?
- 25.23.** По дошці до візка вкочують бочку (див. рисунок), прикладаючи до обода силу  $F$ , яка дорівнює 300 Н. Визначте масу бочки, якщо довжина дошки становить 2 м, а висота візка — 80 см.
- 25.24.** Похилою площиною за допомогою рухомого блока (див. рисунок) піднімають ящик масою 80 кг. Яку



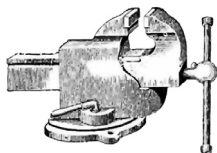
До задачі 25.23



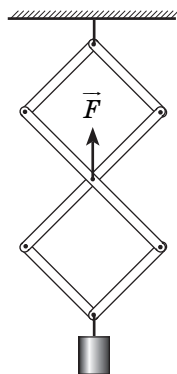
До задачі 25.24

силу  $F$  при цьому потрібно прикласти до мотузки, якщо сила тертя, що діє на ящик, становить  $\frac{1}{8}$  від його ваги? Довжина похилої площини становить 5 м, а висота — 1 м?

- 25.25.** У слюсарних лебідках затискають металеву деталь (див. рисунок). Яка сила тиску діє на деталь, якщо до ручки лебідка прикладають зусилля 300 Н? Ручка має довжину 40 см, переміщення рухомої частини лебідка при одному повороті ручки становить 5 мм.



- 25.26.** Яку мінімальну силу  $F$  потрібно прикласти до середини конструкції із шарнірно з'єднаних жорстких стрижнів (див. рисунок), щоб підняти вантаж, вага якого дорівнює 200 Н? Врахуйте, що стрижні невагомі, тертя відсутнє.



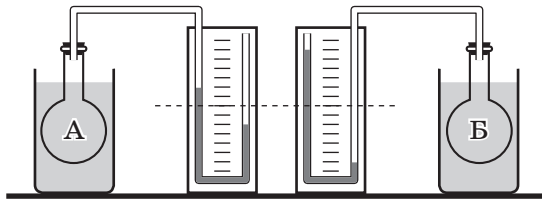
## 26. ТЕПЛОВИЙ СТАН ТІЛ. ТЕМПЕРАТУРА ТА ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ

### 1-й рівень складності

- ?** **26.1.** У відро з холодною водою кинули цеглину, яка перед тим деякий час перебувала в багатті. Що відбудеться з температурами цеглини та води?
- ?** **26.2.** Вимірюючи температуру тіла, пацієнт має тримати термометр протягом 3—5 хв. Для чого потрібен цей час?

**? 26.3.** У гарячу воду занурили вертикальну пробірку, у якій під краплиною ртуті міститься стовпчик повітря. Як поводитиметься краплина ртуті?

**? 26.4.** Початковий рівень підфарбованої води в манометрах А і Б (див. рисунок) був однаковим (до того як колби занурили у воду). У якій із посудин 1 і 2 температура води є більшою? Чому? Порівняйте температуру в посудинах з температурою повітря в кімнаті.



### 2-й рівень складності

**? 26.5.** Для чого медичні термометри перед вимірюванням температури тіла потрібно струшувати?

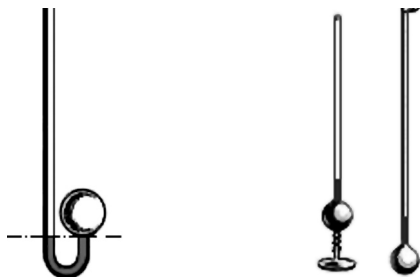
**26.6.** На день народження хлопчику подарували акваріум. Для нормальної життєдіяльності його мешканців потрібно підтримувати температуру  $25,5^{\circ}\text{C}$ . Чи може зберігатися така температура, якщо акваріум не підігрівати? Визначте температуру повітря в кімнаті, якщо вона відрізняється від температури води в акваріумі на  $7,9^{\circ}\text{C}$ ?

**26.7.** Уранці хлопчик виміряв температуру свого тіла, і з'ясувалося, що вона становить  $37,8^{\circ}\text{C}$ . На скільки ця температура має зменшитися, щоб лікар дозволив хлопчику йти до школи?

### 3-й рівень складності

**? 26.8.** Перший повітряний термоскоп, який у 1592 р. створив Галілео Галілей, складався зі скляної кулі й відкритої в атмосферу трубки (див. рисунок с. 118). У міру нагрівання повітря в кулі висота стовпчика води в трубці змінюється. Чому термоскоп Галілея неможливо проградуювати?

- ? 26.9.** У XVII ст. Торрічеллі створив рідинний термоскоп, у трубку якого був налитий спирт (див. рисунок). Дія приладу будувалась на розширенні спирту під час нагрівання. На відміну від термоскопа Галілея термоскоп Торрічеллі можливо проградувати. Чому?



*До задачі 26.8*

*До задачі 26.9*

- 26.10.** Градуюючи спиртовий термометр, відстань між точками плавлення льоду та кипіння води поділили на 25 рівних частин. Визначте ціну поділки цього термометра.
- 26.11.** Ціна поділки ртутного термометра становить  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а відстань між найближчими рисками на шкалі — 1 мм. На скільки зміниться довжина стовпчика ртуті в термометрі, якщо температура підвищиться на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- ? 26.12.** Чи міг би працювати звичайний рідинний термометр, якби коефіцієнти теплового розширення скла і рідини збігалися?
- ? 26.13.** Як би поведився стовпчик рідини в термометрі, якби коефіцієнт теплового розширення скляної трубки був більший, ніж рідини?
- ? 26.14.** Двома однаковими термометрами вимірюють температуру води з-під крана: першим доторкнулися до краплини води, а другий помістили в склянку з водою. У якому випадку показання термометра будуть ближчими до справжньої температури води?
- ? 26.15.** Як звичайним термометром якомога точніше виміряти температуру невеличкого жука?



### Задача для допитливих

- ? 26.16.** Медичні термометри мають шкалу до  $42^{\circ}\text{C}$ . Як вимірюють температуру хворим мешканцям тропічних країн? Адже там температура повітря вища від  $42^{\circ}\text{C}$  і стовпчики термометрів повністю заповнено ртуттю ще до використання.

## 27. ВНУТРІШНЯ ЕНЕРГІЯ. ЗМІНА ВНУТРІШНЬОЇ ЕНЕРГІЇ

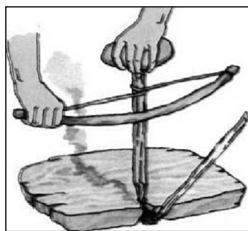
### 1-й рівень складності

- ? 27.1.** Як зміниться внутрішня енергія цеглини, якщо її занурити в гарячу воду? підняти з першого поверху на другий?
- ? 27.2.** У склянку з гарячою водою занурили металеву кульку. Чи зміниться кінетична енергія молекул кульки? потенціальна? Якщо зміниться, то як?
- ? 27.3.** Долоні можна нагріти, притиснувши їх до якогось нагрітого тіла, наприклад до стінки печі. Також їх можна потерти одна об одну. Чим різняться ці способи нагрівання долонь?
- ? 27.4.** Коли сталевий ніж заточують на точильному кругу, він сильно нагрівається. А як ще можна підвищити температуру ножа?
- ? 27.5.** Якщо налити окуп в металеву кружку, то вона досить швидко стане гарячою. У який спосіб тепло від окропу переходить до стінок кружки?
- ? 27.6.** Чому радіатори обігрівачів виготовляють не з пластику, а з металу?
- ? 27.7.** Для чого труби теплових мереж обмотують мінеральною ватою?
- ? 27.8.** Чому, щоб скип'ятити воду в каструлі, ми нагріваємо дно каструлі, а не її кришку?
- ? 27.9.** В електричному чайнику спіраль вмонтовано на дні. Чому не на бічній стінці або під кришкою?

- ? 27.10.** Сонце — зоря, що дає землянам тепло для життя. Як Сонце «передає» тепло на Землю?
- ? 27.11.** Чому для правильного вимірювання температури повітря, особливо влітку, термометр треба розміщувати в тіні?

## 2-й рівень складності

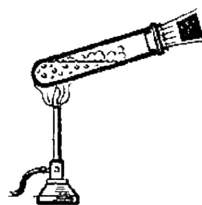
- ? 27.12.** Зі стола взяли велику і малу сталеві кульки й за-  
нурили в каструлю з киплячою водою. Як змінить-  
ся внутрішня енергія кульок? Чи на однакове зна-  
чення вона зміниться?
- ? 27.13.** Коли піднімається температура повітря, стовпчик  
термометра також піднімається. За рахунок чого  
зростає його потенціальна енергія?
- ? 27.14.** На чому ґрунтується спосіб отримання вогню, який  
проілюстровано на рисунку?
- ? 27.15.** Чому бійці, які десантуються з гелікоптерів на кана-  
тах (див. рисунок), обов'язково одягають рукавички?
- ? 27.16.** Чому нагрівається металевий дріт, якщо його де-  
кілька разів зігнути і розігнути?
- ? 27.17.** Які перетворення енергії приводять до того, що  
пробка вилітає з пробірки (див. рисунок)?



До задачі 27.14



До задачі 27.15



До задачі 27.17

- ? 27.18.** Чи можна зробити так, щоб внутрішня енергія тіла,  
над яким виконують роботу, залишилася без змін?  
Якщо можна, то яким чином?
- ? 27.19.** Щоб їжа в каструлі довше залишалась теплою, ка-  
стрюлю часто укутують теплою ковдрою. Чи можна  
за допомогою теплої ковдри «зберігати» холод?

- ? 27.20.** Навіщо садівники восени засипають трояндові кущі старим листям?
- ? 27.21.** На рисунку зображено горобця взимку і влітку. Визначте, якій порі року відповідають випадки *а* і *б*?



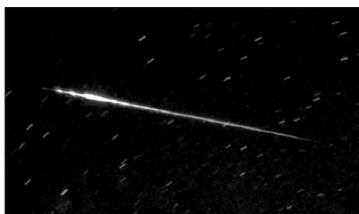
- ? 27.22.** У старих чайниках з великим шаром накипу на стінках вода закипає значно довше, ніж у нових. Чому?
- ? 27.23.** Легко вдягнена людина на холодному повітрі може перебувати досить довго, а в холодній воді — швидко замерзає. Чому?
- ? 27.24.** Чому в безвітряну погоду дим від багаття піднімається вертикально вгору?
- ? 27.25.** Чому радіатори опалення доцільно розташовувати під вікнами, а не над ними чи на стінах, де зовсім немає вікон?
- ? 27.26.** У якому випадку вода у відрі швидше охолоне: якщо в нього кинути шматок льоду або поставити відро на лід?
- ? 27.27.** Навіщо в корпусах комп'ютерів роблять отвори та ставлять вентилятори?
- ? 27.28.** На дачних ділянках мешканці доволі часто будують літні душі — бак з водою, розташований на висоті 2 м, і трубка з душовою насадкою. За рахунок чого підігрівається вода в баку? Як зробити процес підігрівання води найефективнішим?
- ? 27.29.** Навіть у морозяну погоду сніг може танути під сонячними променями. Який сніг танутиме швидше: чистий (за містом) чи брудний (у місті)? Чому?
- ? 27.30.** Газгольдини — резервуари для зберігання опалювального газу — фарбують у сріблястий колір. Чому?

- ? 27.31.** Які види теплообміну зведені до мінімуму в сучасних віконних системах?
- ? 27.32.** Навіщо в термосах відкачують повітря, що міститься між стінками колби, а її внутрішню поверхню вкривають шаром полірованого металу?
- ? 27.33.** «Термосумки» (див. рисунок). Усередині їх вкрито схожим на металеву фольгу матеріалом, між «фольгою» й зовнішньої тканиною вкладено спінений поліуретан, а зверху сумку щільно вкрито кришкою. Які види теплообміну в таких сумках зведені до мінімуму?



### 3-й рівень складності

- ? 27.34.** У горах навіть улітку можуть траплятися дуже холодні ночі. Чому в таку ніч туристам, які вдягнуті в легкий літній одяг, потрібно не спати, а рухатися?
- ? 27.35.** Як змінюється внутрішня енергія сталевий кульки, яка з деякої висоти падає на сталеву плиту і підскакує до початкової висоти? А як змінюється внутрішня енергія кульки, якщо вона падає на пісок?
- ? 27.36.** Розігрівши в печі залізну болванку, коваль кладе її на холодне ковадло і частими й сильними ударами кує. Чому температура болванки не зменшується, а навіть збільшується, адже вона лежить на холодному ковадлі?
- ? 27.37.** Невеликі метеорні тіла (див. рисунок) повністю згорають в атмосфері на висотах до 80 км. Чим викликане таке значне нагрівання?



**? 27.38.** На рисунку зображено кратер діаметром 1200 м завглибшки 180 м. Він з'явився в Аризоні 50 тис. років тому від удару метеорита масою понад 300 тис. тонн. Дослідження не виявили метеоритної речовини. Куди вона поділася і за рахунок якої енергії утворився кратер?



**? 27.39.** Ванна з водою кімнатної температури має значно більшу внутрішню енергію, ніж чайна ложка, яку помістили в чашку з гарячим чаєм. У якому напрямі відбуватиметься теплообмін, якщо ложку занурити у ванну?

**? 27.40.** Будинок, у якого стіни виготовлено із суміші глини й соломи, значно краще «тримає» тепло, ніж будинок з цегли або бетону, за умови однакової товщини стін. Чому?

**? 27.41.** Швацька нитка в полум'ї свічки швидко перегоряє. Та якщо декілька разів намотати нитку на металевий циліндр і знову піднести циліндр до полум'я свічки, нитка не перегорятиме. Чому?

**? 27.42.** Якщо ненароком доторкнутися до металу та дерева у 30-градусний мороз, то метал на дотик буде значно холоднішим, ніж дерево. А що можна відчутти, якщо доторкнутися до металу та дерева у 50-градусну спеку?

**? 27.43.** Якщо з тонкого паперу зробити стаканчик, то в ньому можна закип'ятити воду на газовому пальнику. Чому папір не згоряє в полум'ї пальника?

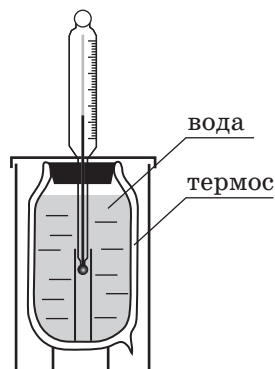
**? 27.44.** У сильні морози на внутрішніх поверхнях вікон з'являється роса, а іноді й паморозь. На якій частині вікна вона з'являється: верхній чи нижній? Поясніть, чому.

**? 27.45.** Як скоріше охолодити каву в чашці: відразу налити холодне молоко чи почекати 5 хв, а потім налити?

- ? 27.46.** У стані невагомості неможливо скип'ятити воду без примусового постійного перемішування. Чому?
- ? 27.47.** Чому тяга в цегляній трубі є кращою, ніж в металевій трубі тієї самої висоти?
- ? 27.48.** У парниках, навіть якщо їх не опалювати, тепло і в прохолодну погоду. Чому?
- ? 27.49.** Узимку в тепловій мережі виникла аварія, і багатопверховий будинок на декілька днів залишився без опалення. Хто з мешканців більше страждатиме від холоду: чиї вікна виходять на південь чи північ, і чому?
- ? 27.50.** Повітря прозоре, воно не поглинає сонячні промені, тому безпосередньо ними не може нагріватися. Чому ж літнього спекотного дня повітря дуже гаряче?

### Задачі для допитливих

- ? 27.51.** У дуже морозяну погоду в природних водоймищах біля дна розміщується шар теплої води при температурі близько  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чи не суперечить це відомому факту, що холодна вода опускається вниз, а тепла піднімається вгору?
- ? 27.52.** Навіть над Африкою на висоті 10 км температура повітря нижча за  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чому над тропіками така низька температура?
- ? 27.53.** На рисунку зображено конструкцію інерційного термометра, який використовується на метеорологічних станціях або садових ділянках. Він показує середню температуру за декілька діб. Як він працює?



## 28. КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛОТИ, ЯКА ЙДЕ НА НАГРІВАННЯ ТІЛА АБО ВИДІЛЯЄТЬСЯ ПІД ЧАС ЙОГО ОХОЛОДЖЕННЯ. ПИТОМА ТЕПЛОЄМНІСТЬ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** У мідному чайнику масою 200 г міститься 0,55 л води при температурі 10 °С. Чайнику в результаті теплообміну було передано 23,86 кДж теплоти. До якої температури нагрілася вода?

*Дано:*

$$m_{\text{м}} = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$V_{\text{в}} = 0,55 \text{ л} = 0,00055 \text{ м}^3$$

$$t_1 = 10 \text{ °С}$$

$$Q = 23,9 \text{ кДж} = 23\,900 \text{ Дж}$$

$$c_{\text{м}} = 400 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{°С})}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{°С})}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$t_2 = ?$$

*Розв'язання*

У результаті теплообміну між чайником і водою початкова температура чайника є такою самою, як і води. Передана чайнику внаслідок теплообміну кількість теплоти змінює температуру води і чайника однаково:

$$Q = Q_{\text{м}} + Q_{\text{в}},$$

$$Q_{\text{м}} = c_{\text{м}} m_{\text{м}} (t_2 - t_1),$$

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_2 - t_1) = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} (t_2 - t_1).$$

Звідси

$$Q = c_{\text{м}} m_{\text{м}} (t_2 - t_1) + c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} (t_2 - t_1) = (c_{\text{м}} m_{\text{м}} + c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}) \cdot (t_2 - t_1).$$

Остаточнo отримаємо:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{c_{\text{м}} m_{\text{м}} + c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}}.$$

Перевіримо одиниці:

$$[t_2] = \text{°С} + \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot \text{кг} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3} = \text{°С} + \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{°С}} + \frac{\text{Дж}}{\text{°С}}} = \text{°С}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{t_2\} = 10 + \frac{23\,900}{400 \cdot 0,2 + 4200 \cdot 1000 \cdot 0,00055} = 20.$$

Отже,  $t_2 = 20 \text{ °С}$ .

*Відповідь:*  $t_2 = 20 \text{ °С}$ .

### 1-й рівень складності

- ? 28.1. У дві посудини налили воду до одного рівня (див. рисунок). Потім воду нагріли на  $1^{\circ}\text{C}$ . Яка посудина отримала більшу кількість теплоти?



- ? 28.2. Яка кількість теплоти потрібна, щоб  $1\text{ кг}$  заліза нагріти на  $2^{\circ}\text{C}$ ?
- ? 28.3. Яка кількість теплоти потрібна, щоб  $2\text{ кг}$  алюмінію нагріти на  $1^{\circ}\text{C}$ ?

- ? 28.4. Питома теплоємність води дорівнює  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ . Що це означає?

- ? 28.5. Питома теплоємність міді  $400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ . Що це означає?

- ? 28.6. Мідну, сталеву й алюмінієву деталі однакової маси остудили на  $1^{\circ}\text{C}$ . Яка з деталей віддала більшу кількість теплоти? Внутрішня енергія якої деталі змінилася найменше?

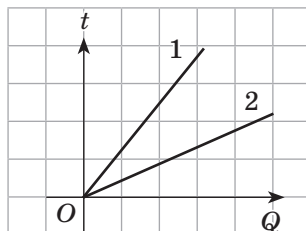
### 2-й рівень складності

- ? 28.7. Яка система опалення є більш ефективною: парова (як теплоносій використовується гаряча пара) чи водяна (теплоносій — гаряча вода)?

- ? 28.8. Де більш м'який клімат: у Харкові чи у французькому порту Гавр? Обидва міста розташовані приблизно на одній широті.

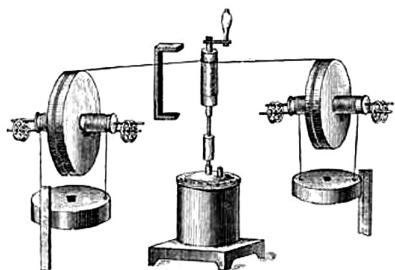
- ? 28.9. У сталевий кухоль масою  $300\text{ г}$  налили  $300\text{ г}$  води і поставили нагріватися на плиту. На що піде більша кількість теплоти: на нагрівання кухля чи води?

- ? 28.10. На рисунку зображено графіки залежності температури від отриманої кількості теплоти для двох металевих брусків однакової маси. У якого з металів питома теплоємність є більшою? Відповідь поясніть.





- 28.11.** Скільки потрібно тепла, щоб свинцевий брусок масою 35 кг нагріти на  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.12.** Яку кількість теплоти віддасть дерев'яна лава масою 15 кг, яка нагріта сонячними променями вдень, коли вночі охолоне на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.13.** Мідну заклепку масою 50 г потрібно нагріти від  $20$  до  $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки тепла для цього потрібно?
- 28.14.** Сталева деталь масою 5,5 кг охолонула від  $257$  до  $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яку кількість теплоти віддала деталь?
- 28.15.** Металевий циліндр масою 250 г нагрівся від  $25$  до  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ , коли йому було передано 46 кДж тепла. З якого металу виготовлено циліндр?
- 28.16.** На нагрівання цеглини масою 3,2 кг на  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  витрачено стільки ж тепла, скільки потрібно для нагрівання 0,88 л води на  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Обчисліть питому теплоємність цегли.
- 28.17.** В алюмінієвій каструлі масою 500 г підігрівають 3,5 л води від  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипіння при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки тепла для цього потрібно?
- 28.18.** У сталевій ванні масою 40 кг, яку наповнено 200 л машинного масла з температурою  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нагрівають мідні деталі масою 85 кг. Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб довести температуру ванни до  $167\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.19.** На скільки градусів підніметься температура сталеві деталі масою 8,4 кг, якщо їй передати таку ж кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання 900 г води на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.20.** У калориметрі міститься 1 л води (див. рисунок), за рахунок енергії важків, що опускаються, обертаються лопаті гвинта. Унаслідок опору вода нагрівається. На скільки нагрілася вода, коли кожний



важок опустився на 10 м? Маса кожного з важків становить 8,4 кг. Вважайте, що вся механічна енергія важків перейшла у внутрішню енергію води.

**28.21.** Двигун потужністю 25 Вт протягом 7 хв змушує обертатися лопаті гвинта всередині калориметра, який заповнено водою. За рахунок опору вода нагрівається на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки води міститься в калориметрі?

**28.22.** З висоти 14 м на пісок падає свинцева куля. На скільки градусів вона нагріється, якщо 50 % потенціальної енергії кулі перейде в її внутрішню енергію?

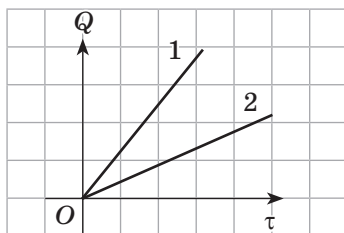
**28.23.** На скільки градусів нагрівається вода у водоспаді, що падає з висоти 70 м? Вважайте, що 60 % механічної енергії води переходить у її внутрішню енергію.

### 3-й рівень складності

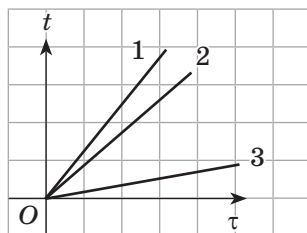
**? 28.24.** Які зміни відбулися б на Землі, якби питома теплоємність води була у 10 разів меншою?

**? 28.25.** На плиту поставили алюмінієву каструлю з водою. Маси каструлі та води є однаковими. Який із графіків залежності отриманої кількості теплоти від часу, зображених на рисунку, відповідає каструлі, а який — воді?

**? 28.26.** На плиту помістили калориметр з водою, мідний і сталевий бруски. Маси води, міді й сталі є однаковими. Який графік залежності температури тіл від часу (див. рисунок) відповідає воді, який — міді, а який — сталі? Поясніть, чому. Втрати тепла в оточуюче середовище не враховуйте.



До задачі 28.25



До задачі 28.26

- ? 28.27.** Чому неможливо довести до кипіння чайник, повний води, підігріваючи його полум'ям свічки?
- 28.28.** Улітку на дачній ділянці батько з сином збудували басейн завдовжки 4 м, завширшки 2 м і завглибшки 1,5 м. Зранку батько повністю наповнив басейн колодязною водою, температура якої дорівнювала  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яку кількість теплоти отримала вода в басейні від гарячого повітря і з сонячними променями, якщо ввечері температура води була вже  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.29.** Сталеве зубило будівельного перфоратора за 15 хв роботи нагрілося на  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вважаючи, що 30 % енергії ударів перфоратора пішло на нагрів зубила, знайдіть потужність перфоратора і виконану ним за 15 хв роботу. Маса зубила становить 3 кг.
- 28.30.** При свердленні отвору в сталевій деталі двигун електродриля виконав роботу 90 кДж. На скільки градусів нагрілося сталеве свердло масою 100 г, якщо на нагрів пішло 2,5 % енергії, витраченої двигуном?
- 28.31.** Санки з хлопчиком загальною масою 60 кг на швидкості 5 м/с виїхали на ділянку асфальту і зупинилися. На скільки нагрілися сталеві полози санок за рахунок тертя, якщо 20 % їхньої механічної енергії перейшло у внутрішню енергію полізів? Маса кожного полоза становить 1 кг.
- 28.32.** Свинцева куля пробиває дошку і зменшує швидкість з 300 до 200 м/с. На скільки підвищиться температура кулі за рахунок тертя в дошці, якщо на нагрівання піде 28 % роботи сил тертя?

### Задачі для допитливих

- 28.33.** Чи може краплина води, що падає з деякої висоти, нагрітися до кипіння внаслідок удару об землю?
- 28.34.** Дві однакові свинцеві кулі, які рухалися зі швидкістю 20,5 м/с кожна, зіштовхуються і злипаються. На скільки градусів вони при цьому нагріваються?

- 28.35.** Горизонтальною ділянкою дороги зі сталою швидкістю 1 м/с тягнуть сталевий брусok. На скільки градусів нагріється брусok протягом 10 хв за рахунок тертя об дорогу? Коефіцієнт тертя між дорогою та бруском 0,6, у докiлля втрачається 50 % одержаного від тертя тепла.

## 29. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС\*

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Скільки гарячої води, взятої при температурі 60 °С, потрібно додати до 120 л холодної при 20 °С, щоб підготувати ванну з температурою води 36 °С? Теплообміном із докiллям знехтувати.

*Дано:*

$$t_1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_2 = 120\text{ л}$$

$$t_{\text{к}} = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_1 = ?$$

$$V = ?$$

*Розв'язання*

При змішуванні гарячої та холодної води відбувається теплообмін до тих пір, доки температура всієї води не стане  $t_{\text{к}}$ . Кількість теплоти, яку віддала гаряча вода,  $Q_1 = -cm_1(t_{\text{к}} - t_1)$ .

Кількість теплоти, яку одержала холодна вода,

$$Q_2 = cm_2(t_{\text{к}} - t_2).$$

Згідно з умовою задачі теплообмін відбувається тільки з водою. Відповідно до рівняння теплового балансу  $Q_1 = Q_2$ .

Звідси:

$$-cm_1(t_{\text{к}} - t_1) = cm_2(t_{\text{к}} - t_2),$$

$$m_1(t_1 - t_{\text{к}}) = m_2(t_{\text{к}} - t_2),$$

$$\rho V_1(t_1 - t_{\text{к}}) = \rho V_2(t_{\text{к}} - t_2),$$

$$V_1(t_1 - t_{\text{к}}) = V_2(t_{\text{к}} - t_2).$$

Остаточно отримаємо:

$$V_1 = V_2 \frac{t_{\text{к}} - t_2}{t_1 - t_{\text{к}}}.$$

Загальна кількість води у ванні становитиме:

$$V = V_1 + V_2 = V_2 \frac{t_{\text{к}} - t_2}{t_1 - t_{\text{к}}} + V_2 = V_2 \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{\text{к}}}.$$

\* У задачах цього параграфу не враховуйте теплові втрати, якщо не зазначено зворотнє.

Перевіримо одиниці:

$$[V_1] = \text{м}^3 \frac{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}} = \text{м}^3, [V] = \text{м}^3 \frac{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}} = \text{м}^3.$$

Визначимо числове значення шуканих величин:

$$\{V_1\} = 120 \cdot \frac{36 - 20}{60 - 36} = 80, \{V\} = 120 \cdot \frac{60 - 20}{60 - 36} = 120.$$

Отже,  $V_1 = 80 \text{ м}^3$ ,  $V = 120 \text{ м}^3$ .

Відповідь:  $V_1 = 80 \text{ м}^3$ ,  $V = 120 \text{ м}^3$ .

### 1-й рівень складності

**? 29.1.** Розжарену сталеву деталь занурюють у воду. Маси деталі та води є однаковими. Чи на однакову кількість градусів зміняться температури води й деталі при встановленні теплової рівноваги?

**? 29.2.** В однакові посудини з однаковими кількостями води кімнатної температури кладуть кульки однакової маси із заліза та свинцю, які попередньо тривалий час перебували в окропі. У посудині з якою кулькою кінцева температура буде більш високою?

### 2-й рівень складності

**29.3.** У ванну додали 5 л окропу. Після встановлення теплової рівноваги температура води у ванні стала дорівнювати  $35^{\circ}\text{C}$ . Знайдіть початкову температуру води у ванні, якщо після додавання окропу загальна кількість води становила 100 л.

**29.4.** Щоб вимити посуд, мати налила в таз 4 л води при температурі  $12^{\circ}\text{C}$ . Скільки окропу потрібно додати до тазу, щоб отримати воду з температурою  $50^{\circ}\text{C}$ ?

**29.5.** Скільки холодної води при температурі  $8^{\circ}\text{C}$  потрібно додати до 80 л гарячої води при  $90^{\circ}\text{C}$ , щоб підготувати ванну з температурою води  $30^{\circ}\text{C}$ ?

**29.6.** У сталевий чайник масою 500 г при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  налили 500 г гарячої води при  $90^{\circ}\text{C}$ . Яка температура води встановиться у чайнику?

**29.7.** Щоб охолодити розжарену до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  чавунну сковорідку масою  $2\text{ кг}$ , у неї наливають  $0,5\text{ л}$  води при температурі  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . До якої температури охолоне сковорідка?

**29.8.** У мідний калориметр масою  $50\text{ г}$ , в якому міститься  $200\text{ г}$  води при температурі  $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , занурюють металевий циліндр масою  $100\text{ г}$ , який до цього тривалий час лежав в окропі. Після закінчення теплообміну в калориметрі встановилася температура  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . З якого металу виготовлено циліндр?

### 3-й рівень складності

**29.9.** У каструлю наливають вісім повних склянок холодної води при температурі  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  і п'ять повних склянок гарячої води при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яка температура встановиться в каструлі? Теплоємністю каструлі знехтуйте.

**29.10.** Скільки потрібно холодної та гарячої води, щоб приготувати ванну на  $200\text{ л}$  з температурою води  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Температура води до змішування становила відповідно  $10$  і  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**29.11.** До ванни, де було  $100\text{ л}$  холодної води при температурі  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , долили  $60\text{ л}$  гарячої води при  $81\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Після встановлення теплової рівноваги температура води у ванні дорівнювала  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чи були втрати тепла через теплообмін з довкіллям?

**29.12.** Учень розрахував, скільки потрібно гарячої води при температурі  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , щоб  $100\text{ г}$  холодної води при  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  нагріти до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яку поправку в розрахунки потрібно внести, щоб врахувати теплоємність калориметра, в якому міститься холодна вода? Теплоємність калориметра дорівнює  $50\text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ .

### Задача для допитливих

**29.13.** У калориметр, в якому міститься вода при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , занурюють нагріту в окропі кульку. Температура води піднімається на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На скільки ще підніметься температура води в калориметрі, якщо додати ще дві такі самі нагріті в окропі кульки? Перша кулька залишається в калориметрі.

### 30. ТЕПЛОТА ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА. ККД НАГРІВНИКА

#### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** На спиртівку ставлять сталевий кухоль з водою при температурі  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Який об'єм спирту потрібно спалити, щоб довести воду до кипіння? Маса кухля дорівнює  $100\text{ г}$ , води —  $200\text{ г}$ , ККД спиртівки становить  $25\%$ .

*Дано:*

$$t_1 = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{к}} = 100\text{ г} = 0,1\text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = 200\text{ г} = 0,2\text{ кг}$$

$$\eta = 25\%$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$c_{\text{ст}} = 500 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$\rho_{\text{сп}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$q_{\text{сп}} = 27 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$V_{\text{сп}} = ?$$

*Розв'язання*

При згорянні шуканого об'єму спирту виділяється деяка кількість теплоти

$$Q_{\text{нагр}} = q_{\text{сп}} m_{\text{сп}} = q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}}.$$

На нагрівання води та кухля також витрачається певна кількість теплоти

$$Q_{\text{витр}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_2 - t_1) + c_{\text{ст}} m_{\text{к}} (t_2 - t_1) = (c_{\text{в}} m_{\text{в}} + c_{\text{ст}} m_{\text{к}}) \cdot (t_2 - t_1).$$

Згідно з визначенням ККД нагрівника

$$\eta = \frac{Q_{\text{витр}}}{Q_{\text{нагр}}} \cdot 100\%.$$

Звідси

$$\eta = \frac{(c_{\text{в}} m_{\text{в}} + c_{\text{ст}} m_{\text{к}}) \cdot (t_2 - t_1)}{q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}}} \cdot 100\%.$$

Остаточнo отримаємо:

$$V_{\text{сп}} = \frac{(c_{\text{в}} m_{\text{в}} + c_{\text{ст}} m_{\text{к}}) \cdot (t_2 - t_1)}{\eta q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}}} \cdot 100\%.$$

Перевіримо одиниці:

$$[V_{\text{сп}}] = \frac{\left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot \text{кг} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot \text{кг} \right) \cdot (^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C})}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \% = \text{м}^3.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{V_{\text{сп}}\} = \frac{(4200 \cdot 0,2 + 500 \cdot 0,1) \cdot (100 - 12)}{25 \cdot 2,7 \cdot 10^7 \cdot 800} \cdot 100 = 1,45 \cdot 10^{-5}.$$

Отже,  $V_{\text{сп}} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ .

Відповідь:  $V_{\text{сп}} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ .

### 1-й рівень складності

- ? 30.1.** Скільки тепла виділяється при повному згорянні 1 кг гасу?
- ? 30.2.** При повному згорянні 2 кг якого палива — вугілля або бензину — виділяється більше тепла?
- 30.3.** Яка кількість теплоти виділяється при повному згорянні 2,5 кг деревного вугілля? 450 г гасу?
- 30.4.** Скільки тепла можна отримати, повністю спаливши 15,5 кг дров? 950 г бензину?
- 30.5.** При повному згорянні деякої кількості гасу було отримано 23 МДж теплоти. Якою є маса гасу, що згорів?
- 30.6.** Скільки антрациту треба спалити, щоб отримати 60 МДж тепла?
- 30.7.** При повному згорянні 2 кг горючої речовини виділилося 54 МДж тепла. Якою є питома теплота згорання цієї речовини? Що це за речовина?

### 2-й рівень складності

- 30.8.** Було повністю спалено 2,5 л гасу. Яка кількість теплоти при цьому виділилася?
- 30.9.** Яка кількість теплоти виділилася при повному згорянні 15 м<sup>3</sup> сухих дубових дров?
- 30.10.** На скільки більше виділиться тепла при повному згорянні 10 кг бензину, ніж при згорянні такої самої кількості спирту?
- 30.11.** У скільки разів теплота згорання водню більша, ніж теплота згорання природного газу?



- 30.12.** У скільки разів зменшується потреба у паливі, коли теплова електростанція переходить з вугілля на природний газ?
- 30.13.** Суміш, яка складається з 3 кг бензину та 2 кг спирту, повністю згоряє. Скільки тепла при цьому виділяється?
- 30.14.** Змішали 5 кг бензину і 5 кг спирту. На скільки менше виділиться тепла при згорянні цієї суміші, ніж при згорянні 10 кг чистого бензину?
- 30.15.** Скільки води можна нагріти на  $23^{\circ}\text{C}$  за рахунок повного згоряння 10,5 г бензину?
- 30.16.** На яку висоту можна підняти людину масою 80 кг за рахунок енергії, що виділяється при згорянні 100 г цукру? При згорянні 1 г цукру виділяється приблизно 17,2 кДж енергії.
- 30.17.** Обчисліть ККД нагрівача, якщо  $\frac{1}{4}$  тепла, що виділяється при згорянні в ньому палива, переходить у довкілля.

### 3-й рівень складності

- ? 30.18.** Чому у вибухових зарядах не використовують бензин або гас, хоча вони виділяють набагато більше тепла при згорянні, ніж порох?
- 30.19.** На газовому пальнику в алюмінієвому чайнику масою 400 г нагрівають 3 л води. Скільки газу потрібно спалити, щоб вода нагрілася від  $15^{\circ}\text{C}$  до кипіння? ККД нагрівника становить 40 %.
- 30.20.** Чи можна нагріти в печі 100 кг заліза до плавлення, спаливши 2,5 кг деревного вугілля? Початкова температура заліза дорівнює  $35^{\circ}\text{C}$ , ККД печі становить 75 %.
- 30.21.** У мідній чашці масою 100 г на спиртівці нагрівають 400 мл води від  $15$  до  $95^{\circ}\text{C}$  і витрачають на це 13,2 г спирту. Обчисліть за цими даними ККД спиртівки.

### Задача для допитливих

**30.22.** Водень і природний газ змішали й отримали 4 кг палива, яке має питому теплоємність 63 Дж/кг. Обчисліть масу водню в суміші.

## 31. ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ. ККД ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Скільки літрів бензину витратив автомобіль потужністю 100 кВт на шлях у 240 км, який він пройшов зі швидкістю 80 км/год? ККД двигуна становить 35 %.

*Дано:*

$$N = 100 \text{ кВт} = 10^5 \text{ Вт}$$

$$l = 240 \text{ км} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$v = 80 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 22 \frac{2 \text{ м}}{9 \text{ с}}$$

$$\eta = 35 \%$$

$$\rho = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$V$  — ?

*Розв'язання*

Автомобіль витратив на шлях певну кількість бензину, який, згоряючи в циліндрах двигуна, виділив кількість теплоти

$$Q_{\text{бенз}} = qm = q\rho V.$$

За час руху двигун виконав роботу

$$A = Nt = N \frac{l}{v}.$$

Згідно з визначенням ККД

$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100 \%.$$

Звідси отримуємо

$$\eta = \frac{N \frac{l}{v}}{q\rho V} \cdot 100 \%.$$

Остаточно

$$V = \frac{Nl}{\eta q\rho v} \cdot 100 \%.$$

Перевіримо одиниці:

$$[V] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \% = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}} = \text{м}^3.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

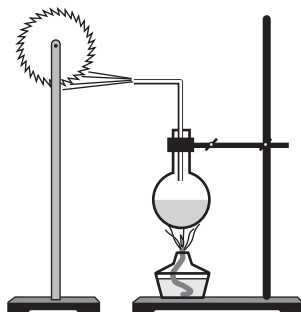
$$\{V\} = \frac{10^5 \cdot 2,4 \cdot 10^5}{35 \cdot 4,6 \cdot 10^7 \cdot 710 \cdot 22 \frac{2}{9}} \cdot 100 = 0,0945.$$

Отже,  $V = 0,0945 \text{ м}^3 \approx 95 \text{ л}$ .

Відповідь:  $V = 95 \text{ л}$ .

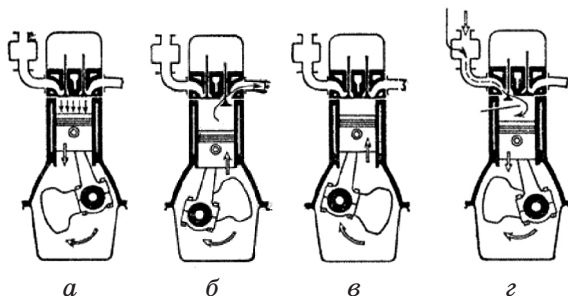
### 1-й рівень складності

- ?** 31.1. Чи можна вважати установку, яку зображено на рисунку, тепловим двигуном? Якщо так, то вкажіть, які перетворення енергії відбуваються в такому двигуні.
- ?** 31.2. На яких із перелічених транспортних засобах використовують теплові двигуни: автомобіль, автобус, трамвай, тролейбус, літак, спортивний велосипед?
- ?** 31.3. Чому в потягах метро не використовують двигуни внутрішнього згоряння?
- ?** 31.4. Чому в розвинених країнах висувають дуже жорсткі вимоги до виробників автомобілів щодо повноти згоряння палива у двигунах?
- ?** 31.5. У якій галузі масово використовують найбільш потужні теплові двигуни?
- ?** 31.6. На яких транспортних засобах використовують найбільш потужні поршневі двигуни? Що це за двигуни?
- 31.7.** Яку роботу виконує тепловий двигун, якщо отримує від згоряння пального 100 МДж теплоти, а віддає довкіллю 70 МДж теплоти?
- 31.8.** За один цикл тепловий двигун виконав роботу 50 Дж. При цьому втрати тепла в довкілля становлять 100 Дж. Скільки тепла за цикл отримав двигун?
- 31.9.** Дизельний двигун отримує від згоряння пального 20 МДж теплоти і виконує роботу 7 МДж. Скільки за цей час двигун віддає тепла в довкілля?



## 2-й рівень складності

- ? 31.10.** Чому пара, яка пройшла через парову турбіну, має меншу температуру, ніж пара на вході?
- ? 31.11.** Навіщо у більшості теплових двигунів є радіатор з водою?
- ? 31.12.** За рисунком назвіть такти роботи чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння.



- ? 31.13.** У який момент робоча суміш у циліндрах двигунів внутрішнього згоряння має найбільшу внутрішню енергію: наприкінці такту «стискання» чи на початку такту «робочий хід»?
- ? 31.14.** Під час яких тактів роботи чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння відкриті два клапани? хоча б один? обидва закриті?
- ? 31.15.** Чому в дизельних двигунах для подачі палива в циліндри використовуються насоси високого тиску?
- ? 31.16.** Перший двигун для виконання роботи використовує  $\frac{1}{3}$  теплоти, яка виділяється при згорянні палива, а другий —  $\frac{1}{4}$ . Потужності й вартості двигунів є однаковими. Який би з цих двигунів ви встановили на власний автомобіль? Чому?
- 31.17.** При згорянні порції палива в двигуні внутрішнього згоряння виділилося 100 МДж теплоти. Двигун при цьому виконав роботу 30 МДж. Обчисліть ККД двигуна.

**31.18.** Двигун отримав від згоряння пального 250 МДж теплоти і віддав у довкілля 200 МДж енергії. Обчисліть ККД двигуна.

**31.19.** У циліндрах дизельного двигуна виділилося 120 МДж теплоти, 80 МДж теплоти перейшло в довкілля. Обчисліть ККД двигуна.

**? 31.20.** Двигун виконав роботу 100 кДж. При цьому втрати тепла в довкілля становлять 300 кДж. Обчисліть ККД двигуна.

**31.21.** Обчисліть ККД двигуна дизель-електростанції, яка для виробництва 26,7 МДж електроенергії використовує 2 л дизельного палива.

**31.22.** Двигун вантажівки за 1 год використав 20 кг дизельного палива. Обчисліть ККД двигуна, якщо він розвинув потужність 77 кВт.

**31.23.** Визначте масу бензину, який витрачає автомобіль за 10 хв, якщо потужність його двигуна становить 55 кВт, а ККД — 25 %?

**31.24.** Найпотужнішим поршневим двигуном у світі є дизель Wartsila-Sulzer RTA96-C. Його максимальна потужність становить 108 920 к. с., а ККД в 2 рази більший від ККД звичайного автомобіля і становить 51,7 %. Скільки дизельного пального витратить цей двигун за тиждень роботи, якщо розвиває половину своєї максимальної потужності?

**31.25.** Яку корисну роботу виконає двигун екологічно чистого автомобіля з ККД, що становить 30 %, якщо використає 15 л спирту?

**31.26.** За 3 год роботи газова турбіна, ККД якої дорівнює 40 %, використала 628 кг гасу. Яку потужність розвинула турбіна?

### 3-й рівень складності

**31.27.** На сучасних теплових електростанціях для виробництва кожного мегаджоуля електроенергії використовується в середньому 105 г вугілля. Скільки

потрібно вугілля для роботи теплової електростанції протягом року, якщо її електрична потужність становить 500 МВт? Обчисліть ККД електростанції.

**31.28.** Автомобіль витрачає на 100 км шляху 6 л бензину при швидкості 90 км/год. Яку потужність при цьому розвинув двигун, якщо його ККД становить 25 %?

**31.29.** Скільки дизельного пального витрачає тепловоз на шлях із Києва до Одеси (відстань 500 км), якщо тягнє потяг масою 5000 т? Коефіцієнт опору руху дорівнює 0,008, ККД двигунів тепловозу — 35 %.

**31.30.** Щоб дістатися зі Львова до Донецька (відстань 1300 км), водій вантажівки залив у баки автомобіля 600 л дизельного пального. Скільки пального залишилося у баках, коли вантажівка прибула до місця призначення? Маса вантажівки дорівнює 12 т, середній коефіцієнт опору руху — 0,05, ККД двигуна вантажівки — 39 %.

## 32. ПЛАВЛЕННЯ І КРИСТАЛІЗАЦІЯ. ПИТОМА ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕННЯ

### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Скільки теплоти потрібно, щоб 2 кг льоду при температурі  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  перетворити на воду при  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

*Дано:*

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{пл}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$\lambda_{\text{л}} = 332\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$Q$  — ?

*Розв'язання*

Для того щоб з льоду отримати воду, його потрібно спочатку нагріти до точки плавлення  $Q_1 = c_{\text{л}} m (t_{\text{пл}} - t_1)$ , розплавити  $Q_2 = \lambda_{\text{л}} m$ , а потім нагріти воду, яка утворилася після танення льоду,  $Q_3 = c_{\text{в}} m (t_2 - t_{\text{пл}})$ .

Знаходимо загальну кількість теплоти як суму  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

Остаточну отримуємо:

$$\begin{aligned} Q &= c_{\text{л}} m (t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}} m + c_{\text{в}} m (t_2 - t_{\text{пл}}) = \\ &= m (c_{\text{л}} (t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}} + c_{\text{в}} (t_2 - t_{\text{пл}})). \end{aligned}$$

Перевіримо одиниці:

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) \right) = \text{Дж}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\{Q\} = 2 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20))) + 332\,000 + 4200 \cdot (40 - 0) = 1\,084\,000.$$

Отже,  $Q = 1\,084\,000 \text{ Дж} \approx 1,1 \text{ МДж}$ .

*Відповідь:*  $Q = 1,1 \text{ МДж}$ .

### 1-й рівень складності

- ? 32.1.** Що означає твердження «питома теплота плавлення алюмінію становила  $393 \text{ кДж/кг}$ »?
- ? 32.2.** Срібну і сталеву заготовки однакової маси нагріли до температур плавлення. Для розплавлення якої з них потрібно додати більшу кількість теплоти? у скільки разів?
- ? 32.3.** Як відомо, при плавленні кристалічного тіла його температура залишається незмінною. А що відбувається з внутрішньою енергією тіла?
- ? 32.4.** Яке з тіл має більшу внутрішню енергію: шматок льоду масою  $1 \text{ кг}$  при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  чи  $1 \text{ кг}$  води, взятої при тій самій температурі? на скільки більшу?
- ? 32.5.** У каструлі з водою плаває шматок льоду. За якої умови він не буде танути?
- ? 32.6.** Залізо, мідь, алюміній і олово нагріли до  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ . Який із металів перед нагріванням потрібно було помістити у посудину, а який можна було й не клас-ти? Чому?
- ? 32.7.** Чи можна в чавунному казані розплавити срібло? залізо?
- ? 32.8.** Якщо в ящик, який обкладено з усіх боків піноплас-том, покласти продукти і пластикову пляшку з льо-дом, то тривалий час температура у ящику буде три-матися на позначці  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Чому?
- ? 32.9.** З морозилки дістали шматок льоду і поклали на тарілку. Чому лід не відразу починає танути, адже температура в кухні значно вища від  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

- ? 32.10.** У продовольчих магазинах свіжу рибу кладуть на відкриті прилавки, які наповнено льодовою крихтою. Чому риба на такому прилавку не замерзає, як у морозильнику?
- ? 32.11.** Якщо заповнену водою скляну пляшку винести на мороз, то через деякий час пляшка розколеться. Чому?
- ? 32.12.** Навіщо взимку в радіатори автомобілів заливають рідину, яка має більш низьку температуру замерзання, ніж вода?
- 32.13.** Яку кількість теплоти потрібно передати шматку льоду масою 5 кг при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , щоб він повністю розтанув?
- 32.14.** Яку кількість теплоти виділиться при кристалізації 6 кг міді? Мідь взята при температурі кристалізації.

## 2-й рівень складності

- ? 32.15.** Як би змінився перебіг процесів, які ми спостерігаємо навесні, коли б температура повітря стала більшою від  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , якщо б питома теплота плавлення льоду була такою, як у ртуті? Питома теплота плавлення ртуті у 80 разів менша за питому теплоту плавлення льоду.
- 32.16.** Як відомо, температура плавлення свинцю більша, ніж олова. Для розплавлення якого з брусків однакової маси при температурі  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  — олов'яного або свинцевого — потрібна більша кількість теплоти?
- 32.17.** Сталевий і алюмінієвий циліндри однакових розмірів дістали з посудини з льодом, що тане. Для розплавлення якого з циліндрів потрібна більша кількість теплоти? у скільки разів більша?
- 32.18.** На скільки можна було б нагріти 1 кг води за рахунок тепла, яке потрібне, щоб розплавити 1 кг льоду при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 32.19.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб з 4 кг снігу при температурі  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  отримати 4 кг окропу?



**32.20.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб розплавити 500 г свинцю, який має температуру 27 °С?

**32.21.** У сталевому тиглі масою 500 г майстер розплавив 200 г олова. Яка кількість теплоти була на це витрачена, якщо початкова температура олова становила 32 °С?

**32.22.** До морозильника господарка помістила алюмінієву форму для отримання льоду, яку повністю наповнено водою. Яку кількість теплоти потрібно відібрати у форми, якщо її початкова температура становить 22 °С, а морозильник забезпечує охолодження до -18 °С? Маса форми дорівнює 100 г, об'єм — 0,5 л.

**32.23.** Із розплавленого срібла, взятого при температурі кристалізації, відливають виделку. Яка кількість теплоти виділиться при кристалізації та остиганні виделки до 62 °С? Маса виделки дорівнює 70 г.

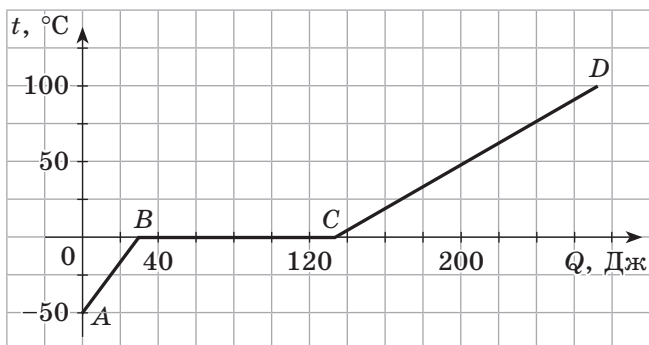
**32.24.** З печі ювелір випустив у форму 25 г золота при температурі кристалізації. Яка кількість теплоти виділиться при кристалізації та остиганні золотої відливки до 65 °С?

**32.25.** З печі у форму було наливо 500 г розплавленого олова при температурі 432 °С. Олово охолоджується і кристалізується; відливка, що утворилася, остигає до 32 °С. Яка кількість теплоти виділиться при цьому? Вважайте питому теплоємність розплавленого олова  $250 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})}$ .

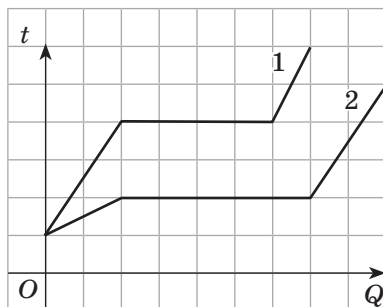
**32.26.** На електроплиту поставили металевий стакан з льодом. На рисунку (с. 144) наведено графік залежності температури стакана від кількості теплоти, яку він отримав від електроплити. Назвіть процеси, які відбуваються різним ділянкам графіка. Визначте, яка маса льоду була в стакані? Як за графіком можна обчислити питому теплоту плавлення льоду та питому теплоємності льоду й води? Що для цього попередньо потрібно знати?

**? 32.27.** Дві металеві заготовки однакової маси по черзі поміщають у плавильну піч. На рисунку наведено графіки залежності температури заготовок від отриманої ними кількості теплоти. У якого металу питома теплота плавлення є більшою? Відповідь поясніть.

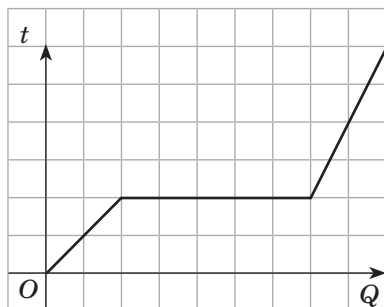
**? 32.28.** Металеву заготовку поміщають у плавильну піч. На рисунку наведено графік залежності температури заготовки від отриманої нею кількості теплоти. У якому стані (твердому чи рідкому) питома теплоємність металу є більшою? у скільки разів? Відповідь поясніть.



До задачі 32.26



До задачі 32.27



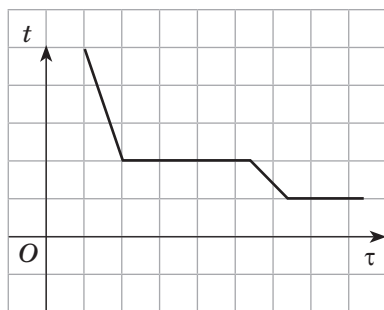
До задачі 32.28

**? 32.29.** Із плавильної печі робітник дістав два однакові залізні ковші з однаковою кількістю розплавленого свинцю. Один ківш він поставив біля гарячої печі в цеху, а другий виніс на вулицю (див. рисунок).

Який графік залежності температури ковша від часу відповідає процесу остигання ковша в цеху, а який — на вулиці? Чому ви дійшли такого висновку? За якої пори року проводили дослід?

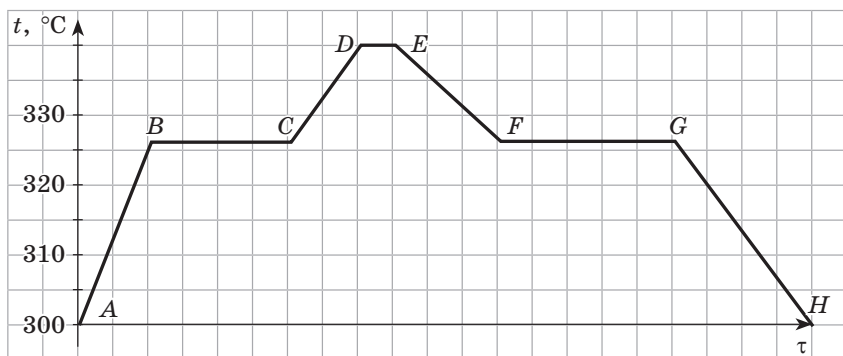


*a*



*б*

- ? 32.30.** На рисунку показано графік зміни з часом температури сталевого стакану зі свинцем. Стакан стоїть на газовому пальнику. Назвіть процеси, які відповідають різним ділянкам графіка. Чому ділянка *GH* більш полого, ніж ділянка *AB*? Які температури плавлення та кристалізації свинцю?



- ? 32.31.** Побудуйте приблизний графік нагрівання, плавлення й кристалізації олова.

### 3-й рівень складності

- ? 32.32.** Як утворюються бурульки? за яких погодних умов? Чому частіше бурульки утворюються ближче до весни?

**? 32.33.** У сталевий казан, який має форму півкулі, налили воду, накрили важкою кришкою і винесли на ніч на мороз. Зранку вода в казані замерзла, а кришка піднялася. Чому піднялася кришка? За рахунок якої енергії було виконано роботу з підняття кришки?

**? 32.34.** Досвідчені садівники у випадку весняних нічних заморозків під час цвітіння плодових дерев увечері рясно поливають гілки з квітами водою. Чому це значно зменшує ризик втрати майбутнього врожаю?

**? 32.35.** Коли космічні апарати, що повертаються на Землю, проходять крізь атмосферу, їхня поверхня нагрівається до декількох тисяч градусів. Ці апарати покриті матеріалами, які мають невелику температуру, але високу питому теплоту плавлення. Чому такі покриття захищають екіпажі від смертельної небезпеки?

**? 32.36.** Деякі фірми випускають каструлі з незвичайним дном. Якщо таку порожню каструлю поставити на плиту, то вона досить швидко нагрівається до температури близько  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а потім поглинає тепло без підвищення температури. Коли температура знову почне зростати, каструлю потрібно зняти з плити і покласти в неї овочі. Тривалий час температура в каструлі буде  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ , і овочі готуватимуться при такій температурі без води. Що може міститися в дні каструлі?

**32.37.** Із розплавленого свинцю відливають пластинку розмірами  $10\text{ см} \times 20\text{ см} \times 50\text{ см}$ . Яку кількість теплоти віддасть докільню свинець, якщо його початкова температура  $700\text{ К}$ , а кінцева  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Вважайте питому теплоємність розплавленого свинцю становить

$$170 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}.$$

**32.38.** У калориметр, де міститься вода при температурі  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , поклали шматок льоду масою  $400\text{ г}$  при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки води було в калориметрі, якщо весь лід розтанув і в калориметрі встановилася температура  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

- 32.39.** Яку максимальну кількість льоду при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  можна кинути в посудину, яка містить  $4\text{ кг}$  води при температурі  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , щоб увесь лід розтанув?
- 32.40.** До мокрого снігу масою  $500\text{ г}$ , який міститься в калориметрі, налили  $500\text{ г}$  окропу. Після встановлення теплової рівноваги температура в калориметрі досягла  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки води було в снігу?
- 32.41.** Залізний брусок, який взято при температурі  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , кидають у замет при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Остигаючи, брусок розтопив  $2\text{ кг}$  снігу. Якою є маса бруска?
- 32.42.** У каструлю з окропом масою  $1\text{ кг}$  кидають шматочки льоду при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки льоду потрібно вкинути в каструлю, щоб температура води дорівнювала  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Теплоємність каструлі становить  $1000\frac{\text{Дж}}{^{\circ}\text{C}}$ .
- 32.43.** У лунку на верхній поверхні шматка криги масою  $2\text{ кг}$  наливають  $100\text{ г}$  води при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Якою була початкова температура криги, якщо після встановлення теплової рівноваги половина води замерзла?
- 32.44.** У воду при температурі  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яка міститься в калориметрі, кладуть шматок льоду. Маса води становить  $400\text{ г}$ , маса льоду —  $200\text{ г}$ . Якою була початкова температура льоду, якщо після встановлення теплової рівноваги в калориметрі залишилося  $100\text{ г}$  льоду?
- 32.45.** У калориметр, де міститься  $200\text{ г}$  води при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , поклали шматок льоду масою  $80\text{ г}$  при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яка температура встановиться в калориметрі після завершення теплообміну?
- 32.46.** У мідну каструлю масою  $400\text{ г}$  полярні туристи поклали  $2\text{ кг}$  снігу при температурі  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Каструлю поставили на газовий пальник. Скільки гасу потрібно спалити туристам, щоб отримати в каструлі окріп? У довілля переходить  $50\%$  тепла, що виділяється при згорянні гасу.

**32.47.** З якої висоти має падати свинцева дробинка, щоб, ударившись об землю, вона розплавилась? Температуру на початку падіння вважайте рівною  $27^{\circ}\text{C}$ , теплообмін з навколишнім середовищем приводить до того, що 50 % внутрішньої енергії дробинки переходить у довкілля.

**32.48.** З якою швидкістю має летіти мідна кулька, щоб, ударившись об мішок з піском, розплавитися? Температура кульки перед ударом дорівнює  $87^{\circ}\text{C}$ , теплообмін з навколишнім середовищем приводить до того, що 50 % внутрішньої енергії кульки переходить у довкілля.

### **Задачі для допитливих**

**32.49.** Нагріту сталеву кульку кладуть на лід при  $0^{\circ}\text{C}$ . Кулька занурюється у лід наполовину. До якої температури було нагріто кульку?

**32.50.** У калориметрі міститься вода масою 400 г при  $0^{\circ}\text{C}$ . У воду кладуть шматок льоду масою 200 г при  $-20^{\circ}\text{C}$ . Яка температура встановиться у калориметрі?

**32.51.** В охолоджену до  $-8^{\circ}\text{C}$  воду кидають маленький кристалик льоду. У воді починається швидкий процес кристалізації льоду на первинному кристалику. Яка частина води перетворюється в лід?

### 33. ВИПАРОВУВАННЯ ТА КОНДЕНСАЦІЯ. ПІТОМА ТЕПЛОТА ВИПАРОВУВАННЯ

#### Приклад розв'язання задачі

**Задача.** Яка кількість теплоти потрібна, щоб перетворити 2,5 кг льоду, взятого при температурі  $-20^{\circ}\text{C}$ , у пару при  $100^{\circ}\text{C}$ ?

*Дано:*

$$m = 2,5 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$\lambda = 332\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$Q$  — ?

*Розв'язання*

Процес перетворення льоду в пару відбувається в чотири етапи: нагрівання льоду до температури плавлення  $Q_1 = c_{\text{л}} m (t_2 - t_1)$ ; плавлення льоду  $Q_2 = \lambda m$ ; нагрівання одержаної з льоду води до температури кипіння  $Q_3 = c_{\text{в}} m (t_3 - t_2)$ ; випаровування води  $Q_4 = Lm$ . Загальна кількість теплоти

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Остаточно отримуємо:

$$\begin{aligned} Q &= c_{\text{л}} m (t_2 - t_1) + \lambda m + c_{\text{в}} m (t_3 - t_2) + Lm = \\ &= m (c_{\text{л}} (t_2 - t_1) + \lambda + c_{\text{в}} (t_3 - t_2) + L). \end{aligned}$$

Перевіримо одиниці:

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} (^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} (^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) = \text{Дж}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$\begin{aligned} \{Q\} &= 2,5 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20)) + 332\,000 + 4200 \cdot (100 - 0) + 2\,300\,000) = \\ &= 7\,735\,000. \end{aligned}$$

Отже,  $Q = 7\,735\,000 \text{ Дж} = 7,735 \text{ МДж}$ .

**Відповідь:**  $Q = 7,735 \text{ МДж}$ .

#### 1-й рівень складності

**? 33.1.** Чому в мокрій одежі завжди холодніше, ніж у сухій?

**? 33.2.** Чому термометр, який загорнений у мокру тканину, показує більш низьку температуру, ніж сухий?

**? 33.3.** Збираючись зробити укол, лікар протирає місце уколу спиртом. Чому відчуття холоду при цьому значно

сильніше, ніж при протиранні шкіри вологою тканиною, адже питома теплота пароутворення води набагато більша, ніж спирту, і вода, випаровуючись, має поглинати більшу кількість теплоти?

- ? 33.4.** Щоб зменшити біль у разі травми, до травмованого місця прикладають лід. Але на спортивних змаганнях, наприклад у футболі або хокеї, травмованим спортсменам місце травми «заморожують», поливаючи його рідиною, яка легко випаровується. Чому це спрацьовує так, як і прикладання льоду?
- ? 33.5.** У якій чашці чай охолоне скоріше: у вузькій і високій чи в широкій і низькій? Чому?
- ? 33.6.** Чому чай охолоне скоріше, якщо на нього дмухати?
- ? 33.7.** Щоб прискорити процес приготування юшки, рибалки ще підкинули гілок у багаття під казаном, у якому вже кипіла вода з рибою й овочами. Чи швидше приготується юшка? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 33.8.** Що має більшу внутрішню енергію: 1 кг води при температурі 100 °С чи 1 кг водяної пари, взятої при тій самій температурі?
- ? 33.9.** Водяна пара масою 1 кг при температурі 100 °С сконденсувалася у воду. Як змінилася внутрішня енергія водяної пари?
- 33.10.** Яка кількість теплоти потрібна, щоб перетворити в пару 100 г води, 50 г спирту, 12 г ефіру? Рідини мають температуру кипіння.
- 33.11.** Яку кількість теплоти буде отримано при конденсації у воду водяної пари? Температура пари становить 100 °С, маса отриманої води — 500 г.

## 2-й рівень складності

- ? 33.12.** Чи є температура, при якій вода перестає випаровуватися?
- ? 33.13.** Чому під час випаровування рідина охолоджується?

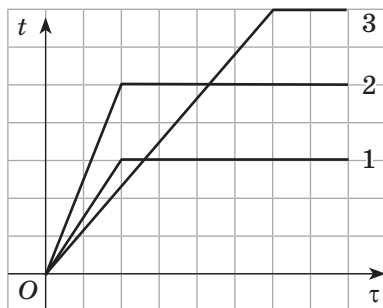


- ? 33.14.** У фінській сауні можна витримати температуру  $100\text{—}120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в російській лазні — лише  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Як це пов'язано з вологістю повітря в сауні та бані?
- ? 33.15.** На столі стоять тарілки: одна з жирним борщем, а друга з гарячою водою. Що охолоне швидше? Чому?
- ? 33.16.** Для більш тривалого зберігання фрукти вкривають пластиковою герметичною плівкою. Чому?
- ? 33.17.** Чому степові пожежі бувають тільки в середині або наприкінці спекотного літа, а не навесні або восени?
- ? 33.18.** У вітряну погоду калюжі після дощу висихають значно швидше, ніж без вітру. Чому?
- ? 33.19.** Із закритих пляшок у дві відкриті склянки налили воду й ефір. У склянці з якою рідиною термометр показуватиме більш високу температуру?
- ? 33.20.** Будь-яке кипіння одночасно є пароутворенням, а чи всяке пароутворення є кипінням? Яке явище зустрічається частіше?
- ? 33.21.** Процес переходу води в пару захопив увесь об'єм води у каструлі. Якому явищу властива така ознака: випаровуванню чи кипінню?
- ? 33.22.** Над багаттям підвісили казанок з водою. У якому випадку вода закипить швидше: якщо казанок закрити кришкою чи залишити без кришки? Чому?
- ? 33.23.** У посудини з однаковою площею дна налито однакову кількість води, взятої при однаковій температурі. Посудини стоять на однакових електроплитах, розміри яких збігаються з розмірами дна посудин (див. рисунок). У якій посудині вода закипить раніше? Чому?

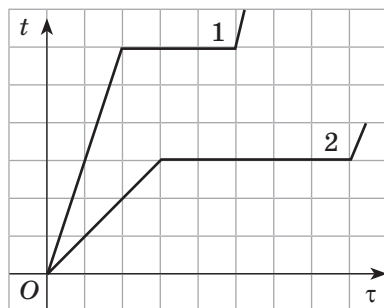


- ? 33.24.** При кипінні електричного чайника з нього виходить туман. Чому туман зникає, коли до нього піднести запалений сірник?

- ? 33.25.** Восени перед сходом Сонця, коли температура повітря падає, часто утворюється туман. Чому утворення туману запобігає подальшому зниженню температури повітря?
- ? 33.26.** У каструлю, в якій кипить вода, занурюють миску з невеликою кількістю води. Чи закипить вода в мисці?
- ? 33.27.** На рисунку наведено графіки залежності температури від часу для однакових мас води, спирту та ефіру, які мають однакову початкову температуру і нагріваються на однакових нагрівачах. Встановіть відповідність між рідинами та графіками їх нагрівання.
- ? 33.28.** На однакових нагрівачах нагрівають дві різні рідини однакової маси. Встановіть за графіками (див. рисунок), яка з рідин має меншу питому теплоємність. Яка з рідин має більш високу температуру кипіння і більш високу питому теплоту пароутворення?



До задачі 33.27



До задачі 33.28

- 33.29.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб 2 кг води, яку взято при температурі  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , перетворити у пар у при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.30.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб 4 кг льоду, який взято при температурі  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , перетворити у пар у при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.31.** У каструлю налито 2 л води при температурі  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Після закипання у каструлі виявилось на 200 г менше води, ніж на початку нагрівання. Скільки тепла отримала вода в каструлі?

**33.32.** Яка кількість теплоти виділиться при конденсації 250 г водяної пари, що має температуру  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , та охолодженні утвореної води до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**33.33.** Яку кількість теплоти потрібно відібрати від 50 г водяної пари, взятої при температурі  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , щоб отримати 50 г льоду при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

### 3-й рівень складності

**? 33.34.** Чому мокра білизна висихає навіть у сильні морози?

**? 33.35.** У спеку мешканці країн Середньої Азії одягнуті у ватні халати і часто п'ють гарячий зелений чай. Чому?

**? 33.36.** Перед закипанням чайник «гуде». Чому він гуде?

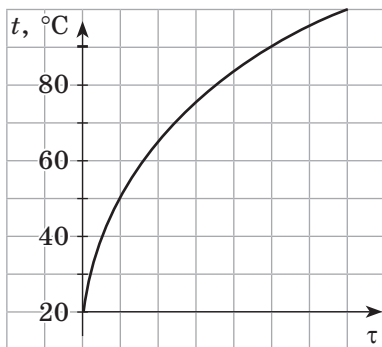
**? 33.37.** На високогір'ї у воді, що кипить в казані на вогнищі, неможливо зварити м'ясо. Чому?

**? 33.38.** У каstrулях-скороварках вода кипить при температурі  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яка особливість конструкції цих каstrул дозволяє так підвищити температуру кипіння води?

**? 33.39.** У відкритій каstrулі з гладенькими стінками і дном можна, обережно нагріваючи, довести чисту воду (без порошинок та розчиненого повітря) до температури понад  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Але чому вода не закипає?

**? 33.40.** Якщо в каstrулю з водою, яка ледь-ледь не закипає, всипати жменю дрібного піску, то в каstrулі почнеться інтенсивне кипіння. Чому?

**? 33.41.** На рисунку подано графік залежності температури води у відкритій каstrулі, яка стоїть на газовому пальнику, від часу. Чому графік має такий вигляд? Вважайте, що кількість тепла, яку дає пальник в одиницю часу, є сталою.



- ? 33.42.** Із газового пальника знято відкриту каструлю з окропом і поставлено на підставку на стіл. Зобразіть на рисунку приблизний графік залежності температури води у каструлі від часу.
- ? 33.43.** Чому водяна пара при температурі  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  завдає більш серйозні опіки, ніж окріп?
- 33.44.** У калориметрі міститься  $1\text{ кг}$  води, взятої при температурі  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Скільки пари при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  потрібно впустити в калориметр, щоб температура у ньому піднялась до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.45.** Скільки води при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  було у калориметрі, якщо після того, як туди впустили  $10\text{ г}$  водяної пари при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура піднялася до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.46.** Після того як у калориметр, який містить  $500\text{ г}$  води, впустили  $20\text{ г}$  водяної пари при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , там встановилась температура  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Якою була початкова температура води?
- 33.47.** Скільки дров потрібно спалити для того, щоб  $5\text{ кг}$  води при температурі кипіння перетворити в пару? Вважайте, що вся кількість теплоти, яка виділяється під час згоряння дров, іде на випаровування води.
- 33.48.** Яку максимальну кількість води при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  можна випарувати за рахунок теплоти, що виділиться при повному згорянні  $10\text{ г}$  бензину? Вважайте, що вся кількість теплоти, яка виділяється під час згоряння бензину, іде на випаровування води.
- 33.49.** Для отримання дистильованої води з морської її випаровують, а потім конденсують отриману пару. Речовини, які розчинені у морській воді, при цьому в дистилат не переходять. Скільки природного газу потрібно спалити, щоб опріснити  $20\text{ т}$  морської води? Початкова температура води  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , питомі теплоємність та теплота пароутворення морської води такі самі, як і прісної. Вважайте, що вода отримує  $50\%$  теплоти, що виділилася при згорянні газу.

**33.50.** На газовий пальник поставили каструлю з 1,5 л води при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Коли вода закипіла, виявилось, що частина води випарувалася. Скільки випарувалося води, якщо для доведення її до кипіння було витрачено 30 г газу? Вважайте, що вода отримала 50 % теплоти, що виділилася при згорянні газу.

### **Задачі для допитливих**

- 33.51.** У калориметр, який містить 100 г води при температурі  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впустили 100 г водяної пари при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яка температура встановиться у калориметрі?
- 33.52.** У посудину з перегрітою водою (температура  $108\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) кидають крупинку піску. Це спричиняє раптове закипання води. Якою буде температура води після завершення кипіння, і яка частина від початкової кількості води залишиться у посудині?
- 33.53.** З якою мінімальною швидкістю мають летіти назустріч одна одній дві однакові краплинки, щоб під час зіткнення повністю випаруватися? Температура краплинок перед зіткненням становить  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вважайте, що у внутрішню енергію краплинок перейшло 50 % їхньої механічної енергії.

## ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ, РОЗВ'ЯЗАННЯ

**1.8.** 420 м. **1.9.** 350 м. **1.10.** Ні, бо не видно тіл відліку поза межами вагону. **1.11.** Все, що нас оточує (навіть повітря), рухається разом з поверхнею Землі. **1.13.** З точки зору капітана — вертикально вниз, з точки зору тих, хто зустрічає на пірсі, — по похилій лінії вниз. **1.14.** Коло. **1.15.** Пасажир здолав шлях, більший на відстань між дверима автобуса. **1.16.** 2,5 м, 0,5 м. **1.17.** 4 м, 1 м. **1.18.** Траєкторією руху експедиції буде дуга кола. Це добре видно, якщо накреслити модель траєкторії експедиції на глобусі. **1.19.** а) Відносно кранівника — рисунок а; б) відносно будівельників, які працюють на майданчику — рисунок б. **1.20.** а) Відносно кранівника — рисунок а; б) відносно будівельників, які працюють на майданчику — рисунок б. **1.21.** Див. рисунок. **1.22.** Див. рисунок. **1.23.** На поворотах поверхня шин правого та лівого коліс проходить різні шляхи і шини проковзують по дорозі. Це призводить до зносу покриття. **1.24.** 17,5 м, 12,5 м. **1.25.** На відстані 200 км. **1.26.** 2 км.

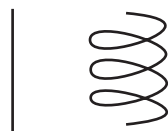
**2.1.** 1,8 км/год, 10,8 км/год, 36 км/год, 54 км/год, 72 км/год, 360 км/год, 3600 км/год. **2.2.** 1 м/с, 5 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с, 25 м/с, 30 м/с, 50 м/с. **2.3.** У 2 рази. **2.4.** У 1,5 разу. **2.5.** 600 км/год. **2.6.** 30 м/с. **2.7.** 360 км. **2.8.** 2 км. **2.9.** 3/4 год або 45 хв. **2.10.** 2/3 год або 40 хв. **2.11.** Швидкість 36 км/год більша від швидкості 10 км/год. **2.12.** Швидкість 20 м/с менша за швидкість 24 м/с. **2.13.** Спринтер біжить швидше (28,8 км/год), ніж їде хлопчик (27 км/год). **2.14.** Наздожене, оскільки рухається зі швидкістю 1800 км/год. **2.15.** 70 с. **2.16.** 24 опори (між 5 опорами 4 проміжки, а між 24 опорами 23 проміжки). **2.17.** 600 км/год. **2.18.** 8 м/с. **2.19.** 135 км. **2.20.** 3 км. **2.21.** 4 хв 10 с. **2.22.** 0,5 с. **2.23.** 20 км/год. **2.24.** 0,75 м/с. **2.25.** 12,5 м/с. **2.26.** Пасажир має рухатися проти ходу потяга з тією самою швидкістю. **2.27.** Щоб бути в стані спокою відносно вагона. **2.28.** 80 км/год. **2.29.** 50 км/год. **2.30.** 80 км/год, 22,2 м/с. **2.31.** 144 км/год, 40 м/с. **2.32.** 1,2 м/с, 4,32 км/год. **2.33.** 1,5 год. **2.34.** 2,5 кроку за секунду. **2.35.** 300 м. **2.36.** 1 год. **2.37.** У 5 разів.

**2.38.** На озері,  $\frac{t_{ос}}{t_p} = \frac{v^2 - u^2}{v^2} < 1$ .

**3.1.** Другий  $t_p$  круг у 1,2 разу довший. **3.2.** Друга ділянка у 1,2 разу довша. **3.3.** За першу половину часу у 1,25 разу більше.



До задачі 1.19



До задачі 1.20



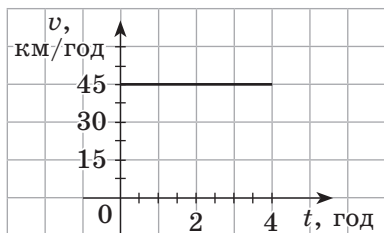
До задачі 1.21



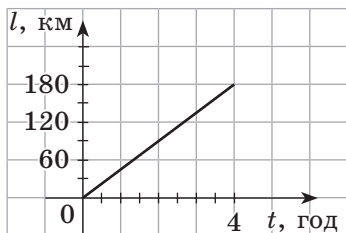
До задачі 1.22

**3.4.** Хлопчик проїхав у 4 рази більший шлях, ніж пройшов. **3.5.** Ні.  
**3.7.** 80 км/год. **3.8.** 20 км/год. **3.9.** 43 км/год. **3.10.** 96 км/год.  
**3.11.** 9,9 км/год. **3.12.** 44,8 км/год. **3.13.** 90 км/год. **3.14.** 10 км/год.  
**3.15.** 40 км/год. **3.16.** 40 км/год. **3.17.** 42 км/год, 44,8 км/год. **3.18.** 8 хв.  
**3.19.** 2,5 км/год. **3.20.** 15 км/год. **3.21.** 19,5 км/год. **3.22.** 20 км/год.  
**3.23.** 5 км. **3.24.** 5 км/год. **3.25.** 36 км/год. **3.26.**  $\frac{3}{5}$  шляху і  $\frac{1}{5}$  часу.  
**3.27.** 3 км/год. **3.28.** 1 год 12 хв.

**4.1.** Див. рисунок. **4.2.** Див. рисунок. **4.3.** 60 км/год.  
**4.4.** 90 км/год. **4.5.** 15 км. **4.6.** 540 км. **4.7.** Першого автомобіля,  
у 2 рази. **4.8.** Див. рисунок. **4.9.** Див. рисунок. **4.10.** Див. рису-  
нок. **4.11.** Див. рисунок. **4.12.** Див. рисунок. **4.13.** Див. рисунок.  
**4.14.** 60 км/год, див. рисунок. **4.15.** 70 км/год, див. рисунок.  
**4.16.** У графіку шляху — шлях не може зменшуватися. **4.17.** 50 км,  
див. рисунок. **4.18.** 9 км, див. рисунок. **4.19.** Перший автобус спочат-  
ку був у місті, другий перебував на відстані 45 км. Перший почав рух  
на 45 хв пізніше. Рухались автобуси в одному напрямку. Перший  
рухався швидше. 108 км/год і 45 км/год, 135 км. **4.20.** Перший по-  
тяг перебував на станції, другий — на відстані 300 км. Перший, на  
2 год. Назустріч один одному. Другий. 50 км/год і 75 км/год. 120 км.  
**4.21.** Через 1 год 40 хв, через 2 год, див. рисунок. **4.22.** На відстані  
15 км, на відстані 135 км, див. рисунок. **4.23.** Перший. Від 2,5 год до  
3,5 год. 1 год. 120 км/год і 48 км/год. **4.24.** 100 км/год, 75 км/год.  
**4.25.** 10 км/год. **4.26.** 4 км/год, 15,7 км. **4.27.** 52,5 км.

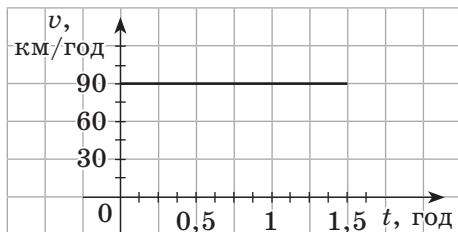


a

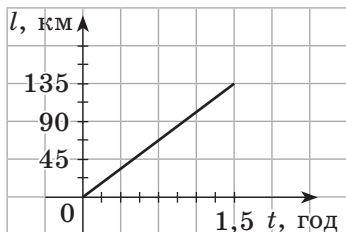


б

До задачі 4.1

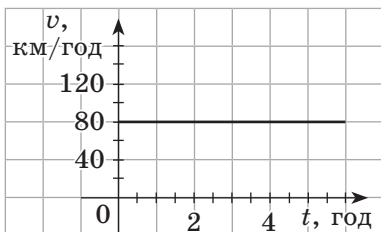


a

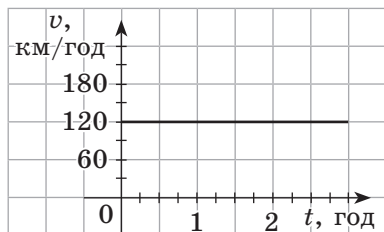


б

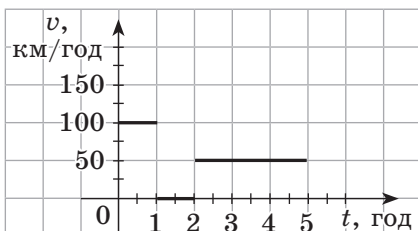
До задачі 4.2



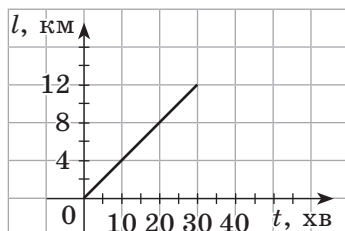
До задачі 4.8



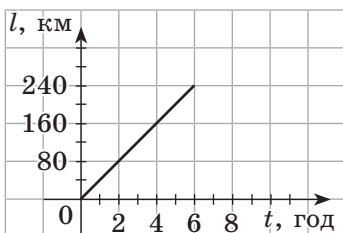
До задачі 4.9



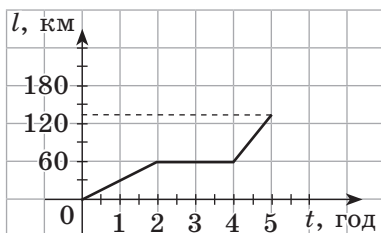
До задачі 4.10



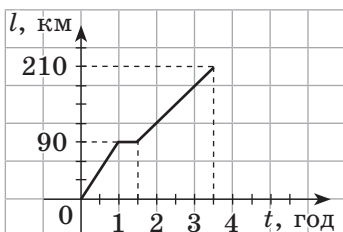
До задачі 4.11



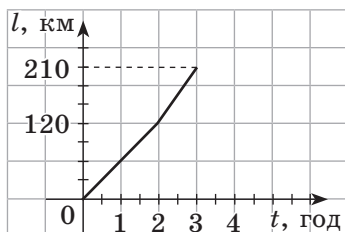
До задачі 4.12



До задачі 4.13

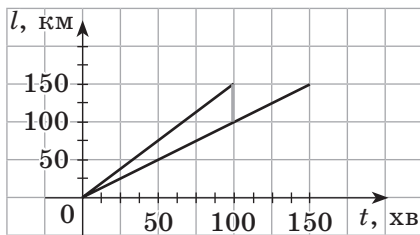


До задачі 4.14

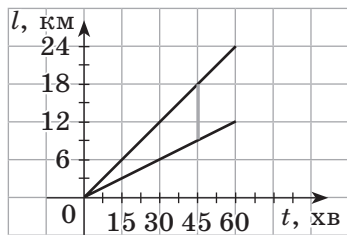


До задачі 4.15

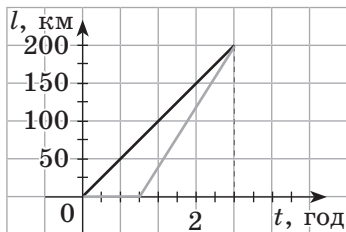




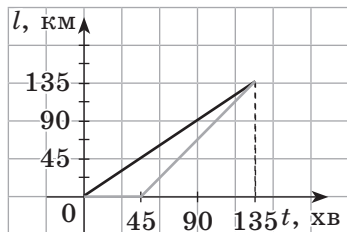
До задачі 4.17



До задачі 4.18



До задачі 4.21



До задачі 4.22

**5.1.** 60 с. **5.2.** 3600 с. **5.3.**  $1/60 \text{ с}^{-1}$ . **5.4.**  $1/3600 \text{ с}^{-1}$ . **5.5.**  $1/3 \text{ с}$ . **5.6.** 0,05 с. **5.7.**  $800 \text{ хв}^{-1} = 13,3 \text{ с}^{-1}$ . **5.8.**  $50 \text{ с}^{-1}$ . **5.9.**  $2 \text{ с}^{-1}$ . **5.10.**  $100 \text{ с}^{-1}$ . **5.11.** 0,125 с. **5.12.** 0,02 с. **5.13.** У 60 разів. **5.14.** У 60 разів. **5.15.** У 120 разів. **5.16.** За годинниковою стрілкою. Період другого колеса менший, а частота більша в 2 рази. Швидкість точок ободів однакова. **5.17.** Один із супутників обертається швидше, ніж Марс, а другий — повільніше. **5.18.** 50 м/с.

**6.1.** 1,5 с. **6.2.** 1,5 с (нога здійснює коливання за 2 кроки). **6.3.** 15 Гц. **6.4.** 1,5 Гц. **6.5.** Не зміниться. **6.6.** Не зміниться. **6.7.** Період зменшиться, частота збільшиться. **6.8.** Період збільшиться, частота зменшиться. **6.9.** Не зміниться. **6.10.** Не зміниться. **6.11.** Годинник почне відставати. **6.12.** Угору. **6.13.** Годинник почне поспішати. **6.14.** 4 Гц. **6.15.** 20 Гц. **6.16.** 0,4 с. **6.17.** 2 с. **6.18.** 32 см. **6.19.** 1 см. **6.20.** У крайніх точках середня швидкість лампочки є набагато меншою, ніж усередині. **6.21.** 72 тисячі.

**7.1.** Ті, що коливаються. **7.2.** Коливання дзвона. **7.3.** Бджола. **7.4.** Жінки. **7.5.** Кажани видають ультразвук. **7.6.** Це буде інфразвук. **7.7.** Частота коливань крил метелика занадто мала. **7.8.** Більш сильний удар викликає більшу амплітуду звукових коливань. **7.9.** Так. **7.10.** Ні. **7.11.** Ні. **7.12.** Чутливість вуха різна для звуків різних частот. **7.13.** Вони сприймають відбиту від перешкод луну. **7.14.** Свистки видають ультразвук. **7.15.** Дельфіни видають ультразвук. **7.16.** Інфразвук згубно впливає на здоров'я. **7.17.** Інфразвук далекого шторму. **7.18.** 680 м/с. **7.19.** 2,72 км. **7.20.** 85 м. **7.21.** За рахунок звуків, які відбиті від стін

та стелі зали. **7.22.** Через відбиття звуку від стін та стелі. **7.23.** Звук потрапляє до вуха спочатку по дошці, а потім по повітрю. **7.24.** До кабіни звук потрапляє по корпусу та повітрю, що є всередині літака. **7.25.** Космонавт може постукати по корпусу станції. **7.26.** Звуки добре відбиваються від поверхні скла. **7.27.** Щити відбивають та розсіюють звуки. **7.28.** Звуки ззовні добре відбиваються від поверхні води, звук від підводного крану добре розповсюджується у воді. **7.29.** Ні. **7.30.** У цих матеріалах звук добре поглинається. **7.31.** На 1,8 с. **7.32.** 50 с. **7.33.** Щоб вони підсилювали гучність звуку завдяки акустичному резонансу. **7.34.** Повітря в циліндрі резонує і це підвищує гучність. **7.35.** 150 м. **7.36.** 11,8 мкс.

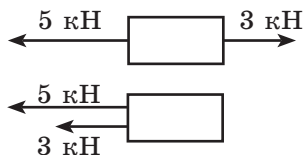
**8.1.** Із Землею і столом. **8.2.** Із Землею і повітрям. **8.3.** Дія рук гравців, Землі і повітря. **8.4.** Явище інерції. **8.5.** Явище інерції. **8.6.** Явища інерції. **8.7.** Під час переміщення стрічки пляшки можуть впасти. **8.8.** Щоб вантажі не пересунулися і не пошкодилися. **8.9.** Щоб дія перил допомагала змінити напрям швидкості. **8.10.** Можна, якщо виплескувати воду з човна в напрямку, протилежному до вибраного напрямку руху. **8.11.** Ні. Крок у човні не приведе до помітного пересування човна, а крок на берег викличе значне пересування човна від берега. **8.12.** Це прояв явища інерції. **8.13.** Під дією лямок швидкість падіння парашутиста значно зменшується, тому ця дія дуже помітна. **8.14.** Високі підголовники врятовують водія і пасажирів від відхилення голови назад. **8.15.** Унаслідок явища інерції. **8.16.** Чим більшою була маса ковадла порівняно з масою молотка, тим меншої швидкості набувало ковадло і менш помітними для атлета були удари. **8.17.** По тому, що пасажирів притискає до сидінь. **8.18.** Щоб розгойдуватися разом із вагоном, пасажир має взаємодіяти з поручнями або іншими тілами, які жорстко закріплені у вагоні. В іншому разі — балансувати, щоб втримати рівновагу. **8.19.** Ліворуч відносно салону автобуса. **8.20.** Явище інерції. Ковдрі надають швидкості, а потім зупиняють, пил по інерції продовжує рухатися й вилітає з ковдри. **8.21.** Витрушуючи, ковдру зупиняють, а пил продовжує рухатися; вибиваючи, ковдрі стрибком надають швидкості, а пил залишається у спокої. **8.22.** Буде: назад при збільшенні швидкості й уперед при зменшенні швидкості. **8.23.** Форму похилої площини: нахил униз до кабіни при розгоні та нахил униз до задньої стінки кузова при гальмуванні. **8.24.** У наполовину заповненій цистерні під час транспортування поверхня рідини буде коливатися, що приведе до коливань самої цистерни. **8.25.** Жорстке зчеплення діє на автомобіль, який буксирують, як уперед так і назад, а трос — тільки вперед. **8.26.** Вода, яка викидається назад, діє на тіло молюска і штовхає його вперед. **8.27.** Кинути його в напрямку протилежному напрямку руху станції. У напрямку руху станції. **8.28.** Ні. **8.29.** Зчеплення між вагонами мають не-

великий вільний хід. Локомотив пересувається назад — зчеплення перестають бути натягнутими. Потім рушає і спочатку тягне перший вагон, потім другий і т. д. Зрушити вагони по черзі набагато простіше, ніж усі разом. **8.30.** Колесо, яке обертається і має більшу масу обода, має більшу інертність, отже, повернути його важче, ніж колесо з меншою масою обода.

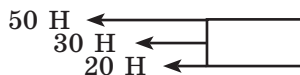
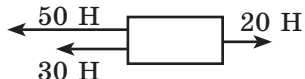
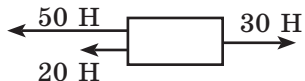
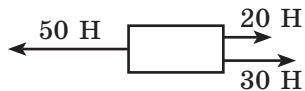
**9.1.** Перша кулька, у 2 рази. **9.2.** Другий візок, у 5 разів. **9.5.** 5 м/с. **9.6.** 100 кг. **9.7.** 32 т. **9.8.** 40 г. **9.9.** 1000 Н. **9.10.** 1000 Н. **9.11.** Рівнодійна дорівнює нулю. **9.12.** У напрямку руху. **9.13.** Протилежний напрямку руху. **9.14.** Зупинитися. **9.15.** 1 м/с. **9.16.** На захід зі швидкістю 0,1 м/с. **9.17.** 2 м/с. **9.18.** 0,2 м/с. **9.19.** 5 м/с. **9.20.** 20 м/с. **9.21.** Канат перебуває в стані спокою. Рівнодійна дорівнює нулю. Сила натягу канату 800 Н. **9.22.** 100 Н, 0. **9.23.** Від 2 кН до 8 кН, див. рисунок. **9.24.** 0, 40 Н, 60 Н, 100 Н, див. рисунок. **9.25.** Маса кубу у 4 рази більша. **9.26.** 13 м/с. **9.27.** Більш масивна планета діє з більшою силою на зорю і викликає більш помітне її «погойдування».

**10.1.** Так. **10.2.** Так. **10.3.** Сила тяжіння діє на хлопця. Вага хлопця діє на парту. **10.4.** Сила тяжіння діє на камінь. Вага каменя діє на дорогу. **10.5.** 500 Н. **10.6.** 8 кН. **10.7.** 600 Н. **10.8.** 160 Н. **10.9.** Удень Сонце ближче до нас, тому вдень притягує сильніше. **10.10.** На космодромі сильніше, тому що космонавт перебуває ближче до Землі. **10.11.** До повітря. **10.12.** До води. **10.13.** Ні. **10.14.** Ні. **10.15.** Ні. Причина невагомості полягає в тому, що тіла в космосі рухаються без опори (або підвісу). Якщо на орбітальній станції ввімкнути двигуни, то космонавти відчують появу ваги. **10.16.** Ні. **10.17.** У випадку  $\delta$ . **10.18.** 35 кг. **10.19.** 20 кг. **10.20.** 40 кН, 120 кН. **10.21.** 500 Н. **10.22.** 27 Н. **10.23.** 5 кН. **10.24.** 0,02 м<sup>3</sup>. **10.25.** Так, але значно меншу. **10.26.** Однаковою. **10.27.** Ні. **10.28.** Так. **10.29.** Сила тяжіння не змінюється, вага то зменшується до нуля, то збільшується. **10.30.** Так, у момент, коли на мить зупинився перед тим, як схопитися за кільця.

**11.1.** 0,75 Н. **11.2.** 90 Н. **11.3.** 0,5 Н. **11.4.** 0,6 Н. **11.5.** 5 см. **11.6.** 8 см. **11.7.** 5 см. **11.8.** 2 см. **11.9.** 800 г. **11.10.** 20 Н, на 25 мм. **11.11.** 40 Н/м. **11.12.** 40 Н/м. **11.13.** Ні, тільки при малих



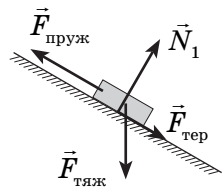
До задачі 9.23



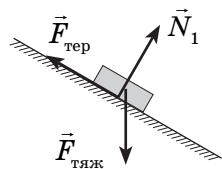
До задачі 9.24

видовженнях зберігається пряма пропорційність між видовженням та силою, яка розтягує пружину. **11.14.** У 2,5 разу. **11.15.** 24 Н, 34 Н. **11.16.** 0,25 Н. **11.17.** 2 мм. **11.18.** 10 см. **11.19.** 10,5 см.

**12.1.** Ні. **12.2.** Ні. **12.3.** Так. **12.4.** Сила тертя між цвяхом і дошкою. **12.5.** 20 Н. **12.6.** 40 Н. **12.7.** 12 Н. **12.8.** 3 Н. **12.9.** Сила тертя спокою. **12.10.** У шовку дуже малий коефіцієнт тертя, і сила тертя у вузлі занадто мала, щоб надійно його зафіксувати. **12.11.** Водій має тримати більшу дистанцію до інших автомобілів та зменшити швидкість, адже гальмівний шлях на слизкій дорозі більший, ніж зазвичай. **12.12.** Щоб водії, які їдуть позаду, вибирали безпечну дистанцію — автомобіль з шипами на шинах може різко загальмувати навіть на слизкій дорозі. **12.13.** Тому, що тертя ковзання замінюється на рідке тертя, яке значно слабше. **12.14.** Коли пишуть крейдою, від неї відриваються маленькі грудочки і залишаються на дошці внаслідок тертя. Якщо дошка волога, тертя набагато менше. **12.15.** Якщо поверхня стола негоризонтальна, сила тяжіння прагне, щоб тіло, яке лежить на столі, зісковзнуло. Сила тертя цьому заважає. Між кулькою і столом сила тертя дуже мала, тому кулька покотиться навіть при малих кутах нахилу стола. **12.16.** 0,3. **12.17.** 24 Н. **12.18.** На горизонтальній ділянці ні, а вгору — діє. **12.19.** Сила тертя спокою. **12.20.** Більша за 300 Н. **12.21.** Може, наприклад, між рукою та верхньою обкладинкою. **12.22.** Сила тертя спокою. **12.23.** Сила тертя спокою між поверхнями шин і дороги допомагає, сила тертя між деталями та сила опору повітря — заважають. **12.24.** а) Сила тертя спокою; б) сила тертя ковзання. **12.25.** Ближче до заднього борта. **12.26.** Більш важким. **12.27.** Під ведучі. **12.28.** Щоб збільшити силу тертя спокою між підшвами й поверхнею бігової смуги. Ця сила дозволяє спортсмену розігнатися. **12.29.** При перепилюванні колода просідає і края пропилу з великою силою починають тиснути на пилу. Виникає велика сила тертя. **12.30.** У натягнутого дроту практично немає бічної поверхні, на яку може діяти сила тертя і заважати різати. **12.31.** (див. рисунок). **12.32.** (див. рисунок). **12.33.** Поступово збільшувалася до 2 Н. Якщо динамометр показуватиме 2,5 Н, калькулятор буде рухатися зі зростаючою швидкістю, сила тертя при цьому буде 2 Н. **12.34.** 4 Н, перебуватиме в стані спокою, буде рухатися, збільшуючи швидкість. **12.35.** Рідке тертя замінюється тертям ковзання. **12.36.** 3 Н. **12.37.** 10 см. **12.38.** Два верхніх підручники є легшими у 2,5 разу. **12.39.** 6 т. **12.40.** 80 т. **12.41.** При спробах зрушити візок стрижень намагається повернути-



До задачі 12.31



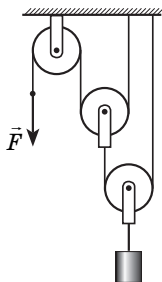
До задачі 12.32

ся проти годинникової стрілки і збільшує силу тиску на поверхню візка. При достатньому коефіцієнті тертя між стрижнем і візком максимальна сила тертя спокою завжди буде більшою від сили, яка діє на візок управо. Візок з місця не зрушить.

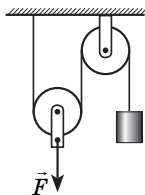
**13.1.** 40 Н. **13.2.** 100 Н. **13.3.** 20 см. **13.4.** 50 см. **13.5.** 60 Н. **13.6.** 10 кг. **13.7.** Униз 1,6 Н. **13.8.** Ліворуч на відстані 4 одиничні відрізків від опори, униз. **13.9.** Угору 12,8 Н. **13.10.** Ліворуч на відстані 4 одиничні відрізків від осі, угору. **13.11.** Маса першого вантажу 10 кг, другого — 40 кг. **13.12.** Маса першого вантажу 48 кг, другого — 32 кг. **13.13.** На відстані 50 см від точки прикладання більшої сили. **13.14.** 37,5 см. **13.15.** 20 см. **13.16.** На відстані 2 м від краю стола вгору. **13.17.** 12 кг. **13.18.** 5,5 кг. **13.19.** 5 кг. **13.20.** 30 г. **13.21.** 145 Н і 205 Н. **13.22.** Коли ми прикладаємо горизонтальну силу до шафи далеко від ніжок, то момент цієї сили відносно вісі, що проходить через нижній край шафи, стає більшим за момент сили тяжіння відносно тієї самої осі.

**14.1.** 700 Н. **14.2.** На 2 м. **14.3.** У 2 рази. **14.4.** 200 Н. **14.5.** На 36 см. **14.8.** Для зручності. Нерухомий блок дозволяє змінити напрям мотузки, на якій висить рухомий блок. **14.9.** Якщо тертя немає, то сила натягу дорівнює вазі вантажу; якщо тертя є, то сила натягу більша за вагу вантажу. **14.10.** Якщо тертя немає, то сила натягу дорівнює вазі вантажу; якщо тертя є, то сила натягу менша за вагу вантажу. **14.11.** Крайні важки вдвічі легші за центральний. **14.12.** (див. рисунок). **14.13.** 1025 Н. **14.14.** 25 кг. **14.15.** (див. рисунок). Може. У силі буде програш. **14.16.** 10 кг. **14.17.** 40 кг. **14.18.** У 8 разів, 100 Н. **14.19.** 320 кг. **14.20.** 30 см. **14.21.** 500 Н, 300 Н. **14.22.** (див. рисунок). **14.23.** 40 см. **14.24.** Так, щоб лівий упор перебував на відстані  $\frac{9L-12l}{10}$  від лівого кінця балки.

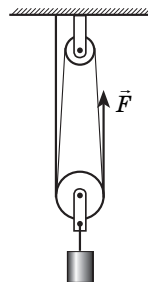
**15.1.** Для збільшення тиску за рахунок зменшення площі контакту з поверхнею, яку ріжуть. **15.2.** Тиск збільшиться вдвічі, сила тиску не зміниться. **15.3.** Тиск зменшиться, сила тиску не зміниться.



До задачі 14.12



До задачі 14.15



До задачі 14.22

**15.4.** 120 Н, 3 кПа. **15.5.** 3200 МПа. **15.6.** Унаслідок збільшення площі опори тіло створює менший тиск. **15.7.** Сила тиску не змінилася, тиск зменшився. **15.8.** Площа опори буде максимальною, а тиск мінімальним. **15.9.** Збільшити. Площа опори збільшиться, тиск зменшиться. **15.10.** 10 МПа. **15.11.** 2,5 кПа. **15.12.** Так, тиск, який створюють шпильки, досягає 1,25 МПа, тобто більший за 1 МПа. **15.13.** 10 МПа. **15.14.** 2,5 кг. **15.15.** 64 кг. **15.16.** 6,25 см. **15.17.** 40 т. **15.18.** 1,6 м. **15.19.** Зменшує у 100 разів. **15.20.** Більший кубик має у 27 разів більшу вагу і створює у 3 рази більший тиск. **15.21.** 2 кПа, 4 кПа, 10 кПа. **15.22.** Для збільшення зони контакту шин з дорогою та зменшення тиску на ґрунт. **15.23.** Нескінченно великим. **15.24.** Поверхня стола може витримати більший тиск, ніж поверхня піску, тому кулька занурюється у пісок, що приводить до виникнення значної сили опору руху. **15.25.** Для зменшення зони контакту і зменшення сили опору руху. **15.26.** 1 кПа. **15.27.** 7,8 кПа. **15.28.** 0,045 м<sup>2</sup>. **15.29.** Другий циліндр створює в 4 рази більшу силу тиску і має густину 1200 кг/м<sup>3</sup>. **15.30.** 15,6 кПа. **15.31.** Сила тиску в 20 тисяч разів менша, тиск у 27 разів менший.

**16.1.** При підвищенні температури тиск газів зростає. **16.2.** При збільшенні концентрації молекул тиск газів зростає. **16.3.** При зменшенні температури тиск газів зменшується і тиск повітря ззовні стискає пляшку. **16.4.** При будівництві 16-поверхового. Труби мають витримувати більший тиск води. **16.5.** 120 кПа. **16.6.** 16 кПа. **16.7.** 5 МПа. **16.8.** Тиск повітря всередині кульки, який зріс унаслідок нагрівання. **16.9.** Понизиться, унаслідок нагрівання повітря всередині колби створюватиме на воду підвищений тиск. **16.10.** 80 кПа (між 1-м та 5-м поверхами 4 прольоти). **16.11.** 0,180 МПа. **16.12.** 15,7 кН. **16.13.** 200 Н. **16.14.** 25 кПа. **16.15.** При нагріванні тиск газів значно зростає і балон може розлетітися на осколки, які ставлять небезпеку для оточуючих. **16.16.** Щоб при нагріванні газ не розірвав колбу (при роботі лампи сильно нагріваються). **16.17.** Тиск води збільшиться за рахунок збільшення рівня води. **16.18.** Тиск води збільшиться. **16.19.** Лівий кінець. Крапля повернеться до середини трубки. **16.20.** Зменшиться за рахунок додаткового тиску стовпчика води. **16.21.** Вода виливається, тиск усередині падає, і стінки пляшки стискаються повітрям ззовні. **16.22.** У першій посудині міститься в 1,25 рази гущіша рідина. **16.23.** У першій посудині в 1,5 разу більший. **16.24.** У 4 рази. **16.25.** 1 м. **16.26.** Перша посудина на глибині 10 см, друга зовсім не буде деформуватися, оскільки тиск ззовні та всередині однаковий. **16.27.** Щоб був однаковим тиск на дно — до однакової. Щоб була однаковою сила тиску на дно — у першу посудину треба налити води до більшої висоти. **16.28.** Масла 12,5 см, води 7,5 см. **16.29.** У склянці з водою на 5 см. **16.30.**  $\frac{1}{3} \rho R^3$ .

**17.1.** Сила тиску зростає. Від висоти стовпчика зростання сили не залежить. **17.2.** Вода виливатиметься з трубки. **17.3.** Тиск всюди однаковий. **17.4.** Рівні води в баку та трубці однакові, тому що це сполучені посудини. **17.5.** Ні, тиск зростає в міру заглиблення в печеру. **17.6.** Так. **17.7.** 700 Па. **17.8.** Якщо хлопчик подме в трубку *a*, то з трубки *b* почне витікати вода. Якщо хлопчик подме в трубку *b*, то з трубки *a* почне виходити повітря. **17.9.** Повітря, яке видихає людина, створює надлишковий тиск усередині приладу, і циліндр, що занурений у воду догори дном, піднімається. На шкалі можна бачити об'єм повітря, що видихнула людина. **17.10.** Ні. **17.11.** Ні. **17.12.** У правому. **17.13.** Якщо трубка не має вузлів або інших перешкод для перетікання води, то рівень води біля обох кінців трубки має бути однаковим (сполучені посудини). **17.14.** 7 кПа. **17.15.** Ртуть. **17.16.** Так, справа наліво. **17.17.** Так, зліва направо. **17.18.** Рівень води і тиск на дно збільшаться. **17.19.** Рівень води і тиск на дно збільшаться. **17.20.** Спочатку відкрити ворота 1 і, після того як наповниться перша шлюзова камера, завести в неї судно. Потім закрити ворота 1 і відкрити ворота 2. Після того як рівень води в першій і другій камерах зрівняється, перевести судно в другу камеру і закрити ворота 2. Далі послідовно відкривати і закривати ворота 3 і 4, що дозволить опустити судно до рівня води після греблі. **17.21.** У лівому коліні висота рідини є вищою в 1,25 разу. **17.22.** 31,25 см. **17.23.** 16 см. **17.24.** 20,3 см. **17.25.** На 5 см. **17.26.** На 4,8 см. **17.27.** 13,8 см.

**18.1.** На рівні ртуті в чашці, атмосферному. **18.2.** На першому поверсі. **18.3.** Атмосферний тиск. **18.4.** Тиск усередині шприца стає меншим за атмосферний. **18.5.** Усередині кінескопів безповітряний простір, атмосферний тиск ззовні не компенсується. **18.6.** 1470,6 мм рт. ст. **18.7.** 51,68 кПа. **18.8.** Якщо спочатку вигнати повітря з груші, стискаючи її, а потім занурити трубку у рідину і грушу відпустити, то за рахунок розпрямлення груші всередині утвориться розрядження, і туди спрямується рідина. **18.9.** Такий самий тиск і всередині тіла людини. **18.10.** Знизу на парту діє така сама сила, що й зверху. **18.11.** Випадок *a*. **18.12.** Атмосферний тиск глибоко в шахті є значно більшим, ніж на поверхні. Він не дає створюватися бульбашкам. **18.13.** Атмосферний тиск на висоті є меншим, і стінки пляшки з більшою силою розтягуватимуть газ усередині. **18.14.** 778,5 мм рт. ст. **18.15.** 264 м. **18.16.** Водяний. **18.17.** 748 см вод. ст. **18.18.** 184 мм рт. ст. **18.19.** У 100 разів. **18.20.** Можна, різниця тисків усередині і ззовні спрямує рідину у шприц. **18.21.** Ні. Рідина не має ваги і не створює гідростатичний тиск. **18.22.** Буде. **18.23.** Ні, його показання залежатимуть від атмосферного тиску. **18.24.** При збільшенні — управо, при зменшенні — уліво. **18.25.** Плівка втягнеться всередину трубки. **18.26.** 0,68 Н, управо.



**18.27.** 150 мм. **18.28.** 8,7 кН. **18.29.** 694 мм рт. ст., 66 мм. **18.30.** До тієї, що ліворуч, в 4,5 разу. **18.31.** Під дією атмосферного тиску піднімається. **18.32.**  $5,1 \cdot 10^{19}$  МН. **18.33.** Вона буде понижатися, а з вільного кінця трубки витікатиме вода.

**19.1.** На 10,3 м. **19.2.** 2 кН. **19.3.** 200 кН. **19.4.** 12 кН. **19.5.** 100 см<sup>2</sup>. **19.6.** 4 см<sup>2</sup>. **19.7.** У 20 разів. **19.8.** У посудині тиск на 4 кПа більший від атмосферного. **19.9.** 72,8 кПа. **19.10.** Рідина, на відміну від газів, практично нестискаєма. **19.11.** 2 дм<sup>2</sup>. **19.12.** 3375 кг, 1,125 МПа. **19.13.** У 18 разів. **19.14.** 500 Н. **19.15.** 1,2 кН. **19.16.** Для насоса 1 — від атмосферного тиску, для 2 — від міцності деталей та труб. Насос 1 зможе підняти тільки на 10 м, 2 — на яку завгодно (визначається міцністю деталей та труб). **19.17.** Угору. **19.18.** Унаслідок б. **19.19.** Якщо стиснути гумову муфту, то вода видавлюється вгору через верхній клапан, якщо відпустити муфту, то за рахунок пружності гуми вода через нижній клапан усмоктується всередину муфти. **19.20.** Водяний. **19.21.** Зменшиться у 13,6 разу. **19.22.** 1050. **19.23.** 8,1 кН, тиск у першому резервуарі 500 кПа, у другому — 4,5 МПа.

**20.1.** Архімедова сила. **20.2.** В усіх випадках архімедова сила однаковою. **20.3.** Сила тяжіння та архімедова сила. **20.4.** 0,2 Н. **20.5.** 1,2 л. **20.6.** Ні, вагу тіла не втрачають, вага прикладається повністю або частково до води. **20.7.** Бензин, який горить, плаває над водою. Гасять бензин та інші нафтопродукти піною. **20.8.** Ні. **20.9.** Ні. **20.10.** В міру заглиблення сила тиску на верхню та нижню поверхні зростає однаково, тому різниця сил тисків не змінюється. **20.11.** У 1,25 разу. **20.12.** 10 Н. **20.13.** 1800 кг/м<sup>3</sup>. **20.14.** 2 Н. **20.15.** 288 Н, на 240 Н. **20.16.** 2 Н. **20.17.** 1,5 Н. **20.18.** На 1,5 Н. **20.19.** 2,92 Н. **20.20.** Показання динамометра за наявності бульбашок будуть меншим, ніж за їх відсутності. **20.21.** Порушиться, мідне тіло переважить. **20.22.** Порушиться, переважить тіло справа. **20.23.** Ні. **20.24.** Архімедова сила буде змінюватися в міру зміни тяжіння. **20.25.** 4/5. **20.26.** 1/5. **20.27.** 5 см<sup>3</sup>. **20.28.** 2,4 кг, 2400 кг/м<sup>3</sup>. **20.29.** 1500 кг/м<sup>3</sup>. **20.30.** 2000 Па. **20.31.** 2,25 см. **20.32.** Терези покажуть збільшення сили, що діє на них. **20.33.** На 0,2 Н. **20.34.** Щоб не давати похибки під час зважування, важки повинні мати ту саму густину, що й тіла, які зважують.

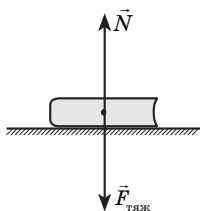
**21.1.** У воді може, у гасі — ні. **21.2.** У ртуті або в розплавленій міді. **21.3.** У воді буде, у гасі — ні. **21.4.** Ні. **21.5.** 700 кг/м<sup>3</sup>. У машинному маслі тіло буде плавати. **21.6.** 4970 кг. **21.7.** 2 Н. **21.8.** 60 кг. **21.9.** Середня густина судна менша за густину води. **21.10.** У воді каструля потоне, а в ртуті — буде плавати. **21.11.** Збільшиться. **21.12.** Виштовхувальна сила не зміниться, осадка збільшиться. **21.13.** Виштовхувальна сила однакова. Вага теж однакова. **21.14.** На 4,8 см. **21.15.** 40 см. **21.16.** 0,75 кг/м<sup>3</sup>. **21.17.** 900 кг.



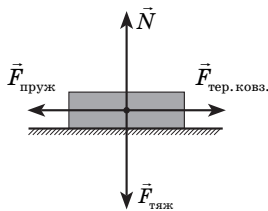
**21.18.** Рівень води у великій каструлі понизиться. Вага не зміниться. **21.19.** Верхня частина ареометра виступатиме з рідини в міру зміни її густини. Температура впливає на точність тому, що густина рідини і об'єм ареометра змінюються. **21.20.** 4,9 мм. **21.21.** 21. **21.22.** 52,3 т. **21.23.** Зменшилася на 0,5 м. **21.24.** 30 000 т. **21.25.** 3870 Н. **21.26.** У 1,3 разу. **21.27.** 5,55 км. **21.28.** Не зміниться. Понизиться. **21.29.** Густина води збільшується, і яйця не торкаються розжареного дна каструлі. **21.30.** Коли густина сиропу досягає потрібного значення, картоплина спливає. **21.31.** Буде. **21.32.** При натисканні на стінки пляшки повітря в пробірці стискається, середня густина пробірки збільшується, і вона тоне. **21.33.** На межі води і ртуті. У воді буде 0,46 об'єму кульки.

**22.1.** Ні. **22.2.** (див. рисунок) Ні. **22.3.** (див. рисунок). Сила пружності виконує додатну роботу, а сила тертя — від'ємну. **22.4.** Сила тертя ковзання виконує від'ємну роботу. **22.5.** 1 Дж. **22.5.** 750 кДж. **22.7.** Може, наприклад, коли сила тертя спокою між дорогою та шинами зрушує з місця автомобіль. **22.8.** 9 МДж. **22.9.** 40 Дж. **22.10.** 200 Н. **22.11.** 50 Н. **22.12.** 5 м. **22.13.** 20 м. **22.14.** Сила тяжіння не виконує роботу з переміщення супутника на коловій орбіті або автомобіля на горизонтальній дорозі, сила пружності мотузки, на якій розгойдується тіло, також не виконує роботу. **22.15.** 100 кПа. **22.16.** 10 МПа. **22.17.** 4 м. **22.18.** 30 км/год. **22.19.** 0,2 Дж. **22.20.** 1,5 Дж. **22.21.** 5 Дж. **22.22.** 179 кДж. **22.23.** 1,6 кДж.

**23.1.** Роботи однакові. Потужність ліфту більша. **23.2.** Одиннадцятикласник виконав більшу роботу і розвивав більшу потужність. **23.3.** 100 Вт. **23.4.** 100 кВт. **23.5.** Збільшити в 2 рази. **23.6.** Роботу виконав однакову. Розвивав більшу потужність при підйомі людини, що йшла. **23.7.** Під час зльоті. **23.8.** За 41 хв 40 с. **23.9.** За 2 год. **23.10.** 2,6 МВт. **23.11.** 18,4 МВт. **23.12.** 120 кВт. **23.13.** 1,5 кН. **23.14.** 50 кН. **23.15.** 10 м/с. **23.16.** 0,2 м/с. **23.17.** Ні, оскільки при збільшенні швидкості зростає сила опору руху. **23.18.** Тому що сила опору руху для такого судна значно менша, ніж для звичайного. **23.19.** 32 Вт. **23.20.** 60 кПа, 60 Вт. **23.21.** 100 м, 1 МПа. **23.22.** 1,5 МВт. **23.23.** 2000 т. **23.24.** 2 хв. **23.25.** 50 с.



До задачі 22.2



До задачі 22.3

**24.1.** Збільшується. **24.2.** Зросла. **24.3.** Зросла на 40 Дж. **24.4.** 100 МДж. **24.5.** 200 Дж. **24.6.** Виконує, кінетична енергія автомобіля збільшується. **24.7.** 100 Дж. **24.8.** Кінетична енергія зменшується, потенціальна — збільшується. **24.9.** Потенціальна енергія переходить у кінетичну, потім у потенціальну деформованої кульки, потім у кінетичну, і знову в потенціальну. **24.10.** 60 кг. **24.11.** 6 Дж, 6 Дж. **24.12.** 31,25 Дж. **24.13.** 900 кДж, 900 кДж. **24.14.** 160 кДж. **24.15.** 4 Дж, 4 Дж перед ударом об землю, потенціальна енергія дорівнюватиме нулю. **24.16.** Ні. **24.17.** Ні. **24.18.** В обох випадках зменшується. **24.19.** Коли автомобіль розганяється, кінетична енергія збільшується, гальмує — зменшується. На горизонтальній дорозі сила тяжіння не виконує роботу, тому потенціальна енергія не змінюється. На похилій ділянці, якщо автомобіль рухається вгору, сила тяжіння виконує від'ємну роботу і потенціальна енергія збільшується, якщо вниз — навпаки. **24.20.** Потенціальна та кінетична енергія ракети зростають, і її механічна енергія не зберігається, тому що двигуни виконують роботу. **24.21.** Потенціальна енергія переходить у кінетичну, а коли санчата зупиняються — в інші види. **24.22.** Якщо опору повітря немає, швидкість буде такою самою, якщо опір повітря є, швидкість буде меншою. **24.23.** 1,5 кН. **24.24.** 10 Н. **24.25.** 4 м. Потенціальна енергія вантажу зросла на 2,8 кДж. **24.26.** 6 м. Потенціальна енергія вантажу зросла на 4,8 кДж. **24.27.** 20 м. **24.28.** 5 м. **24.29.** Потенціальна енергія зростає, механічна енергія зростає. Робота з піднімання кулі виконується за рахунок зменшення потенціальної енергії повітря, що опускається на місце кулі. **24.30.** Потенціальна енергія переходить у кінетичну і навпаки. Сила натягу нитки роботу не виконує. Сила тяжіння виконує то додатну, то від'ємну роботу. **24.31.** У місті потрібно часто розганятися після втрати кінетичної енергії під час гальмування. **24.32.** 75 Дж, 150 Дж. У першому випадку робота спричинить тільки збільшення потенціальної енергії, а в другому сумка набуде, крім потенціальної, ще і кінетичну енергію. **24.33.** Кінетична енергія більша у 9 разів. **24.34.** Потенціальна, у 15 разів. **24.35.**  $\sqrt{\frac{3}{8} \cdot \frac{v^2}{g}}$ . **24.36.** 200 Дж. **24.37.** 0,2 Дж. **24.38.** 1,2 кДж. **24.39.** 46,9 кДж. **24.40.** Потенціальну, 1 Дж. **24.41.** 2 м.

**25.1.** У відстані, в 4 рази. **25.2.** Ні. **25.3.** Ні. **25.4.** 90 %. **25.5.** 90 %. **25.6.** 70 %. **25.7.** 24 см. **25.8.** Опустилася на 8 м. **25.9.** 180 Н. **25.10.** 90 %. **25.11.** 80 %. **25.12.** 75 %. **25.13.** Вага хлопчика розподілена порівну між двома канатами, тому для втримання він прикладає силу, що дорівнює половині його ваги. **25.14.** 400 Н. **25.15.** 500 Н. **25.16.** 250 Н. **25.17.** 250 Н. **25.18.** 1 т. **25.19.** 0,4 м, 30 Н. **25.20.** 80 %. **25.21.** 125 %, якщо вантаж підвішений до короткого плеча, і 93,75 %, якщо до довгого.

якщо вантаж підвішений до довгого плеча важеля. ККД більший від 100 %, у першому випадку отриманий за рахунок того, що піднімати вантаж допомагає сила тяжіння, яка діє на трубу. **25.22.** 625 Н. **25.23.** 150 кг. **25.24.** 130 Н. **25.25.** 151 кН. **25.26.**  $F = 400$  Н.

**26.1.** Цеглина охолоне, вода нагріється, їх температури зрівняються. **26.2.** Щоб установилася теплова рівновага. **26.3.** Краплинка буде підніматися. **26.4.** У посудині 1 температура нижча за температуру в кімнаті, в посудині 2 — вища за температуру в кімнаті. **26.5.** Щоб повернути ртуть у резервуар на кінці термометра. **26.6.** Підігрівати акваріум потрібно, температура в кімнаті 17,6 °С. **26.7.** Температуру тіла хлопчика потрібно знизити на 1,2 °С. **26.8.** Показання термоскопа залежать від атмосферного тиску, який змінюється. **26.9.** Теплове розширення рідини не залежить від атмосферного тиску. **26.10.** 4 °С. **26.11.** 30 мм. **26.12.** Ні. **26.13.** При нагріванні стовпчик рідини скорочувався б, а не видовжувався. **26.14.** У другому випадку, тому що в разі теплового контакту з краплиною термометр може значно змінити температуру води. **26.15.** Помістити термометр у склянку, яка наповнена великою кількістю жуків. **26.16.** Помістити термометр собі під пахву, а потім його струсити.

**27.1.** У воді збільшиться, при підйомі на другий поверх не зміниться. **27.2.** Кінетична енергія молекул зростає, потенціальна практично не зміниться. **27.3.** У першому випадку долоні нагріються внаслідок теплообміну, а в другому — роботи. **27.4.** Теплообміном з гарячим тілом. **27.5.** Унаслідок теплопровідності. **27.6.** Щоб радіатори добре проводили тепло. **27.7.** Для теплоізоляції. **27.8.** За рахунок конвекції нагріта вода піднімається вгору. **27.9.** Нагріта вода піднімається вгору. **27.10.** У результаті випромінювання. **27.11.** Щоб термометр нагрівало повітря, а не сонячні промені. **27.12.** Зростає. Внутрішня енергія великої кульки більше зростає. **27.13.** Енергія, яка передається рідині під час теплообміну, йде на виконання роботи рідиною зі збільшення власної потенціальної енергії. **27.14.** Сила тертя виконує роботу, що нагріває дошку і підпалює мох. **27.15.** Щоб не обпекти долоні. **27.16.** Внутрішня енергія дрота зростає за рахунок роботи. **27.17.** Спочатку підвищується внутрішня енергія газу над водою в пробірці, потім пробка набуває кінетичної енергії внаслідок зменшення внутрішньої енергії газу. **27.18.** Тіло треба охолоджувати. **27.19.** Можна, у цьому випадку тепло ззовні не буде потрапляти під ковдру. **27.20.** Створюють теплоізоляцію. **27.21.** Випадок *a* — улітку, *b* — узимку. **27.22.** Теплопровідність стінок зменшується за рахунок накипу. **27.23.** Теплопровідність води значно більша, ніж повітря. **27.24.** Дим піднімає тепле повітря. **27.25.** Холодне повітря від вікон опускається в кімнаті до підлоги і нагрівається від радіаторів. **27.26.** Якщо кинути шматок льоду у воду. **27.27.** Для охолодження

потокот повітря ззовні. **27.28.** За рахунок тепла, що передається баку сонячними променями. Щоб процес підігрівання був найефективнішим, бак треба розташувати на сонці та пофарбувати в чорний колір. **27.29.** Сніг брудний в місті, оскільки краще поглинає тепло, яке переносять сонячні промені. **27.30.** Щоб якомога менше нагрівалися сонячними променями. **27.31.** Теплопровідність і конвекція, а в дорожчих і випромінювання (завдяки спеціальному покриттю скла). **27.32.** Повітря відкачують для зменшення теплопровідності, а вкривають полірованим металом для зменшення випромінювання. **27.33.** Теплопровідність, випромінювання і конвекція. **27.34.** Під час руху внутрішня енергія, а отже, й температура тіла, не знизяться до небезпечного рівня. **27.35.** При падінні на сталеву плиту і підскакуванні залишається практично незмінною. При падінні на пісок — збільшується. **27.36.** Болванка нагрівається за рахунок роботи, яку над нею виконує коваль. **27.37.** Робота сили опору руху в повітрі. Ця робота збільшує внутрішню енергію метеорного тіла. **27.38.** За рахунок кінетичної енергії метеорита на поверхні Землі утворився кратер, а речовина метеорита випарувалася. **27.39.** Від ложки до води: теплообмін іде від тіла з більшою температурою до тіла з меншою. **27.40.** У суміші глини і соломи значна кількість маленьких порожнин, які заповнені повітрям. А повітря проводить тепло гірше, ніж рідини або тверді тіла. **27.41.** Метал швидко «уносить» тепло і нитка не нагрівається до температури згоряння. **27.42.** Метал буде здаватися значно теплішим за дерево. **27.43.** Вода не дає нагрітися паперу до температури згоряння. **27.44.** На нижній частині, оскільки тепле повітря біля вікна охолоджується і опускається вниз. Унизу вікно холодніше. **27.45.** Почекаати 5 хв і налити молоко. **27.46.** Не діє архімедова сила і не відбувається природна конвекція. **27.47.** У цегляній трубі тепле повітря охолоджується менше, ніж у металевій. **27.48.** Сонячні промені нагрівають ґрунт і рослини, а скло або прозора плівка заважає теплопередачі, конвекції та випромінюванню «уносити» тепло назовні. **27.49.** На північ, бо сонячні промені не обігрівають квартири через вікна. **27.50.** Повітря нагрівається від розжареної поверхні Землі. **27.51.** Вода має аномалію в тепловому розширенні: при  $+4^{\circ}\text{C}$  її густина є найбільшою і вода з такою температурою розташовується біля дна. **27.52.** Повітря нагрівається біля поверхні землі, піднімається, розширюється, тобто виконує роботу, і внаслідок цього зменшує внутрішню енергію. Температура повітря значно зменшується. **27.53.** За рахунок малої теплопровідності короточасні коливання температури не впливають на показання термометра, а значні за терміном підвищення або зниження температури термометр фіксуватиме.

**28.1.** Друга посудина. **28.2.** 920 Дж. **28.3.** 1840 Дж. **28.4.** Для підвищення температури 1 кг води на  $1^{\circ}\text{C}$  потрібно збільшити її

внутрішню енергію на 4200 Дж. **28.5.** Для підвищення температури 1 кг міді на 1 °С потрібно збільшити її внутрішню енергію на 400 Дж. **28.6.** Алюмінієва деталь віддала більшу кількість теплоти. Внутрішня енергія мідної деталі змінилася найменше. **28.7.** Водяна система, бо вода має більшу теплоємність. **28.8.** У Гаврі, адже він розташований на березі моря. **28.9.** На нагрівання води. **28.10.** У другого металу, бо для нагрівання до тієї самої температури для нього потрібно більша кількість теплоти. **28.11.** 171,5 кДж. **28.12.** 540 кДж. **28.13.** 7 кДж. **28.14.** 550 кДж. **28.15.** З алюмінію. Треба обчислити питому теплоємність. **28.16.**  $880 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})}$ . **28.17.** 1213 кДж. **28.18.** 48,4 МДж. **28.19.** 13,5 °С. **28.20.** 0,4 °С. **28.21.** 2,5 кг. **28.22.** 0,5 °С. **28.23.** 0,1 °С. **28.24.** Катастрофічно змінився б клімат: значні коливання температури (такі, як в пустелі) як протягом доби, так і протягом року, більшість тварин і рослин на Землі й в океанах зникли б. **28.25.** Каструлі — графік 2, воді — 1. Вода міститься в каструлі, отже, можна прийняти, що їх температура весь час однакова. Під час нагрівання на однакову кількість градусів вода поглине більшу кількість теплоти внаслідок більшої теплоємності. **28.26.** Воді — графік 3, міді — 1. Чим меншою є теплоємність тіла, тим швидше воно буде нагріватися. **28.27.** Потужність теплових втрат буде більшою, ніж теплова потужність свічки як нагрівника. **28.28.** 201,6 МДж. **28.29.** 900 кДж, 1000 Вт. **28.30.** 45 °С. **28.31.** 0,15 °С. **28.32.** 50 °С. **28.33.** Ні, для цього краплині потрібно впасти з висоти 42 км. **28.34.** 1,5 °С. **28.35.** 3,6 °С.

**29.1.** Сталева деталь охолоне сильніше, ніж нагріється вода. **29.2.** Із залізною кулькою. **29.3.** 31,6 °С. **29.4.** 3,04 л. **29.5.** 218 л. **29.6.** 82,6 °С. **29.7.** 41,9 °С. **29.8.** Із срібла. **29.9.** 36,9 °С. **29.10.** Холодної води — 152 л, гарячої — 48 л. **29.11.** Були, бо без теплових втрат у ванні має встановитися температура 36 °С. **29.12.** Потрібно взяти на 2,4 г більше гарячої води. **29.13.** 3,7 °С.

**30.1.** 46 МДж. **30.2.** Бензину. **30.3.** 85 МДж, 20,7 МДж. **30.4.** 155 МДж, 47,3 МДж. **30.5.** 0,5 кг. **30.6.** 2 кг. **30.7.** 27 МДж/кг, спирт. **30.8.** 92 МДж. **30.9.**  $1,2 \cdot 10^{11}$  Дж. **30.10.** На 190 МДж. **30.11.** У 2,7 разу. **30.12.** У 1,6 разу. **30.13.** 192 МДж. **30.14.** На 95 МДж. **30.15.** 5 кг. **30.16.** 2,15 км. **30.17.** 75 %. **30.18.** Бензин і гас горять повільно, а порох вибухає. **30.19.** 62,6 г. **30.20.** Ні, залізо нагріється тільки до 1421 °С. **30.21.** 38,6 %. **30.22.** 1 кг. **31.1.** Можна, внутрішня енергія палива перетворюється в механічну енергію колеса, що обертається.

**31.2.** Автомобіль, автобус, літак. **31.3.** Щоб не було накопичення вихлопних газів у тунелях. **31.4.** Для зменшення шкідливих викидів. **31.5.** В електроенергетиці на теплових станціях парові турбіни.

**31.6.** Дизелі на суднах. **31.7.** 30 МДж. **31.8.** 150 Дж. **31.9.** 13 МДж. **31.10.** Пара виконала роботу і відповідно зменшила внутрішню енергію. **31.11.** Для ефективного охолодження. **31.12.**  $a$  — «робочий хід»,  $b$  — «вихлоп»,  $c$  — «стискання»,  $d$  — «усмоктування». **31.13.** На початку такту «робочий хід». **31.14.** Хоча б один клапан відкритий під час тактів «усмоктування» та «вихлоп». Обидва закрити під час тактів «стискання» та «робочий хід». Немає моменту, коли відкриті обидва клапани. **31.15.** Паливо потрібно вприснути в циліндр наприкінці такту «стискання», а тиск повітря в циліндрі у цей момент в десятки разів перевищує атмосферний. **31.16.** Перший двигун, його ККД вищий і він має меншу витрату палива. **31.17.** 30%. **31.18.** 20%. **31.19.** 33,3%. **31.20.** 25%. **31.21.** 40%. **31.22.** 33%. **31.23.** 2,87 кг. **31.24.** 1116 т. **31.25.** 97,2 МДж. **31.26.** 1,07 МВт. **31.27.** 1657 тис. т, 35,3%. **31.28.** 12,25 кВт. **31.29.** 13,6 т. **31.30.** 4,8 л.

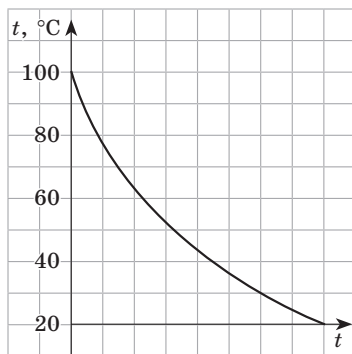
**32.1.** Для розплавлення 1 кг алюмінію при температурі плавлення потрібно 393 кДж теплоти. **32.2.** Сталевої заготовки, в 2 рази. **32.3.** Зростає за рахунок зміни потенціальної енергії взаємодії молекул тіла. **32.4.** Вода, на 332 кДж. **32.5.** Якщо вода матиме температуру плавлення льоду, тобто 0 °C. **32.6.** Алюміній і олово, бо вони розплавляються. **32.7.** Срібло можна, залізо — ні. **32.8.** Лід танутиме тривалий час і температура в ящику буде близько 0 °C. **32.9.** Лід спочатку нагрівається до 0 °C. **32.10.** Температура льоду, що тане, дорівнює 0 °C, а щоб заморозити рибу, потрібна нижча температура. **32.11.** При кристалізації об'єм води зростає і сили тиску на стінки пляшки, що виникають при цьому, її розірвуть. **32.12.** Якщо вода замерзне, то пошкодить радіатор та двигун. **32.13.** 1,66 МДж. **32.14.** 1,28 МДж. **32.15.** Сніг і лід дуже швидко б танули і спричиняли паводки. **32.16.** Для олов'яного бруска. **32.17.** Для алюмінієвого циліндра в 1,28 разу. **32.18.** 79 °C. **32.19.** 3,09 МДж. **32.20.** 33,5 кДж. **32.21.** 71 кДж. **32.22.** 234,8 кДж. **32.23.** 21,84 кДж. **32.24.** 4,93 кДж. **32.25.** 77,5 кДж. **32.26.** АВ — нагрівання льоду, ВС — плавлення льоду, CD — нагрівання води, що утворилася з розплавленого льоду. 0,3 кг. Кількість теплоти для кожної ділянки розділити на масу і різницю температур (окрім ділянки ВС). **32.27.** У другого металу більша в 1,25 разу. **32.28.** Питома теплоємність металу більша у твердому стані у 2 рази. **32.29.** Графік  $a$  відповідає цеху,  $b$  — вулиці. Зима. Графік  $a$  демонструє більш швидке остигання до більш низької температури. **32.30.** Нагрівання свинцю, плавлення, нагрівання розплавленого свинцю, призупинення нагрівання, остигання розплавленого свинцю, кристалізація, остигання твердого свинцю. Ділянка  $GH$  є більш похилою, ніж ділянка  $AB$ , оскільки потужність втрати тепла при остиганні менша за теплову потужність пальника. 327 °C. **32.32.** Удень під променями сонця сніг на даху тане і стікає, увечері і вночі — замерзає. При



наближенні весни. **32.33.** Кришка піднялася, бо вода при кристалізації розширюється. Робота з підняття кришки була виконана внаслідок зменшення внутрішньої енергії води. **32.34.** При утворенні льоду вода виділяє тепло внаслідок зменшення внутрішньої енергії. Відбувається при  $0^{\circ}\text{C}$ , квіти не остигають. **32.35.** При нагріванні покриття починає плавитися і випаровуватися, тим самим забираючи тепло від поверхні апарату. Температура не підвищується вище від температури плавлення, а вона невелика. **32.36.** Дно являє герметичну капсулу, в якій сховано кристалічну речовину, яка має температуру плавлення  $98^{\circ}\text{C}$  і досить велику питому теплоту плавлення. Каструля нагрівається до  $98^{\circ}\text{C}$ , а потім запасе тепло в розплавленій речовині. Натрій. Його температура плавлення  $97,7^{\circ}\text{C}$ , питома теплота плавлення —  $115\text{ кДж/кг}$ . **32.37.**  $9,49\text{ МДж}$ . **32.38.**  $790\text{ г}$ . **32.39.**  $2,02\text{ кг}$ . **32.40.**  $316\text{ г}$ . **32.41.**  $2,9\text{ кг}$ . **32.42.**  $624\text{ г}$ . **32.43.**  $-5,95^{\circ}\text{C}$ . **32.44.**  $-21^{\circ}\text{C}$ . **32.45.**  $0^{\circ}\text{C}$ . **32.46.**  $71,8\text{ г}$ . **32.47.**  $13,4\text{ км}$ . **32.48.**  $1562\text{ м/с}$ . **32.49.**  $38,3^{\circ}\text{C}$ . **32.50.**  $6,25\text{ л}$ . **32.51.**  $1/10$ .

**33.1.** При випаровуванні води одяг охолоджується. **33.2.** При випаровуванні води тканина і термометр охолоджуються. **33.3.** Спирт краще випаровується і тому сильніше охолоджується. **33.4.** При випаровуванні такої рідини пошкоджені тканини сильно охолоджуються. **33.5.** У широкий і низький чашці, за рахунок випаровування з поверхні. **33.6.** Випаровування прискориться. **33.7.** Ні, кипіння буде відбуватися при незмінній температурі. **33.8.** Водяна пара. **33.9.** Зменшилася на  $2,3\text{ МДж}$ . **33.10.**  $230\text{ кДж}$ ,  $45\text{ кДж}$ ,  $4,2\text{ кДж}$ . **33.11.**  $1,15\text{ МДж}$ . **33.12.** Ні. **33.13.** Поверхню рідини залишають найбільш швидкі молекули, і середня кінетична енергія молекул рідини, отже, і температура рідини зменшуються. **33.14.** У фінській сауні вологість повітря менша, ніж у російській лазні, випаровування поту, яке охолоджує тіло людини, дозволяє перебувати в більш нагрітому приміщенні. **33.15.** Вода. Плівка жиру заважає випаровуватися воді з поверхні борщу. **33.16.** Так фрукти не висихають. **33.17.** Навесні й восени траса волога, а в середині або наприкінці спекотного літа — суха. **33.18.** Повітря відносить пару від поверхні калюжі, і випаровування прискорюється. **33.19.** З водою, бо вона випаровується не так швидко, як ефір. **33.20.** Не всяке пароутворення є кипінням. Частіше зустрічається випаровування. **33.21.** До кипіння. **33.22.** Якщо казанок закрити кришкою: вона зменшує випаровування і відповідно охолодження. **33.23.** У посудині 2, бо випаровування з поверхні в цій каструлі буде меншим. **33.24.** Полум'я сірника випаровує краплі туману, і він «зникає». **33.25.** При утворенні туману водяна пара, конденсуючись, віддає тепло внаслідок зменшення своєї внутрішньої енергії, що запобігає подальшому зниженню температури. **33.26.** Ні, щоб вода в мисці закипіла, її дно повинно мати температуру більшу за температуру кипіння. **33.27.** Вода —

графік 3, спирт — графік 2, ефір — графік 1. **33.28.** Меншу питому теплоємність і більш високу температуру кипіння має перша рідина, більш високу питому теплоту пароутворення має друга рідина. **33.29.** 5,36 МДж. **33.30.** 12,46 МДж. **33.31.** 1174 кДж. **33.32.** 659 кДж. **33.33.** 152,6 кДж. **33.34.** Лід також випаровується (цей процес називається сублімація). **33.35.** Це викликає додаткове потовиділення, а випаровування поту охолоджує тіло. **33.36.** Це схлопуються бульбашки з водяною парою. **33.37.** Температура кипіння води високо в горах за зниженого тиску є меншою, ніж біля підніжжя гори. При меншій температурі неможливо приготувати м'ясо. **33.38.** Каструлі закриваються герметично, і тиск пари усередині піднімає температуру кипіння води. **33.39.** Немає центрів пароутворення. **33.40.** Крупинки піску стають центрами пароутворення. **33.41.** Зі зростанням температури потужність теплових втрат теж зростає. **33.42.** Див. рисунок. **33.43.** Пара має більшу внутрішню енергію. **33.44.** 85 г. **33.45.** 152 г. **33.46.** 26,1 °C. **33.47.** 1,15 кг. **33.48.** 175 г. **33.49.** 1208 кг. **33.50.** 560 г. **33.51.** 100 °C. **33.52.** 100 °C, 0,985. **33.53.** 3,25 км/с.



До задачі 33.42



## ДОДАТОК

### ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

Прискорення вільного падіння 10 Н/кг

Радіус Землі 6400 км

#### Густина твердих тіл

| Речовина | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Речовина     | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| Алюміній | 2700                          | 2,7                        | Мідь         | 8900                          | 8,9                        |
| Бетон    | 2200                          | 2,2                        | Скло         | 2500                          | 2,5                        |
| Граніт   | 2600                          | 2,6                        | Сосна (суха) | 400                           | 0,4                        |
| Лід      | 900                           | 0,9                        | Сталь        | 7800                          | 7,8                        |
| Мармур   | 2700                          | 2,7                        |              |                               |                            |

#### Густина рідин

| Речовина        | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Речовина | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|----------|-------------------------------|----------------------------|
| Вода            | 1000                          | 1,00                       | Нафта    | 800                           | 0,8                        |
| Гас             | 800                           | 0,80                       | Олія     | 800                           | 0,8                        |
| Дизельне пальне | 800                           | 0,80                       | Ртуть    | 13600                         | 13,6                       |
| Масло машинне   | 800                           | 0,80                       | Спирт    | 800                           | 0,8                        |

#### Густина газів

(при 0 °С і тиску 760 мм рт. ст.)

| Речовина | $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Речовина      | $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
|----------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| Повітря  | 1,29                       | Природний газ | 0,80                       |
| Водень   | 0,09                       | Гелій         | 0,18                       |

## ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН

### Тверді тіла

| Речовина | Питома теплоємність, кДж/(кг·°C) | Температура плавлення, °C | Питома теплота плавлення, кДж/кг |
|----------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Алюміній | 0,92                             | 660                       | 393                              |
| Деревина | 2,40                             |                           |                                  |
| Залізо   | 0,46                             | 1535                      | 270                              |
| Золото   | 0,13                             | 1065                      | 67                               |
| Лід      | 2,10                             | 0                         | 332                              |
| Мідь     | 0,40                             | 1087                      | 213                              |
| Олово    | 0,23                             | 232                       | 59                               |
| Свинець  | 0,14                             | 327                       | 25                               |
| Срібло   | 0,25                             | 962                       | 87                               |
| Сталь    | 0,50                             | 1400                      | 84                               |
| Цегла    | 0,88                             |                           |                                  |
| Чавун    | 0,54                             | 1200                      | 96                               |

### Рідини

| Речовина         | Питома теплоємність, кДж/(кг·°C) | Температура кипіння*, °C | Питома теплота пароутворення**, МДж/кг |
|------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| Вода             | 4,2                              | 100                      | 2,3                                    |
| Олія соняшникова | 1,7                              |                          |                                        |
| Ртуть            | 0,14                             | 357                      | 0,30                                   |
| Машинне масло    | 1,68                             |                          |                                        |
| Ефір             |                                  | 34,6                     | 2,35                                   |

### Питома теплота згорання палива

| Речовина        | $q$ , МДж/кг | Речовина         | $q$ , МДж/кг |
|-----------------|--------------|------------------|--------------|
| Антрацит        | 30           | Дрова сухі (дуб) | 10           |
| Бензин          | 46           | Кам'яне вугілля  | 27           |
| Водень          | 120          | Порох            | 4            |
| Гас             | 46           | Природний газ    | 44           |
| Деревне вугілля | 34           | Спирт            | 27           |
| Дизельне пальне | 42           |                  |              |

\* При нормальному атмосферному тиску.

\*\* При нормальному атмосферному тиску і температурі кипіння.

УДК 371.388:53

ББК 22.3я72

НЗ4

**Схвалено комісією з фізики та астрономії НМР  
з питань освіти МОН України до надання відповідного грифу  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
(протокол від 03.07.2008 р. № 12)

Видано за ліцензією ТОВ Видавництво «Ранок»

Рецензенти:

*І. П. Колупаєв*, канд. фіз.-мат. наук, доцент Національного  
технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

*Т. Й. Чернець*, учитель-методист, учитель фізики ЗОШ № 35  
м. Харкова, заслужений учитель України.

**Ненашев І. Ю.**

НЗ4 Фізика. 8 клас: Збірник задач / І. Ю. Ненашев.— 3-тє вид.  
випр.— Х.: Веста, 2009.— 176 с.

ISBN 978-966-08-2076-0.

Посібник відповідає чинній програмі з фізики для 8 класу (12-річна школа)  
і містить задачі, що диференційовані за трьома рівнями складності.

Видання побудоване максимально зручно для учителя й учня, наведені відпо-  
віді, коментарі, розв'язання. Завдання для допитливих допоможуть учителю під-  
готувати учнів до олімпіад, сприятимуть формуванню учнівських навичок щодо  
самостійного аналізу фізичних ситуацій.

Посібник призначений для учнів 8 класу загальноосвітніх закладів та вчи-  
телів фізики.

УДК 371.388:53

ББК 22.3я72

Навчальне видання

*НЕНАШЕВ Ігор Юрійович*

**ФІЗИКА. 8 КЛАС. ЗБІРНИК ЗАДАЧ**

3-тє видання, виправлене

Редактор *Г. Ю. Венрик*. Технічний редактор *А. П. Твердохліб*

Код Т6299У. Підписано до друку 22.05.2009. Формат 60×84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 11,5.

ТОВ «Веста». Свідцтво ДК № 3323 від 26.11.2008. 61064 Харків, вул. Бакуніна, 8А.

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.

Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.

Для листів: 61045 Харків, а/с 3355. E-mail: office@ranok.kharkov.ua

З питань реалізації звертатися за тел.: у Харкові — (057) 712-91-44, 712-90-87;

Києві — (044) 495-14-53, 417-20-80; Донецьку — (062) 304-67-02; Житомирі — (0412) 41-27-95;

Дніпропетровську — (0562) 43-46-95; Львові — (032) 233-53-39; Одесі — (048) 717-35-02;

Сімферополі — (0652) 22-33-03; Тернополі — (0352) 26-86-94, 53-32-01.

E-mail: commerce@ranok.kharkov.ua

www.ranok.com.ua

© І. Ю. Ненашев, 2008

© І. Ю. Ненашев, випр., 2009

© ТОВ Видавництво «Ранок», 2009

ISBN 978-966-08-2076-0

## **Збірник задач з фізики включає якісні, кількісні й графічні задачі, які:**

- згруповано за тематичними блоками
- диференційовано за рівнями складності
- позначено як однотипні
- супроводжено рисунками

## **Посібник містить:**

- задачі для допитливих
- відповіді, вказівки, розв'язання
- довідкові таблиці



**Служба «Книга — поштою»**

61045 Харків, а/с 3355,

«Ранок-пошта»

☎ (057) 717-74-55

✉ [pochta@ranok.kharkov.ua](mailto:pochta@ranok.kharkov.ua)

ВИДАВНИЦТВО  
**РАНОК**

