

Л.Е.ГЕНДЕНШТЕЙН, І.М.ГЕЛЬФГАТ, Л.А.КИРИК

ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ

7

- АНДРІЙ
- ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ
 - РОЗВ'ЯЖІТЬ УСНО
 - РОЗВ'ЯЖІТЬ І ЗАПИШІТЬ
 - САМОСТІЙНІ РОБОТИ
 - ОЛІМПІАДНІ ЗАДАЧІ



Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Науковий редактор професор С.В. Коршак

Рецензенти: професор П.В. Блюх;

Т.В. Лободюк, заслужений вчитель України;

І.Ю. Ненашев, учитель-методист.

Генденштейн Л.Е., Гельфгат І.М., Кирик Л.А.

Г34 Задачі з фізики 7 клас. Харків, «Гімназія», 2001 — 160 с.

ISBN 966-7384-24-1

Книга містить задачі з фізики для 7-го класу, диференційовані за складністю на 3 рівні: середній, достатній і високий, а також олімпіадні. До книги включено усні тренувальні завдання, а також дидактичний матеріал (два варіанти, кожний з яких диференційовано за складністю). Книгу побудовано максимально зручно для вчителя й учня, а для молодого вчителя вона може бути методичним посібником.

Книгу адресовано учням загальноосвітніх шкіл. Водночас широкий вибір задач підвищеної складності і олімпіадних задач дає змогу використовувати її для роботи в гуртках, факультативах і при підготовці до олімпіад (у цьому випадку книга буде корисна і 8-класникам).

Книгу апробовано у Фізико-математичному ліцею № 27 та Академічній гімназії № 45 (м. Харків)


ISBN 966-7384-24-1 © Генденштейн Л.Е., Гельфгат І.М., Кирик Л.А., 2001

До читача	4
1. Фізичні вимірювання	5
2. Початкові відомості про будову речовини	8
3. Відносність руху. Траєкторія і шлях	10
4. Одиниці швидкості	12
5. Швидкість, шлях і час	14
6. Графіки шляху і швидкості	17
7. Середня швидкість	21
8. Різні задачі про рух	25
9. Інерція. Поняття про взаємодію	29
10. Маса	31
11. Густина	33
12. Сила тяжіння. Вага	39
13. Сила пружності	42
14. Сили тертя	43
15. Різні задачі про сили	46
16. Тиск твердих тіл	49
17. Тиск газу	53
18. Тиск рідини. Залежність тиску від глибини	54
19. Сполучені посудини	58
20. Атмосферний тиск	60
21. Гідрравлічний прес. Насоси	64
22. Різні задачі на тиск рідин і газів	66
23. Архімедова сила	68
24. Плавання тіл	71
25. Механічна робота	75
26. Потужність	78
27. Важелі	81
28. Блоки	84
29. «Золоте правило» механіки	88
30. Коефіцієнт корисної дії механізмів	90
31. Енергія	92
Олімпіадні задачі	95
Відповіді, вказівки, розв'язання	114
Додаток	152

ДО ЧИТАЧА

Книга містить задачі з фізики для 7-го класу, диференційовані за складністю на 3 рівні: середній, достатній і високий (задачі позначені відповідно літерами «С», «Д» і «В»). В окремому розділі зібрано олімпіадні задачі (посилання на ці задачі вміщено у відповідних розділах).

До книги включено усні тренувальні задачі, а також дидактичний матеріал (два варіанти, кожний з яких диференційовано за складністю). Відповіді до самостійних робіт вміщено наприкінці книги: їх легко усунути з комплексу книг, призначених для учнів.

Практично всі розділи починаються з прикладів розв'язання задач і запису розв'язання в зошиті. В кожному розділі відібрано низку ключових задач, до яких дано розв'язання (такі задачі позначено знаком .

У Додатку вміщено довідковий матеріал: таблиці фізичних величин, деякі дані про Землю, корисні математичні формули.

Книгу адресовано учням 7-х класів загальноосвітніх шкіл. Водночас широкий вибір задач підвищеної складності і олімпіадних задач дає змогу використати її для роботи в гуртках, факультативах і при підготовці до олімпіад (у цьому випадку книга буде корисна і 8-класникам).

Автори вдячні науковому редактору С. В. Коршаку, рецензентам книги П. В. Блюху, Т. В. Лободюк та І. Ю. Ненашеву за допомогу у роботі над книгою, а також О. Д. Жигуліній за корисні зауваження.

Відповіді до задач округлено за правилами наближених обчислень. Щоб на початковому етапі вивчення фізики не відвертати увагу учнів від фізичної суті задачі, у книзі прийнято такі

СПРОЩУЮЧІ ПРИПУЩЕННЯ^{*)}

- ♦ g прийнято рівним 10 Н/кг
- ♦ нормальний атмосферний тиск (1 атм) прийнято рівним 100 кПа
- ♦ опір повітря і води, тертя у блоках не враховується
- ♦ масою блоків, важелів, ниток, мотузків можна знехтувати

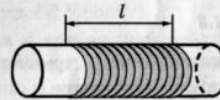
^{*)} Якщо в умові задачі не застережено інше.

1. ФІЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Приклади розв'язання задач

1.1. Діаметр мідного дроту менше одного міліметра. Як простими засобами виміряти цей діаметр якнайточніше?

Розв'язання. Можна щільно, виток до витка, намотати на олівець декілька десятків витків дроту і виміряти лінійкою довжину l обмотаної дротом частини олівця (див. рисунок). Щоб знайти діаметр дроту, треба поділити l на кількість витків. Наприклад, якщо 20 витків займають на олівці 5 мм, то діаметр дроту дорівнює 0,25 мм. Чим більша кількість витків, які використовуються, тим точнішим буде здобутий результат.

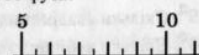


1.2. Виміряйте товщину аркуша книги, на якому надруковано що задачу.

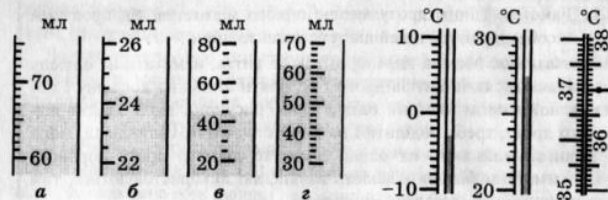
Розв'язання. Виміряти товщину одного окремо взятого аркуша не вдається — ця товщина є занадто малою. Можна, наприклад, виміряти загальну товщину аркушів із 1-ї по 100-ту сторінку включно, а потім здобути значення поділити на 50 (на кожному аркуші дві сторінки).

Розв'яжіть усно

- 1.3^С. Чим обумовлені неминучі неточності при вимірюванні розмірів тіл?
- 1.4^Д. Які величини можна виміряти *абсолютно точно*?
- 1.5^Д. На дорозі відмічено дистанцію 100 м. Як найпростіше відміряти дистанцію 500 м, ведучи дорогою велосипед?
- 1.6^Д. Англійська міра довжини «фут» у старовину визначалася так: 12 дорослих чоловіків селища ставили ступні впритул одну до одної, вимірялася відстань від «першого носка» до «останньої п'ятки», і що відстань ділили на 12. Виходило близько 30 см. Навіщо було залучати для визначення одиниці виміру стільки людей? Чи мало сенс здійснювати вимірювання з точністю до 0,001 фута?
- 1.7^С. Визначить ціну поділки вимірювальної стрічки (див. зменшений рисунок).



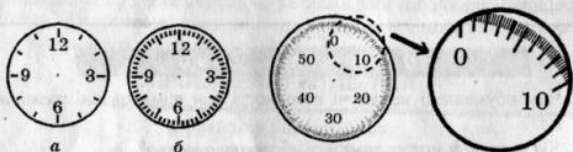
- 1.8^С. Визначіть ціну поділки кожної з мензурок (див. рис. а, б, в, г) і об'єм води в мензурках.



До задачі 1.8

До задачі 1.9

- 1.9^С. Визначіть ціну поділки кожного з термометрів (див. рисунок) і температуру, яку показують термометри.
 1.10^В. Годинник є вимірвальним приладом, а циферблат — шкала цього приладу. Чи має ця шкала *одно* певне значення ціни поділки?
 1.11^В. Визначіть ціну поділки «шкали» циферблата наручного годинника (див. рис. а, б).



До задачі 1.11

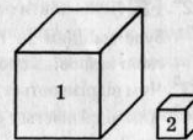
До задачі 1.12

- 1.12^С. Яка ціна поділки циферблата секундоміра (див. рисунок)?
 1.13^Д. На аркуші паперу накреслено два квадрати. Сторона першого квадрата утричі більша. У скільки разів площа цього квадрата більша, ніж площа другого?
 1.14^Д. Скільки квадратних метрів у квадратному кілометрі?
 1.15^Д. Скільки квадратних міліметрів у квадратному сантиметрі?
 1.16^Д. Скільки кубічних сантиметрів у кубічному метрі?

6

Розв'яжіть та запишіть

- 1.17^С. Як поррахувати (наближено) число літер у цій книзі? Виконайте такий підрахунок і порівняйте свій результат із тим, який одержите при підрахунку ваш товариш.
 1.18^С. Як виміряти (наближено), скільки зернин рису вміститься у пляшці? Що вам для цього знадобиться?
 1.19^Д. У скільки разів об'єм першого кубика (див. рисунок) більший за об'єм другого? У скільки разів площа поверхні першого більша за площу поверхні другого?
 1.20^С. Скільки секунд у добі? У році?
 1.21^Д. На палубі судна є прямокутний майданчик розмірами 10 м × 15 м. Скільки контейнерів може вміститися на майданчику, якщо контейнер є «кубик» із довжиною ребра 2 м?



До задачі 1.19

Див. олімпіадні задачі О-1, О-2.

Для самостійної роботи

- II-1^Д. У вас є коробка канцелярських скріпок. Як виміряти за допомогою мензурки об'єм однієї скріпки?
 II-2^Д. Скільки кубічних метрів у кубічному кілометрі?
 II-3^С. Площа сторінки книги 300 см². Вирізайте це значення у квадратних метрах і квадратних дециметрах.
 II-4^С. Площа листа фанери 0,6 м². Вирізайте цю площу у квадратних дециметрах і квадратних сантиметрах.
 II-5^С. Накресліть шкалу мензурки з ціною поділки 2,5 мл.
 II-6^С. Який вигляд має циферблат годинника з ціною поділки 15 хв? Зробіть схематичний рисунок частини такого циферблата.
 II-1^Д. У вас є коробка канцелярських скріпок. Як виміряти на домашніх терезах вагу однієї скріпки?
 II-2^Д. Скільки квадратних сантиметрів у квадратному метрі?
 II-3^С. Об'єм бака 0,5 м³. Вирізайте цей об'єм у літрах і в кубічних сантиметрах.
 II-4^С. Об'єм кухля 0,5 дм³. Вирізайте цей об'єм у кубічних сантиметрах і кубічних міліметрах.
 II-5^С. Накресліть шкалу термометра з ціною поділки 0,25 °С.
 II-6^С. Який вигляд має циферблат секундоміра з ціною поділки 5 с? Зробіть схематичний рисунок частини такого циферблата.

7

ВІДОМОСТІ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

Розв'яжіть усно

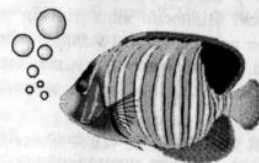
- 2.1^С. При нагріванні спирт у термометрі розширився. Чи означає це, що розширилася і кожна молекула спирту?
 2.2^В. Якщо злити разом 50 мл води і 50 мл спирту, об'єм розчину буде меншим за 100 мл. Чому? Чи можете ви проілюструвати свою відповідь простим прикладом або дослідом?
 2.3^Д. Чим відрізняються молекули води і водяної пари?
 2.4^Д. Чим відрізняється рух молекул у льоді від руху молекул у водяній парі?
 2.5^С. Газ легко стиснути, а рідина практично є нестисливою. Чи пов'язана ця різниця з різницею у властивостях молекул газу і рідини?
 2.6^С. Чи можна наповнити газом *половину* закритої банки? Обґрунтуйте свою відповідь.
 2.7^С. Чи може залізо перебувати в газоподібному стані?
 2.8^С. Чи є правильним твердження, що вода при кімнатній температурі завжди перебуває в рідкому стані?
 2.9^В. У чайнику кипить вода. Чи дійсно ми бачимо водяну пару, що виходить із носика чайника?
 2.10^Д. Між молекулами існує сила притягання. Чому ж дві «половинки» поламаної ручки не з'єднуються, якщо їх щільно прикласти одну до одної? Чому злипаються щільно притиснуті один до одного шматочки пластиліну?
 2.11^Д. Чому «злипаються» добре відполіровані скляні або металеві пластинки?
 2.12^Д. Деякі металеві деталі міцно з'єднуються без клею або зварювання, якщо їх сильно притиснути одну до одної. Чим це пояснюється?
 2.13^Д. Чому злипаються мокрі аркуші паперу?
 2.14^Д. Якщо красчок паперової смужки опустити у воду, вода піднімається цією смужкою. Чим це пояснюється?
 2.15^Д. За допомогою паяльника не можна розплавити мідні або сталеві провали. Завдяки чому тоді вдається надійно з'єднати паянням ці провали один з одним?



До задачі 2.6

8

- 2.16^С. Крейда залишає добре видимий слід на дошці, а біла скляна паличка — ні. Де більш сильні взаємодії між молекулами: в тілах із крейди чи із скла?
 2.17^С. Вода вкриває чисту поверхню скла суцільною плівкою, а на жирній поверхні збирається в окремі краплини. Що можна сказати про притягання між молекулами води і скла? Води і жиру?
 2.18^С. Чому дифузія в повітрі відбувається значно швидше, ніж у воді?
 2.19^С. У якому розсолі (холодному чи гарячому) швидше просолюються огірки? Чому?
 2.20^С. Чи поширюватимуться запахи в герметично закритому приміщенні, де зовсім немає протягів?
 2.21^С. В якому чаї швидше розчиниться шматочок цукру: в холодному чи гарячому? Чай не розмішують.
 2.22^В. Середня швидкість руху молекул газу при кімнатній температурі складає сотні метрів за секунду — це швидкість артилерійського снаряду! Чому ж запахи поширюються набагато повільніше?
 2.23^В. Чому верхки на молоці відстоюються швидше в холодному приміщенні?
 2.24^Д. Відомо, що риба необхідний для дихання кисень. Глибина, на якій мешкає багато риб, становить сотні метрів. Як же потрапляє кисень на таку глибину?



9

2.25^А. Крапля масла об'ємом $0,01 \text{ мм}^3$ розтеклася поверхню води тонким шаром, площа якого 10 дм^2 . Який висновок про розміри молекул масла можна зробити з цього факту?

Див. олімпіадні задачі О-3, О-4.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Чим відрізняються молекули гарячої води від молекул холодної води?
- I-2^С. Чому риби в річці чи озері взимку можуть загинути, якщо водоймище вкрито суцільним шаром льоду? Як можна запобігти загибелі риб?
- I-3^С. Чи буває кисень рідким? Чи буває він твердим?
- II-1^С. Узимку над ополонкою в річці видно «пару». Чи дійсно це водяна пара?
- II-2^С. Чому «зростаються» бруски із золота і свинцю, притиснуті один до одного? Як можна прискорити цей процес?
- II-3^С. Чи буває ртуть газоподібною? Твердою?

3. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ. ТРАЄКТОРІЯ І ШЛЯХ.

Розв'яжіть усно

- 3.1^С. Пасажир сидить у вагоні потяга, що їде. Відносно яких тіл пасажир рухається? Відносно яких тіл він перебуває в спокої? Пасажир пройшов по ходу потяга з одного кінця вагона в інший і повернувся назад. Яка частина шляху зайняла більше часу, якщо швидкість пасажера відносно вагона залишалася незмінною за модулем?
- 3.2^А. Велосипедист їде рівним прямим шляхом. Які деталі велосипеда рухаються відносно землі по прямолінійних траєкторіях, а які — по криволінійних?
- 3.3^А. Вітер несе повітряну кульку на південь. У який бік відхиляється прапор, яким прикрашено кульку?
- 3.4^В. Потяг їде зі швидкістю 30 м/с . На даху останнього вагона біля його переднього краю лежить брусок. У певний момент брусок зачепився за гілку дерева, що стоїть обабіч. Через який час після цього він упаде з даху, якщо довжина вагона 30 м ?

10

Для самостійної роботи

- I-1^С. Наведіть три приклади тіл, відносно яких перебуває в спокої і відносно яких рухається земна куля.
- I-2^С. Наведіть три приклади криволінійних рухів.
- I-3^В. Зі стелі вагона потяга, що рухається, впала крапля. Накресліть приблизний вигляд траєкторії її руху: а) відносно пасажера, що лежить на полиці; б) відносно людини, що стоїть на платформі.
- I-4^В. Уздовж секундної стрілки великого годинника повзе муха. Накресліть приблизний вигляд траєкторії руху мухи відносно циферблата, якщо вона доповзла від центра годинника до кінця стрілки за дві хвилини.
- II-1^С. Наведіть три приклади тіл, відносно яких рухається і відносно яких перебуває в спокої шогла корабля, що пливе океаном.
- II-2^С. Наведіть три приклади прямолінійних рухів.
- II-3^В. Вертоліт піднімається вертикально вгору. Накресліть приблизний вигляд траєкторії якоїсь точки лопаті несучого гвинта: а) відносно пілота; б) відносно механіка, що залишився на землі.
- II-4^В. Уздовж сходинки ескалатора, що рухається, туди й назад бігає жук. Накресліть приблизний вигляд траєкторії руху жука відносно землі.

4. ОДИНИЦІ ШВИДКОСТІ

Розв'яжіть усно

- 4.1^С. Людина прогулюється зі швидкістю 1 м/с . Яка її швидкість у кілометрах на годину?
- 4.2^С. Виразіть у кілометрах за годину швидкості: 2 м/с , 5 м/с , 10 м/с , 20 м/с , 30 м/с , 100 м/с , 1000 м/с .
- 4.3^С. Виразіть у метрах за секунду швидкості: $7,2 \text{ км/год}$, 18 км/год , 36 км/год , 54 км/год , 72 км/год , 108 км/год , 180 км/год , 360 км/год .
- 4.4^С. Яка швидкість більша: 10 м/с чи 40 км/год ? 100 км/год чи 30 м/с ?
- 4.5^С. Яка швидкість потяга (у кілометрах за годину), якщо кілометрові стовпи «пробігають» мимо з інтервалом 1 хв ? 2 хв ? 30 с ?
- 4.6^А. Людина їде, роблячи 2 кроки за секунду. Довжина кроку 75 см . Виразіть швидкість людини в метрах за секунду і в кілометрах за годину.
- 4.7^А. Перегоновий автомобіль проїхав 6 км за 1 хв . Виразіть швидкість автомобіля в кілометрах за годину і в метрах за секунду.

12

3.5^А. Корабель проплив океаном 10 км , рухаючись весь час на захід. Чи можна вважати, що траєкторія корабля була прямолінійною? Як змінилася б відповідь, якщо б корабель проплив 10000 км ? Накресліть приблизну траєкторію корабля в першому і другому випадках.

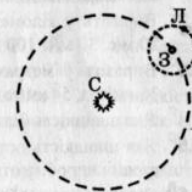
3.6^А. Виявлено запис про місцезнаходження скарбу: «Від старого дуба пройти на північ 20 м , повернути ліворуч і пройти 30 м , повернути ліворуч і пройти 15 м , повернути праворуч і пройти 40 м ; тут копати». Який шлях, що, згідно із записом, треба пройти, щоб дійти від дуба до скарбу? На якій відстані від дуба знаходиться скарб?

3.7^В. Мандрівник переконався, що він перебуває точно на Північному полюсі. Наступного дня мандрівник планує пройти 10 км на південь, потім 20 км на захід і після цього 10 км на північ. Нарисуйте приблизний вигляд траєкторії руху. На якій відстані від полюса мандрівник опиниться після проходження маршруту?

3.8^А. Велосипедист їде рівним прямим шляхом. Які траєкторії руху точок обода колеса відносно рами велосипеда?

3.9^В. Автомобіль робить поворот праворуч по дузі кола. Накресліть двома різними кольорами траєкторії лівого та правого передніх коліс при такому русі (розміром коліс можна знехтувати). Яке колесо пройшло більший шлях? На скільки більший? Відстань між передніми колесами дорівнює $1,5 \text{ м}$.

3.10^В. Накресліть приблизну траєкторію руху Місяця відносно Сонця, враховуючи як його обертання навколо Землі, так і обертання Землі навколо Сонця (див. рисунок). Вважайте, що траєкторії Місяця і Землі лежать в одній площині і за один рік Місяць здійснює 13 обертів навколо Землі.



Див. олімпіадні задачі О-5, О-6.

11

Приклади розв'язання задач

4.8. Трамвай їде зі швидкістю 36 км/год . Виразіть цю швидкість у метрах за секунду.

Розв'язання.

$$v = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 36 \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = \frac{36000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь. $v = 10 \text{ м/с}$.

4.9. Автомобіль проїжджає 12 км за 10 хв . Яку швидкість у кілометрах за годину показує спідометр? Виразіть цю швидкість у метрах за секунду.

Дано:

$$s = 12 \text{ км} = 12000 \text{ м}$$

$$t = 10 \text{ хв} = \frac{1}{6} \text{ год} = 600 \text{ с}$$

$v = ?$

Розв'язання.

$$v = \frac{s}{t};$$

$$v = \frac{12 \text{ км}}{\frac{1}{6} \text{ год}} = 72 \frac{\text{км}}{\text{год}};$$

$$v = \frac{12000 \text{ м}}{600 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь. $v = 72 \text{ км/год} = 20 \text{ м/с}$.

Розв'яжіть та запишіть

4.10^А. Відстань між двома кілометровими стовпами потяг проїхав за 10 с . Виразіть швидкість потяга в кілометрах за годину.

4.11^А. Розлючений бик біжить зі швидкістю 34 км/год , а дуже налякана людина — зі швидкістю 600 м/хв . Хто з них перемаже в забігу на стометрівку?

4.12^А. Літак летить зі швидкістю 900 км/год . Чи є цей літак надзвукним? Швидкість звука приміть рівною 330 м/с .

4.13^А. Швидкість реактивного літака 1500 км/год , а швидкість штучного супутника Землі 8 км/с . У скільки разів швидкість супутника більша за швидкість літака?

4.14^А. Швидкість світла в пустоті 300000 км/с , а рекордна швидкість перегонового автомобіля 1000 км/год . У скільки разів швидкість світла більша за швидкість перегонового автомобіля?

4.15^А. Запишіть назви тварин у порядку спадання швидкості їх руху.

Акула	500 м/хв	Метелик	8 км/год
Гепард	112 км/год	Муха	300 м/хв
Засць	60 км/год	Слон	40 км/год
Ластівка	$17,5 \text{ м/с}$	Черепаша	6 м/хв

13

Для самостійної роботи

- I-1^A. Яка швидкість більша: 33 м/с чи 120 км/год?
- I-2^C. Яку відстань пролітає літак за 1 хв, якщо він летить зі швидкістю 840 км/год?
- I-3^A. З якою швидкістю (у м/с і в км/год) їде потяг, якщо кожен 40 с вагон проходить стик рейок? Довжина рейки 800 м.
- I-4^B. З якою швидкістю іде людина, якщо вона робить 3 кроки за 2 с і довжина її кроку 67 см?
- II-1^A. Яка швидкість менша: 440 км/год чи 125 м/с?
- II-2^C. Швидкість штучного супутника Землі 8 км/с. Виразіть цю швидкість у км/год.
- II-3^A. Яка швидкість потяга (у м/с і у км/год), якщо телеграфні стовпи «пробігають» мимо вікна з інтервалом 4 с? Відстань між стовпами 60 м.
- II-4^B. Людина робить 5 кроків за 2 с. Яка довжина її кроку, якщо вона йде зі швидкістю 5,4 км/год?

5. ШВИДКІСТЬ, ШЛЯХ І ЧАС

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow s = v \cdot t, \quad t = \frac{s}{v}$$

Розв'яжіть усно

- 5.1^C. Автомобіль їде зі швидкістю 120 км/год. Який шлях він проходить за півгодини? За 15 хв? За 10 хв? За 1 хв? За 15 с?
- 5.2^C. Куля летить зі швидкістю 500 м/с. За який час вона пролетить 1 км? 2 км? 100 м?
- 5.3^C. Потяг проїхав 20 км за 15 хв. Яка швидкість потяга?
- 5.4^C. Хлопчик доходить від дому до школи за 45 хв, а назад прибігає за 15 хв. У скільки разів швидше він біжить, ніж йде?
- 5.5^C. Уздовж трьох вагонів товарного потяга велосипедист їде 10 с. Скільки часу він їхатиме уздовж состава з 60 вагонів?
- 5.6^A. Автомобіль їхав 20 хв зі швидкістю 100 км/год. З якою швидкістю має їхати велосипедист, щоб проїхати ту ж саму ділянку шляху за 1 год 20 хв?

- 5.7^B. Автобус половину часу їхав зі швидкістю 40 км/год, а решту часу — зі швидкістю 80 км/год. Яку частину всього шляху він їхав з більшою швидкістю?
- 5.8^B. Велосипедист проїхав півшляху зі швидкістю 20 км/год, а решту шляху пройшов пішки. Яка була швидкість його ходьби, якщо їхав він 1/5 всього часу?
- 5.9^A. З якою швидкістю має рухатися ліфт, щоб переміститися з 61 поверху хмарочоса на перший поверх за 1 хв? Відстань між поверхами 3 м, рух ліфта вважайте рівномірним.

Приклад розв'язання задачі

5.10. Який шлях проїхав велосипедист за 20 хвилин, якщо він їхав зі швидкістю 21 км/год?

Дано: $v = 21 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ $t = 20 \text{ хв} = \frac{1}{3} \text{ год}$ $v = ?$	Розв'язання. $v = \frac{s}{t}$ $s = 21 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{3} \text{ год} = 7 \text{ км.}$
---	---

Відповідь. $s = 7 \text{ км.}$

Розв'яжіть та запишіть

- 5.11^C. Потяг рухається рівномірно зі швидкістю 72 км/год. Який шлях він проходить за 12 с? За 1 хв? За 12 хв?
- 5.12^A. Три людини змагалися у бігу. Перша бігла 20 хв зі швидкістю 12 км/год, друга пробігла 5 км за півгодини, третя пробігла 6 км зі швидкістю 11 км/год. Хто біг швидше від усіх? Хто пробіг найбільшу відстань? Хто біг довше від усіх?
- 5.13^A. Швидкість штучного супутника Землі на навколосемній орбіті 8 км/с. За який час він облітає земну кулю? Радіус орбіти вважайте рівним радіусу Землі.
- 5.14^A. Перегоновий автомобіль мчить зі швидкістю 360 км/год, а швидкість Землі при рухові навколо Сонця у 300 разів більша. Користуючись цими даними, знайдіть довжину земної орбіти.



- 5.15^A. Яку відстань проходить світло в пустоті за 1 рік? (Ця відстань називається *світловим роком*.)
- 5.16^A. На Сонці стався спалах. Через скільки часу після спалаху його побачить спостерігач на Землі?
- 5.17^B. Уздовж усього екватора, крізь гори і поверх океанів, прокладено шлях. З якою швидкістю треба цілодобово рухатися ним, щоб за рік здійснити кругосвітню подорож?

Див. олімпіадні задачі O-7 – O-12.

Для самостійної роботи

- I-1^C. Людина йшла 25 хв зі швидкістю 5,4 км/год. Який шлях вона пройшла?
- I-2^A. Один велосипедист їхав 15 с зі швидкістю 5 м/с, а другий проїхав ту ж саму ділянку за 12 с. Яка швидкість другого велосипедиста?
- I-3^B. Людина половину шляху проїхала на велосипеді зі швидкістю 25 км/год, а решту шляху пройшла пішки зі швидкістю 5 км/год. Скільки часу вона йшла, якщо весь шлях зайняв 3 год?
- II-1^C. Людина пройшла 4 км зі швидкістю 4,8 км/год. Скільки часу вона йшла?
- II-2^A. Велосипедист за 40 хв проїхав 10 км. За скільки часу він проїде ще 25 км, якщо буде рухатись із такою ж швидкістю?
- II-3^B. Мотоцикліст проїхав 200 км. Половину всього часу руху він їхав зі швидкістю 60 км/год, а протягом другої половини часу він проїхав 80 км. Яка була його швидкість на другій ділянці шляху?

6. ГРАФІКИ ШЛЯХУ І ШВИДКОСТІ

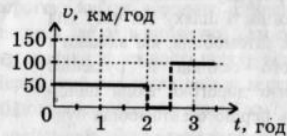
Приклад розв'язання задачі

- 6.1. Автомобіль їхав 2 год зі швидкістю 50 км/год, потім 30 хв стояв, потім їхав 1 год зі швидкістю 100 км/год. Побудуйте графіки залежності швидкості і пройденого шляху від часу.

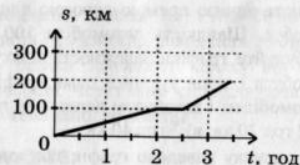
Дано:
 $v_1 = 50 \text{ км/год}$
 $t_1 = 2 \text{ год}$
 $v_2 = 0$
 $t_2 = 30 \text{ хв} = 0,5 \text{ год}$
 $v_3 = 100 \text{ км/год}$
 $t_3 = 1 \text{ год}$

Побудувати графіки $v(t)$ і $s(t)$

Розв'язання.
Весь час руху розіб'ємо на інтервали, протягом яких автомобіль рухався рівномірно. На кожному такому інтервалі графік залежності швидкості від часу є відрізком, паралельним осі t .

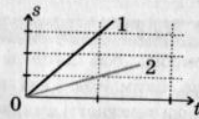


Графік залежності шляху від часу є ламаною, оскільки на кожному з етапів руху швидкість автомобіля є сталою. Кожний відрізок ламаної можна побудувати за двома точками. Наприклад, за перші 2 год автомобіль проїхав 100 км, тому, якщо вимірювати час у годинах, а відстань у кілометрах, координати кінців відповідного відрізка (0; 0) і (2; 100).

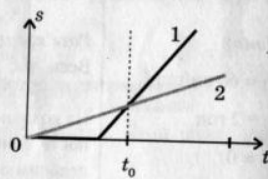


Розв'яжіть усно

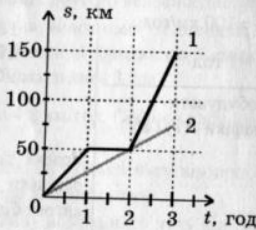
6.2^С. На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для двох автомобілів. Швидкість якого з автомобілів більша? У скільки разів?



6.3^Д. На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для двох автомобілів, які виїхали з одного селища й рухалися однією дорогою. Який з автомобілів виїхав пізніше? Яка подія сталася в момент часу t_0 ?



6.4^Д. На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для двох автомобілів, які виїхали з одного селища й рухалися однією дорогою. Коли швидкість першого автомобіля була більша — до зупинки чи після? Скільки часу тривала зупинка? Через який час після виїзду автомобілі зустрілися? В які моменти часу автомобілі зближувалися один з одним? В які — віддалялися один від одного?



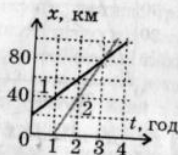
Розв'яжіть та запишіть

6.5^Д. З міста однією прямою дорогою одночасно виїхали автомобіль і автобус. Швидкість автомобіля 100 км/год, автобуса 70 км/год. Побудуйте графіки залежності шляху від часу для автомобіля і автобуса і, користуючись цими графіками, знайдіть відстань між автомобілем і автобусом через: а) 1 год 30 хв після початку руху; б) 2 год 20 хв; в) 3 год 40 хв.

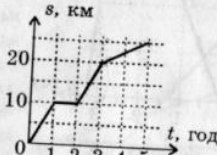
6.6^Д. На рисунку наведено графік залежності від часу відстані x між велосипедистом і селищем. Визначіть:
а) на якій відстані від селища велосипед зламався?
б) скільки часу велосипедист лагодив велосипед?

Для самостійної роботи

1-1^Д. На рисунку зображено графіки залежності від часу відстані x від міста А для двох автомобілів. На якій відстані від пункту відправлення другого автомобіля вони зустрілися? На скільки пізніше почав рух другий автомобіль? З якою швидкістю він рухався?



До задачі 1-1



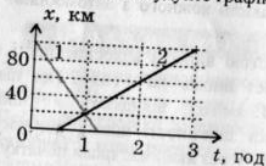
До задачі 1-2

1-2^В. На рисунку зображено графік залежності шляху від часу для деякого тіла. Побудуйте графік залежності швидкості від часу.

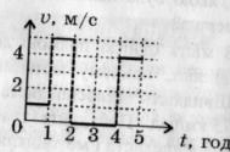
1-3^В. Черепаха повзла 10 с зі швидкістю 1 см/с, потім проповзла 50 см за 10 с, потім 5 с простояла, потім проповзла 20 см зі швидкістю 2 см/с. Скільки часу повзла черепаха? Побудуйте графіки залежності шляху і швидкості черепахи від часу.

II-1^Д. На рисунку зображено графіки залежності від часу відстані x від міста А для двох потягів. Яка відстань між пунктами відправлення потягів? Який потяг виїхав раніше і на скільки? Через який час після початку руху першого потяга зустрілися потяги?

II-2^В. На рисунку зображено графік залежності швидкості від часу для деякого тіла. Побудуйте графік залежності шляху від часу.



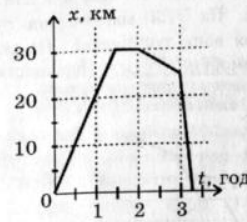
До задачі II-1



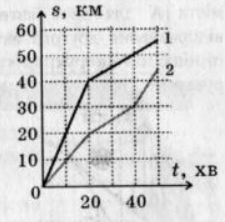
До задачі II-2

II-3^В. Автомобіль проїхав 100 м за 5 с, потім 200 м він їхав зі швидкістю 10 м/с, потім 4 с їхав зі швидкістю 54 км/год. Який шлях проїхав автомобіль? Побудуйте графіки залежності шляху і швидкості автомобіля від часу.

в) чи удалось йому полагодити велосипед?
г) чи повернувся він до селища на велосипеді?



До задачі 6.6



До задачі 6.8

6.7^Д. З міста прямою дорогою виїшов пішохід, а через 2 години після нього цією ж самою дорогою виїхав вершник. Вершник їде зі швидкістю 20 км/год, пішохід їде зі швидкістю 5 км/год. Побудуйте на одному рисунку графіки залежності шляху від часу для пішохода і вершника. Через який час після виїзду вершника відстань між вершником і пішоходом дорівнюватиме 5 км?

6.8^В. Два автомобілі виїхали водночас із міста і рухалися тією ж самою прямою дорогою. На рисунку наведено графіки залежності шляху від часу для цих автомобілів. Визначіть:

а) в які інтервали часу автомобілі віддалялися один від одного, а в які — зближувалися?

б) в який інтервал часу відстань між автомобілями залишалася незмінною? Якою була ця відстань?

в) якою була найбільша швидкість кожного з автомобілів? Найменша?

6.9^Д. З міста однією прямою дорогою виїхали велосипедист і мотоцикліст, причому мотоцикліст виїхав на 1 год 20 хв пізніше. Швидкість велосипедиста 15 км/год, швидкість мотоцикліста 75 км/год. Побудуйте графіки залежності шляху від часу для велосипедиста і мотоцикліста. Через який час після початку свого руху мотоцикліст наздожене велосипедиста?

Див. олімпіадну задачу О-13.

7. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ

$$v_c = \frac{s}{t} \Rightarrow s = v_c t, \quad t = \frac{s}{v_c}$$

де s — весь шлях, а t — весь витрачений час

Розв'яжіть усно

7.1^Д. Автомобіль проїхав 100 км за 1 год, а потім ще 300 км за 4 год. Яка середня швидкість на всьому шляху?

7.2^Д. Людина годину йшла зі швидкістю 5 км/год, а потім годину їхала на велосипеді зі швидкістю 15 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?

7.3^Д. Велосипедист проїхав 40 км зі швидкістю 20 км/год, а потім 30 км зі швидкістю 10 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?



Приклади розв'язання задач

7.4. Людина проїхала на велосипеді 10 км зі швидкістю 20 км/год, а потім пройшла пішки 8 км зі швидкістю 4 км/год. Яка була середня швидкість руху на всьому шляху?

Дано:

$$s_1 = 10 \text{ км}$$

$$v_1 = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$s_2 = 8 \text{ км}$$

$$v_2 = 4 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$v_c = ?$$

Розв'язання.

$$v_c = \frac{s}{t}, \text{ де } s = s_1 + s_2,$$

$$t = t_1 + t_2 = s_1/v_1 + s_2/v_2;$$

$$s = 10 \text{ км} + 8 \text{ км} = 18 \text{ км};$$

$$t = \frac{10 \text{ км}}{20 \frac{\text{км}}{\text{год}}} + \frac{8 \text{ км}}{4 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 2,5 \text{ год};$$

$$v_c = \frac{18 \text{ км}}{2,5 \text{ год}} = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

Відповідь. $v_c = 7,2 \text{ км/год}$.

7.5. Людина проїхала першу половину шляху на автомобілі зі швидкістю v_1 , а другу — на велосипеді зі швидкістю v_2 . Яка середня швидкість руху на всьому шляху, якщо: а) $v_1 = 80 \text{ км/год}$, $v_2 = 20 \text{ км/год}$; б) $v_1 = 60 \text{ км/год}$, $v_2 = 20 \text{ км/год}$; в) $v_1 = 90 \text{ км/год}$, $v_2 = 10 \text{ км/год}$?

Розв'язання.

Позначимо весь пройдений шлях s , а весь витрачений час t . Тоді

$$v_c = \frac{s}{t}. \text{ На першу половину шляху витрачено час } t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s}{2v_1},$$

на другу — час $t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{s}{2v_2}$. Звідси

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2} = \frac{s(v_1 + v_2)}{2v_1 v_2}; \quad v_c = \frac{s}{t} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}.$$

Підставляючи чисельні дані, у випадку а дістаємо*):

$$v_c = \frac{2 \cdot 80 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}}{80 \frac{\text{км}}{\text{год}} + 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 32 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Аналогічно дістаємо результати у випадках б і в.

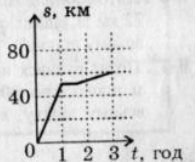
Відповідь. а) $v_c = 32$ км/год, б) $v_c = 30$ км/год, в) $v_c = 18$ км/год.

Розв'яжіть та запишіть

- 7.6^Б. Два мандрівники одночасно виїхали на велосипедах з міста А у місто Б, і в обох велосипедах дорогою зламалися. Перший мандрівник половину часу їхав і половину часу йшов, а другий половину шляху їхав і половину шляху йшов. Хто прийшов у місто Б раніше, якщо мандрівники їдуть з однаковою швидкістю і їдуть з однаковою швидкістю?
- 7.7^Д. Людина за 25 хв пройшла 1,2 км, потім півгодини відпочивала, а потім пробігла ще 800 м за 5 хв. Якою була її середня швидкість на всьому шляху? Якою була б її середня швидкість, якщо б вона не відпочивала?
- 7.8^Д. Мотоцикліст проїхав 20 км за 30 хв, а потім їхав зі швидкістю 60 км/год протягом 1,5 год. Якою була його середня швидкість на всьому шляху?
- 7.9^Д. Мандрівник 1 год 30 хв їхав на верблюді зі швидкістю 10 км/год і потім 3 год — на віслуку зі швидкістю 16 км/год. Якою була середня швидкість мандрівника на всьому шляху?

* Зверніть увагу: завдяки тому, що задачу було розв'язано в загальному вигляді (тобто відповідь здобуто у вигляді формули, а не у вигляді числа), не знадобилося заново розв'язувати задачу для кожного вибору даних — достатньо підставити чисельні значення у здобуту формулу.

- 7.10^Б. Турист піднімається в гору зі швидкістю 2 км/год, а потім спускається назад зі швидкістю 6 км/год. Яка середня швидкість туриста на всьому шляху?
- 7.11^Б. Мотоцикліст половину шляху їхав зі швидкістю 100 км/год, а решту — зі швидкістю 50 км/год. Якою була середня швидкість мотоцикліста на всьому шляху?
- 7.12^Б. Людина проїхала першу половину часу всього руху на автомобілі зі швидкістю 100 км/год, а другу половину часу — на велосипеді зі швидкістю 20 км/год. Яка середня швидкість руху на всьому шляху?
- 7.13^Б. Пішохід дві третини часу свого руху йшов зі швидкістю 3 км/год, а решту часу — зі швидкістю 6 км/год. Якою була його середня швидкість на всьому шляху?
- 7.14^Б. Мандрівник добрався з міста А до міста Б спочатку потягом, а потім на верблюді. Якою була середня швидкість мандрівника, якщо дві третини шляху він проїхав потягом, а одну третину шляху — на верблюді? Як змінилася б відповідь, якби мандрівник дві третини всього часу руху їхав потягом, а одну третину — на верблюді? Швидкість потяга 90 км/год, швидкість верблюда 15 км/год.
- 7.15^Б. Мандрівник подолав 240 км за 10 годин. Першу половину шляху він їхав автомобілем, а другу — на слоні. З якою швидкістю він їхав на слоні, якщо швидкість автомобіля в 4 рази більша за швидкість слона?
- 7.16^Б. Перші 12 км мандрівник ішов пішки, а решту шляху проїхав на перегоновому мотоциклі. Яку відстань він проїхав на мотоциклі, якщо швидкість їзди 160 км/год, швидкість ходьби — 5 км/год, а середня швидкість, як виявилось, дорівнювала 40 км/год?
- 7.17^Б. Олексій і Борис виїхали одночасно однією дорогою з міста в селище. У кожного з них велосипед дорогою зламався, і решту шляху вони йшли пішки. При цьому Олексій пройшов таку саму відстань, що й проїхав, а Борис ішов і їхав однаковий час. Хто дістався селища раніше і на скільки, якщо швидкість їзди в обох — 12 км/год, швидкість ходьби 4 км/год, а відстань від міста до селища 16 км?
- 7.18^Б. На рисунку показано графік залежності шляху від часу для автобуса протягом 3 год руху. Протягом четвертої години автобус рухався з деякою сталою швидкістю. Якою була ця швидкість, якщо середня швидкість автобуса за 4 години руху склала 25 км/год?



- 7.19^Б. Людина їхала 1 год на велосипеді зі швидкістю 10 км/год, потім 1 год відпочивала, потім їхала ще 1 год зі швидкістю 15 км/год, потім 2 год відпочивала і, нарешті, ще 1 год йшла пішки зі швидкістю 5 км/год. Побудуйте графік залежності шляху від часу і, користуючись ним, знайдіть середню швидкість руху на всьому шляху.

Див. олімпіадні задачі О-14 – О-19.

Для самостійної роботи

- I-1^Д. Автомобіль їхав 5 год зі швидкістю 80 км/год, а на наступні 200 км витратив 7 год. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- I-2^Б. Автомобіль проїхав першу ділянку шляху зі швидкістю 100 км/год, а другу — зі швидкістю 40 км/год, причому на проходження кожної з ділянок йому знадобився однаковий час. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- I-3^Д. Мотоцикліст проїхав 20 км за 40 хв, а потім ще 20 хв рухався зі швидкістю 36 км/год. Яка його середня швидкість на всьому шляху?
- I-4^Б. Третину шляху людина їхала на велосипеді зі швидкістю 20 км/год, а решту шляху бігла зі швидкістю 10 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- I-5^Б. Першу половину часу трамвай їхав зі швидкістю, утричі більшою, ніж другу, а середня швидкість на всьому шляху, як виявилось, дорівнювала 20 км/год. Яка швидкість трамваю на другій ділянці шляху?
- I-6^Б. Людина їхала 3 год на велосипеді зі швидкістю 20 км/год, а потім деякий час на мотоциклі зі швидкістю 60 км/год. Який час вона їхала на мотоциклі, якщо середня швидкість на всьому шляху дорівнювала 48 км/год?
- II-1^Д. Велосипедист проїхав 10 км зі швидкістю 20 км/год, а потім ще 50 км проїхав за 2 год. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- II-2^Б. З міста в селище мотоцикліст їхав зі швидкістю 60 км/год, а назад — зі швидкістю 36 км/год. Якою була його середня швидкість за весь час руху?
- II-3^Д. Автомобіль 2 год рухався зі швидкістю 15 м/с, а потім проїхав ще 72 км зі швидкістю 20 м/с. Яка середня швидкість автомобіля на всьому шляху?
- II-4^Б. Потяг рухався на підйомі зі швидкістю 60 км/год, а рівниною — зі швидкістю 90 км/год. Якою була його середня швидкість на всьому шляху, якщо час їзди рівниною удвічі більший, ніж на підйомі?

- II-5^Б. Велосипедист проїхав першу половину шляху зі швидкістю 12 км/год. З якою швидкістю він їхав другу половину шляху, якщо його середня швидкість на всьому шляху виявилася рівною 8 км/год?
- II-6^Б. Мандрівник їхав 2 год на велосипеді, а потім 6 год ішов пішки. У скільки разів його середня швидкість на всьому шляху більша за швидкість ходьби, якщо їхав він удвічі швидше, ніж ішов?

8. РІЗНІ ЗАДАЧІ ПРО РУХ

Приклади розв'язання задач

8.1. Коли човен пливе вниз за течією річки, він проходить відстань між двома пристанями за 3 год, а коли він пливе проти течії, він проходить ту ж саму відстань за 5 год. Які швидкості човна відносно води і швидкість течії, якщо відстань між пристанями 15 км? Швидкість човна відносно води залишалася весь час однаковою.

Дано:

$$s = 15 \text{ км}$$

$$t_1 = 3 \text{ год}$$

$$t_2 = 5 \text{ год}$$

$$v_c = ?$$

$$v_T = ?$$

Розв'язання.

Позначимо швидкість човна відносно води v_c , а швидкість течії річки v_T . Тоді за течією човен рухається відносно берега зі швидкістю $v_c + v_T$, а проти течії — зі швидкістю $v_c - v_T$. Тому можна записати:

$$v_c + v_T = \frac{s}{t_1}; \quad v_c - v_T = \frac{s}{t_2}.$$

Складаючи і віднімаючи ці рівняння, дістаємо

$$2v_c = \frac{s}{t_1} + \frac{s}{t_2} \Rightarrow v_c = \frac{s}{2} \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2};$$

$$2v_T = \frac{s}{t_1} - \frac{s}{t_2} \Rightarrow v_T = \frac{s}{2} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2}.$$

$$v_c = \frac{15 \text{ км}}{2} \cdot \frac{3 \text{ год} + 5 \text{ год}}{3 \text{ год} \cdot 5 \text{ год}} = 4 \frac{\text{км}}{\text{год}};$$

$$v_T = \frac{15 \text{ км}}{2} \cdot \frac{5 \text{ год} - 3 \text{ год}}{3 \text{ год} \cdot 5 \text{ год}} = 1 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Відповідь. $v_c = 4$ км/год, $v_T = 1$ км/год.

8.2. Пасажи́р потяга помітив, що локомотиви двох зустрічних потягів пройшли повз нього через 3 хв один за одним. Через який час один за одним відійшли ці потяги зі станції, якщо швидкість потяга, в якому їде пасажир, 100 км/год, а швидкість зустрічних потягів 60 км/год?

Дано:

$$t_1 = 3 \text{ хв}$$

$$v_1 = 100 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$v_2 = 60 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$t_2 = ?$$

Розв'язання.

Відстань s між зустрічними потягами можна виразити двома способами:

$$s = v_2 t_2; \quad s = v_{\text{відн}} t_1,$$

де $v_{\text{відн}} = v_1 + v_2$ — швидкість зустрічних потягів відносно потяга, в якому їде пасажир.

Прирівнюючи праві частини виразів для s , дістаємо $v_2 t_2 = v_{\text{відн}} t_1$, звідки

$$t_2 = \frac{v_{\text{відн}} t_1}{v_2} = \frac{(v_1 + v_2) t_1}{v_2};$$

$$t_2 = \frac{\left(100 \frac{\text{км}}{\text{год}} + 60 \frac{\text{км}}{\text{год}}\right) \cdot 3 \text{ хв}}{60 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 8 \text{ хв.}$$

Відповідь. $t_2 = 8 \text{ хв.}$

Розв'яжіть усно

- 8.3^А. За течією човен пливе зі швидкістю 6 км/год, а проти течії — зі швидкістю 4 км/год. Які швидкість човна відносно води і швидкість течії?
- 8.4^В. За течією човен пливе удвічі швидше, ніж проти течії. У скільки разів швидкість човна відносно води більша за швидкість течії?
- 8.5^А. Пасажи́р потяга помітив, що зустрічні потяги промчали мимо з інтервалом 5 хв. З яким інтервалом часу промчали ці потяги повз чергового по станції — більшим, ніж 5 хв, чи меншим? Усі потяги рухаються рівномірно.
- 8.6^В. Із міст А і Б назустріч один одному прямою дорогою одночасно вийшли два велосипедисти. Швидкість першого 10 км/год, швидкість другого 15 км/год. Одночасно з велосипедистами з міста А вилетіла ластівка. Вона долітає до другого велосипедиста, розвертається, долітає до першого велосипедиста і літає так між

26

потрапити до пунктів призначення? Швидкість ходіння 5 км/год, швидкість їзди 15 км/год.

- 8.14^В. Людина прогулюється палубою теплоходу — від носа до корми та назад. Накресліть графік залежності $v(t)$, де v — швидкість людини відносно берега. Довжина палуби 90 м, швидкість ходьби 1 м/с, швидкість судна відносно берега 18 км/год.

Див. олімпіадні задачі О-20 – О-34.

Для самостійної роботи

- 1-1^А. Коли човен пливе вздовж ріки в один бік, він проходить за 2 год 4 км, а коли пливе у протилежному напрямку, він проходить за той самий час 10 км. Які швидкість течії і швидкість човна відносно води? Швидкість човна відносно води залишається весь час однаковою.
- 1-2^В. Від пристані А до пристані Б моторний човен йшов 6 год, а назад — 3 год. Швидкість човна відносно води залишалася весь час тією самою. За який час пропливе цей човен від Б до А із вимкненим мотором?
- 1-3^В. Із двох міст, що знаходяться на відстані 120 км, одночасно назустріч один одному виїжджають два автомобілі. У скільки разів швидкість одного автомобіля більша за швидкість другого, якщо до зустрічі один з них проїхав на 20 км більше, ніж другий?
- 1-4^В. Коли людина йде вниз ескалатором, що опускається, вона витрачає на спуск 1 хв. Якби вона йшла удвічі швидше, то спустилася б за 45 с. Який час спускатиметься людина, стоячи на ескалаторі, що рухається?
- 1-5^В. Людина пропливає певну відстань в озері протягом 9 хв, за течією річки — протягом 6 хв. За який час вона пропливе ту ж саму відстань проти течії річки?
- 11-1^А. Катер, рухаючись за течією, пропливає від однієї пристані до другої за 4 год. Який час витратить катер на зворотний шлях, якщо швидкість течії 2 км/год, а відстань між пристанями 80 км?
- 11-2^В. Від пристані А одночасно відчалиють пліт і катер. Катер допливає до пристані Б і, одразу ж повернувши назад, повертається в А. Яку частину шляху від А до Б пропливе за цей час пліт, якщо швидкість катера відносно води в 4 рази більша за швидкість течії?

28

ними доти, доки велосипедисти не зустрінуться. Який шлях пролетіла ластівка, якщо вона літає зі швидкістю 50 км/год, а відстань між містами 100 км? Часом розвороту ластівки можна знехтувати.

Розв'яжіть та запишіть

- 8.7^А. Рухаючись угору річкою, рибалка проїхав на човні 6 км за 6 год. Потім він заснув і, прокинувшись через 3 год, виявив, що знаходиться точнісінько в тому самому місці, з якого почав рух. Якою була швидкість човна відносно води, коли рибалка працював веслами?
- 8.8^В. Ескалатор метро піднімає людину, що стоїть на ньому, за 1 хв; якщо ж людина йтиме ескалатором, що зупинився, на підйом піде 3 хв. Який час триватиме підйом, якщо людина йтиме ескалатором, що рухається угору?
- 8.9^А. Мандрівник, дивлячись у вікно вагона, помітив, що два зустрічних потяги пройшли повз нього через 7 хв один за одним. Через який час один за одним рушили ці потяги зі станції, якщо всі три потяги рухаються з однаковими швидкостями?
- 8.10^А. Мотоцикліст їде по шосе уздовж залізниці, якою в тому самому напрямку рухається товарний состав завдовжки 500 м. Який час мотоцикліст їхатиме повз состав, якщо швидкість мотоцикла 75 км/год, а швидкість состава 45 км/год? Якою була б відповідь, якщо б состав їхав назустріч мотоциклісту?
- 8.11^А. Дорогою повзе удав завдовжки 12 м, а по удаву від голови до хвоста скаче папуга. Швидкість удава відносно дороги 2 м/с, а швидкість папуги відносно удава 3 м/с. Який шлях відносно дороги пройде папуга, доки доскаже від голови удава до його хвоста?
- 8.12^А. Куля пробиває «навиліт» стінки вагона, що рухається. Пробіті кулю отвори зміщено один відносно другого на 20 см у напрямку руху потяга. З якою швидкістю летіла куля всередині вагона, якщо ширина вагона 3 м, а швидкість руху потяга 72 км/год? Куля летіла перпендикулярно до напрямку руху вагона.
- 8.13^В. Двом приятелям, що живуть у селищах А і Б на відстані 40 км один від одного, необхідно «помінятися місцями». Вони одночасно вирушають назустріч один одному: один пішки, другий — на велосипеді. Через який найменший час вони обидва зможуть

27

- 11-3^В. Колона військ завдовжки 400 м рухається зі швидкістю 4 км/год. Командир на коні їздить уздовж колони зі швидкістю 20 км/год. Скільки часу їде у нього на те, щоб проїхати від одного краю колони до другого і назад?
- 11-4^В. Із міста А вийшли з однаковими швидкостями два автомобілі через 12 хв один після одного. Вони по черзі, з інтервалом 14 хв, обігнали одного й того ж самого велосипедиста. У скільки разів швидкість автомобілів більша за швидкість велосипедиста?
- 11-5^В. Моторний човен пропливає річкою від селища А до селища Б за 2 год, а зворотний шлях долає за 6 год. Після заміни мотора швидкість човна відносно води зростає вдвічі. За який час човен тепер пропливає від А до Б?

9. ІНЕРЦІЯ. ПОНЯТТЯ ПРО ВЗАЄМОДІЮ

Приклади розв'язання задач

9.1. Якщо кінь, що швидко скаче, спотикається, вершник може вилетіти із сідла і перелетіти через голову коня. Поясніть, чому так трапляється.

Розв'язання. Причина полягає в явищі інерції: вершник якийсь час зберігає свою швидкість. Якщо він недостатньо міцно тримається в сідлі, то, продовжуючи рух уперед, він перелітає через голову коня.

9.2. З човна, що перебуває в спокої посеред ставка, людина кидає весло у бік корми. Весло падає у воду. В який бік попливе човен? Чи буде його швидкість змінюватися з часом? Як рухатиметься весло?

Розв'язання. Кидаючи весло, людина відштовхується від нього і внаслідок цього набуває швидкість, спрямовану у протилежний бік, тобто в бік носа човна. В результаті човен з людиною почне рухатися уперед. З часом швидкість човна зменшуватиметься через тертя у воді. Весло, упавши у воду, буде якийсь час плисти, продовжуючи рух у той самий бік, в який його було кинуто. Через тертя у воді швидкість весла буде зменшуватися.

Розв'яжіть усно

- 9.3^С. На підлозі вагона потяга, що рухається, лежить м'яч. У який бік відносно вагона покотиться м'яч, якщо потяг різко прискорить хід? Яким буде при цьому рух м'яча відносно телеграфних стовпів: за ходом руху чи проти?

29

- 9.4^С. При швидкому розгоні або різкому гальмуванні автобуса пасажирів, що стоять у ньому, нахилиються. Чому це відбувається? В який бік відхиляються пасажирів при розгоні і в який — при гальмуванні?
- 9.5^С. Трамвай повертає праворуч. У який бік відхиляються при цьому пасажирів? Чому це відбувається?
- 9.6^Д. Чому автомобіль із несправними гальмами заборонено буксувати на гнучкому тросі?
- 9.7^В. Коли вирушає довгий залізничний состав, локомотив дає спочатку задній ход, щоб зчеплення між вагонами не були натягнені. Навіщо це робиться?
- 9.8^С. Яке явище ми використовуємо, струшуючи воду з мокрого плаща? Поясніть, що відбувається при цьому.
- 9.9^С. Чому, коли килим вибивають палицею, пил не «вбивається» в килим, а вилітає з нього?
- 9.10^Д. Якщо автомобіль обладнано шинами із шипами, які запобігають ковзанню по льоду, на автомобілі встановлюють спеціальний знак (велика літера «Ш»). Де має знаходитися цей знак — на передньому чи на задньому склі автомобіля?
- 9.11^Д. Коли недосвідчена людина керує буксиром, що тягне баржу на тросі, трос то натягується, то провисає, і баржа рухається ривками. З чим це пов'язано?
- 9.12^Д. На нитці підвішено важкий предмет, до якого прикріплено знизу таку ж саму нитку (див. рисунок). Якщо смикнути різко за нижню нитку униз, вона порветься, але якщо тягнути за неї плавно, порветься верхня нитка. З чим це пов'язано?
- 9.13^Д. Якщо надуть повітряну кульку і, не зав'язуючи її, відпустити, вона злітає. Поясніть це явище.
- 9.14^Д. Дві ракети летять поряд у космосі з однаковими швидкостями. Якщо капітан першої ракети схоче обігнати сусіда, він може увімкнути двигун. А як він повинен діяти, щоб, навпаки, відстати?
- 9.15^В. У якому із названих нижче випадків можна вважати, що тіло рухається за інерцією: а) кулька обертається на мотузку у



До задачі 9.12

30

Розв'яжіть усно

- 10.2^С. Космонавт узяв із собою на орбітальну станцію задачник з фізики. Чи однакова маса задачника до старту і на орбітальній станції?
- 10.3^С. Дві пластилінові кульки масою 100 г кожна летять назустріч одна одній зі швидкостями 3 м/с і при зіткненні злипаються в одну грудку. Яка швидкість цієї грудки?
- 10.4^Д. На візку встановлено іграшкову гармату, яка стріляє в горизонтальному напрямі. Яка швидкість візка після пострілу, якщо маса візка з гарматою 500 г, маса ядра 10 г, а швидкість ядра 5 м/с?
- 10.5^Д. Хлопчик масою 40 кг стрибнув із човна, що перебував у спокої, на берег. Швидкість хлопчика 3 м/с. Яка маса човна, якщо він набув швидкості 1 м/с?
- 10.6^Д. У вогнищі згоріли поліна, перетворившись на купку легкого попелу. Куди «зникла» маса?
- 10.7^С. Більярдна куля, яка рухалася зі швидкістю 1,5 м/с, налетіла на таку саму кулю, що перебувала у спокої. У результаті зіткнення перша куля зупинилася. З якою швидкістю почала рухатися друга куля після зіткнення?

Розв'яжіть та запишіть

- 10.8^С. Снаряд, пущений вертикально вгору, розірвався у верхній точці траєкторії на два уламки масами 1 кг і 3 кг. Перший уламок набув швидкості 120 м/с відносно землі. Якої швидкості набув другий уламок?
- 10.9^С. Чи змінюється маса води при замерзанні? При випаровуванні? Дайте розгорнуту відповідь.
- 10.10^Д. Куля масою 10 г, що летить горизонтально, влучила у дерев'яний брусок масою 500 г, що лежить на горизонтальній поверхні, і застрягла в ньому. Якою була швидкість кулі, якщо брусок після пострілу набув швидкості 10 м/с?

Див. олімпіадні задачі О-35 – О-38.

Для самостійної роботи

- I-1^С. При зіткненні двох куль їхні швидкості змінилися на 60 м/с і 20 м/с. Маса легшої кулі 1,5 кг. Яка маса другої кулі?
- I-2^Д. Людина, що біжить зі швидкістю 8 м/с, наздогнала візок, що рухався зі швидкістю 2 м/с, і скочила на нього. В результаті

32

вертикальній площині; б) літак, що здійснив посадку, їде посадочною смугою; в) футбольний м'яч летить у ворота; г) шайба ковзає по горизонтальному льодовому майданчику?

Для самостійної роботи

- I-1^С. Ремінь безпеки в автомобілі утримує людину від відхилення уперед. В яких аварійних ситуаціях допомагає цей ремінь?
- I-2^Д. З якою метою конструкцією автомобіля передбачено, щоб при натискуванні на педаль гальма автоматично загорялися червоні гальмівні сигнали ззаду автомобіля?
- II-1^С. Підголовник на спинці сидіння автомобіля утримує голову людини від відхилення назад. В яких аварійних ситуаціях допомагає цей підголовник?
- II-2^Д. Коли автомобіль розганяється, він відштовхується від дороги. А від чого відштовхується ракета, розганяючись у космосі?

10. МАСА

Приклади розв'язання задач

10.1. З гармати масою 3 т вистрелили в горизонтальному напрямку ядром масою 20 кг. При цьому ядро дістало швидкість 300 м/с відносно землі. Яку швидкість дістала гармата при відбої?

Дано:

$$m_r = 3 \text{ т} = 3000 \text{ кг}$$

$$m_a = 20 \text{ кг}$$

$$v_a = 300 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_r = ?$$

Розв'язання.

У результаті пострілу швидкість ядра змінилася від нуля до v_a , а швидкість гармати — від нуля до v_r . Зміни швидкостей тіл, що взаємодіють, обернено пропорційні до їхніх мас:

$$\frac{v_r - 0}{v_a - 0} = \frac{m_a}{m_r}$$

Звідси

$$\frac{v_r}{v_a} = \frac{m_a}{m_r} \Rightarrow v_r = v_a \frac{m_a}{m_r};$$

$$v_r = 300 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{20 \text{ кг}}{3000 \text{ кг}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь. $v_r = 2 \text{ м/с}$.

31

швидкість візка стала рівною 6 м/с. Яка маса людини, якщо маса візка 40 кг?

- I-3^В. Барон Мюнхгаузен сидів на ядрі, що летіло зі швидкістю 100 м/с, і зіскочив з нього так, що швидкість барона відносно землі стала рівною нулю. У скільки разів відрізняються маси барона і ядра, якщо швидкість ядра після зіскакування стала рівною 400 м/с?
- II-1^С. У результаті зіткнення двох свинцевих куль вони зупинилися. Маса більшої кулі 1,5 кг. Яка маса меншої кулі, якщо швидкості куль до зіткнення дорівнювали 2 м/с і 5 м/с?
- II-2^Д. Куля масою 10 г, що летіла горизонтально зі швидкістю 600 м/с, пробила дерев'яний брусок масою 200 г, що лежить на гладенькому столі. В результаті швидкість кулі стала рівною 400 м/с. Якої швидкості набув брусок?
- II-3^В. Після зіткнення порожнього візка з таким самим завантаженим обидва вони зупинилися. До зіткнення швидкості візків були 2 м/с і 0,4 м/с. Знайдіть відношення маси вантажу до маси порожнього візка.

11. ГУСТИНА¹⁾

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V, \quad V = \frac{m}{\rho}$$

Розв'яжіть усно

- 11.1^Д. Є два суцільних куби, зроблені з одного й того ж самого матеріалу. У скільки разів маса першого куба менша, ніж маса другого, якщо ребро першого куба у 3 рази менше, ніж ребро другого?
- 11.2^В. Є два суцільних скляних куби. У скільки разів розрізняються довжини ребер кубів, якщо маса першого куба у 125 разів більша, ніж маса другого?
- 11.3^В. Дві золоті монети мають однакову масу. Яка з них товща та у скільки разів, якщо діаметр першої монети вдвічі більший, ніж діаметр другої?
- 11.4^С. Є суцільні мідні куб і куля, причому діаметр кулі дорівнює ребру куба. Маса якого тіла більша?
- 11.5^С. Суцільні куб і куля мають однакові маси, причому діаметр кулі дорівнює ребру куба. Яке тіло зроблено з речовини меншої густини?

¹⁾ Тут і надалі вважайте, що об'єм сплаву чи розчину дорівнює сумі об'ємів частин, які його складають.

33

Приклади розв'язання задач

11.6. Прямокутна металева пластинка розмірами 5 см × 3 см × 0,5 см має масу 85 г. З якого металу вона може бути виготовлена?

Дано:
 $a = 5 \text{ см}$
 $b = 3 \text{ см}$
 $c = 0,5 \text{ см}$
 $m = 85 \text{ г}$
 $\rho = ?$

Розв'язання.

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

$$\rho = \frac{85 \text{ г}}{5 \text{ см} \cdot 3 \text{ см} \cdot 0,5 \text{ см}} = 11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

Відповідь. Пластинка може бути виготовлена, наприклад, із свинцю (густина свинцю дорівнює 11,3 г/см³).

11.7. Мідна деталь об'ємом 200 см³ має масу 1,6 кг. Суцільна ця деталь чи порожниста? Якщо порожниста, знайдіть об'єм порожнини.

Дано:

$V_m = 200 \text{ см}^3$
 $m = 1,6 \text{ кг} = 1600 \text{ г}$
 $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$
 $V_n = ?$

Розв'язання.

$$\text{Об'єм міді } V_m = \frac{m}{\rho}$$

$$V_m = \frac{1600 \text{ г}}{8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 180 \text{ см}^3$$

Оскільки об'єм міді менший від об'єму деталі ($V_m < V_d$), деталь порожниста. Об'єм порожнини $V_n = V_d - V_m$.

$$V_n = 200 \text{ см}^3 - 180 \text{ см}^3 = 20 \text{ см}^3$$

Відповідь. У деталі є порожнина об'ємом 20 см³.

11.8. Із 300 см³ олова і 100 см³ свинцю виготовили сплав. Яка густина цього сплаву?

Дано:

$V_{\text{ол}} = 300 \text{ см}^3$
 $V_{\text{св}} = 100 \text{ см}^3$
 $\rho_{\text{ол}} = 7,3 \text{ г/см}^3$
 $\rho_{\text{св}} = 11,3 \text{ г/см}^3$
 $\rho_{\text{спл}} = ?$

Розв'язання.

$$\rho_{\text{спл}} = \frac{m_{\text{ол}} + m_{\text{св}}}{V_{\text{ол}} + V_{\text{св}}}$$

$$m_{\text{ол}} = \rho_{\text{ол}} V_{\text{ол}}; m_{\text{св}} = \rho_{\text{св}} V_{\text{св}}$$

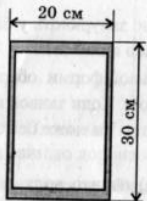
$$\rho_{\text{спл}} = \frac{\rho_{\text{ол}} V_{\text{ол}} + \rho_{\text{св}} V_{\text{св}}}{V_{\text{ол}} + V_{\text{св}}}$$

$$\rho_{\text{спл}} = \frac{7,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 300 \text{ см}^3 + 11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 100 \text{ см}^3}{300 \text{ см}^3 + 100 \text{ см}^3} = 8,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

Відповідь. $\rho_{\text{спл}} = 8,3 \text{ г/см}^3$.

34

11.17^В. З металевої пластинки завтовшки 2 мм вирізали рамку (див. рисунок). Горизонтальні сторони рамки мають ширину 2 см, а ширина вертикальних сторін 1 см. З якого металу може бути зроблена рамка, якщо її маса 235 г?



До задачі 11.17



До задачі 11.18

11.18^В. З алюмінієвої пластинки завтовшки 3 мм вирізали літеру «Н» (див. рисунок). Висота літери 20 см, ширина 12 см, ширина усіх ліній 4 см. Яка маса літери?

11.19^В. У прямокутній сталій пластинці розмірами 10 см × 12 см і завтовшки 2 мм висвердлили 100 круглих отворів діаметром 6 мм. Якою стала після цього маса пластинки?

11.20^В. За допомогою мідного дроту хочуть установити двопровідну лінію зв'язку. Якої довжини може бути ця лінія, якщо моток дроту має асу 1,5 кг, а коли дріт виток до витка намотали на олівець, 15 витків уклалися на довжині в 1 см?

11.21^В. Є два куби: один із жовтого металу, другий — з білого. Ребро одного з кубів дорівнює 5 см, другого — 6 см. Чи може один із цих кубів бути золотим, а другий — срібним, якщо жовтий куб легший?

11.22^Д. Закорковану пляшку заповнено невідомою рідиною. Чи може невідома рідина бути ефіром, якщо маса пляшки з рідиною 0,9 кг, маса такої самої пляшки, заповненої водою, 1 кг, а маса порожньої пляшки 0,5 кг?

11.23^В. Із пластмаси зроблено зменшену у 3 рази копію мідної статуетки. Яка густина цієї пластмаси, якщо маса копії у 200 разів менша за масу статуетки? Статуетка і копія суцільні.

11.24^Д. Яка густина сплаву з 300 г олова і 100 г свинцю?

36

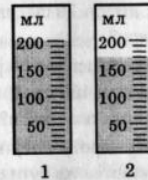
Розв'яжіть та запишіть

11.9^С. Товщина одного віконного скла 2 мм, ширина 50 см, висота 1 м, відповідні розміри другого скла 3 мм, 40 см, 80 см. Маса якого скла більша і на скільки?

11.10^Д. Мідну деталь масою 7,1 кг повністю занурюють у бак, до краю наповнений гасом. Якою є маса гасу, що вилився?

11.11^Д. Зливok жовтого металу неправильної форми обережно занурили у наповнену літрову банку з водою. Коли зливok витягли, виявилось, що банка наполовину порожня. Чи може цей зливok бути золотим, якщо його маса 4,5 кг?

11.12^Д. В одну з мензурок (див. рисунок) налито воду, а у другу — гас. В якій же з мензурок може знаходитись вода, якщо її маса більша, ніж маса гасу? На скільки маса води може перевищувати масу гасу?



До задачі 11.12

11.13^Д. Що більше — маса директора чи маса повітря в його кабінеті, якщо маса директора 70 кг, а розміри кабінету 4 м × 6 м × 3 м? Об'єм, що займають меблі і сам директор, вважайте рівним 3 м³.

11.14^Д. Уявимо, що посеред океану зазнав катастрофи величезний танкер із нафтою, і в море вилилося 500 тисяч тонн нафти. Яку площу матиме нафтова пляма, коли товщина шару нафти дорівнюватиме 0,05 мм?

11.15^Д. Є аркуш картону і вирізана з такого ж самого аркуша фігура неправильної форми. Як знайти площу фігури, користуючись лінійкою і терезами з гирями?

11.16^Д. Консервну жерсть покривають оловом, витративши 0,73 г олова на 400 см² площі жерсті. Яка товщина шару олова?

35

11.25^Д. Яку густину має сплав із 270 г алюмінію і 445 г міді?

11.26^Д. Сплав виготовлено з міді об'ємом 0,4 м³ і цинку масою 710 кг. Яка густина сплаву?

11.27^Д. Для виготовлення вишневого напою в каструлю вилили 1 л вишневого варення і 2 л води і добре перемішали. Яка густина напою, якщо густина варення 1300 кг/м³?

Див. олімпіадні задачі О-39 – О-49.

Для самостійної роботи

I-1^С. Брусok масою 440 г має розміри 20 см × 5 см × 2 см. Яка густина речовини, з якої зроблено брусok?

I-2^С. Яка маса сухої соснової дошки завдовжки 3 м, завширшки 20 см і завтовшки 5 см?

I-3^Д. Два бруски однакової маси мають розміри 2 см × 2 см × 2 см і 3 см × 3 см × 1 см. Яка густина речовини, з якої зроблено другий брусok, якщо перший зроблено з олова?

I-4^Д. Є два бруски однакового об'єму: алюмінієвий і мідний. Які маси брусків, якщо маса мідного бруска на 1,24 кг більша?

I-5^Д. Доріжку завдовжки 400 м і завширшки 1,5 м треба вкрити шаром піску завтовшки 1 см. Скільки машин піску для цього знадобиться, якщо вантажопідйомність машини 3 т?

I-6^Д. Маса порожнистої мідної кулі 890 г, об'єм 120 см³. Який об'єм порожнини всередині кулі?

I-7^Д. Якою є маса води, що вилетіть зі склянки, до краю наповненої водою, при занурюванні в неї сталюого болта масою 120 г?

I-8^Д. Якою є маса суцільного алюмінієвого куба, якщо площа його поверхні дорівнює 150 см²?

I-9^В. Пробірка, до краю наповнена водою, має масу 44 г. Коли у пробірку занурили шматочок металу масою 10 г, маса пробірки із вмістом стала дорівнювати 53 г. Яка густина металу?

I-10^Д. Яка густина сплаву, виготовленого із 1,5 кг олова і 4,2 кг свинцю?

I-11^Д. Скільки будівельних цеглин розмірами 24 см × 10 см × 6 см можна перевезти автомобілем вантажопідйомністю 3 т?

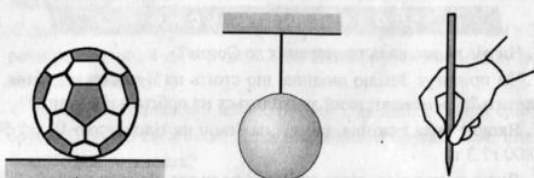
I-12^В. Коли у наповнену до краю посудину з водою опустили срібну і мідну деталі, вилилося 80 г води. Маса посудини збільшилася при цьому на 680 г. Які об'єми кожної з деталей?

37

- II-1^С. Якою є маса віконного скла заввишки 1,5 м, завширшки 50 см і завтовшки 3 мм?
- II-2^С. Свинцевий брусок масою 1,5 кг має довжину 10 см, ширину 6 см. Яка його товщина?
- II-3^Д. Є два крижаних бруски. Розміри першого бруска 3 дм × 3 дм × 3 дм, розміри другого 4 дм × 3 дм × 2 дм. Який брусок має меншу масу і на скільки меншу?
- II-4^Д. Є два бруски однакової маси: срібний і мідний. Розміри срібного бруска 2 см × 5 см × 6 см. Довжина мідного бруска 7 см, ширина 4 см. Яка його висота?
- II-5^Д. Об'єм паливного бака автомобіля 40 л, а витрати бензину 5,7 кг на 100 км шляху. Яку відстань може проїхати автомобіль після повної заправки?
- II-6^Д. Порожниста скляна кулька при занурюванні у воду витісняє 50 г води. Яка маса кульки, якщо об'єм порожнини всередині кульки 12 см³?
- II-7^Д. Мідну деталь масою 17 кг опустили у повний бак із гасом. Чому дорівнює маса гасу, що вилився?
- II-8^Д. Залізна і алюмінієва деталі мають однакові об'єми. Які маси цих деталей, якщо маса залізної деталі на 4 кг більша?
- II-9^В. Коли у відро, до краю наповнене водою, опустили мідну деталь, маса відра збільшилася на 3,2 кг. Якою є маса деталі?
- II-10^Д. Якою є густина сплаву, виготовленого з 2 см³ золота і 5 см³ срібла?
- II-11^Д. Для щільного заповнення льоху-льодовника знадобилося 7 три-тонних автомобілів льоду. Який об'єм льоху-льодовника?
- II-12^В. У шматок льоду вмержла стальна кулька. Об'єм тіла, що утворилося, 50 см³, маса 114 г. Який об'єм кульки?

38

- 12.15^С. До якого тіла прикладена вага мухи, що повзе по стелі?
- 12.16^Д. Яку природу має вага тіл, показаних на рисунку (м'яч, куля, олівець)? На які тіла діє вага в кожному з цих випадків?



- 12.17^Д. Чи має вагу тіло, що плаває на поверхні води?

Приклад розв'язання задачі

12.18. Яка сила тяжіння діє на повне відро з водою, якщо місткість відра 10 л, а маса порожнього відра 1 кг?

Дано:
 $V_1 = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$

$$\rho_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$F_T = ?$

Розв'язання.

$$F_T = gm.$$

$$\text{Маса води } m_1 = \rho_1 V_1.$$

Маса повного відра

$$m = \rho_1 V_1 + m_2 \Rightarrow F_T = g(\rho_1 V_1 + m_2).$$

$$F_T = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} (1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,01 \text{ м}^3 + 1 \text{ кг}) = 110 \text{ Н}.$$

Відповідь. $F_T = 110 \text{ Н}.$

Розв'яжіть та запишіть

- 12.19^Д. У відро, до краю наповнене водою, насипали свинцевого дробу масою 3 кг. На скільки змінилася вага відра з його вмістом?
- 12.20^Д. Людина може підняти тягар вагою 500 Н. Який об'єм ртуті можна налити у відро, щоб його змогла підняти ця людина, якщо маса порожнього відра 2 кг?

40

12. СИЛА ТЯЖІННЯ. ВАГА

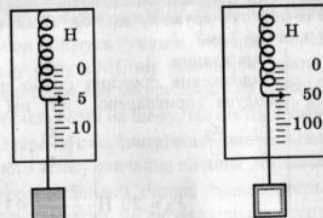
Сила тяжіння $F_T = gm$; вага тіла, яке перебуває у спокої або рухається прямолінійно й рівномірно, $P = gm$

Розв'яжіть усно

- 12.1^С. Чи діє на вас сила притягання до Сонця?
- 12.2^С. Чи притягує Землю людина, що стоїть на її поверхні? Літак, що летить? Космонавт, який знаходиться на орбітальній станції?
- 12.3^С. Якою є сила тяжіння, що діє на Землі на тіло масою 10 кг? 50 г? 800 г? 3 т?
- 12.4^С. Якою є маса тіла, якщо на Землі на нього діє сила тяжіння 0,5 Н? 500 Н? 4 Н? 7 кН? 500 кН?
- 12.5^С. У посудині з водою знаходяться два бруски однакової маси — сосновий та алюмінієвий. На який із них діє більша сила тяжіння?
- 12.6^Д. Чи змінюється помітно сила тяжіння, що діє на літак, під час його польоту? Літак летить уздовж однієї паралелі на однаковій висоті.
- 12.7^Д. Коли на нас діє більша сила притягання до Сонця — у новорічну ніч чи удень 1 січня? Орбіту Землі вважайте круговою.
- 12.8^С. Книга лежить на столі, а стіл стоїть на підлозі. На яке тіло діє вага книги? Вага стола?
- 12.9^В. Чи може тіло масою 1 кг *важити* 20 Н?
- 12.10^Д. Камінь кидають вертикально вгору. Чи однакова сила тяжіння діє на камінь у такі моменти: 1) коли він знаходиться в русі; 2) у момент кидання; 3) коли він летить угору; 4) у верхній точці траєкторії; 5) коли летить униз? Чи однакова *вага* каменя в ці моменти?
- 12.11^Д. Чи доводилося вам зазнавати (хоч би короткочасно) стану невагомості? Якщо так, то коли саме?
- 12.12^Д. Як змінюється сила тяжіння, що діє на космонавта, та його вага, коли він переміщується із Землі на орбітальну станцію?
- 12.13^Д. В яких із зазначених нижче випадків тіло поблизу Землі перебуває у стані невагомості: а) сила притягання до Землі дуже мала (наприклад, для комара); б) сила тяжіння врівноважена іншими силами (наприклад, людина сидить на стільці); в) жодні сили, окрім сили тяжіння, на тіло не діють (наприклад, кулька падає у трубку, з якої відкачано повітря)?
- 12.14^Д. Чи може хлопчик масою 50 кг тиснути на підлогу зі силою 700 Н?

39

- 12.21^Д. Знайдіть густину речовини, з якої виготовлено кубик (див. рисунок), якщо довжина ребра кубика 5 см.



До задачі 12.21

До задачі 12.22

- 12.22^В. Довжина ребра порожнистого чавунного куба (див. рисунок) дорівнює 12 см. Яка товщина стінок куба?
- 12.23^В. Знайдіть вагу порожнистої мідної кулі, якщо радіус кулі 10 см, а товщина стінок 1 см.

Для самостійної роботи

- I-1^Д. На повну посудину з рідиною діє сила тяжіння 290 Н. Яка це може бути рідина, якщо об'єм посудини 2 л, а маса порожньої посудини 1,8 кг?
- I-2^Д. На підлозі лежить алюмінієвий куб із довжиною ребра 20 см. Зобразіть на рисунку силу тяжіння, що діє на куб, застосовуючи масштаб: в 1 см 50 Н.
- I-3^С. Ванну об'ємом 120 л наповнили водою на дві третини. На скільки змінилася сила, з якою ванна тисне на підлогу?
- I-4^С. Свинцева деталь важить 28 Н. Який об'єм цієї деталі?
- I-5^В. Яка сила тяжіння діє на порожнистий мідний куб із довжиною ребра 7 см і товщиною стінок 1 см?
- II-1^Д. На склянку з водою діє сила тяжіння 2,5 Н. Який об'єм води у склянці, якщо маса порожньої склянки 120 г?
- II-2^Д. Мідний брусок, розміри якого 5 см × 7 см × 10 см, лежить на столі. Зобразіть вагу бруска на рисунку, застосовуючи масштаб: в 1 см 10 Н.
- II-3^С. У бідон масою 0,5 кг налили 4 л гасу. Яку силу треба прикласти, щоб підняти бідон?
- II-4^С. Посудину об'ємом 20 л наповнили рідиною. Яка це може бути рідина, якщо її вага дорівнює 160 Н?
- II-5^В. На порожнистий олов'яний куб із довжиною ребра 10 см діє сила тяжіння 51 Н. Який об'єм порожнини?

41

13. СИЛА ПРУЖНОСТІ

Приклад розв'язання задачі

13.1. Сила 20 Н розтягує пружину на 4 см. Якою є сила, що розтягує пружину на 7 см?

Дано:

$$F_1 = 20 \text{ Н}$$

$$x_1 = 4 \text{ см}$$

$$x_2 = 7 \text{ см}$$

$$F_2 = ?$$

Розв'язання.

Видовження пружини прямо пропорційне до модуля прикладеної до неї сили, тобто

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{x_2}{x_1}. \text{ Звідси } F_2 = F_1 \frac{x_2}{x_1};$$

$$F_2 = 20 \text{ Н} \cdot \frac{7 \text{ см}}{4 \text{ см}} = 35 \text{ Н}.$$

Відповідь. $F_2 = 35 \text{ Н}$.

Розв'яжіть та запишіть

- 13.2^С. Саморобний динамометр треба проградувати з ціною поділки 1 Н. При підвішуванні до динамометра тягаря масою 4 кг пружина розтягнулася на 10 см. Якою буде відстань між поділками?
- 13.3^Д. Якщо розтягувати пружину силою 10 Н, її довжина дорівнює 16 см, якщо розтягувати її силою 30 Н, її довжина 20 см. Якою є довжина недеформованої пружини?
- 13.4^Д. Канатоходець стоїть на туго натягнутому канаті. Зобразіть на схематичному рисунку сили, що діють на канат. Чи можна натягнути канат так сильно, щоб він зовсім не прогинався під канатохідцем?

Для самостійної роботи

- I-1^С. При стисканні пружини на 3,5 см виникає сила пружності 1,4 кН. Яка сила виникає при стисканні пружини на 2,1 см?
- I-2^В. Якщо пружину розтягнуто силою 8 Н, її довжина 14 см; якщо її стиснуто силою 8 Н, довжина пружини 10 см. Якою буде довжина пружини, якщо стискувати її силою 4 Н?
- II-1^С. Якщо розтягувати пружину силою 120 Н, вона подовжується на 4 см. На скільки стиснеться пружина під дією сили 90 Н?
- II-2^В. Мідну пластинку, розміри якої 8 см × 3 см × 0,3 см, підвісили до динамометра. При цьому пружина подовжилася на 1,9 см. Якою є відстань між поділками динамометра, якщо ціна поділки 0,1 Н?

42

14. СИЛИ ТЕРТЯ

Розв'яжіть усно

- 14.1^С. Коли брусок тягнуть уздовж поверхні стола, прикладаючи горизонтальну силу 10 Н, він рівномірно ковзає по столу. Чому дорівнює сила тертя, що діє при цьому на брусок?
- 14.2^Д. Чи діє сила тертя на шафу, що стоїть у кімнаті?
- 14.3^С. Якщо покласти на стіл книгу, вона залишиться в спокої, а кулька від настільного тенісу звичайно починає котитися. Чому?
- 14.4^Д. На горизонтальній стрічці транспортера, яка рівномірно рухається, лежить тягар. Чи діє на тягар сила тертя?
- 14.5^Д. На полиці вагона потяга лежить пасажир, не торкаючись стіни вагона. Яка сила змінює швидкість пасажера, коли змінюється швидкість потяга?
- 14.6^Д. Витягнутий на берег човен важко зсунути з місця, але, якщо цей самий човен плаває поверхню води, його може зсунути з місця навіть дитина. Яка особливість «рідкого» тертя виявляється в цьому випадку?
- 14.7^В. Чому мокрий папір легко рветься?

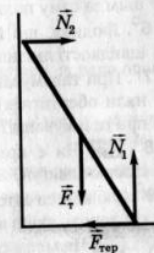
Приклад розв'язання задачі

14.8. Драбину приставлено до стіни. Зобразіть усі сили, що діють на драбину. Тертям між драбиною і стіною можна знехтувати.

Розв'язання.

На драбину (див. рисунок) діє з боку Землі сила тяжіння \vec{F}_T , напрямлена вертикально вниз. З боку гладенької стіни на драбину діє тільки сила пружності \vec{N}_2 , напрямлена перпендикулярно до стіни. З боку підлоги на драбину діють сила пружності \vec{N}_1 , напрямлена вертикально вгору, і сила тертя $\vec{F}_{\text{тер}}$, напрямлена ліворуч.

Сили \vec{F}_T і \vec{N}_1 , $\vec{F}_{\text{тер}}$ і \vec{N}_2 попарно врівноважують одна одну.



43

Розв'яжіть та запишіть

- 14.9^Д. Коли брусок тягнуть уздовж поверхні стола, прикладаючи горизонтальну силу $F_1 = 5 \text{ Н}$, він рівномірно ковзає по столу. Яка сила тертя діє на брусок? Якою буде сила тертя, якщо до бруска, що перебуває у спокої, прикласти горизонтальну силу $F_2 = 3 \text{ Н}$? $F_3 = 10 \text{ Н}$? Зобразіть сили тертя, що діють на брусок в усіх трьох випадках. Яким буде рух бруска в кожному із цих трьох випадків?
- 14.10^Д. Брусок лежить на похилій площині. Зобразіть усі сили, що діють на цей брусок.
- 14.11^Д. Брусок рухається уздовж похилої площини. Зобразіть усі сили, що діють на цей брусок. Розгляньте два випадки: а) брусок рухається вгору; б) брусок рухається вниз.
- 14.12^В. Намагаючись зсунути з місця шафу, на неї діють горизонтальною силою F , поступово збільшуючи її. Як залежить сила тертя, що діє на шафу з боку підлоги, від значення сили F ? Накресліть графік цієї залежності, якщо відомо, що шафа зсунулася з місця при $F = 100 \text{ Н}$.
- 14.13^В. На стрічці транспортера, що рівномірно рухається під кутом до горизонту, лежить тягар. Як напрямлена діюча на тягар сила тертя: у напрямку руху чи протилежно до нього? Розгляньте випадки, коли тягар піднімається і коли він опускається.
- 14.14^В. На столі лежать одна на одній чотири однакові пластинки. Нижня приклеєна до столу. В якому випадку треба прикласти більшу силу: щоб зсунути три верхні пластинки разом або витягнути другу зверху, притримуючи інші?
- 14.15^Д. Для чого зуби пилки розводять так, щоб пропили вийшов ширшим за саму пилку?
- 14.16^С. Людина, що йде, прискорює ходу. Яка сила спричиняє зміну швидкості людини?
- 14.17^С. При гальмуванні колеса автомобіля «заклинило» (вони припинили обертатися). Які сили тертя діють на колеса з боку дороги при гальмуванні?
- 14.18^В. Чи є правильним твердження, що силу тяги автомобіля створює двигун? Яка природа цієї сили? З боку якого тіла діє ця сила?
- 14.19^Д. Які колеса автомобіля (передні чи задні) буксуватимуть на слизькій дорозі, якщо ведучі колеса — передні?
- 14.20^Д. Чи може сила тертя розганяти тіло?
- 14.21^Д. Навіщо полотно автомобільної дороги має бути шершавим?
- 14.22^В. При їзді гарною дорогою шини туго накачують. Для чого це роблять?

44

- 14.23^Д. Сани рушають з місця, якщо до них прикласти горизонтальну силу 90 Н. Якою є маса саней, якщо сила тертя становить 0,045 ваги саней?
- 14.24^В. Чому ковзани добре ковзають по льоду?
- 14.25^Д. Очікуючи прибуття царського поїзда, міський голова наказав прикрасити платформу вокзалу та ще й натерти рейки салом, щоб вони блищали. Як ви гадаєте, чи не перестарався він?

Для самостійної роботи

- I-1^С. Чи можна було б шити, якщо б тертя не існувало? Обгрунтуйте свою відповідь.
- I-2^С. Чому важко витягнути з дошки цвях?
- I-3^С. Наведіть три приклади, коли тертя використовується в техніці, на виробництві і в побуті.
- I-4^С. Які ви знаєте способи зменшення сили тертя? Наведіть приклади їх використання.
- I-5^Д. Яка сила розганяє автомобіль, коли водій натискає педаль газу?
- I-6^Д. Автомобіль їде горизонтальною дорогою. Водій вимикає двигун. Які сили діють на автомобіль до його повної зупинки? Після зупинки?
- I-7^В. На столі лежить стопка з 7 однакових книг. В якому випадку треба прикласти меншу силу: щоб зрушити 6 верхніх або витягнути зі стопки четверту зверху книгу, притримуючи (але не піднімаючи ні трох) інші?
- II-1^С. Чому зав'язані шнурки не розв'язуються «самі собою»? Обгрунтуйте свою відповідь.
- II-2^С. Чому важко відкрутити затягнуту гайку?
- II-3^С. Наведіть три приклади, коли тертя виявляється перешкодою в техніці, на виробництві і в побуті.
- II-4^С. Які ви знаєте способи збільшення сили тертя? Наведіть приклади їх використання.
- II-5^Д. Яка сила гальмує автомобіль, коли водій натискає педаль гальма?
- II-6^Д. Локомотив везе залізничний состав. Які сили тертя діють на колеса локомотиву? На колеса вагонів?
- II-7^В. На столі лежать три різних бруски. Щоб зрушити верхній брусок, треба прикласти силу 7 Н, а щоб витягнути середній, притримуючи (але не піднімаючи нітрохи) верхній, треба прикласти силу 24 Н. Яку силу треба прикласти, щоб зрушити два верхніх бруски разом?

45

15. РІЗНІ ЗАДАЧІ ПРО СИЛИ

Приклад розв'язання задачі

15.1. На підлозі лежить цеглина масою $m_{ц} = 2$ кг, а на цеглині лежить м'яч масою $m_{м} = 500$ г. Зобразіть на рисунку всі сили, що діють на м'яч і на цеглину (в масштабі 1 см — 10 Н). Назвіть ці сили.

Розв'язання.

На м'яч діють дві сили (див. рис. а):

а) напрямлена вниз сила тяжіння $\vec{F}_{ТМ}$ з боку Землі:

$$F_{ТМ} = m_{м}g = 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 5 \text{ Н};$$

б) напрямлена вгору сила пружності $\vec{N}_{ц}$ з боку цеглини.

Згідно з умовою м'яч перебуває у стані спокою. Отже, діючі на нього сили компенсують одна одну: $N_{ц} = F_{ТМ} = 5$ Н.

На цеглину діють три сили (див. рис. б):

а) напрямлена вниз сила тяжіння $\vec{F}_{Тц}$ з боку Землі:

$$F_{Тц} = m_{ц}g = 2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 20 \text{ Н};$$

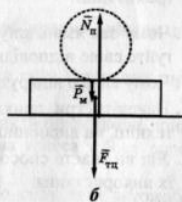
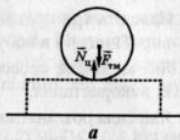
б) напрямлена вниз вага $\vec{P}_{м}$ м'яча:

$$P_{м} = m_{м}g = 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 5 \text{ Н}$$

(з боку м'яча);

в) напрямлена вгору сила пружності $\vec{N}_{п}$ (з боку підлоги).

Згідно з умовою цеглина перебуває у стані спокою. Отже, напрямлена вгору сила $\vec{N}_{п}$ компенсує напрямлені вниз сили $\vec{F}_{Тц}$ і $\vec{P}_{м}$, звідки випливає, що $N_{п} = F_{Тц} + P_{м} = 25$ Н.



46

рівнодійна всіх трьох сил дорівнює 10 Н? Скільки розв'язків має ця задача? Зробіть у зошиті схематичні рисунки, що відповідають кожному з цих розв'язків.

15.9^В. Три сили прикладено уздовж однієї прямої. В залежності від напрямку цих сил їхня рівнодійна може дорівнювати 1 Н, 2 Н, 3 Н і 4 Н. Чому дорівнює кожна з цих сил?

Див. олімпіадні задачі O-50 – O-53.

Для самостійної роботи

I-1^А. До гирі масою 16 кг, що стоїть на підлозі, прикладено напрямлену вгору силу 100 Н. Зобразіть усі сили, що діють на гирю. Чому дорівнює кожна з цих сил?

I-2^А. Краплина дощу рухається вертикально вниз із сталою швидкістю. Зобразіть усі сили, що діють на краплину.

I-3^А. Зобразіть сили, що діють на тіло, яке зісковзує з похилої площини.

I-4^А. Тіло масою 2 кг піднімають, прикладаючи до нього вертикальну силу 30 Н. Зобразіть усі сили, що діють на тіло. Чи буде тіло рухатися рівномірно?

I-5^В. Зобразіть сили, що діють на автомобіль, який рухається горизонтальною дорогою, якщо: а) автомобіль рухається рівномірно; б) автомобіль розганяється.

I-6^В. Рівнодійна усіх сил, прикладених до тіла, напрямлена вертикально вниз. Чи можна вказати напрямку руху тіла? Наведіть приклад, що підтверджує вашу відповідь.

I-7^В. Книжку притиснено до стіни горизонтальною силою. Зобразіть на рисунку всі сили, що діють при цьому на книгу, і назвіть їх.

II-1^А. На ящик масою 20 кг, що стоїть на підлозі, оперлася людина, прикладаючи напрямлену вниз силу 300 Н. Зобразіть усі сили, що діють на ящик.

II-2^А. З якою силою натягує лямки парашута людина масою 70 кг, коли парашут опускається рівномірно? Зобразіть на рисунку всі сили, що діють на людину і на парашут.

II-3^А. Зобразіть сили, що діють на санки, коли їх тягнуть угору схилом.

II-4^А. До тіла прикладено три сили по 10 Н кожна, напрямлені вздовж однієї прямої. Якою може бути за модулем рівнодійна цих сил? Зобразіть на рисунку всі можливі випадки.

48

Розв'яжіть та запишіть

15.2^А. Двоє тягнуть вантаж, прикладаючи горизонтальні сили $F_1 = 100$ Н і $F_2 = 150$ Н, напрямлені уздовж однієї прямої. Якою може бути модуль рівнодійної R цих сил? Чому дорівнює сила тертя, що діє на вантаж, якщо він не зсувається з місця? Розгляньте всі можливі випадки і зобразіть на рисунку всі горизонтальні сили, що діють на вантаж.

15.3^А. На легких тросах підвішено два вантажі (див. рисунок). Маса першого вантажу 10 кг, маса другого 20 кг. Повторіть рисунок у зошиті і зобразіть на ньому всі сили, що діють на кожний із вантажів. Якою є сила натягу троса в точці А? В точці В?

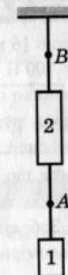
15.4^А. Один край каната прив'язано до стовпа, а за другим тягне людина з силою 300 Н. Яка сила натягу каната (тобто яким був би показ динамометра, якби канат замінили на динамометр)? Чому дорівнює сила, прикладена до каната з боку стовпа? Зобразіть на рисунку сили, що діють на канат. Чому дорівнює рівнодійна цих сил?

15.5^А. Двоє тягнуть канат у протилежні боки, прикладаючи кожний силу 200 Н. Якою є сила натягу каната?

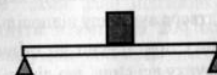
15.6^А. На середині дошки масою 10 кг, що знаходиться у спокої на двох опорах, лежить вантаж масою 30 кг (див. рисунок). Повторіть рисунок у зошиті і зобразіть на ньому всі сили, що діють на дошку. Зверніть увагу на точки прикладання сил.

15.7^А. Чи може тіло рухатися вгору, якщо рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, напрямлена вниз? Якщо так, то наведіть приклад.

15.8^В. На тіло діють три сили \vec{F}_1 , \vec{F}_2 і \vec{F}_3 , напрямлені уздовж однієї прямої, причому $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 5$ Н. Чому дорівнює F_3 , якщо



До задачі 15.3



До задачі 15.6

47

II-5^В. Зобразіть сили, що діють на валізу, яка лежить на полиці вагона, коли потяг: а) гальмує на горизонтальній дорозі; б) рівномірно йде на підйом.

II-6^В. Чи може тіло рухатися на північ, якщо рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, напрямлена на південь? Якщо так, то наведіть приклад.

II-7^В. Чи може м'яч змінити напрямку польоту на протилежний, не стикаючись з перешкодою? Поясніть свою відповідь

16. ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p \cdot S, \quad S = \frac{F}{p}$$

Розв'яжіть усно

16.1^С. Як зміняться тиск і сила тиску, що створюються людиною на підлогу, якщо вона підніме одну ногу?

16.2^С. Двоє людей однакової маси лежать — одна на підлозі, друга на канапі. Чи однакові сили тиску, що створюються ними на опору? Чи однакові тиски? Чому канапа здається м'якшою за підлогу?

16.3^А. Факір-початківець склав для себе такий план підготовки до лежання на цвяхах: спочатку звикнути лежати на 200 цвяхах, потім на 300 тощо, поступово збільшуючи кількість цвяхів до 2000. Який недолік цього плану?

16.4^А. У скільки разів зменшується тиск, який людина створює на сніг, коли вона стає на лижі? Вважайте наближено підшву черевика прямокутником розмірами 30 см × 10 см, а лижу — прямокутником розмірами 210 см × 10 см.

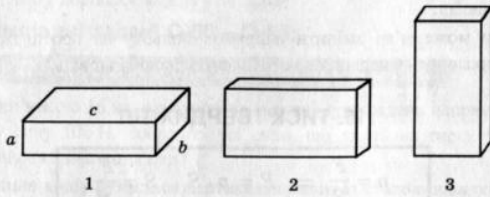
16.5^В. На столі стоять два мідних куби. В одного з них ребро у 2 рази більше, ніж у другого. У скільки разів більшу силу тиску створює на стіл більший куб? У скільки разів більший тиск він створює?

16.6^В. Яким був би тиск коліс вагонів на рейки, якби колеса і рейки не деформувалися при стиканні?

49

Приклад розв'язання задачі

16.7. На підлозі знаходиться цеглина розмірами 5 см × 10 см × 20 см і масою 2 кг. Який тиск створює вона на підлогу, знаходячись у трьох різних положеннях (див. рисунок)?



Дано:

$m = 2 \text{ кг}$
 $a = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$
 $b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $c = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

p_1 — ?
 p_2 — ?
 p_3 — ?

Розв'язання.

$$p = \frac{F}{S}; F = mg \text{ (в усіх трьох випадках);}$$

$$S_1 = bc; S_2 = ac; S_3 = ab.$$

$$p_1 = \frac{mg}{bc}; p_2 = \frac{mg}{ac}; p_3 = \frac{mg}{ab}.$$

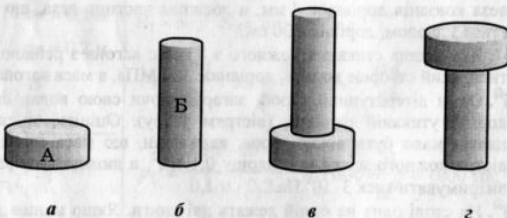
$$p_1 = \frac{2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{0,1 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м}} = 1000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1000 \text{ Па};$$

$$p_2 = \frac{2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{0,05 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м}} = 2000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 2000 \text{ Па};$$

$$p_3 = \frac{2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{0,05 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}} = 4000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 4000 \text{ Па}.$$

Відповідь. $p_1 = 1 \text{ кПа}; p_2 = 2 \text{ кПа}; p_3 = 4 \text{ кПа}.$

- 16.19^Д. На столі лежать поруч три металеві пластинки однакових розмірів. Одна з них створює тиск 5,4 кПа, друга 21 кПа, третя 14,6 кПа. Найлегша пластинка алюмінієва. З яких металів зроблено дві інші пластинки?
- 16.20^В. На столі стоїть суцільний мідний куб. Якою є маса куба, якщо він створює на стіл тиск 8 кПа?
- 16.21^В. Металевий куб масою 1 кг створює на стіл тиск 4,7 кПа. З якого металу зроблено куб?
- 16.22^В. Як зміниться тиск, який створює людина на підлогу, якщо всі її розміри збільшаться у 2 рази? Якою була б відповідь, якщо всі її розміри збільшилися б у 3 рази? У 10 разів?
- 16.23^В. На столі стоять один на одному два однорідних куби. Ребро більшого куба удвічі більше за ребро меншого куба. Яке відношення густин матеріалів, з яких зроблено куби, якщо верхній куб створює такий самий тиск на нижній, як нижній на стіл?
- 16.24^В. Два циліндри (див. рис. а і б) виготовлено з одного й того ж самого матеріалу. Циліндр А створює на стіл тиск p , циліндр Б — тиск $4p$. У випадку в тиск на стіл дорівнює $2p$. Який тиск на стіл у випадку г?



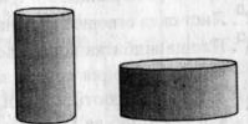
Див. олімпіадну задачу О-54.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Який тиск на ґрунт створює гусеничний трактор, якщо маса трактора дорівнює 3,2 т, а площа однієї гусениці дорівнює 0,8 м²?
- I-2^Д. Лист скла створює тиск на стіл 100 Па. Якою є товщина скла?
- I-3^Д. Площа відбитка колеса легкового автомобіля у 50 разів більша за площу стикання колеса залізничного вагона з рейкою. У скільки разів відрізняються тиски, що створюють вагон і автомобіль, якщо маса автомобіля 1,2 т, а маса вагона 60 т? У вагона 8 коліс.

Розв'яжіть та запишіть

- 16.8^Д. Оцініть, який тиск ви можете створити долонею. Пальцем? Вкруткою? Шилом? Виконайте самостійно необхідні вимірювання.
- 16.9^Д. У скільки разів більший тиск створює на дорогу легковий автомобіль, ніж людина, що стоїть, якщо маса автомобіля в 16 разів більша від маси людини, а площа відбитка одного колеса дорівнює приблизно площі відбитка однієї підшви людини?
- 16.10^Д. Ширина різального краю лопати 20 см, а товщина 0,5 мм. Який тиск створює лопата на ґрунт, коли людина тисне на неї з силою 200 Н? У скільки разів цей тиск більший, ніж тиск, що створює підшва чобота, коли людина стоїть на одній нозі? Маса людини 60 кг, а площа підшви 300 см².
- 16.11^Д. Людина робить плетені ліжя для пересування болотом. Ширина ліж дорівнює 20 см. Якої довжини мають бути ці ліжя, якщо маса людини 72 кг, а болотистий ґрунт витримує тиск 3 кПа?
- 16.12^С. Хлопчик стояв на ковзанах, підсковзнувся і впав. Знайдіть, у скільки разів зменшився тиск, який він створював на лід, якщо ширина леза ковзанів 4 мм, довжина частини леза, що стикається з льодом, 30 см, площа стикання з льодом хлопчика, що лежить, 0,1 м².
- 16.13^С. Який тиск створює ковзаняр масою 60 кг на лід, якщо ширина леза ковзанів дорівнює 4 мм, а довжина частини леза, що стикається з льодом, дорівнює 30 см?
- 16.14^С. Яка площа стикання кожного з 8 коліс вагона з рейкою, якщо тиск, який створює колесо, дорівнює 300 МПа, а маса вагона 60 т?
- 16.15^Д. Один літературний герой, загартовуючи свою волю, спав на дощі, утканий цвяхами (вістряма угору). Оцініть, зі скількох цвяхів мало бути ліжко героя, вважаючи, що маса героя 70 кг, вістря кожного цвяха має площу 0,1 мм², а людська шкіра може витримувати тиск $3 \cdot 10^6 \text{ Па}$.
- 16.16^Д. На столі одна на одній лежать дві книги. Якщо менша лежить зверху, тиск на стіл дорівнює 300 Па, а якщо менша книга внизу, тиск дорівнює 1 кПа. Розміри меншої книги 15 см × 20 см, ширина більшої книги 25 см. Яка довжина більшої книги?
- 16.17^Д. На підлозі лежить плита, зроблена з матеріалу густиною ρ . Товщина плити h . Який тиск p створює плита на підлогу?
- 16.18^Д. На столі стоять два алюмінієвих циліндри (див. рисунок). Перший у 2 рази вищий, ніж другий, але має удвічі менший діаметр. Для якого з циліндрів сила тиску на стіл більша? Який з них створює на стіл більший тиск?

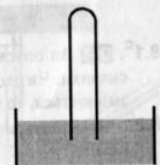


- I-4^В. Шафа масою 100 кг стоїть на чотирьох ніжках, слід кожної з яких має форму квадрата. Чому дорівнює сторона цього квадрата, якщо шафа створює тиск на підлогу 150 кПа?
- I-5^В. Порожнистий алюмінієвий куб із довжиною ребра 10 см створює на стіл тиск 1,3 кПа. Яка товщина стінок куба?
- II-1^С. Яка довжина ліж, якщо людина масою 80 кг, що стоїть на них, створює на сніг тиск 2,5 кПа? Ширина ліжкі 8 см.
- II-2^Д. На столі лежить пластмасова пластинка завтовшки 1,5 см. Вона створює на стіл тиск 240 Па. Яка густина пластмаси?
- II-3^Д. Плоске дно вази має форму круга радіусом 6 см. Скільки води треба налити у вазу, щоб ваза створювала на стіл тиск 3,5 кПа? Маса порожньої вази 1,5 кг.
- II-4^В. На столі стоять дві бронзові статуетки, одна з яких є учетверо зменшеною копією другої. У скільки разів відрізняються тиски, що їх створюють на стіл ці статуетки?
- II-5^В. Порожнистий кубик із довжиною ребра 5 см і товщиною стінок 0,5 см створює на стіл тиск 640 Па. Якою є густина матеріалу, з якого зроблено кубик?

17. ТИСК ГАЗУ


Розв'яжіть усно

- 17.1^С. Якщо як слід пострибати на надувному матраці, то чи обов'язково він лопне саме біля ваших ніг?
- 17.2^Д. Чи виконується закон Паскаля у невагомості? Наведіть приклад, що підтверджує вашу відповідь.
- 17.3^Д. Коли на відкритому майданчику стало занадто спекотно, волейболісти перейшли до прохолодного залу. Чи доведеться їм підкачувати м'яч чи випускати з нього частину повітря? Якщо доведеться, то чому?
- 17.4^Д. Електричні лампи розжарювання наповнюють інертним газом при тиску, значно меншому за атмосферний. Чому небезпечно було б наповнювати їх газом при атмосферному тиску?
- 17.5^Д. Які явища спостерігатимуться, якщо запаяну зверху трубку, занурену у воду (див. рисунок), підігрівати? Охолоджувати?



До задачі 17.5

17.6^Д. Опишіть простий спосіб видалення вм'ятини на кульці для настільного тенісу.

17.7^В.  Чому при виливанні води з медичної грілки не чути такого «булькання», як при виливанні води зі скляної пляшки?

17.8^Д. Якими способами можна змусити воду бити фонтанчиком із трубки *a* (див. рисунок)?



До задачі 17.8

17.9^Д. Чому газові балони (навіть із негорючим газом) створюють велику небезпеку у разі пожежі?

17.10^Д. Медичні банки перед тим, як поставити хворому, прогрівають полум'ям. Поясніть, чому після цього вони «присмоктуються» до тіла.


17.11^Д. У скляній трубці, що містить повітря і запаена з обох країв, знаходиться краплина ртуті (див. рисунок). Чи переміститься ця краплина, якщо підігрівати лівий край трубки? Якщо помістити всю трубку в гарячу воду (зберігаючи горизонтальне положення трубки)?



18. ТИСК РІДИНИ. ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИСКУ ВІД ГЛИБИНИ *)

$$p = \rho gh$$

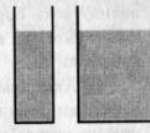
Розв'яжіть усно

18.1^С.  Ви опускаєте палець у склянку з водою, не торкаючись дна склянки. Чи змінюється при цьому сила тиску води на дно? Якщо змінюється, то як?

18.2^С. Чи зміниться тиск *води* на дно відра, якщо у воду опустити м'яч? Камінь?

*) У цьому розділі атмосферний тиск не враховується.

18.3^С. У посудини 1 і 2 (див. рисунок) наливають воду так, що її рівень в обох посудинах однаковий. Чи однакові *тиски* на дно посудин? *Сили* тиску?



До задач 18.3, 18.4

18.4^С. Чи однаковим буде тиск на дно посудин 1 і 2 (див. рисунок), якщо налити в них однакову *кількість* води? Чи будуть однакові сили тиску на дно кожної з посудин?

18.5^Д. Чи горизонтальна поверхня води у річці? У ставку? В морі? В океані?

18.6^В. Із колодязя піднімають на мотузку діряве відро з водою. Мотузок обривається. Чи витікає вода з отворів під час падіння?

Приклад розв'язання задачі

18.7. Визначіть силу тиску нафти на пробку площею 20 см^2 у дні цистерни, якщо висота рівня нафти $2,5 \text{ м}$.

Дано:

$$\rho = 800 \text{ кг/м}^3$$

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

$$h = 2,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$F = ?$

Відповідь. $F = 40 \text{ Н}$.

Розв'язання.

$$\text{Сила тиску на дно } F = pS.$$

$$\text{Тиск нафти на дно } p = \rho gh.$$

$$\text{Отже, } F = \rho ghS.$$

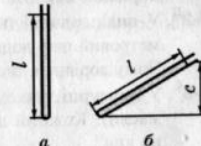
$$F = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 0,002 \text{ м}^2 = 40 \text{ Н}.$$

Розв'яжіть та запишіть


18.8^Д. У циліндричну мензурку заввишки $h = 45 \text{ см}$ налито ртуть, воду і гас. Об'єми всіх рідин однакові, рідини не змішуються між собою і повністю заповнюють мензурку. Знайдіть тиск на дно.

18.9^С. Чи зможе людина відкрити люк підводного човна на глибині 100 м , якщо площа люка $0,2 \text{ м}^2$?


18.10^С. Визначіть тиск води на дно трубки при двох положеннях трубки (див. рис. *a, б*), якщо $l = 1 \text{ м}$, $c = 0,5 \text{ м}$.

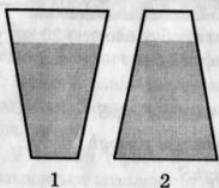


18.11^Д. На якій глибині може бути роздавлена водою порожня пляшка, викинута за борт, якщо вона витримає зовнішній тиск 2 МПа ? Розгляньте два випадки: а) пляшку щільно закупорено; б) пляшка відкрита.

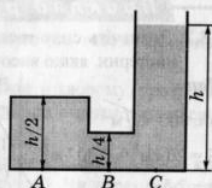
18.12^В.  Акваріум, що має форму куба, повністю заповнено водою. У скільки разів відрізняються сили тиску води на дно акваріума і на його стінку?

18.13^В. У стінці великого акваріума в океанарії є прямокутний ілюмінатор завширшки 1 м і заввишки $1,6 \text{ м}$. Знайдіть силу тиску води на ілюмінатор, якщо верхній край ілюмінатора знаходиться на глибині $1,2 \text{ м}$.

18.14^В.  В якій із посудин (див. рисунок) сила тиску рідини на дно більша за вагу, а в якій — менша?




До задачі 18.14



До задачі 18.16

18.15^В. Якої форми слід надати посудині, щоб при доливанні невеликої кількості рідини *сила* тиску на дно зростала б якомога швидше?

18.16^В.  Який тиск води на дно в точках *A, B, C* (див. рисунок)?

Див. олімпіадні задачі О-55 – О-62.

Для самостійної роботи

I-1^С. За якої глибини заповненої водою свердловини тиск води на дно дорівнює 200 кПа ?

I-2^Д. У циліндричній посудині під шаром гасу знаходиться 15-сантиметровий шар води. Об'єм гасу у три рази перевищує об'єм води. Чому дорівнює тиск на дно?

I-3^С. У мензурці знаходяться три шари рідин (ртуть, вода і машинне масло). Кожний шар має товщину 10 см . Чому дорівнює тиск на дно?

I-4^С. Плоскодонна баржа з осадкою $1,5 \text{ м}$ дістала пробоїну у дні. Площа пробоїни 500 см^2 . Чи зможе матрос, маса якого 80 кг , перекрити воді доступ у трюм, ставши на пластинку, що закриває отвір?

I-5^В. Акваріум має форму куба з довжиною ребра 24 см . За якої товщини шару води сила тиску на дно буде у 8 разів більша, ніж на кожну зі стінок?

I-6^В. Кубик із довжиною ребра 10 см занурено у воду так, що його нижня грань знаходиться у воді на глибині 25 см . З якою силою вода тисне на нижню грань? На бічну грань?

I-7^В. На дно акваріума завдовжки 40 см і завширшки 25 см поклали чавунну кулю масою 700 г . На скільки збільшився тиск води на дно, якщо вода з акваріума не вилитася? Куля занурилася у воду повністю.

II-1^С. На першому поверсі тиск води у водопровідних трубах 330 кПа . Який тиск води на шостому поверсі, якщо висота поверху 3 м , а всі водопровідні крани закрито?

II-2^Д. На скільки збільшиться тиск на дно циліндричної мензурки, якщо долити в неї 60 г води? Площа дна мензурки 12 см^2 .

II-3^С. У мензурці знаходяться три шари рідин (ртуть, вода і машинне масло) завтовшки по 10 см . Який тиск на глибині 15 см ?

II-4^С. Площа ілюмінатора батискафа дорівнює 2 дм^2 . З якою силою тисне на ілюмінатор вода при зануренні батискафа на глибину 11 км ?

II-5^В. В акваріум заввишки 28 см , завдовжки 40 см і завширшки 20 см налито воду. Знайдіть силу тиску води на дно і кожну зі стінок, якщо вода не дістає на 3 см до верхнього краю стінок.

II-6^В. У циліндричну посудину налито ртуть і воду. Загальна висота двох шарів рідини $14,6 \text{ см}$, а тиск на дно посудини $2,7 \text{ кПа}$. Яким є відношення мас ртуті і води?

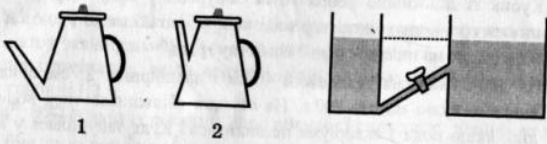
II-7^В. Зі дна акваріума прибрали камінь масою 780 г . У результаті тиск води на дно зменшився на 50 Па . Якою є густина каменя, якщо довжина акваріума 30 см , а ширина 20 см ? Камінь був занурений у воду повністю.

19. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ

Розв'яжіть усно

19.1^С. Як за допомогою довгої гумової трубки з прозорими наконечниками перевірити, чи є горизонтальною проведена на стіні пряма лінія?

19.2^С. Який із кофейників (див. рисунок) вміщує більше рідини?



До задачі 19.2

До задачі 19.3

19.3^Д. Чи переливатиметься вода з однієї посудини в іншу (див. рисунок), якщо відкрити кран? Якщо так, то куди?

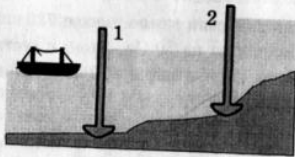
19.4^Д. У сполучених посудинах А і Б міститься вода. До посудини А опускають маленьку дерев'яну кулю. В якій із посудин рівень рідини тепер вищий?

19.5^Д. У сполучених посудинах А і Б міститься вода. До посудини А наливають газ. В якій із посудин рівень рідини тепер вищий?

19.6^Д. Як зміниться відповідь у задачі 19.3, якщо в лівій посудині знаходиться не вода, а газ?

19.7^В. Який із рідинних манометрів більш чутливий: ртутний чи водяний?

19.8^Д. На рисунку схематично показано річковий шлюз. В якій послідовності треба відкривати і закривати заслінку і ворота шлюзу, щоб судно пройшло через шлюз угору за течією?



До задачі 19.8

58

Приклади розв'язання задач

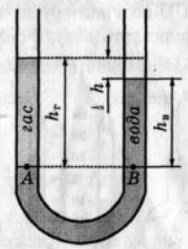
19.9. У лівому коліні заповнених водою сполучених посудин над водою знаходиться шар газу заввишки $h_r = 10$ см. В якій з колін рівень рідини вищий? На скільки?

Розв'язання.

В усіх точках однієї й тієї самої рідини, що лежать на одному рівні, тиск однаковий (інакше відбувалося б перетікання рідини). Зрівнюючи тиски в точках А і В (див. рисунок), дістаємо $\rho_r g h_r = \rho_w g h_w$. Звідси $h_w = h_r \rho_r / \rho_w$. Таким чином, у лівому коліні рівень рідини вище на

$$\Delta h = h_r - h_w = h_r (\rho_w - \rho_r) / \rho_w = 2 \text{ см.}$$

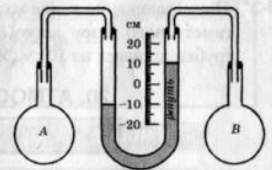
Відповідь. У лівому коліні рівень рідини вищий, ніж у правому, на 2 см.



Розв'яжіть та запишіть

19.10^Д. У сполучених посудинах знаходиться ртуть. В одну з посудин доливають воду, у другу — газ. Висота стовпа води $h_w = 20$ см. Якою має бути висота h_r стовпа газу, щоб рівні ртуті в обох посудинах збіглися?

19.11^В. У ліве коліно U-подібної трубки з водою долили шар газу заввишки $h_r = 20$ см. На скільки підніметься рівень води у правому коліні?



До задачі 19.12

19.12^Д. В якій із двох посудин (див. рисунок) тиск газу більший і на скільки? Виразіть відповідь у мм рт. ст. та у паскалях.

19.13^Д. Ціна поділки ртутного манометра 5 мм рт. ст. Виразіть ціну поділки у паскалях. Якою стане ціна поділки цього манометра (в паскалях), якщо ртуть у ньому замінити на воду?

Див. олімпіадні задачі О-63 – О-66.

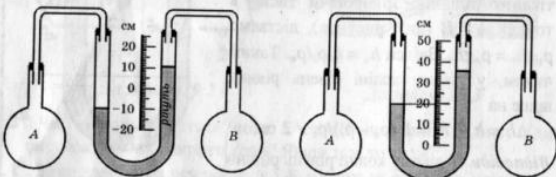
59

Для самостійної роботи

I-1^Д. В якій із посудин (див. рисунок) тиск більший? На скільки (відповідь виразіть у паскалях), якщо манометр заповнено ртуттю?

I-2^Д. В якій із посудин (див. рисунок) тиск більший? На скільки (відповідь виразіть у паскалях), якщо манометр заповнено водою?

I-3^В. В U-подібній трубці знаходиться ртуть. У праве коліно трубки доливають воду, і рівень ртуті в лівому коліні піднімається на 1 см. Яка висота шару води?



До задач I-1, II-1

До задач I-2, II-2

II-1^Д. В якій із посудин (див. рисунок) тиск більший? На скільки (відповідь виразіть у паскалях), якщо манометр заповнено водою?

II-2^Д. В якій із посудин (див. рисунок) тиск більший? На скільки (відповідь виразіть у паскалях), якщо манометр заповнено ртуттю?

II-3^В. Після доливання в ліве коліно U-подібної трубки з водою 25-сантиметрового шару легкої рідини рівень води у правому коліні трубки піднявся на 10 см. Яка густина допитої рідини?

20. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} \approx 100 \text{ кПа}$$

Розв'яжіть усно

20.1^С. Навіщо шланги відкачуючих насосів роблять досить жорсткими?

20.2^С. Чи можна «сховатися» від атмосферного тиску, пірнувши у воду? Обґрунтуйте свою відповідь.

20.3^С. Виразіть у паскалях такі тиски: 760 мм рт. ст., 380 мм рт. ст., 190 мм рт. ст.

20.4^С. Виразіть у міліметрах ртутного стовпа такі тиски: 10 кПа, 50 кПа.

60

20.5^Д. Яким приладом (ртутним барометром чи барометром-анероїдом) слід вимірювати тиск повітря всередині орбітальної космічної станції? Обґрунтуйте свою відповідь.

20.6^Д. Чи буде діяти поршневий насос в умовах невагомості на борту космічної станції?

Приклади розв'язання задач

20.7. На якій глибині тиск в озері дорівнює 300 кПа?

Розв'язання. Тиск p на глибині h складається з атмосферного $p_{\text{атм}}$ і тиску стовпа води: $p = p_{\text{атм}} + \rho g h$, де ρ — густина води. Звідси

$$h = \frac{p - p_{\text{атм}}}{\rho g}; h = \frac{(300 - 100) \cdot 10^3 \text{ Па}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 20 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{Н}} = 20 \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3}{\text{Н}} = 20 \text{ м.}$$

Відповідь. $h = 20$ м.

20.8. На першому поверсі будівлі барометр показує тиск $p_0 = 760$ мм рт. ст. Який тиск p_1 він покаже на шостому поверсі цієї будівлі, якщо відстань між поверхами дорівнює 4 м? Температура атмосферного повітря 0°C .

Розв'язання. Різниця висот між першим і шостим поверхами $h = 5 \cdot 4 \text{ м} = 20 \text{ м}$. Отже, тиск стовпа повітря, що знаходиться між цими поверхами, $\Delta p = \rho g h = 260 \text{ Па}$. Тут ρ — густина повітря. З іншого боку, тиск в 1 мм рт. ст. дорівнює приблизно 130 Па. Отже, $\Delta p = 2 \text{ мм рт. ст.}$ і $p_1 = p_0 - \Delta p$.

Відповідь. $p_1 = 758$ мм рт. ст.

Розв'яжіть та запишіть

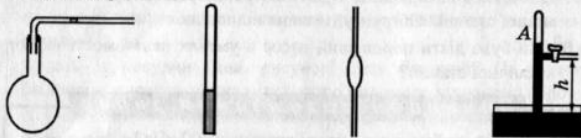
20.9^С. Яка висота хмарочоса, якщо біля його входу барометр показує 760 мм рт. ст., а на даху — 745 мм рт. ст.? Температура повітря 0°C .

20.10^С. Яка глибина підземної печери, якщо у ній тиск повітря становить 770 мм рт. ст., а на поверхні землі 750 мм рт. ст.? Температура повітря 0°C .

20.11^Д. На рисунку показано перший термометр (термоскоп Галілея). Як перемішатиметься краплинка ртуті у трубці при зміні темпе-

61

ратури повітря? Який ви бачите принциповий недолік у цього термометра?



До задачі 20.11 До задачі 20.15 До задачі 20.16 До задачі 20.16

- 20.12^Д. Тренована людина може без акваланга занурюватися на глибину 100 м. У скільки разів тиск на такій глибині перевищує нормальний атмосферний тиск?
- 20.13^Д. У шахті встановлено водяний барометр. Яка висота водяного стовпа в ньому, якщо атмосферний тиск у шахті дорівнює 810 мм рт. ст.?
- 20.14^Д. У перевернутій трубці, запаяній з верхнього краю, утримується стовпчик ртуті заввишки $h = 20$ см (див. рисунок). Який тиск повітря p у верхній частині трубки? Атмосферний тиск $p_a = 76$ см рт. ст.
- 20.15^Д. Лівер. Поясніть принцип дії простого пристрою (див. рисунок; трубку відкрито з обох країв), який дає змогу брати проби рідини, не втягуючи повітря ротом.
- 20.16^Б. Чи виллватиметься ртуть із барометричної трубки А (див. рисунок), якщо відкрити кран?
- 20.17^Б. Коли ми п'ємо воду через соломинку, вона піднімається. Як виникає сила, під дією якої це відбувається?
- 20.18^С. З якою силою тисне атмосфера на кришку учнівського стола розмірами 120 см \times 60 см? Чи витримає стіл вантаж такої ж самої ваги? Атмосферний тиск вважайте нормальним.
- 20.19^Д. У скільки разів тиск на дні річки на глибині 15 м перевищує нормальний атмосферний тиск?
- 20.20^Д. На яку висоту h можна підняти воду за допомогою поршневого насоса без клапанів?
- 20.21^Д. На яку висоту піднявся стратостат, якщо в ході підйому^{*)} покази барометра, який знаходиться на ньому, зменшилися від 760 мм рт. ст. до 95 мм рт. ст.?

Див. олімпіадні задачі О-67 – О-77.

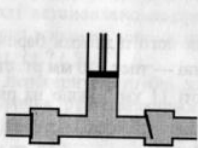
^{*)} На великих висотах тиск повітря зменшується приблизно у два рази при підйомі на кожні 5,5 км.

21. ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС. НАСОСИ

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

Розв'яжіть усно

- 21.1^Д. За допомогою гідравлічного домкрата підіймають автомобіль масою 1 т, прикладаючи силу 500 Н. У скільки разів відрізняються площі поршнів домкрата?
- 21.2^Д. Куди рухається поршень насоса (див. рисунок) у даний момент? Укажіть, в якому напрямку насос перекачує рідину.



До задачі 21.2



До задачі 21.3

- 21.3^Д. Поясніть принцип дії насоса, схему якого зображено на рисунку. Що відбувається при перемішуванні поршня вгору? Вниз?
- 21.4^Б. Дія гідравлічної машини ґрунтується на законі Паскаля, який виконується для рідин і газів. Чи можна в гідравлічній машині замінити рідину газом?

Приклад розв'язання задачі

- 21.5. Малий поршень гідравлічного преса під дією сили 600 Н опустився на 12 см. При цьому великий поршень піднявся на 3 см. Яка сила діє з боку рідини на більший поршень?

Розв'язання.

Великий поршень піднявся на висоту, в чотири рази меншу за ту, на яку опустився малий поршень. Проте, оскільки рідина практично є нестисливою, її об'єм залишається незмінним. Отже, об'єм рідини в малому циліндрі зменшився на стільки ж, на скільки збільшився об'єм рідини у великому циліндрі. Це можливо лише, якщо площі поршнів відрізняються одна від одної в чотири рази. Отже, на великий поршень діє сила $4 \cdot 600 \text{ Н} = 2400 \text{ Н}$.

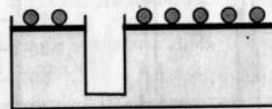
Відповідь. 2,4 кН.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Чи можна у відкритому космосі за допомогою звичайного пилю-сосу очистити поверхню корабля від космічного пилю?
- I-2^С. У салоні літака нормальний атмосферний тиск, а зовнішній тиск у 4 рази менший. Яка сила діє через перепад тисків на ілюмінатор, якщо площа ілюмінатора 0,2 м²?
- I-3^С. В горах атмосферний тиск дорівнює 80 кПа. На яку висоту підніметься там ртуть у барометрі?
- I-4^С. На якій глибині тиск у річці дорівнює 150 кПа?
- I-5^Д. Чому оболонки повітряних куль (стратостатів) перед польотом не наповнюються газом повністю?
- I-6^Д. Яка висота пагорба, якщо біля його підніжжя барометр показує тиск 760 мм рт. ст., а на вершині — тиск 720 мм рт. ст.?
- I-7^Д. Який тиск атмосфери на висоті 11 км¹⁾, якщо на рівні моря він дорівнює 760 мм рт. ст.?
- II-1^С. Щоб випити згущене молоко з жерстяної банки, у кришці про-бивають два отвори. Для чого необхідний другий отвір?
- II-2^С. Протягом доби атмосферний тиск змінився від 745 до 755 мм рт. ст. На скільки змінилася сила тиску повітря, що діє на віконне скло розмірами 150 см \times 40 см?
- II-3^С. Яка густина рідини у відкритій посудині, якщо тиск на глибині 15 см дорівнює 120 кПа?
- II-4^С. Тиск газу дорівнює 300 мм рт. ст. Виразіть цей тиск у паскалях.
- II-5^Д. Чому небезпечно брати в літак щільно закупорені скляні банки?
- II-6^Д. Висота хмарочоса 350 м. Який тиск повітря на його даху, якщо біля входу він дорівнює 760 мм рт. ст.?
- II-7^Д. Яка висота гори¹⁾, якщо біля підніжжя цієї гори барометр показує 760 мм рт. ст., а на вершині він показує 380 мм рт. ст.?

Розв'яжіть та запишіть

- 21.6^Д. Від чого залежить висота, на яку може підняти воду поршневий насос із клапанами (див. рисунок до задачі 21.3)? Чи можна за його допомогою підняти воду на висоту 30 м?
- 21.7^С. Яку силу F треба прикласти до малого поршня гідравлічної машини, щоб великий поршень міг підняти вантаж масою $m = 600$ кг? Площі поршнів $S_1 = 0,5$ см² і $S_2 = 30$ см².
- 21.8^С. Площа меншого поршня гідравлічного преса 15 см², площа більшого поршня 300 см². На менший поршень діє сила 350 Н. Яка сила діє на більший поршень?
- 21.9^С. Яка площа більшого поршня гідравлічної машини (див. рисунок), якщо площа меншого поршня 12 см²? Усі кульки однакові, а вагою поршнів можна знехтувати.



- 21.10^Б. Для підйому автомобіля до малого поршня гідравлічного підйомника приклали силу 200 Н. Малий поршень опустився на 24 см. Площа малого поршня 5 см², великого поршня 400 см². На яку висоту піднято автомобіль? Знайдіть також його масу і тиск у маслі всередині домкрата.

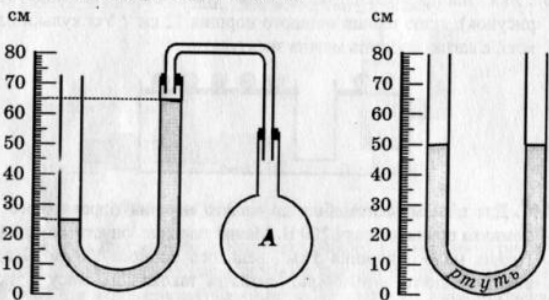
Для самостійної роботи

- I-1^С. На менший поршень гідравлічної машини діє сила 200 Н. Яка сила діє на більший поршень, якщо площі поршнів дорівнюють 15 і 300 см²?
- I-2^Б. Малий поршень гідравлічної машини опустився під дією сили 100 Н на 8 см. На яку висоту піднявся більший поршень, якщо його вага разом із вантажем дорівнює 1,6 кН?
- II-1^С. Щоб підняти за допомогою гідравлічної машини вантаж вагою 150 Н, до меншого поршня прикладають силу 10 Н. Яка площа меншого поршня, якщо площа більшого 300 см²?
- II-2^Б. Малий поршень гідравлічної машини опустився під дією сили 150 Н на 8 см, а більший піднявся на 1 см. Яка сила діяла на більший поршень?

22. РІЗНІ ЗАДАЧІ НА ТИСК РІДИН І ГАЗІВ

Розв'яжіть та запишіть

- 22.1^А. Манометр на балоні зі стисненим газом показував^{*)} початку 11 атм, а після того, як частину газу витратили, показує 3 атм. Яку частину первісної маси газу витратили? Температура газу в балоні не змінювалася.
- 22.2^А. Знайдіть тиск p газу в посудині А за показами рідинного манометра, якщо атмосферний тиск $p_a = 760$ мм рт. ст. Розгляньте два випадки: а) манометр ртутний; б) манометр водяний. Виразіть відповіді в мм рт. ст. і в паскалях.

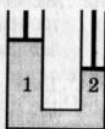


До задачі 22.2

До задачі 22.3

- 22.3^В. Для вимірювання тиску в балоні до нього приєднали одне з колін ртутного манометра (див. рисунок). Друге коліно залишається відкритим. В яких межах можна змінювати тиск у балоні, щоб з манометра не вилитася ртуть?

- 22.4^В. При рівновазі поршень у першій зі сполучених посудин (див. рисунок) установлюється на $h_1 = 20$ см вище, ніж у другій. Маса поршнів $m_1 = 2$ кг і $m_2 = 4$ кг. Якщо на перший поршень поставити гиру масою $m_3 = 3$ кг, то поршні встановляться на однаковій висоті. Як розташуються поршні, якщо гиру переставити на другий поршень?



^{*)} Манометр показує різницю тисків у балоні і поза ним.

66

23. АРХІМЕДОВА СИЛА^{*)}

$$F_A = \rho_p g V$$

Розв'яжіть усно

- 23.1^С. Чому дорівнює архімедова сила, що діє на кульку об'ємом 10 см^3 , цілком занурену у воду? У гас?
- 23.2^С. На суцільне тіло вагою 6 Н, цілком занурене у воду, діє архімедова сила 3 Н. Яка густина тіла?
- 23.3^С. На тіло, цілком занурене у воду, діє архімедова сила 10 Н. Яка архімедова сила діятиме на це ж саме тіло при повному зануренні в гас?
- 23.4^С. Який об'єм підвішеного до динамометра вантажу, якщо при зануренні в воду покази динамометра зменшуються на 1 Н?
- 23.5^А. Алюмінієвий і мідний бруски мають однакові маси. Який із них легше підняти у воді?
- 23.6^А. Учневі поставлено питання: «Які сили діють на картоплину, що лежить у каструлі з водою?» Відповідаючи на питання, учень назвав силу тяжіння, силу тиску води, силу пружності з боку дна і архімедову силу. Чи згодні ви з відповіддю?
- 23.7^В. Чи діє сила Архімеда в умовах невагомості?

Приклади розв'язання задач

- 23.8. Чому дорівнює архімедова сила, що діє у воді на повністю занурений мідний брусок масою 890 г?

Дано:

$$m = 890 \text{ г} = 0,89 \text{ кг}$$

$$\rho = 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_p = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_A = ?$$

Розв'язання.

Архімедова сила $F_A = \rho_p g V$.
Об'єм V витісненої води дорівнює об'єму тіла:

$$V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow F_A = \frac{\rho_p m g}{\rho};$$

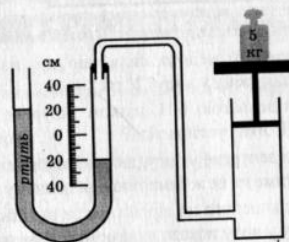
$$F_A = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,89 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 1 \text{ Н}.$$

Відповідь. $F_A = 1 \text{ Н}$.

^{*)} Тут і надалі архімедова сила, що діє на тіло у повітрі, не враховується, якщо про неї не сказано в умові задачі (або не йдеться про повітряну кулю).

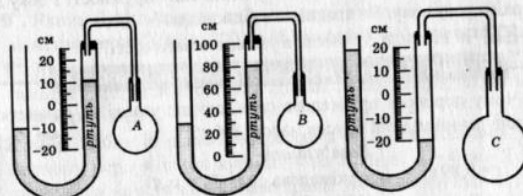
68

- 22.5^В. Яка площа поршня (див. рисунок), якщо його вагою можна знехтувати?



До задачі 22.5

- 22.6^А. Який тиск газу в посудинах А, В, С, якщо атмосферний тиск дорівнює 75 см рт. ст.?



До задачі 22.6

- 22.7^А. Дитячий гумовий м'яч лопається, якщо тиск повітря в ньому перевищує 1,3 атм. Яким може бути найбільший тиск у цьому м'ячі, якщо він знаходиться у безповітряному просторі (наприклад, на Місяці)?
- 22.8^В. Щоб зсунути з місця пробку, яка застрягла у шийці колби, треба прикласти силу 20 Н. Пропонується «виштовхнути» пробку, збільшуючи тиск повітря в колбі нагріванням. Чи вдасться це зробити, якщо площа пробки 3 см^2 , а колба тріскається, коли тиск всередині неї сягає 1,5 атм?

67

- 23.9. Алюмінієвий циліндр об'ємом $V = 0,4 \text{ дм}^3$ підвішено до динамометра. Що показує динамометр, коли циліндр знаходиться у повітрі? У воді?

Розв'язання. Коли циліндр знаходиться в повітрі, динамометр показує вагу циліндра $P = mg = \rho V g$. Якщо циліндр опустити у воду, покази динамометра зменшилися на значення архімедової сили:

$$P_1 = P - F_A = gV(\rho - \rho_p).$$

Підставимо у формули для P і P_1 значення $V = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$:

$$P = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 10,8 \text{ Н},$$


$$P_1 = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \left(2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right) = 6,8 \text{ Н}.$$

Відповідь. $P = 10,8 \text{ Н}$, $P_1 = 6,8 \text{ Н}$.

Розв'яжіть та запишіть

- 23.10^С. Якими будуть покази динамометра, якщо підвішений до динамометра вантаж масою 800 г і об'ємом 500 см^3 опустити у воду?
- 23.11^С. Динамометр, до якого підвішено вантаж об'ємом 200 см^3 , показує 3 Н. Якими стануть покази динамометра, якщо вантаж опустити у воду?
- 23.12^А. Кубик із довжиною ребра $a = 5$ см знаходиться у воді, причому верхня грань кубика — на глибині $h = 4$ см. Які сили тиску води на верхню і нижню грані? Як виразити силу Архімеда через ці дві сили? Чому дорівнює вага витісненої кубиком води? Атмосферний тиск не враховуйте.
- 23.13^В. Вага рідини, налитої в посудину, дорівнює 3 Н. У рідину занурюють тіло. Чи може архімедова сила, що діє на тіло, дорівнювати 10 Н?
- 23.14^А. Яка архімедова сила діє на алюмінієвий брусок масою 540 г, наполовину занурений у воду?
- 23.15^С. Надутий рятівний пліт об'ємом 1 м^3 лежить на палубі. Яка архімедова сила діє на пліт з боку повітря?
- 23.16^А. Яку силу необхідно прикласти до скляної вази масою 5 кг, щоб підняти її зі дна річки?
- 23.17^А. Яку силу треба прикласти до гранітної плити розмірами $3 \text{ м} \times 1 \text{ м} \times 0,5 \text{ м}$, щоб підняти її зі дна річки до поверхні води? Щоб підняти її на борт судна?

69

- 23.18^В. Коли підвішений до динамометра суцільний вантаж занурили цілком у воду, покази динамометра зменшилися на 40%. Яка густина вантажу?
- 23.19^В.  Коли підвішений до динамометра суцільний вантаж опускають у воду, динамометр показує $P_1 = 34$ Н, а коли вантаж опускають у гас, динамометр показує $P_2 = 38$ Н. Які маса m та густина ρ вантажу?
- 23.20^В. Перед вами дві склянки: одна з водою, друга з розчином мідного купоросу. Як, користуючись динамометром і металевим вантажем, визначити густину розчину?

Див. олімпіадні задачі О-78 – О-85.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Яка густина тіла, якщо при повному зануренні у гас на нього діє архімедова сила, що дорівнює половині сили тяжіння?
- I-2^С. Яка архімедова сила діє в повітрі на повітряну кулю об'ємом 200 м³?
- I-3^С. На тіло об'ємом 300 см³, цілком занурене в рідину, діє архімедова сила $2,4$ Н. Яка густина рідини?
- I-4^Д. Динамометр, до якого підвішено занурений у воду вантаж, показує 3 Н. Об'єм вантажу 150 см³. Скільки покаже динамометр, якщо вантаж витягнути з води?
- I-5^Д. Яку силу необхідно прикласти до латунного стержня масою 17 кг, щоб підняти його у воді?
- I-6^Д. Яка архімедова сила діє в гасі на чавунну кулю масою $1,4$ кг, занурену у гас наполовину?
- I-7^В. При повному зануренні порожнистого латунного кубика масою 170 г у гас на кубик діє архімедова сила 4 Н. Який об'єм порожнини?
- I-8^В. На рівноплечих важільних терезах урівноважено два однакових вантажі. Який вантаж переважить, якщо один із них опустити у гас, а другий — у воду? Відповідь поясніть.
- II-1^С. Стальну кулю об'ємом 800 см³ занурено в гас. Яка архімедова сила діє на кулю?
- II-2^С. При повному зануренні тіла у воду архімедова сила вдвічі перевищує силу тяжіння. Яка густина тіла?
- II-3^С. На кулю, цілком занурену у ртуть, діє архімедова сила 68 Н. Який об'єм кулі?
- II-4^Д. Яку силу треба прикласти до бруска розмірами 5 см \times 2 см \times 1 см, щоб підняти його зі дна річки? Брусок виготовлено з олова.

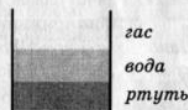
- II-5^Д. Вантаж об'ємом 500 см³ підвішено до динамометра, що показує 28 Н. Скільки покаже динамометр, якщо вантаж опустити в гас?
- II-6^Д. Алюмінієвий брусок масою $5,4$ кг частково занурено у воду. При цьому на брусок діє архімедова сила 5 Н. Яку частину бруска занурено у воду?
- II-7^В. Яка архімедова сила діє на цілком занурену у воду порожнисту мідну кулю масою 890 г, якщо об'єм порожнини 40 см³?
- II-8^В. На рівноплечих важільних терезах урівноважено чавунний і мідний вантажі. Який вантаж переважить, якщо обидва вантажі цілком занурити у воду? Відповідь поясніть.


24. ПЛАВАННЯ ТІЛ

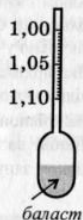
$$F_A = F_T$$

Розв'яжіть усно

- 24.1^С. Тіло масою 10 кг при повному зануренні витісняє 800 г води. Чи спливе це тіло, чи потоне, якщо його відпустити?
- 24.2^С. Тіло масою $0,5$ кг при повному зануренні витісняє 600 см³ рідини. Чи плаватиме воно у воді? В гасі?
- 24.3^С. Яка підйомна сила повітряної кульки масою 7 г, якщо з боку повітря на неї діє архімедова сила $0,13$ Н?
- 24.4^С. У посудині знаходяться три рідини (див. рисунок), що не змішуються між собою. Де опиняться кинуті в посудину золота обручка, свинцева куля, крижинка і корок?
- 24.5^Д. Відомим є вираз «плаває, як сокира»: Чи справді сокира не може плавати? Обгрунтуйте свою відповідь.
- 24.6^В. Для суден велику небезпеку створюють колоди, що плавають не на поверхні води, а на деякій глибині. Чому такі колоди найчастіше зустрічаються в морі поблизу впадіння великої ріки?
- 24.7^Д. Чому залізний цвях тоне у воді, а зроблене із заліза судно плаває?
- 24.8^С. Чому не можна гасити бензин, що горить, заливаючи його водою?
- 24.9^С. Чи потоне у воді скляна пляшка, до краю заповнена водою?
- 24.10^Д. Одна із двох однакових пробок плаває в гасі, а друга — у воді. На яку з пробок діє більша архімедова сила? У скільки разів більша?



- 24.11^В.  У склянці з водою плаває шматок льоду. Чи зміниться рівень води у склянці, коли лід розтане? Якщо зміниться, то як?
- 24.12^В. Маса води у банці 50 г. Чи може плавати в ній тіло масою 100 г?
- 24.13^В. Космонавт узяв на Місяць із дому маленьку модель парусника, що знаходиться в закритій банці (банку наполовину заповнено водою). Де осадка моделі більша: на Землі чи на Місяці?
- 24.14^В. На рисунку показано ареометр — прилад для вимірювання густини рідини. Поясніть принцип дії ареометра. Для чого потрібен унизу баласт (важкий дріб)? Чому в ареометра така вузька «шийка»?
- 24.15^В. Відомо, що чим менша густина газу всередині оболонки повітряної кулі, тим більша підйомна сила кулі. Чому ж не застосовуються дирижаблі, з оболонки яких газ цілком відкачано?
- 24.16^В. Якщо кинуті у склянку з сильно газованою водою винограднику, то вона буде періодично тонути і спливати. Поясніть це явище.



До задачі 24.14

Приклади розв'язання задач

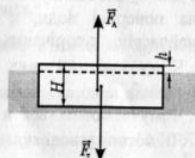
24.17. У річці плаває плоска крижина завтовшки $0,3$ м. Яка висота частини крижини, що виступає над водою?

Дано:
 $H = 0,3$ м
 $\rho_a = 1000$ кг/м³
 $\rho_n = 900$ кг/м³
 $h = ?$

Розв'язання.
 Позначимо площу крижини S . Тоді маса крижини $m = \rho_n SH$, об'єм зануреної частини крижини (об'єм витісненої води, див. рисунок) $V = S(H - h) \Rightarrow F_A = \rho_n g V = \rho_n g S(H - h)$.

Умова плавання крижини: $F_T = F_A$.
 Оскільки $F_T = mg$, отримуємо
 $\rho_n SHg = \rho_n g S(H - h) \Rightarrow$
 $h = H(\rho_n - \rho_n) / \rho_n;$
 $h = \frac{0,3 \cdot (1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3})}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,03$ м.

Відповідь. $h = 3$ см.



24.18. Повітряну кулю об'ємом 200 м³ наповнено воднем. Маса оболонки кулі 10 кг. Вантаж якої маси може підняти ця куля?


Дано:
 $V = 200$ м³
 $m_{об} = 10$ кг
 $\rho = 0,09$ кг/м³
 $\rho_{нов} = 1,29$ кг/м³
 $M = ?$

Розв'язання.
 Маса водню $m = \rho V$.
 Архімедова сила $F_A = \rho_{нов} g V$.
 Підйомна сила кулі (вага вантажу, який куля може підняти):
 $F = Mg = F_A - mg - m_{об}g$.
 Звідси $M = (\rho_{нов} - \rho)V - m_{об}$.

$$M = (1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 0,09 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}) \cdot 200 \text{ м}^3 - 10 \text{ кг} = 230 \text{ кг}.$$

Відповідь. $M = 230$ кг.

Розв'яжіть та запишіть

- 24.19^С. Яким має бути об'єм надувного плоту, якщо його маса разом з людьми, що знаходяться на ньому, дорівнює 300 кг?
- 24.20^Д. Тіло масою 40 г повністю занурюють у мензурку з водою. Ціна поділки мензурки 5 мл, рівень води після занурення тіла піднявся на 10 поділок. Чи спливе це тіло, чи потоне, якщо його відпустити?
- 24.21^В. Порівняйте вагу двох однакових наповнених до країв водою посудин (див. рисунок), якщо обидві пробірки, що плавають, і обидві свинцеві кульки однакові.
- 24.22^Д. Як змінилася осадка риболовцького судна після того, як риба-лки вилловили 1 т риби? Площа перерізу судна на рівні ватерлінії дорівнює 25 м².
- 24.23^Д. Плоска крижина, що пливе річкою, виступає над водою на 5 см. Чи пройде вона над міліною, де глибина річки 40 см?
- 24.24^В.  Щоб переправити вантажівку через річку, що розлилася, водій вирішив побудувати пліт. В його розпорядженні 20 колод завдовжки $l = 10$ м із площею перерізу $S = 300$ см². Чи можлива переправа, якщо маса вантажівки $M = 4$ т, а густина колод $\rho = 600$ кг/м³?
- 24.25^В. У широку посудину налили воду так, що товщина шару води 3 см. Чи плаватиме в цій посудині дубовий брусок розмірами 15 см \times 10 см \times 5 см?
- 24.26^В. Коли теплохід водотоннажністю 10000 тон перейшов із річки в море, його осадка зменшилася на 10 см. Який вантаж прийняв на



борт теплохід у найближчому морському порту, якщо осадка стала такою самою, як у річці? При розв'язуванні врахуйте різницю у густині річкової і морської води.

- 24.27^В. Плаваючий буй є суцільною пластиковою кулею, до якої на довгому тросі прив'язано чавунний вантаж. У скільки разів об'єм кулі має перевищувати об'єм вантажу, щоб куля була занурена у воду на три чверті свого об'єму? Густина пластика 500 кг/м³.
- 24.28^В. У скільки разів зміниться підйомна сила повітряної кулі, якщо гелій у ній замінити на водень? Вагою оболонки кулі можна знехтувати.
- 24.29^В. Повітряна куля об'ємом 1600 м³, наповнена теплим повітрям, ширяє на висоті 5,5 км, де густина повітря удвічі менша, ніж на рівні моря. Яка густина повітря всередині кулі, якщо маса її оболонки і вантажу 150 кг?

Див. олімпіадні задачі О-86 – О-97.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Чи буде свинцевий брусок плавати у ртуті?
- I-2^Д. У гасі плаває ялинова дошка. Яку частину її об'єму занурено у гас?
- I-3^Д. Соснова дощечка завтовшки 2 см плаває у воді. Яка висота надводної частини дощечки?
- I-4^С. На скільки збільшиться осадка річкового теплоходу, що прийняв вантаж 400 т, якщо площа перерізу корпусу теплоходу на рівні води дорівнює 1600 м²?
- I-5^Д. Чи потоне у ртуті скляна пляшка, до краю наповнена ртуттю?
- I-6^Д. Яку частку об'єму золотої кульки має займати внутрішня порожнина, щоб кулька могла плавати у ртуті?
- I-7^Д. Глибина калюжі дорівнює 3 см. Чи може у цій калюжі плавати сосновий брусок, який має розміри 20 см × 10 см × 5 см?
- I-8^В. Скільки туристів можуть, не замочивши ніг, переправитися через річку на плоту з десяти дубових колод об'ємом 0,3 м³ кожна? Середня маса туриста з рюкзаком 75 кг.
- I-9^В. Об'єм оболонки повітряної кулі 200 м³. Куля натягує трос, яким її прикріплено до причальної щогли, з силою 400 Н. Після звільнення троса куля ширяє на деякій висоті. Яка густина повітря на цій висоті?
- II-1^С. Назвіть метал, що тоне у ртуті.
- II-2^Д. Яка частина об'єму соснової дошки, що плаває у воді, знаходиться над водою?

74

Приклади розв'язання задач

25.10. Брусок тягнуть уздовж поверхні стола, прикладаючи горизонтальну силу 5 Н. При цьому брусок рухається зі сталою швидкістю 20 см/с. Яка робота виконується силою, прикладеною до бруска, за час 15 с?

Дано:

$$F = 5 \text{ Н}$$

$$v = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = 15 \text{ с}$$

A — ?

Відповідь. A = 15 Дж.

Розв'язання.

$$A = Fs, s = vt \Rightarrow A = Fvt;$$

$$A = 5 \text{ Н} \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 15 \text{ с} = 15 \text{ Н} \cdot \text{м} = 15 \text{ Дж.}$$

25.11. Яку роботу треба виконати, щоб підняти зі дна озера до поверхні води камінь масою 5 кг і об'ємом 2 дм³? Глибина озера 7 м. Опором води можна знехтувати.

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$V = 2 \text{ дм}^3 = 0,002 \text{ м}^3$$

$$h = 7 \text{ м}$$

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

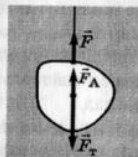
$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

A — ?

Розв'язання.

$$A = Fh, F_{\text{т}} = mg, F_{\text{А}} = \rho_{\text{в}}gV.$$

Для підняття каменя треба прикладати силу \vec{F} , що дорівнює за модулем різниці сили тяжіння та сили Архімеда (див. рисунок):



$$F = F_{\text{т}} - F_{\text{А}} = mg - \rho_{\text{в}}gV \Rightarrow A = g(m - \rho_{\text{в}}V)h.$$

$$A = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (5 \text{ кг} - 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,002 \text{ м}^3) \cdot 7 \text{ м} = 210 \text{ Н} \cdot \text{м} = 210 \text{ Дж.}$$

Відповідь. A = 210 Дж.

Розв'яжіть та запишіть

25.12^Д. Яку роботу має виконати людина масою 75 кг, щоб піднятися сходами з 1-го поверху на 11-й? На яку висоту можна було б підняти слона масою 4 т, виконавши таку ж саму роботу? Відстань між поверхами 3 м.

76

- II-3^Д. Об'єм надводної частини крижини, що плаває, дорівнює 0,3 м³. Який об'єм підводної частини крижини?
- II-4^С. Після розвантаження осадка судна зменшилася на 20 см. Яка маса вантажу, якщо площа перерізу корпусу судна на рівні води 2500 м²?
- II-5^Д. Чому для спливання підводного човна необхідно мати запас стисненого повітря?
- II-6^Д. Маса плоскостонної баржі дорівнює 90 т. Чи пройде ця баржа річкові перекати завглибшки 0,5 м, якщо площа її днища 150 м²?
- II-7^Д. Яку частку об'єму скляної кульки має займати внутрішня порожнина, щоб кулька плавала у воді?
- II-8^В. Скільки соснових колод потрібно для виготовлення плоту вантажопідйомністю 600 кг? Довжина кожної колоди дорівнює 5 м, а площа поперечного перерізу 2 дм².
- II-9^В. У скільки разів густина теплового повітря всередині повітряної кулі має бути меншою за густину навколишнього повітря, щоб куля піднялася? Об'єм кулі 500 м³, маса оболонки і вантажу 150 кг.

25. МЕХАНІЧНА РОБОТА

$$A = Fs$$

Розв'яжіть усно

- 25.1^С. Чи виконує роботу сила тяжіння, що діє на камінь, коли він:
а) лежить на землі; б) падає з обриву?
- 25.2^С. На пружині нерухомо висить вантаж. Чи виконує роботу сила пружності, що діє на цей вантаж? Сила тяжіння?
- 25.3^Д. Чи може сила тертя спокою виконувати роботу? Якщо так, наведіть приклад.
- 25.4^С. Вантаж протягнули горизонтальною поверхнею на 10 м, прикладаючи горизонтальну силу 200 Н. Яку роботу було виконано при переміщенні вантажу?
- 25.5^С. Вантаж протягнули підлогою, прикладаючи горизонтальну силу 100 Н. При цьому було здійснено роботу 350 Дж. На яку відстань перемістили вантаж?
- 25.6^С. Вантаж масою 1 кг рівномірно піднімають на 1 м. Яку при цьому виконують роботу?
- 25.7^С. Вантаж вагою 20 Н рівномірно підняли, виконавши роботу 300 Дж. На яку висоту підняли вантаж?
- 25.8^С. При рівномірному підніманні вантажу на 10 м виконано роботу 1 кДж. Яка вага вантажу? Яка його маса?
- 25.9^С. Цеглина масою 2 кг падає з висоти 10 м. Яка сила виконує роботу при падінні цеглини? Чому дорівнює ця робота?

75

- 25.13^Д. Людина штовхає візок, прикладаючи горизонтальну силу 60 Н. При цьому візок рухається рівномірно. Яка його швидкість, якщо за 3 хв виконано роботу, що дорівнює 14 кДж?
- 25.14^Д. Людина витягає відро з глибокого колодязя. Яку роботу вона виконує за 1 хв, якщо вона перебирає мотузку зі швидкістю 25 см/с? Маса відра 10 кг.
- 25.15^Д. Автомобіль рівномірно їде горизонтальною дорогою зі швидкістю 10 м/с. Яку роботу виконує двигун автомобіля за 1 год, якщо сила опору рухові дорівнює 500 Н?
- 25.16^Д. Тиск газу під поршнем дорівнює 1,2 МПа. Яка робота виконується силою тиску газу при переміщенні поршня на 15 см, якщо площа поршня дорівнює 40 см²?
- 25.17^Д. Яку роботу треба виконати, щоб підняти зі дна озера до поверхні води камінь масою 10 кг? Глибина озера 3 м, густина каменя 2500 кг/м³. Опором води можна знехтувати.
- 25.18^Д. Складена люстра висотою 2 м і масою 30 кг стоїть на підлозі зали. Яку роботу треба виконати, щоб підняти її до стелі, якщо висота зали 10 м?
- 25.19^В. Яку роботу треба виконати, щоб із цеглин, які лежать на землі, скласти стовпчик з 3-х цеглин? Із 5-ти? З 10-ти? Маса однієї цеглини m , товщина h .

Див. олімпіадні задачі О-98 – О-113.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Наведіть приклади, коли сили виконують роботу.
- I-2^С. Людина піднялася з шостого поверху на дев'ятий, виконавши роботу 5 кДж. Яка маса людини, якщо відстань між поверхами 3,2 м?
- I-3^Д. Підйомний кран підняв вантаж масою 2 т, здійснивши при цьому роботу 360 кДж. З якою швидкістю піднімався вантаж, якщо час підйому дорівнював 45 с?
- I-4^Д. На яку відстань протягнули вантаж масою 100 кг, якщо прикладена до нього горизонтальна сила виконала роботу 4,5 кДж, а сила тертя становить 0,15 ваги вантажу?
- I-5^Д. При переміщенні поршня на 5 см сила тиску газу здійснила роботу 18 Дж. Яка площа поршня, якщо тиск газу під поршнем дорівнює $3 \cdot 10^5$ Па?
- I-6^В. З якою постійною швидкістю їхав автомобіль масою 1 т, якщо за 30 хв його двигун здійснив роботу 18 МДж, а сила опору рухові дорівнює 5% ваги автомобіля?

77

- 1-7^В. При спливанні колоди з глибини 5 м сила Архімеда виконала роботу 4 кДж. Яка маса цієї колоди? Густина деревини дорівнює 700 кг/м³.
- II-1^С. Наведіть приклади, коли сили не виконують роботу.
- II-2^С. Яку роботу треба виконати, щоб витягти з колодязя завглибшки 10 м відро з водою масою 12 кг?
- II-3^Д. Підйомний кран піднімає вантаж зі швидкістю 0,5 м/с. Яка маса вантажу, якщо за 2 хв виконано роботу з підняття вантажу, яка дорівнює 1,8 МДж?
- II-4^Д. Вагонетку штовхають горизонтальною силою 300 Н. При цьому вагонетка рухається рівномірно. Чому дорівнює швидкість руху вагонетки, якщо за 20 хв було виконано роботу 180 кДж?
- II-5^Д. Чому дорівнює тиск під поршнем площею 20 см², якщо при підйомі поршня на 15 см сила тиску газу виконала роботу 210 Дж?
- II-6^В. Кінь рівномірно везе сани масою 300 кг зі швидкістю 2 м/с. Яку частку від ваги саней становить сила тертя, якщо за 1 год робота з переміщення саней склала 2,1 МДж?
- II-7^В. Зі дна озера піднімають на поверхню мідний куб із довжиною ребра 40 см. Якою є глибина озера, якщо виконана при цьому робота дорівнює 36 кДж?

26. ПОТУЖНІСТЬ

$$N = \frac{A}{t}$$

Розв'яжіть усно

- 26.1^С. Яку потужність розвиває моторчик механічної іграшки, якщо за 1 хв він здійснює роботу 60 Дж?
- 26.2^С. Людина, піднімаючись сходами, розвивала потужність 20 Вт. Яку роботу виконала людина за 15 с?
- 26.3^С. Двигун автомобіля, розвиваючи потужність 100 кВт, здійснив роботу 1,2 МДж. За який час було здійснено цю роботу?
- 26.4^Д. В якому з двох випадків двигун ескалатора розвиває більшу потужність при підйомі людини: а) людина стоїть на ескалаторі, що піднімається; б) людина йде вгору з постійною швидкістю ескалатором, що піднімається? В якому з цих випадків двигун ескалатора здійснює більшу роботу з підйому людини?

78

Для самостійної роботи

- I-1^Д. Підйомний кран підняв вантаж на висоту 15 м за 40 с, розвиваючи потужність 2 кВт. Яка вага вантажу?
- I-2^Д. Автомобіль їде по шосе зі швидкістю 72 км/год. При цьому двигун розвиває потужність 10 кВт. Яка сила тяги автомобіля?
- I-3^Д. Пожежний насос розвиває потужність 3 кВт. На який поверх він може подавати шохвилини 1200 л води? Відстань між поверхами 3 м.
- I-4^В. Підйомний кран підняв зі дна озера сталений зливоч масою 3,4 т. Який час тривав підйом, якщо глибина озера 6,1 м, а кран розвивав потужність 2 кВт?
- II-1^Д. За який час мотор потужністю 5 кВт піднімає вантаж масою 4 т на висоту 20 м?
- II-2^Д. Перегонний автомобіль масою 500 кг розвиває потужність 400 кВт. З якою швидкістю рухається автомобіль, якщо сила тяги дорівнює вазі автомобіля?
- II-3^Д. Висота греблі гідроелектростанції дорівнює 12 м, а потужність водяного потоку 3 МВт. Знайдіть об'єм води, що падає з греблі за 1 хв.
- II-4^В. Довжина мідної труби 2 м, зовнішній діаметр 20 см, товщина стінок 1 см. На яку висоту піднімає трубу підйомник потужністю 350 Вт за 13 с.

80

Приклад розв'язання задачі

- 26.5. Кінь тягне візок зі швидкістю 3 м/с, прикладаючи силу 100 Н. Яку потужність розвиває кінь?

Дано:

$$v = 3 \text{ м/с}$$

$$F = 100 \text{ Н}$$

$$N = ?$$

Розв'язання.

$$N = \frac{A}{t}, A = Fs \Rightarrow$$

$$N = \frac{Fs}{t} = F \frac{s}{t} = Fv$$

$$N = 100 \text{ Н} \cdot 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 300 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = 300 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 300 \text{ Вт.}$$

Відповідь. $N = 300 \text{ Вт.}$

Розв'яжіть та запишіть

- 26.6^Д. Школяр збігає на 3-й поверх школи за 20 с. Яку потужність він при цьому розвиває? Маса школяра 40 кг, відстань між поверхами школи 4 м.
- 26.7^Д. Яка потужність старовинного маятникового годинника, якщо гиря годинника опустилася за 5 діб на 1 м? Маса гирі 10 кг.
- 26.8^Д. Який час знадобився б для підняття слона на четвертий поверх за допомогою двигуна потужністю 100 Вт (таку потужність має моторчик кавомолки)? Маса слона 4 т, відстань між поверхами 3 м.
- 26.9^Д. Ескалатор метро піднімає 100 пасажирів на висоту 20 м за 1 хв. У скільки разів потужність ескалатора більша (або менша) за потужність легкового автомобіля? Вважайте, що маса пасажирів 70 кг, потужність автомобіля 70 кВт.
- 26.10^Д. На літаку перевозять слона масою 4 т. Потужність двигунів літака 5 МВт. Що більше: сила опору повітря при русі літака зі швидкістю 900 км/год або вага слона? У скільки разів більше?
- 26.11^Д. Коли судно на підводних крилах піднімається під час руху, його швидкість набагато збільшується, хоч потужність двигунів при цьому змінюється незначною мірою. Поясніть, внаслідок чого збільшується швидкість судна.
- 26.12^Д. Іграшковий автомобіль їде зі швидкістю 0,5 м/с, розвиваючи потужність 2 Вт. Яка сила тяги автомобіля?

Див. олімпіадні задачі О-114 – О-118.

79

27. ВАЖЕЛІ¹⁾

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \Leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

Приклади розв'язання задачі

- 27.1. Дівчинка масою 40 кг надумала врівноважити слона за допомогою важеля. Слон став на відстані 10 м від точки опори. На який відстані від точки опори мада б стати дівчинка, якщо масою важеля можна було б знехтувати? Маса слона 4 т.

Дано:

$$m_d = 40 \text{ кг}$$

$$m_c = 4 \text{ т} = 4000 \text{ кг}$$

$$l_c = 10 \text{ м}$$

$$l_d = ?$$

Розв'язання.

Умова рівноваги важеля (правило моментів): $P_d l_d = P_c l_c$, де $P_d = m_d g$, $P_c = m_c g$. Звідси $m_d l_d = m_c l_c$.

$$l_d = \frac{m_c l_c}{m_d} = \frac{4000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м}}{40 \text{ кг}} = 1000 \text{ м.}$$

Відповідь. $l_d = 1 \text{ км.}$

- 27.2. Яка маса другого вантажу (див. рисунок), якщо маса першого вантажу дорівнює 5 кг?

Дано:

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$l_1 : l_2 = 3 : 5$$

$$m_2 = ?$$

Розв'язання.

Умова рівноваги (правило моментів):

$$P_1 l_1 = P_2 l_2.$$

Тут $P_1 = m_1 g$, $P_2 = m_2 g$.

Дістаємо

$$m_1 l_1 = m_2 l_2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1} \Rightarrow m_2 = m_1 \frac{l_1}{l_2};$$

$$m_2 = 5 \text{ кг} \cdot \frac{3 \text{ м}}{5 \text{ м}} = 3 \text{ кг.}$$

Відповідь. $m_2 = 3 \text{ кг.}$

¹⁾ Тут і далі вважайте, що розглядувані важелі перебувають у рівновазі.

81

Розв'яжіть та запишіть

- 27.3^С. Вага вантажу 1 (див. рисунок) 120 Н. Яка маса вантажу 2?
- 27.4^С. Яку вертикальну силу треба прикласти в точці А (див. рисунок), щоб важіль перебував у рівновазі?
- 27.5^А. Якими є маси кожного з вантажів (див. рисунок), якщо їх загальна маса 24 кг?
- 27.6^А. Якими є маси кожного з вантажів (див. рисунок), якщо один з них важчий за інший на 20 Н?
- 27.7^А. Щоб підняти один край дошки¹⁾, що лежить на підлозі, треба прикласти силу $F = 300$ Н. Яка маса m дошки?
- 27.8^В. До кінців важеля завдовжки 1 м підвишено вантажі масою 7 кг і 13 кг. На якій відстані від середини важеля треба розташувати опору, щоб важіль перебував у рівновазі?
- 27.9^А. Як зважити вантаж за допомогою нерівноплечих терезів, якщо у вашому розпорядженні є набір гир і достатня кількість піску?
- 27.10^В. Якщо вантаж лежить на лівій шальці нерівноплечих терезів, його врівноважують гирі масою $m_1 = 4$ кг на правій шальці. Якщо ж вантаж покласти на праву шальку, його врівноважить лише одна гиря масою $m_2 = 1$ кг на лівій шальці. Яка маса m вантажу? У скільки разів одне плече терезів довше за друге?
- 27.11^В. Щоб виміряти масу лінійки, на один з її кінців поклали вантаж масою 30 г і почали висувати цей кінець за край столу. Лінійка перебувала у рівновазі доти, доки її не висунули на чверть довжини. Чому дорівнює маса лінійки? На скільки можна було б висунути лінійку, якщо б маса вантажу була 15 г?



Для самостійної роботи

- I-1^С. Вага першого вантажу (див. рисунок) 20 Н. Яка вага другого вантажу?
- I-2^С. Яку вертикальну силу треба прикласти в точці А (див. рисунок), щоб важіль перебував у рівновазі?
- I-3^А. Плечі важеля мають довжину 25 см і 40 см. Менша з двох вертикальних сил, що діють на важіль, дорівнює 40 Н. Чому дорівнює друга сила, якщо важіль перебуває у рівновазі?
- I-4^А. Які маси кожного з вантажів (див. рисунок), якщо їх загальна маса 50 кг?
- I-5^В. Якщо вантаж лежить на лівій шальці нерівноплечих терезів, його врівноважують гирі масою $m_1 = 9$ кг на правій шальці. Якщо ж вантаж покласти на праву шальку, його врівноважують гирі масою $m_2 = 25$ кг на лівій шальці. Яка маса m вантажу?
- II-1^С. Маса першого вантажу (див. рисунок) 3 кг. Яка маса другого вантажу?
- II-2^С. Яку вертикальну силу треба прикласти в точці А (див. рисунок), щоб важіль перебував у рівновазі? Вісь важеля в точці О.
- II-3^А. До кінців важеля прикладено вертикальні сили 25 Н і 15 Н. Довге плече важеля дорівнює 15 см. Яка довжина короткого плеча? Важіль перебуває у рівновазі.
- II-4^А. Які маси кожного з вантажів (див. рисунок), якщо один із них важчий за другий на 160 Н?

Див. олімпіадні задачі О-119 – О-130.

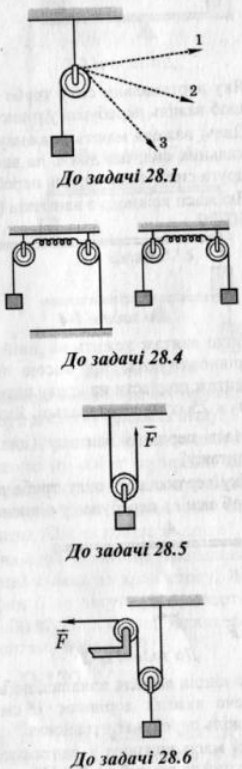
¹⁾ Тут і далі слід урахувати, що сила тяжіння, яка діє на однорідний стержень (дошку, балку тощо), прикладена в його середині.

- II-5^В. До кінців важеля прикладено напрямлені вниз сили 6 Н і 4 Н. Точка опори знаходиться на 5 см ближче до одного кінця важеля, ніж до другого. Яка довжина важеля, якщо він перебуває у рівновазі?

28. БЛОКИ

Розв'яжіть усно

- 28.1^С. В якому напрямку (див. рисунок) треба тягнути вільний кінець мотузка, щоб підняти вантаж якомога меншою силою?
- 28.2^С. Наведіть приклади застосування нерухомих блоків. З якою метою використовують нерухомі блоки? Чи дають вони вигреш у силі?
- 28.3^С. Наведіть приклади застосування рухомих блоків. З якою метою використовують рухомі блоки? Чи дають вони вигреш у силі?
- 28.4^А. В якій із двох систем, що показано на рисунках, пружину розтягнуто більше? Усі вантажі однакові.
- 28.5^А. На скільки підніметься вантаж (див. рисунок), якщо вільний кінець мотузка витягнути вгору на 10 см?
- 28.6^А. Яку силу F (див. рисунок) треба прикласти, щоб підняти вантаж масою 50 кг? На скільки підніметься цей вантаж, якщо витягнути мотузку на 24 см?



Приклад розв'язання задачі

28.7. Як за допомогою рухомих блоків дістати вигреш у силі в 4 рази? Можна використати будь-яку кількість нерухомих блоків. Наведіть два розв'язки задачі.

Розв'язання.

- 1) Можна використати 2 рухомих блоки і 1 нерухомий, як показано на лівому рисунку нижче. Кожен із рухомих блоків дає вигреш у силі у 2 рази, тому сила натягу мотузка a дорівнює $2F$, а сила натягу мотузку b , що утримує вантаж, дорівнює $4F$, тобто сумарний вигреш у силі в 4 рази.
- 2) Можна використати 2 рухомих блоки і 2 нерухомих, як показано на правому рисунку нижче. При цьому сила натягу кожного з двох мотузків, що утримують вантаж, дорівнює $2F$, завдяки чому сумарний вигреш у силі в 4 рази.

Розв'яжіть та запишіть

- 28.8^А. В яких із систем блоків, зображених на рисунку, одержують вигреш у силі і у скільки разів? Яка сила натягу мотузку, якщо маса вантажу 10 кг?
- 28.9^А. Зробіть схематичний рисунок, що показує, як за допомогою рухомого блока можна дістати вигреш у переміщенні.

28.10^Д. Яку силу треба прикласти для підняття вантажу масою 100 кг за допомогою одного рухомого блока, якщо маса блока 10 кг?

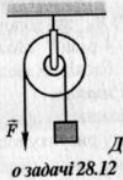
28.11^В. Як за допомогою одного *нерухомого* блока дістати вигравш у силі у 2 рази?

28.12^Д. На рисунку зображено подвійний блок, що складається з двох блоків різного радіуса. Якої маси вантаж можна підняти за допомогою цього блока, прикладаючи силу 200 Н, якщо радіус більшого блока у 3 рази більший за радіус меншого блока?

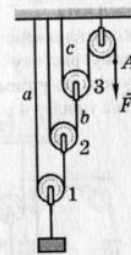
28.13^В. На рисунку зображено систему блоків. Скільки в ній рухомих і скільки нерухомих? Який вигравш у силі дає така система? Які сили натягу мотузків *a*, *b*, *c*, якщо маса вантажу 40 кг? На скільки піднімуться блоки 1, 2, 3 при підйомі вантажу на 5 см? На яку відстань опуститься вузлик *A*?

28.14^В. Як за допомогою 3 рухомих блоків (використовуючи будь-яку кількість нерухомих блоків) дістати вигравш у силі в 6 разів?

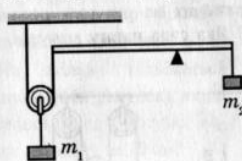
28.15^В. На якій відстані від лівого кінця важеля слід розмістити точку опори (див. рисунок), щоб важіль знаходився у рівновазі? Довжина важеля 60 см, масою важеля можна знехтувати. Маси вантажів: $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 3$ кг.



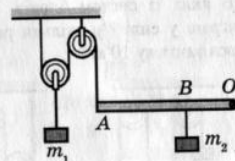
До задачі 28.12



До задачі 28.13



До задачі 28.15



До задачі 28.16

28.16^В. Важіль (див. рисунок) перебуває у рівновазі. Яка довжина важеля *AO*? Вісь обертання знаходиться в точці *O*, відстань *AB* дорівнює 40 см. Маси вантажів: $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 3$ кг, масою важеля можна знехтувати.

Див. олімпіадні задачі О-131 – О-136.

29. «ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО» МЕХАНІКИ*

Приклади розв'язання задач

29.1. За допомогою важеля піднято вантаж масою 200 кг. На яку висоту було піднято вантаж, якщо сила, що діє на довге плече важеля, здійснила роботу 400 Дж?

Дано:

$$m = 200 \text{ кг}$$

$$A = 400 \text{ Дж}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

h — ?

$$h = \frac{400 \text{ Дж}}{200 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,2 \frac{\text{Дж}}{\text{Н}} = 0,2 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = 0,2 \text{ м.}$$

Відповідь. $h = 0,2$ м.

29.2. Візок піднімають похилою площиною, прикладаючи силу 100 Н, напрямлену уздовж похилої площини. Яка маса візка, якщо довжина похилої площини 2 м, а висота 1 м?

Дано:

$$F = 100 \text{ Н}$$

$$l = 2 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

m — ?

$$m = \frac{Fl}{gh} \Rightarrow m = \frac{100 \text{ Н} \cdot 2 \text{ м}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ м}} = 20 \text{ кг.}$$

Відповідь. $m = 20$ кг.

Розв'язання.

Якщо б вантаж піднімали без застосування важеля, необхідно було б виконати роботу $A_1 = F \cdot h = mgh$. Прості механізми не дають вигравшу в роботі, тому $A = A_1$.

$$\text{Звідси } A = mgh \Rightarrow h = \frac{A}{mg};$$

Розв'язання.

Згідно із «золотим правилом» механіки при підйомі візка похилою площиною необхідно виконати таку ж саму роботу, як при вертикальному підйомі, тобто

$$Fl = F_1 h.$$

Оскільки $F_1 = mg$, дістаємо

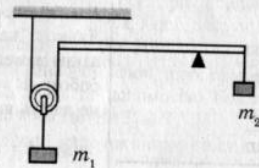
Для самостійної роботи

I-1^Д. Зобразіть систему, що складається з двох нерухомих блоків. Чи дає ця система вигравш у силі?

I-2^С. Який вигравш у силі дає система, показана на рисунку? На скільки треба витягнути вгору вільний кінець мотузка, щоб вантаж піднявся на 25 см?



До задачі I-2



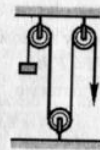
До задачі I-4

I-3^Д. Вантаж масою 300 кг піднімають за допомогою одного рухомого блока, прикладаючи силу 1600 Н. Яка маса блока?

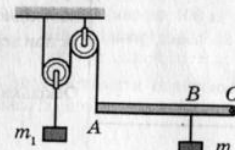
I-4^В. Невагомий важіль (див. рисунок) перебуває у рівновазі. Яка маса m_2 , якщо $m_1 = 4$ кг, довжина важеля 1 м, а точка опори знаходиться на відстані 20 см від правого кінця важеля?

II-1^Д. Зобразіть систему, що складається з двох рухомих блоків. Чи дає ця система вигравш у силі?

II-2^С. Який вигравш у силі дає система, показана на рисунку? На скільки треба витягнути вниз вільний кінець мотузка, щоб вантаж піднявся на 15 см?



До задачі II-2



До задачі II-4

II-3^Д. Яка маса вантажу, що його піднімають за допомогою одного рухомого блока, якщо прикладена сила дорівнює 130 Н, а маса блока 1 кг?

II-4^В. Невагомий важіль (див. рисунок) перебуває у рівновазі. Чому дорівнює маса m_1 , якщо довжина важеля 40 см, $AB = 30$ см, $m_2 = 6$ кг?

Розв'яжіть та запишіть

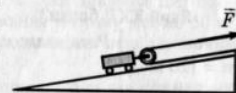
29.3^Д. Кінець ручки домкрата опускається за один хід на 20 см. Скільки качань треба зробити, щоб, прикладаючи до кінця ручки вертикальну силу 150 Н, підняти автомобіль масою 3 т на 25 см?

29.4^В. Довжина ручки гвинта ручного преса $l = 30$ см, крок гвинта (переміщення гвинта уздовж його осі при повному оберті) $h = 5$ мм. Якою буде сила F_2 тиску преса, якщо, закручуючи гвинт, прикласти до кінця ручки силу $F_1 = 200$ Н?

29.5^В. Якої довжини треба взяти гайковий ключ, щоб, прикладаючи до нього силу 100 Н, можна було за допомогою болта стиснути деталі з силою 40 кН, якщо крок гвинта 3 мм?

29.6^Д. Доведіть, що для гідравлічної машини виконується «золоте правило» механіки.

29.7^В. Візок піднімають похилою площиною за допомогою рухомого блока (див. рисунок). У скільки разів вага візка перевищує прикладену силу, якщо довжина похилої площини 7,2 м, а висота 1,2 м?



Див. олімпіадні задачі О-137, О-138.

Для самостійної роботи

I-1^С. За допомогою важеля підняли вантаж масою 200 кг. На яку висоту було піднято вантаж, якщо на довге плече важеля діяла сила 500 Н, а точка прикладання сили перемістилася на 60 см?

I-2^Д. За допомогою системи блоків вантаж масою 100 кг підняли на 3 м, прикладаючи силу 250 Н. На скільки довелося витягнути вільний кінець мотузка?

I-3^С. Яку силу треба прикласти, щоб підняти похилою площиною візок масою 30 кг, якщо висота похилої площини 50 см, а її довжина 3 м?

II-1^С. На скільки треба опустити кінець довгого плеча важеля, щоб підняти на 25 см вантаж масою 120 кг, якщо прикладена до довгого плеча важеля сила дорівнює 300 Н?

II-2^Д. За допомогою системи блоків вантаж масою 70 кг підняли на 10 м. При цьому вільний кінець мотузка довелося витягнути на 20 м. Яку силу було прикладено до вільного кінця мотузка?

II-3^С. Яка висота похилої площини, коли для того, щоб підняти за її допомогою візок масою 50 кг, треба прикласти силу 150 Н? Довжина похилої площини 10 м.

* У задачах цього розділу масою важелів і блоків, а також тертям у них можна знехтувати, якщо про інше не застережено умовою.

30. КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ МЕХАНІЗМІВ

$$\eta = \frac{A_k}{A_n} \cdot 100\%$$

Розв'яжіть усно

- 30.1^С. Чому дорівнює коефіцієнт корисної дії механізму, якщо корисна робота становить одну чверть від витраченої? Одну третину? Одну п'яту частину?

Приклад розв'язання задачі

- 30.2. Вантаж масою 120 кг піднімають за допомогою рухомого блока, прикладаючи силу 750 Н до вільного кінця мотузка. Який ККД блока?

Дано:
 $m = 120 \text{ кг}$
 $F = 750 \text{ Н}$
 $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$
 $\eta = ?$

Розв'язання.

$$\eta = \frac{A_k}{A_n} \cdot 100\%$$

Якщо вантаж піднято на висоту h , корисна робота $A_k = mgh$. Вільний кінець мотузка треба витягнути на $2h$, тому витрачена робота $A_n = F \cdot 2h$. Отже,

$$\eta = \frac{mgh}{2Fh} \cdot 100\% = \frac{mg}{2F} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{120 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{2 \cdot 750 \text{ Н}} \cdot 100\% = 80\%$$

Відповідь. $\eta = 80\%$.

Розв'яжіть та запишіть

- 30.3^С. За допомогою важеля підняли вантаж масою 150 кг на 1 м. При цьому сила, прикладена до довгого кінця важеля, здійснила роботу 2000 Дж. Який ККД важеля?
30.4^Д. За допомогою нерухомого блока підняли вантаж масою 45 кг на висоту 3 м. Який ККД блока, якщо прикладена сила дорівнює 500 Н? Чи є в умові зайві дані?
30.5^Д. Вантаж піднімають за допомогою нерухомого блока, прикладаючи силу 300 Н. Яка маса вантажу, якщо ККД становить 70%?

90

- 30.6^Д. Вантаж масою 100 кг підняли за допомогою важеля на 20 см, прикладаючи до довгого плеча важеля силу 250 Н. На скільки опустилася точка прикладання цієї сили, якщо ККД важеля дорівнює 80%?
30.7^Д. Вантаж масою 150 кг піднімають за допомогою рухомого блока, ККД якого 75%. Яка маса блока, якщо тертям у блоці можна знехтувати?
30.8^В. Вантаж масою 20 кг піднімають одного разу за допомогою нерухомого блока, другого разу — за допомогою рухомого. Маса кожного з блоків дорівнює 5 кг. Обчисліть ККД у кожному випадку, якщо тертям у блоках можна знехтувати. Чи є в умові задачі зайві дані?
30.9^Д. Вантаж втягують похилою площиною, прикладаючи в напрямку руху силу 100 Н. Який ККД похилої площини, якщо маса вантажу 30 кг, довжина похилої площини 3 м, а висота 0,5 м?
30.10^В. ККД похилої площини дорівнює 80%. Яка довжина цієї площини, якщо її висота 40 см і для підняття вантажу масою 50 кг потрібно прикласти силу 50 Н? Чому дорівнює сила тертя при підйомі вантажу?
30.11^Д. Чому дорівнює ККД гідравлічної машини, якщо для підняття вантажу масою 1,2 т необхідно прикласти до меншого поршня силу 160 Н? Площі поршнів дорівнюють 5 см^2 і 500 см^2 .

Див. олімпіадну задачу О-139.

Для самостійної роботи

- I-1^С. Вантаж масою 320 кг підняли за допомогою важеля на 25 см, прикладаючи до довгого кінця важеля силу 800 Н. Який ККД важеля, якщо точка прикладання цієї сили перемістилася на 1 м 25 см?
I-2^Д. Тіло піднімають похилою площиною, прикладаючи в напрямку руху силу 30 Н. Яка маса тіла, якщо довжина похилої площини 1 м, висота 25 см і ККД дорівнює 80%?
I-3^Д. Вантаж піднімають за допомогою рухомого блока масою 20 кг. Яка маса вантажу, якщо ККД становить 80% і тертям у блоці можна знехтувати?
II-1^С. Вантаж масою 120 кг піднімають за допомогою рухомого блока, прикладаючи до вільного кінця мотузка силу 800 Н. Чому дорівнює ККД блока?
II-2^Д. Яку силу треба прикласти в напрямку руху, піднімаючи тіло похилою площиною, якщо маса тіла 120 кг, довжина похилої площини 2 м, висота 25 см, а ККД дорівнює 60%?
II-3^Д. Вантаж масою 270 кг піднімають за допомогою нерухомого блока. Яку силу необхідно прикласти до вільного кінця мотузка, якщо ККД блока дорівнює 90%?

91

31. ЕНЕРГІЯ

- 31.1^С. Які перетворення енергії відбуваються при русі каменя, кинутого угору? Опором повітря можна знехтувати.
31.2^С. Стальна кулька падає на металеву плиту і відскакує від неї. Які перетворення енергії відбуваються при падінні кульки, під час її стикання з плитою, при підйомі?
31.3^С. Автомобіль розганяється горизонтальною дорогою. Чи змінюється його потенціальна енергія? Кінетична енергія? Чи виконує роботу сила тяжіння, що діє на автомобіль?
31.4^С. Опишіть якісно, як змінюються потенціальна і кінетична енергія літака при зльоті і посадці.
31.5^Д. Супутник рухається навколо Землі коловою орбітою. Чи виконує роботу сила тяжіння, що діє на супутник?
31.6^Д. Чи змінюється потенціальна енергія човна, що пливе за течією річки?
31.7^В. Дерев'яний брусок опустили на дно акваріума і відпустили. Як змінюється потенціальна енергія бруска при його спливанні? Як змінюється при цьому потенціальна енергія води? Як змінюється сума потенціальних енергій бруска і води?
31.8^Д. При рівномірному русі мотор автомобіля розвиває звичайну потужність, що не перевищує 10% його максимальної потужності. Для чого потрібен такий великий запас потужності двигуна?

Приклад розв'язання задачі

- 31.9. Ескалатор піднімає людину масою 70 кг, що стоїть на ньому. Висота ескалатора 50 м, довжина 200 м. Яка робота виконується двигуном ескалатора при підйомі цієї людини, якщо ескалатор рухається зі швидкістю 1 м/с? Чи є в умові зайві дані?

Дано:
 $m = 70 \text{ кг}$
 $h = 50 \text{ м}$
 $l = 200 \text{ м}$
 $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $A = ?$

Розв'язання.

Робота, виконувана двигуном ескалатора при підйомі людини, витрачається на збільшення потенціальної енергії людини: $A = mgh$.

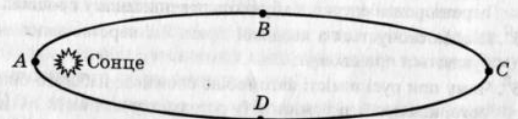
$$A = 70 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 50 \text{ м} = 35\,000 \text{ Н} \cdot \text{м} = 35\,000 \text{ Дж.}$$

Відповідь. $A = 35 \text{ кДж}$; зайві дані — довжина ескалатора та його швидкість.

92

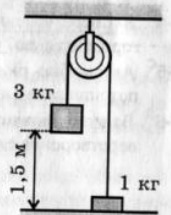
Розв'яжіть та запишіть

- 31.10^Д. Камінь масою 5 кг піднімають на 1 м. Яку роботу виконують при цьому, якщо прикладена до каменя сила дорівнює 50 Н? Як зміниться відповідь, якщо прикладена сила дорівнює 100 Н? Енергії якого виду набув камінь у кожному із цих випадків?
31.11^Д. На рисунку схематично показано траєкторію однієї з комет Сонячної системи. Повторіть рисунок у зошиті і позначте на ньому, в якій точці траєкторії потенціальна енергія комети є максимальною? Мінімальною? Що можна сказати про кінетичну енергію комети в позначених вами точках?



До задачі 31.11

- 31.12^С. Під час циркової вистави слон масою 3 т піднявся на тумбу заввишки 50 см, а його дресировальника масою 80 кг підняли під самий купол на висоту п'ятиповерхового будинку (15 м). Хто з них набув більшої потенціальної енергії — слон чи дресировальник? На скільки більшої?
31.13^С. Збільшиться чи зменшиться сумарна потенціальна енергія вантажів (див. рисунок), якщо відпустити менший вантаж? На скільки?
31.14^Д. На скільки потенціальна енергія стовпчика з 3-х цеглин більша, ніж потенціальна енергія цих самих цеглин, що лежать поруч? Маса кожної цеглини 6 кг, товщина цеглини 10 см.
31.15^В. Хлопчик масою 40 кг біжить ескалатором, що піднімається, зі швидкістю 2 м/с. Висота ескалатора 30 м, довжина 120 м. Яка робота виконується двигуном ескалатора при підйомі хлопчика, якщо ескалатор рухається зі швидкістю 1 м/с? Чи є в умові зайві дані?



До задачі 31.13

- 31.16^В. Які перетворення енергії відбуваються при підйомі повітряної кулі?

Див. олімпіадні задачі О-140 – О-149.

93

- 1-1^С. Камінь масою 3 кг піднімають на 7 м. На скільки зміниться потенціальна енергія каменя?
- 1-2^С. На яку висоту треба підняти тіло масою 15 кг, щоб потенціальна енергія тіла збільшилася на 45 Дж?
- 1-3^А. Мідний і алюмінієвий бруски однакового об'єму підняли на однакову висоту. Для якого бруска зміна потенціальної енергії більша? У скільки разів більша?
- 1-4^С. Пружинний пістолет заряджають кулькою і стріляють угору. Які перетворення енергії відбуваються в описаному процесі?
- 1-5^С. Шайба скочується з льодяної гірки. Які перетворення енергії відбуваються при цьому?
- 1-6^А. Чому при русі в місті автомобіль споживає набагато більше пального, ніж при їзді за містом (у розрахунку на 1 км)?
- 11-1^С. На скільки зміниться потенціальна енергія каменя вагою 25 Н при опусканні його на 2 м?
- 11-2^С. Яка маса тіла, якщо при його підйомі на 4 м його потенціальна енергія збільшується на 100 Дж?
- 11-3^А. Гранітну і бетонну плити підняли на однакову висоту; при цьому їхні потенціальні енергії змінилися однаково. Об'єм якої плити більший? У скільки разів більший?
- 11-4^С. Які перетворення енергії відбуваються при русі каменя, кинутого горизонтально? Опором повітря можна знехтувати.
- 11-5^С. Автомобіль рівномірно піднімається в гору. Як змінюються його потенціальна і кінетична енергії?
- 11-6^А. Вантаж, підвішений на нитці (маятник), здійснює коливання. Які перетворення енергії відбуваються при цьому?

94

- О-10. О 4 годині вечора пасажир потяга проїхав повз кілометровий стовп, на якому було написано 1456 км, а о 7 годині ранку наступного дня — повз стовп з надписом 676 км. О котрій годині пасажир приїде на станцію, з якої ведеться відрядження відстані? Рух потяга вважайте рівномірним.
- О-11. В якому напрямку і з якою швидкістю має летіти літак, знаходячись поблизу екватора, щоб сонце для нього стояло весь час у зеніті?
- О-12. Білий і чорний лебеді летять один за одним з однаковою швидкістю, причому чорний відстає на 1 м. Цей політ знімають за допомогою встановленої на штативі кінокамери. На двох сусідніх кадрах в одному й тому ж місці виявилися різні лебеді. Яка швидкість польоту, якщо щосекунди кінокамера робить 16 кадрів?
- О-13. Чорний автомобіль доганяє зі швидкістю 160 км/год білий автомобіль, що мчить зі швидкістю 120 км/год. У початковий момент відстань між ними 100 км. Коли білий автомобіль проїхав 80 км, дорогу йому перебігла чорна кішка. Водій зупинив машину і, вагаючись, простояв 20 хв, після чого продовжив рух із попередньою швидкістю. Накресліть графіки залежності шляху від часу для обох автомобілів і, користуючись графіком, знайдіть, через який час після появи чорної кішки чорний автомобіль наздожене білий.
- О-14. Автомобіль проїхав половину шляху зі швидкістю 60 км/год; половину решти часу він їхав зі швидкістю 15 км/год, а останню ділянку — зі швидкістю 45 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- О-15. Велосипедист половину часу всього руху їхав зі швидкістю 20 км/год, половину решти шляху зі швидкістю 12 км/год, а останню ділянку — їшов зі швидкістю 6 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?
- О-16. Мандрівник їхав спочатку на коні, а потім на вісліюку. Яку частину шляху і яку частину всього часу руху він їхав на коні, якщо середня швидкість мандрівника, як виявилось, дорівнювала 12 км/год, швидкість їзди на коні 30 км/год, а на вісліюку — 6 км/год?
- О-17. Спортсмен подолав дистанцію 5 км. Перший кілометр він пробіг за 3 хв, а на кожний наступний кілометр у нього йшло на t секунд більше, ніж на попередній. Знайдіть t , якщо відомо, що середня швидкість на всьому шляху виявилася такою, як коли б спортсмен пробігав кожний кілометр за 3 хв 12 с.

96

ВИМІРЮВАННЯ. ВІДОМОСТІ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

- О-1. Як визначити, яку частку об'єму піску займають самі піщинки, а яку — повітря? Яке обладнання вам для цього знадобиться?
- О-2. Іграшкове відерце має таку ж форму, як справжнє відро, проте висота іграшкового відерця в 4 рази менша. Скільки іграшкових відерців води потрібно вилити у справжнє відро, щоб наповнити його?
- О-3. Сильно охолодивши повітря, його можна зробити рідким. При цьому об'єм, який займає повітря, зменшується майже в 700 разів. Зробіть висновок з цього факту: яку частку об'єму газу становить об'єм самих молекул?
- О-4. Ви спостерігаєте з вікна юрбу людей на площі, що прийшли на святкове гуляння. На площі тісно. Якщо подумки замінити кожну людину молекулою, то який стан речовини це нагадує?
- О-5. Рибалка плыв річкою на човні, зачепив капелюхом за міст, і капелюх впав у воду. Через годину рибалка схаменувся, повернувшись назад і підібрав капелюха на 4 км нижче від моста. Яка швидкість течії? Швидкість човна відносно води залишалася незмінною за модулем.
- О-6. Велосипедист їде рівною прямою дорогою. Одну точку на ободі колеса велосипеда позначено синьою фарбою, а точку на спиці — червоною фарбою. Намалюйте приблизні траєкторії цих точок, розглядаючи рух відносно Землі.
- О-7. З селища А прямою дорогою виїхав велосипедист. Коли він проїхав 16 км, наздогін йому виїхав мотоцикліст зі швидкістю, у 9 разів більшою за швидкість велосипедиста, і наздогнав його у селищі Б. Яка відстань між селищами?
- О-8. Людина 3 км йшла пішки, а потім 20 км їхала на велосипеді. У скільки разів швидкість їзди більша за швидкість ходьби, якщо їхала вона удвічі довше, ніж йшла?
- О-9. Відстань від Землі до найближчої зірки (не рахуючи Сонця) дорівнює приблизно 38 трильйонам кілометрів (у цьому числі 14 знаків). Який час їде до нас світло від цієї зірки?

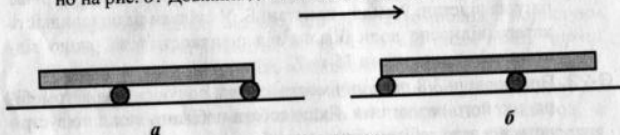
МЕХАНІЧНИЙ РУХ

95

- О-18. Турист, вийшовши з палатки, їшов рівниною, піднявся на гору й одразу повернувся тією ж дорогою. При цьому турист пройшов 12 км, а вся подорож зайняла 3 год 30 хв. Яка довжина спуску, якщо рівниною турист їшов зі швидкістю 4 км/год, вгору — зі швидкістю 2 км/год, а вниз — зі швидкістю 6 км/год?
- О-19. Чи можна розв'язати попередню задачу, якщо вся подорож зайняла 4 год, швидкість руху туриста рівниною 3 км/год, а решта даних лишилася такою самою?
- О-20. Де вдасться швидше проплисти туди і назад одну й ту ж саму відстань моторним човном — у річці чи в озері? Швидкість човна відносно води є однаковою.
- О-21. Від пристані А униз за течією одночасно рушили пліт і моторний човен. Допливши до пристані Б, човен одразу ж повернувшись назад, повернувся до А, знов розвернувшись і прибув до Б водночас із плотом. У скільки разів швидкість човна відносно води більша за швидкість течії?
- О-22. Від пристані А одночасно відчалиють пліт і катер. Катер допливає до пристані Б і, одразу ж повернувшись назад, зустрічає пліт на відстані 9 км від пристані Б. У скільки разів швидкість катера відносно води більша від швидкості течії, якщо відстань між пристанями 15 км?
- О-23. Пройшовши $\frac{3}{8}$ довжини моста, собака почув сигнал автомобіля, що його наздоганяв. Якщо собака побіжить назад, то зустріне з автомобілем біля одного краю моста, а якщо побіжить уперед, то зустріне з ним біля другого краю моста. У скільки разів швидкість автомобіля більша від швидкості собаки?
- О-24. Кільцева траса для випробування автомобілів складається з ділянок, що чергуються, — асфальтованих і ґрунтових, причому довжина кожної ділянки 1 км. Асфальтованою дорогою автомобілі їдуть зі швидкістю 90 км/год, ґрунтовою — зі швидкістю 36 км/год. Два автомобілі одночасно стартують у різні боки від точки, що знаходиться на межі ділянок. Через який час вони зустрінуться, якщо довжина траси 12 км? Як зміниться відповідь, якщо довжина траси дорівнюватиме 14 км?
- О-25. Куля пробиває навліт порожнистий циліндр, що обертається навколо своєї осі, роблячи 500 обертів на секунду. При цьому в циліндрі виявляється лише один отвір. З якою швидкістю летіла куля, якщо траєкторія кулі перерізала вісь циліндра під прямим кутом? Радіус циліндра 15 см.

97

- O-26. Трактор їде зі швидкістю 10 м/с. З якою швидкістю рухаються відносно землі ланки гусениць трактора, коли вони знаходяться в нижній точці? У верхній?
- O-27. Велосипед їде дорогою зі швидкістю $v = 5$ м/с. З якою швидкістю відносно дороги рухаються вісь колеса велосипеда, нижня точка колеса, верхня точка колеса? Шини велосипеда залишають чіткі відбитки на дорозі (тобто колеса котяться без проковзування).
- O-28. Людина прокотила долонею підлогу круглий олівець по столу. Який шлях пройшов олівець відносно стола, якщо довжина долони 10 см? На скільки перемістилася при цьому відносно стола долоня?
- O-29. Важку скриню переміщують, підкладаючи під неї котки — однакові шматки труби. На яку відстань переміщуються котки, коли скриня переміщується на 1,2 м?
- O-30. Дошку прокочують по двох котках (див. рис. а, на якому зображено початкове положення). Який шлях відносно дороги пройде дошка, коли вона займе кінцеве положення, яке показано на рис. б? Довжина дошки 10 м, відстань між котками 6 м.



До задачі O-30

- O-31. Два приятелі повинні якомога швидше дістатися з одного селища в інше. За який час їм вдасться це зробити, якщо в них є один велосипед на двох? Швидкість їзди кожного з приятелів на велосипеді 20 км/год, швидкість ходьби 6 км/год, а відстань між селищами 40 км; їхати удвох велосипедом не можна.
- O-32. Три туристи, що мають у своєму розпорядженні 2 велосипеди, мусять у найкоротший термін потрапити на базу. За який час їм усім трьом вдасться це зробити, якщо швидкість їзди кожного з туристів велосипедом 16 км/год, швидкість стрімкої ходьби 8 км/год, відстань до бази 48 км?
- O-33. Батько й син повинні якомога швидше дістатися від одного селища до іншого, що знаходиться на відстані 45 км. За який час вони зможуть це зробити, якщо в їхньому розпорядженні один велосипед, на якому може їхати лише одна людина? Батько

їде велосипедом зі швидкістю 25 км/год, біжить зі швидкістю 10 км/год, відповідні швидкості для сина 12,5 км/год і 5 км/год.

- O-34. Якщо рух і спокій є відносними, то чому ми все ж так вважаємо, що Земля обертається навколо Сонця, а не Сонце навколо Землі (як вважали в старовину)?

МАСА І ГУСТИНА. СИЛИ

- O-35. Дві кулі, що рухалися назустріч одна одній, зіштовхуються. В результаті перша куля, що мала швидкість 5 м/с, зупинилася. Друга ж куля, що мала швидкість 3 м/с, відлетіла назад зі швидкістю 2 м/с. Маса якої кулі більша і у скільки разів?
- O-36. Куля налітає на куб, що перебуває у спокої, і відскакує від нього. Швидкість кулі до удару 11 м/с, після удару 4 м/с, швидкість куба після удару 5 м/с. Усі швидкості напрямлені уздовж однієї прямої. Яке відношення мас куба і кулі?
- O-37. Два цапи з розбігу зіткнулися рогами і покотилися клубком по землі зі швидкістю 3 м/с. Швидкість першого цапа перед зіткненням дорівнювала 12 м/с. Якою була швидкість другого цапа перед зіткненням, якщо маси цапів однакові?
- O-38. Чи можна за допомогою важільних терезів порівняти маси двох тіл, знаходячись у кабіні космічного корабля?
- O-39. Є два бруски: мідний та алюмінієвий. Об'єм одного з цих брусків на 50 см³ більший, ніж об'єм другого, а маса на 175 г менша, ніж маса другого. Які об'єми і маси брусків?
- O-40. Куля масою 1 кг летіла зі швидкістю 27 м/с і налетіла на суцільний алюмінієвий куб, що перебував у спокої. В результаті зіткнення куля зупинилася, а куб почав рухатися зі швидкістю 10 м/с. Яка довжина ребра алюмінієвого куба?
- O-41. Яка густина суміші з гліцерину і спирту, якщо об'єм спирту становить половину об'єму суміші? Як зміниться відповідь, якщо маса спирту становить половину маси суміші?
- O-42. У покинутому парку діти викопали два зливки. На кожному з них було викарбувано старовинними літерами, що він складається з двох частин золота і трьох частин срібла. Коли виміряли маси злиwkів та їхні об'єми, дістали такі дані: $m_1 = 4,6$ кг, $V_1 = 357$ см³; $m_2 = 3,2$ кг, $V_2 = 228$ см³. Який із надписів може бути правильним?

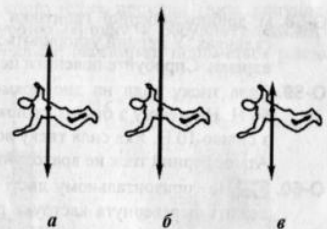
99

- O-43. За легендою, цар попросив Архімеда з'ясувати, чи зроблено корону з чистого золота або сплаву золота зі сріблом. Архімед виміряв масу корони, а потім, опустивши її у наповнену до країв посудину з водою і вимірявши об'єм витісненої води, узнав об'єм корони. Припустимо, виявилось, що маса корони 2,6 кг, а її об'єм 180 см³. Чи може така корона бути зроблена з чистого золота? Якщо її зроблено зі сплаву, то чого в ній більше (за масою і об'ємом): золота чи срібла?

- O-44. Порожній мідний куб із довжиною ребра $a = 6$ см має масу $m = 810$ г. Яка товщина стінок куба?
- O-45. На нікелювання сталю куб витрачено 4,8 г нікелю. Яка маса куба, якщо товщина шару нікелю дорівнює 0,009 мм?
- O-46. Як на досліді визначити процентний вміст солі в морській воді, користуючись чутливими терезами?
- O-47. Посудину невідомого об'єму до країв наповнено невідомою рідиною. Як знайти густину рідини, якщо у вашому розпорядженні є мідна деталь неправильної форми і терези? Опишіть послідовність ваших дій.
- O-48. Зірка — білий карлик, супутник Сиріуса, має діаметр 10 000 км (менший, ніж у Землі), але маса цього «карлика» у 350 тисяч разів більша за масу Землі. Порівняйте масу літрової банки, наповненої речовиною «карлика», з масою товарного состава, що складається з 60 вагонів по 60 т у кожному: яка з них більша і на скільки?
- O-49. Є три однакових ящики зі свинцевим дробом. У першому ящику крупний дріб, у другому — дрібний, а у третьому — суміш крупного і дрібного. Маса якого ящика більша? Розміри ящиків вважайте набагато більшими за розмір дробинки.
- O-50. Зобразіть на схематичному рисунку сили, що діють на кинуту вертикально вгору кулю в той момент, коли вона: а) тільки-но випущена з руки; б) пролетіла вгору половину шляху; в) досягла верхньої точки; г) пролетіла вниз половину шляху; д) підлітає до землі. При розв'язуванні врахуйте, що сила опору повітря зростає зі збільшенням швидкості.
- O-51. На рисунках а, б, в показано сили, що діють на парашутиста під час зтяжного стрибка з великої висоти. Який з рисунків відповідає початку стрибка? Моменту безпосередньо після розкриття парашута? Яким моментам часу може

відповідати третій із рисунків? Назвіть сили, що діють на парашутиста в кожному випадку.

- O-52. На нитках підвішено кулю (див. рис. а, б). Повторіть рисунки в зошиті і зобразіть на них усі сили, що діють на кулю.



До задачі O-51



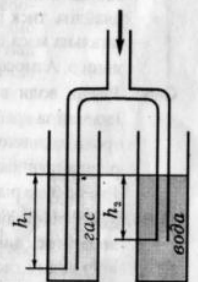
До задачі O-52

До задачі O-53

- O-53. На міцному стержні, вправленому у підлогу, стелю або стіну, укріплено кулю (див. рис. а, б, в). Повторіть рисунки в зошиті і зобразіть на них усі сили, що діють на кулю.

ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ, РІДИН І ГАЗІВ

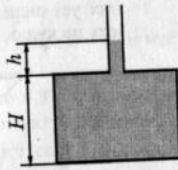
- O-54. Брусок масою $m = 2$ кг має форму паралелепіпеда. Лежачи на одній із граней, він створює тиск $p_1 = 1$ кПа, лежачи на іншій — тиск 2 кПа, стоячи на третій — тиск 4 кПа. Які розміри бруска?
- O-55. У мензурці знаходяться 3 шари рідин (ртуть, вода і машинне масло) завтовшки по 20 см. На якій глибині тиск у рідині дорівнює 7,9 кПа? Атмосферний тиск не враховуйте.
- O-56. У якій посудині раніше почнуть з'являтися бульбашки повітря, якщо дуту в трубку з двома відгалуженнями (див. рисунок)? Який надлишковий тиск p у трубці треба створити для вивідання перших бульбашок, якщо $h_1 = 30$ см, $h_2 = 20$ см?
- O-57. Яка рідина раніше потрапляє у верхню частину трубки, якщо не дуту в неї, а втягувати повітря (див. рисунок)?



До задач O-56, O-57

- О-58. Із дрібнокаліберної гвинтівки по черзі стріляють по двох склянках. У першій утворюються отвори, а друга розлітається вдвічі. Спробуйте пояснити це явище.
- О-59. Сила тиску води на дно прямокутного акваріума дорівнює 60 Н. На меншу з бічних стінок заввишки 20 см вода тисне з силою 10 Н. Яка сила тиску води на більшу з бічних стінок? Атмосферний тиск не враховуйте.

- О-60. На горизонтальному листі гуми лежить перевернута каструля радіусом $R = 10$ см і заввишки $H = 15$ см. У дні каструлі просвердлено круглий отвір із радіусом $r = 1$ см, в який щільно вставлено легку вертикальну трубку (див. рисунок). У каструлю через трубку наливають воду. Коли вода заповнює всю каструлю і піднімається трубкою на $h = 4$ см, вона починає витікати з-під каструлі. Яка маса m каструлі?

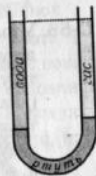


- О-61. На горизонтальному листі гуми лежить перевернутий казанок, що має форму півсфери радіусом R . У верхній точці перевернутого казанка є маленький отвір, через який наливають воду. За якої маси казанка вода може витікати знизу?

- О-62. Два важких поршні жорстко зв'язані між собою стержнем завдовжки l (див. рисунок). Площа меншого поршня S , площа більшого $2S$. Знайдіть тиск рідини на більший поршень, якщо загальна маса поршнів і стержня M , а густина рідини ρ . Атмосферний тиск не враховуйте.



- О-63. Рівень води в U-подібній трубці на $h = 45$ см нижчий за край трубки. В одне з колін трубки потрахи доливають гас. За якої висоти стовпа гасу рідина починає переливатися через край трубки? Яка це буде рідина?



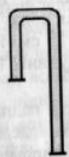
- О-64. В U-подібній трубці знаходяться ртуть, вода і гас (див. рисунок). Знайдіть висоту стовпів води і гасу, якщо у правому коліні трубки рівень ртуті на $h = 1$ см вищий, ніж у лівому.

102

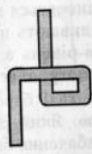
- О-73. Яку силу F треба прикласти, щоб відірвати одну від одної магдебурзькі півкулі? Радіус півкуль $R = 10$ см. Тиском повітря всередині півкуль можна знехтувати.

- О-74. Чи змінюватиметься внаслідок змін атмосферного тиску об'єм бульбашки повітря, що випадково потрапила в барометричну трубку і «розірвала» стовпчик ртуті? Чи зміниться відповідь, якщо трубку нахилити так, щоб ртуть заповнила її до країв?

- О-75. Сифон. Зігнули трубку, зображену на рисунку, заповнено рідиною. Кінці трубки закриті. Що станеться, якщо їх відкрити? Якщо відкрити лише один кінець?



До задачі О-75



До задачі О-76

- О-76. Зігнули трубку (див. рисунок) заповнено водою і закрито з одного кінця. Що станеться, якщо відкрити трубку?

- О-77. Чому жоден з астероїдів (малих планет) не має атмосфери?

АРХІМЕДОВА СИЛА. ПЛАВАННЯ ТІЛ

- О-78. Яка густина підвишеного до динамометра бруска, якщо при повному зануренні бруска в гас покази динамометра зменшуються з 12 Н до 8 Н?

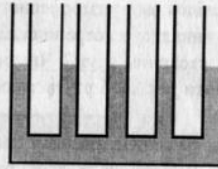
- О-79. Коли підвишений до динамометра порожнистий алюмінієвий циліндр опустили у гас, покази динамометра зменшилися в 1,5 раза. Яку частину об'єму циліндра займає порожнина?

- О-80. Арістотель зважував порожній шкіряний мішок і той самий мішок, заповнений повітрям. В обох випадках покази терезів були однакові. Арістотель дійшов із цього висновку, що повітря нічого не важить. У чому полягала його помилка?

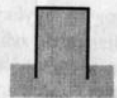
- О-81. Міст опирається на вертикальні палі, що глибоко входять у твердий ґрунт. Чи діє на палі архімедова сила?

104

- О-65. П'ять однакових сполучених посудин (див. рисунок) частково заповнено водою. В одну з посудин доливають шар гасу заввишки $h = 25$ см. На скільки підніметься рівень води в решті посудин?



До задачі О-65



До задачі О-69

- О-66. У циліндричних сполучених посудинах, площі перерізу яких відносяться як 3 : 1, знаходиться вода. У вузьку посудину доливають шар гасу заввишки 25 см. На скільки підніметься рівень води в широкій посудині? Гас в що посудину не потрапляє.

- О-67. На шкалі барометра іноді роблять надписи «Ясно» чи «Хмарно». Який із цих надписів відповідає вищому тиску? Чому завбачення барометра не завжди виправдовуються? Що завбачатиме барометр на вершині високої гори?

- О-68. Раніше на літаках установлювали барометри-анероїди, щоб за їх показами льотчик міг судити про висоту польоту (адже атмосферний тиск змінюється з висотою). Чому цей метод виявився не дуже надійним, особливо при польотах на малих висотах?

- О-69. З води виймають догори дном легкий кухоль (див. рисунок). Яку силу F необхідно прикласти в той момент, коли дно кухля знаходиться на висоті $h = 10$ см над поверхнею води, якщо площа дна кухля $S = 100$ см²?

- О-70. Трубку ртутного барометра підвісили до динамометра (див. рисунок). Як змінюватимуться покази динамометра при зміні атмосферного тиску?

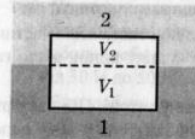
- О-71. Оцініть масу атмосфери Землі, скориставшись наведеними в Додатку відомостями.

- О-72. Яким (наближено) став би тиск атмосфери, якщо б вода усіх океанів випарувала? Скористайтеся наведеними в Додатку відомостями.

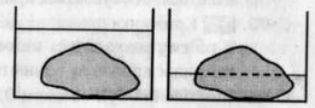


103

- О-82. Брусок знаходиться на межі двох рідин, що мають густини ρ_1 і ρ_2 , витісняючи об'єми V_1 і V_2 відповідних рідин (див. рисунок). Яка архімедова сила F_A діє на брусок?



До задачі О-82



До задачі О-84

- О-83. Зважування на важільних терезах здійснюють за допомогою сталевих гир. При зважуванні яких тіл архімедова сила з боку повітря зовсім не знижує точності зважування?

- О-84. Камінь лежить на дні посудини з водою (див. рис. а, б). Як зміниться сила тиску каменя на дно у випадках а і б, якщо зверху долити гас (гас не змішується з водою)?

- О-85. У посудину з водою, що стоїть на терезах, опускають на нитці чавунний брусок масою 700 г, який цілком занурюється у воду, але не торкається дна чи стінок посудини. На скільки зміняться покази терезів? Вода з посудини не виливається.

- О-86. Відро з водою стоїть на терезах. Як зміняться покази терезів, якщо у воду опустити на легкому мотузку чавунну кулю масою 7 кг? Розгляньте два випадки: а) кінець мотузку тримають у руках; б) кінець мотузку прив'язано за дужки відра.

- О-87. Човен плаває в маленькому басейні. Як зміниться рівень води в басейні, якщо викинути з човна в басейн камінь?

- О-88. Як зміниться відповідь у задачі 24.11, якщо у шматок льоду було заморожено: а) пробку; б) свинцеву кульку?

- О-89. Напівізотоплений човен плаває в маленькому басейні. Як зміниться рівень води в басейні, якщо вичерпати воду з човна в басейн?


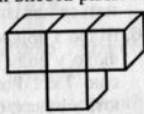
- О-90. В акваріумі з вертикальними стінками висота шару води $h_1 = 10$ см. Коли хлопчик спустив на воду металевий човник, рівень води став $h_2 = 13$ см, а коли він перевернув і потопив цей човник, рівень води опустився до $h_3 = 11$ см. Яка густина ρ сплаву, з якого зроблено човник?

- О-91. У закритій пластмасовій пляшці (див. рисунок) плаває відкрита перевернута пробірка («водолаз»), з прикріпленням знизу пласти-





105

ліном. Якщо стінки пляшки стиснути рукою, пробірка тоне. Поясніть поведінку «водолаза».

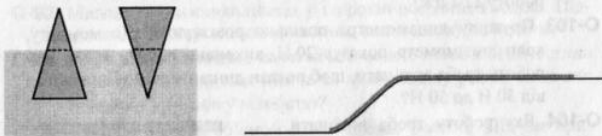
- O-92. Маленька крижинка плаває у широкій посудині з водою. Підніметься чи опуститься крижинка, якщо зверху долити гас?
- O-93.  Крижинка плаває на межі між водою і гасом. Яка частина її об'єму знаходиться нижче за межу поділу рідин, якщо гас покриває крижинку повністю?
- O-94. Сигнальний буй об'ємом $0,6 \text{ м}^3$ плаває у затоці. Під час припливу якірний ланцюг натягнуто і буй занурено у воду наполовину. Під час відпливу ланцюг не натягнуто і буй занурено у воду на 20% його об'єму. Чи вдасться під час відливу підняти якір вертикальною силою $1,5 \text{ кН}$?
- O-95. Як виміряти густину пластиліну, використовуючи лише мензурку з водою?
- O-96. У вашому розпорядженні широка мензурка, шматок пластиліну і металева кулька. Як виміряти густину пластиліну і металу? Зробіть цей дослід.
- O-97.  На дні акваріума стоїть склеєна з 4 однакових кубиків деталь (див. рисунок). Довжина ребра кожного кубика 10 см . В акваріум повільно наливають воду. Коли висота рівня води сягає 10 см , деталь відривається від дна. Дослід повторюють, натерши нижню грань деталі парафіном (тепер вода не підтікає під цю грань). До якої висоти h треба тепер налити в акваріум воду, щоб деталь відірвалася від дна?

РОБОТА, ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГІЯ. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ

- O-98.  Пружину розтягнуто на $l = 10 \text{ см}$; її утримують у розтягнутому стані, прикладаючи силу $F = 100 \text{ Н}$. Яку роботу A було виконано при розтягуванні пружини?
- O-99. Щоб розтягнути пружину на 30 см , знадобилося виконати роботу 15 Дж . Яку силу треба прикладати, щоб утримувати пружину в розтягнутому стані?
- O-100.  Доведіть, що робота, яку необхідно виконати для розтягування пружини, прямо пропорційна до квадрату видовження пружини.
- O-101. Пружину розтягнули на 1 см , а потім — ще на 1 см . При якій із цих дій довелося виконати більшу роботу? У скільки разів?

106

занурення конуса? Чи однакові сили Архімеда діють на цілком занурений у воду конус у першому і другому випадках?



До задачі O-110

До задачі O-112

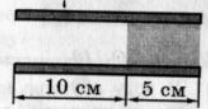
- O-111. У воду опущено нижній край довгої вертикальної труби. Щільно прилеглий до стінок труби легкий поршень площею $S = 100 \text{ см}^2$ може переміщуватися уздовж труби з дуже малим тертям. Яку роботу A_1 необхідно виконати, щоб підняти поршень на висоту $h_1 = 10 \text{ м}$ від поверхні води? Якою буде робота A_2 при підйомі поршня на висоту $2h_1$?
- O-112. Шнур, що лежить на нижній горизонтальній ділянці гладкої поверхні, треба перемістити у положення, показане на рисунку. Яку найменшу роботу знадобиться виконати? Сила F , необхідна для утримання шнура в кінцевому положенні, дорівнює 2 Н , довжина схилу 1 м , довжина шнура 3 м .
- O-113. Яку роботу виконує сила тиску газів при виштовхуванні ядра з гармати, якщо довжина ствола $1,6 \text{ м}$, радіус ядра 10 см , а середній тиск у стволі гармати під час пострілу у 2000 разів більший за тиск атмосфери?
- O-114. Гібралтарська протока утворилася «лише» близько 5 мільйонів років тому, і гігантський водоспад, що виник тоді, почав заповнювати басейн Середземного моря водою з Атлантичного океану. Щосекунди з висоти 800 м скидався один мільйон кубометрів води. У скільки разів потужність цього «надводоспаду» більша за потужність великої сучасної гідроелектростанції ($8 \cdot 10^3 \text{ МВт}$)?
- O-115. Електромотор піднімає зі сталою швидкістю v вантаж, що висить на важкому ланцюгу. Маса вантажу M , довжина ланцюга l , маса ланцюга m . Яку потужність N розвиває мотор у той момент, коли вантаж піднято на висоту x ?
- O-116. Перший мотор піднімає вантаж масою m_1 зі швидкістю v_1 , а другий піднімає вантаж масою m_2 зі швидкістю v_2 . З якою швидкістю v піднімає вантаж масою M мотор, потужність якого дорівнює сумі потужностей перших двох моторів?

108

O-102. Щоб розтягнути пружину на 3 см , треба виконати роботу 30 Дж . На скільки розтягнулася б пружина, якщо б виконали роботу 120 Дж ?

O-103. Пружину динамометра повільно розтягують. До моменту, коли динамометр показує 20 Н , виконано роботу 1 Дж . Яку роботу треба виконати, щоб покази динамометра збільшилися від 30 Н до 50 Н ?

O-104. Яку роботу треба виконати, щоб витягнути пробку із трубки, рухаючи її праворуч (див. рисунок), якщо для того, щоб пробка зсунулася, треба прикласти силу 20 Н ? Як зміниться відповідь, якщо пробку треба витягнути, рухаючи її ліворуч? Вважайте, що сила тертя, яка діє на пробку, пропорційна до площі стикання пробки і трубки.




O-105. Цвях завдовжки 10 см забито по голівку у дошку завтовшки 4 см . Яку роботу треба виконати, щоб витягнути цвях, якщо на початку витягування треба прикласти силу 20 Н ?

O-106. На поверхні води в озері плаває товста дошка. В якому випадку доведеться виконати більшу роботу: піднімаючи дошку так, щоб її нижній бік торкався води, або занурюючи її так, щоб дошка занурилася у воду повністю? Густина деревини 500 кг/м^3 .

O-107. В озері плаває плоска крижина. В якому випадку доведеться виконати більшу роботу: піднімаючи крижину так, щоб її нижній бік торкався води, чи занурюючи її так, щоб крижина занурилася у воду повністю? У скільки разів одна робота більша за іншу?

O-108. На дні великого акваріума лежить алюмінієвий куб із довжиною ребра 10 см . Глибина води в акваріумі 20 см . Яку роботу треба виконати, щоб підняти куб на 10 см ? Ще на 10 см ? Ще на 10 см ? Зміною рівня води в акваріумі можна знехтувати.

O-109. На дні озера лежить бетонна плита завтовшки $0,5 \text{ м}$ і масою 5 т . Її підняли так, що її нижня грань знаходиться на висоті 1 м над поверхнею води. Яку роботу виконано при цьому, якщо глибина озера 2 м ?

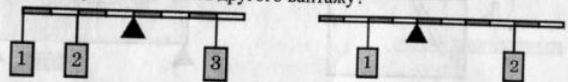
O-110.  Легкий суцільний конус занурюють у воду один раз вершиною вгору, удруге — вершиною униз (див. рисунок). В якому випадку треба виконати більшу роботу для повного

107

O-117. Пружину розтягнули на 5 см за 3 с . Яку середню потужність при цьому розвивали, якщо задано утримання пружини в розтягнутому стані потрібна сила 120 Н ?



O-118. Для відкачування води з підвалу застосовують насос потужністю 300 Вт . Ширина підвалу 6 м , довжина 24 м , висота 4 м . Перед початком відкачування рівень води в підвалі знаходиться на рівні землі. Який час піде на відкачування? Вважайте, що при відкачуванні потужність насоса залишалася незмінною.

O-119. Маса першого вантажу (див. рисунок) 1 кг , маса третього вантажу 2 кг . Яка маса другого вантажу?



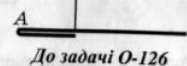
До задачі O-119

До задачі O-120


- O-120.  Маса першого вантажу (див. рисунок) 5 кг , маса важеля 2 кг . Яка маса другого вантажу?
- O-121.  Стержень масою $m = 9 \text{ кг}$ і довжиною $l = 1 \text{ м}$ лежить на двох опорах. Одна з них знаходиться біля лівого краю стержня, а друга — на відстані $a = 10 \text{ см}$ від правого краю. З якою силою діє на стержень кожна з опор?
- O-122. Однорідний стержень завдовжки 1 м підвішено горизонтально на двох динамометрах. Перший динамометр знаходиться на відстані 10 см від лівого кінця стержня й показує 20 Н , другий динамометр знаходиться на відстані 30 см від правого кінця. Яка маса стержня?
- O-123. До однорідної балки масою 400 кг і довжиною 7 м підвішено вантаж масою 700 кг на відстані 2 м від одного з кінців. Балка кінцями лежить на опорах. Яка сила тиску на кожен з опор?
- O-124. Маса кожного з трьох вантажів (див. рисунок) дорівнює 4 кг . Яка маса важеля?



До задачі O-124



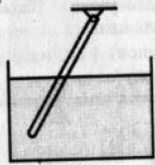
До задачі O-126

- O-125. До кінців важеля завдовжки 50 см підвішено мідну і срібну суцільні кулі однакового об'єму. На якій відстані від середини важеля треба розмістити точку опори, щоб важіль знаходився у рівновазі?
- O-126.  Прямолінійний шматок дроту масою 40 г підвішено за середину (див. рисунок). Ліву половину шматка зігнули, як

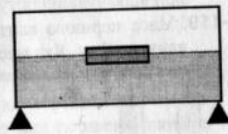
109

показано на рисунку. Якої маси вантаж треба підвісити в точці А, щоб відновити рівновагу?

- О-127. Дерев'яну паличку підвішено за верхній кінець, а нижній її кінець знаходиться у воді (див. рисунок). Рівновага настає тоді, коли у воді знаходиться половина палички. Яка густина деревини?



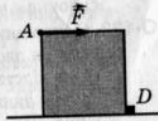
До задачі О-127



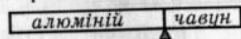
До задачі О-128

- О-128. Посудина з водою і плаваючим бруском стоїть на двох опорах (див. рисунок). Чи зміняться сили, що діють на опори, якщо брусок зміститься ліворуч? Якщо зміняться, то яка із сил стане більшою?

- О-129. На підлозі лежить однорідний куб масою m , який упирається у виступ D . а) Яку горизонтальну силу F (див. рисунок) треба прикласти до точки A , щоб нахилити куб? б) Яку найменшу силу треба прикласти до точки A , щоб нахилити куб? Як ця сила має бути напрямлена?



- О-130. Стержень постійного перерізу, ліву частину якого виготовлено з алюмінію, а праву з чавуну, врівноважено на опорі (див. рисунок). Довжина лівої частини стержня 50 см. Яка довжина усього стержня?

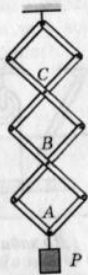


До задачі О-130

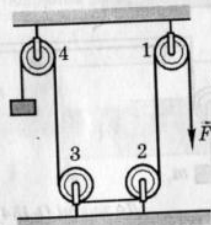
- О-131. Який найбільший виграш у силі можна отримати за допомогою 5 рухомих блоків?
 О-132. Як, використовуючи один рухомий і один нерухомий блок, отримати виграш у силі у 3 рази?
 О-133. Зобразіть схематично систему блоків, за допомогою якої можна отримати виграш у відстані: а) у 3 рази, б) у 4 рази.

110

- О-138. На рисунку показано систему шарнірно з'єднаних стержнів. Яку силу треба прикласти в точці B , щоб підняти вантаж вагою P ? Вагою стержнів можна знехтувати.



До задачі О-138

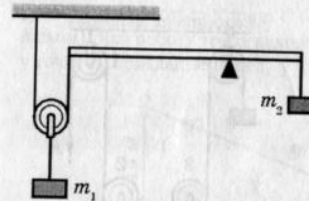


До задачі О-139

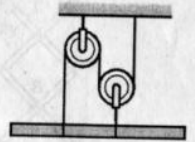
- О-139. Вантаж піднімають за допомогою системи блоків, зображеної на рисунку. ККД кожного блока 90%. Який ККД системи?
 О-140. Яку роботу треба виконати, щоб поставити вертикально рейку масою $m = 100$ кг і довжиною $l = 4$ м, що лежить на землі?
 О-141. Яку роботу необхідно виконати, щоб втягти на плоский дах звисаючий з нього шматок каната довжиною 10 м і масою 6 кг?
 О-142. На землі лежить ланцюг завдовжки $l = 4$ м і масою $m = 10$ кг. Ланцюг піднімають за один кінець так, що він відривається від землі. Яку роботу A виконують при підйомі?
 О-143. Як зміниться відповідь попередньої задачі, якщо ланцюг піднімати, взявшись за середню ланку?
 О-144. Розв'яжіть дві попередні задачі, якщо в результаті підйому ланцюга та ланка, до якої прикладено силу, опинилася на висоті 10 м над поверхнею землі.
 О-145. Яку роботу треба виконати, щоб підняти на ланцюгу з колодязя завглибшки 30 м відро з водою? Маса ланцюга 8 кг, маса відра з водою 10 кг. Розмірами відра можна знехтувати.
 О-146. Яку роботу треба виконати, щоб із цеглин, що лежать на землі, скласти стовпчик з n цеглин? Маса однієї цеглини m , товщина h .

112

- О-134. На якій відстані від лівого кінця важеля слід розмістити точку опори (див. рисунок), щоб важіль знаходився у рівновазі? Довжина важеля 60 см, маса важеля 1 кг. Маса вантажів: $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 3$ кг.



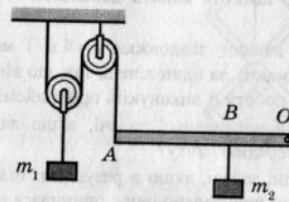
До задачі О-134



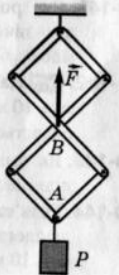
До задачі О-135

- О-135. Однорідний брусок завдовжки 1 м підвішено, як показано на рисунку. Ліву нитку укріплено на відстані 30 см від лівого кінця бруса. На якій відстані від правого кінця бруса укріплено праву нитку?

- О-136. Важіль (див. рисунок) знаходиться у рівновазі. Яка довжина важеля AO ? Вісь обертання знаходиться в точці O , відстань AB дорівнює 40 см, маса важеля 1 кг. Маса вантажів: $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 3$ кг.



До задачі О-136

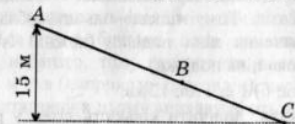


До задачі О-137

- О-137. Шарнірно сполучені стержні (див. рисунок) є різновидом простого механізму. Яке співвідношення між силою F і вагою вантажу P ? Вагою стержнів можна знехтувати.

111

- О-147. Яка потенціальна енергія пружини, якщо її розтягнуто на 6 см і для утримання пружини в розтягнутому стані треба прикласти силу 80 Н?
 О-148. Санки масою $m = 10$ кг з'їжджають із точки A (див. рисунок) і зупиняються в точці C (схил на ділянці BC посипано піском). Яку роботу треба виконати, щоб витягти санки назад у точку A , прикладаючи силу у напрямку руху?



До задачі О-148

- О-149. Яка сила F натягу нитки між точками A і B у системі шарнірно з'єднаних стержнів (див. рисунок), якщо загальна вага всіх стержнів дорівнює P ?



113

ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ, РОЗВ'ЯЗАННЯ

- 1.4. Наприклад, кількість пальців на руці або кількість учнів у класі.
- 1.10. **Розв'язання.** Ціна поділки буде різною в залежності від того, за якою стрілкою годинника (секундною, хвилинною, годинною) ми спостерігаємо. Адаже повний оберт секундної стрілки відповідає 1 хв, повний оберт хвилинної — 1 год, а повний оберт годинної — 12 год. Тому «шкалі» на циферблаті відповідають три різних значення ціни поділки (кожній із трьох стрілок відповідає «своя» ціна поділки).
- 1.11. а) 5 с, 5 хв, 1 год; б) 1 с, 1 хв, 12 хв.
- 1.17. Можна, наприклад, полічити кількість літер у рядку, кількість рядків на сторінці і кількість сторінок у книзі.
- 1.18. **Розв'язання.** Треба взяти посудину малого об'єму (наприклад, пробірку чи кришечку від пластикової пляшки), наповнити цю посудину рисом і порахувати кількість зерен рису. Потім знайти, у скільки разів об'єм склянки більший за об'єм малої посудини (наприклад, наповнюючи склянку водою за допомогою цієї посудини).
- 1.21. 35.
- 2.2. **Розв'язання.** Між молекулами речовини завжди є проміжки. Коли дві речовини змішуються, молекули однієї з них можуть «зайняти» частину об'єму в проміжках між молекулами іншої. В цьому випадку об'єм суміші виходить менший, ніж сума первісних об'ємів обох речовин. Це зменшення об'єму особливо помітне, коли молекули однієї речовини значно менші, ніж молекули іншої. Можна запропонувати простий дослід, що ілюструє це явище: взявши по півсклянки квасолі і рису, висипте рис у склянку із квасолею і як слід потрясіть цю склянку, закрити її зверху рукою. Ви побачите, що об'єм суміші помітно менший, ніж об'єм склянки — частина рису просто заповнила «пустоту» між квасолинами.
- 2.8. Неправильно. Вода за кімнатної температури може перебувати у газоподібному стані (бути паром).
- 2.9. **Розв'язання.** Водяна пара невидима. Те, що ми спостерігаємо, — це туман (найдрібніші краплинки води, в яку перетворюється пара при конденсації). Звичайно туман спостерігається не біля самого носика чайника, а за кілька сантиметрів від нього (біля самого носика пара ще занадто гаряча і туман не утворюється).

114

- 3.7. Мандрівник знову опиниться на полюсі. 3.9. Ліве; на 2,4 м.
- 3.10. **Вказівка.** Накресліть спочатку як «основу» кругову траєкторію руху Землі і позначте на ній 13 точок, що відповідають, наприклад, максимальній відстані від Місяця до Сонця.
- 4.10. $100 \frac{\text{км}}{\text{год}}$.
- Вказівка.** Зручно скористатися тим, що $36 \text{ с} = \frac{1}{100} \text{ год}$.
- 4.11. Людина. 4.12. Ні. 4.13. У 19 разів. 4.14. У 1,1 млн разів.
- 4.15. Гепард, ластівка, заєць, слон, акула, муха, метелик, черепаха.
- 5.7. 2/3. **Розв'язання.** Другу ділянку автобус проїхав з удвічі більшою швидкістю, ніж перший, витративши такий самий час, значить, друга ділянка удвічі довша за першу.
- 5.8. 5 км/год. **Розв'язання.** З умови випливає, що ходьба зайняла в 4 рази більше часу, ніж їзда. А з того, що велосипедист проїхав і пройшов однакові відстані, випливає, що швидкість ходьби у 4 рази менша за швидкість їзди.
- 5.9. 3 м/с. 5.11. 240 м, 1,2 км, 14,4 км. 5.12. Перший; третій; третій.
- 5.13. 83 хв або 1 год 23 хв. 5.14. 950 мільйонів кілометрів.
- 5.15. $9,5 \cdot 10^{12}$ км (число 10^{12} називається трільйоном).
- 5.16. 8 хв 20 с. 5.17. 4,6 км/год (швидкість пішохода).
- 6.5. а) 45 км; б) 70 км; в) 110 км.
- 6.6. а) Велосипед зламався на відстані 30 км від селища; б) велосипедист ремонтував велосипед півгодини (тривалість зупинки); в) велосипед відремонтувати не вдалося, тому що після зупинки швидкість велосипедиста стала дорівнювати 5 км/год, тобто швидкості пішохода; г) велосипедист повернувся в селище на автомобілі, тому що подолав відстань 25 км за 15 хв, тобто рухався зі швидкістю 100 км/год.
- 6.7. Через 20 хв і через 1 год.
- 6.8. а,б) Протягом перших 20 хв руху автомобілі віддалилися один від одного, потім протягом 20 хв відстань між ними залишалася незмінною (20 км), потім протягом 10 хв автомобілі зближувалися. в) Найбільша швидкість першого автомобіля 120 км/год, найбільша швидкість другого автомобіля — 90 км/год, найменша швидкість обох автомобілів 30 км/год.
- 6.9. Через 20 хв.
- 7.1. 80 км/год.
- 7.2. 10 км/год.
- 7.3. 14 км/год.
- 7.6. Перший. **Розв'язання.** Перший мандрівник проїхав більшу відстань, ніж пройшов, тому він витратив менше часу, ніж

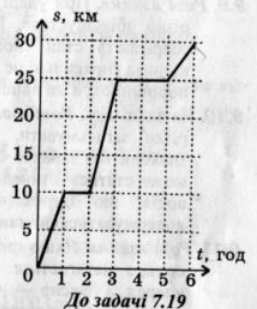
116

- 2.10. **Розв'язання.** Сили притягання між молекулами стають досить значимими лише тоді, коли молекули зближуються (відстань між ними не перевищує розмірів молекули). Розміри ж нерівностей на поверхні тіла звичайно набагато перевищують розміри молекули. Коли ми прикладаємо тіла одне до одного (див. рисунок), сили притягання виникають лише між тими молекулами цих тіл, які опиняються дуже близько одна до одної. Таких молекул відносно небагато, тому притягання є слабким. Проте якщо речовина м'яка (наприклад, пластилін), нерівності зрівнюються, і сили притягання в цьому випадку діють між набагато більшою кількістю молекул. У результаті тіла можуть злипатися.
- 2.15. **Розв'язання.** Припій (легкоплавкий сплав) відіграє роль клею: він заповнює нерівності поверхонь і твердне. Твердий припій забезпечує міцне зчеплення між проводами.
- 2.22. **Розв'язання.** Молекули запашної речовини у повітрі рухаються не прямими лініями, а дуже «заплутаними» ламаними лініями через стикання з іншими молекулами. Для того, щоб запах поширився на деяку відстань, молекули мають пройти набагато більший шлях.
- 2.23. **Розв'язання.** Молоко є сумішшю маленьких краплинок жиру і води. Коли відстоюються вершки, ці краплинки скопичуються в основному нагорі (вони легші за воду), тому зверху молоко і буває жирнішим. Дифузія завважає цьому процесові, сприяючи рівномірному розподілу жиру у воді. За низької температури дифузія відбувається повільніше, тому вершки відстоюються швидше.
- 2.25. Розміри молекул не більші за десятимільйонну частку міліметра.
- 3.1. **Вказівка.** Зручно розглядати рух пасажирів відносно вагона.
- 3.2. Прямолінійними траєкторіями рухаються рама велосипеда і всі деталі, що знаходяться у спокої відносно рами (наприклад, сидло); криволінійними траєкторіями рухаються точки ободів коліс, педалі, ланки ланцюга.
- 3.3. Прапор не відхилитиметься вітром. Повітряна куля перебуває у спокої відносно оточуючого повітря.
- 3.4. Через 1 с.
- 3.5. У першому випадку можна (наближено), у другому — ні (траєкторію слід вважати дугою кола).
- 3.6. 165 м, 45 м. **Вказівка.** Накресліть у зошиті план траєкторії, прийнявши масштаб: в 1 см 10 м.



115

- другий, котрий проїхав таку ж саму відстань, що й пройшов. Можна міркувати й інакше: другий мандрівник йшов довше, ніж іхав, тому він витратив більше часу, ніж перший, котрий ішов і їхав однаковий час.
- 7.7. 2 км/год; 4 км/год.
- 7.8. 55 км/год. 7.9. 14 км/год. 7.10. 3 км/год. 7.11. 67 км/год.
- 7.12. 60 км/год. **Розв'язання.**
$$v_c = \frac{v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2}}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$
- 7.13. 4 км/год.
- 7.14. 34 км/год; 65 км/год.
- 7.15. 15 км/год.
- 7.16. 112 км.
- 7.17. Борис дістався раніше на 40 хв.
- 7.18. 40 км/год.
- 7.19. 5 км/год. Графік залежності шляху від часу наведено на рисунку. **Вказівка.** Для визначення середньої швидкості проведіть відрізок, що з'єднує початкову і кінцеву точки графіка руху.
- 8.4. У 3 рази.
- 8.6. 200 км. **Розв'язання.** Велосипедисти зближуються зі швидкістю 25 км/год. Оскільки початкова відстань між ними 100 км, вони зустрінуться через 4 год. Весь цей час ластівка літатиме зі швидкістю 50 км/год, отже, її шлях складатиме 200 км.
- 8.7. 3 км/год.
- 8.8. 45 с. **Розв'язання.** Позначимо довжину ескалатора s , його швидкість v_e , швидкість людини відносно ескалатора v_n . Ескалатор піднімає людину, що стоїть, за час $t_e = \frac{s}{v_e}$, людина піднімається ескалатором, що зупинився, за час $t_n = \frac{s}{v_n}$, а ескалатором, що рухається, за час $t = \frac{s}{v_n + v_e}$. Отже,



117

$\frac{s}{t} = \frac{s}{t_c} + \frac{s}{t_n}$, звідки $t = \frac{t_c t_n}{t_c + t_n} = \frac{1 \text{ хв} \cdot 3 \text{ хв}}{1 \text{ хв} + 3 \text{ хв}} = \frac{3}{4} \text{ хв} = 45 \text{ с}$. Ми навели розв'язання задачі в загальному вигляді, проте зауважимо, що цю задачу можна розв'язати усно. З умови випливає, що швидкість ескалятора дорівнює $3v_n$. Тому, коли ескалятор рухається, швидкість людини відносно землі дорівнює $4v_n$. Отже, час підйому у цьому випадку вчетверо менший.

8.9. 14 хв. 8.10. 1 хв; 15 с. 8.11. 4 м.

8.12. 300 м/с. 8.13. Через 4 год.

9.9. **Розв'язання.** При ударі по нерухомому килиму його швидкість різко збільшується. Порошинки ж унаслідок явища інерції зберігають стан спокою, тому вони відокремлюються від килима (правильніше було б казати, що килим «вилітає») з-під порошинок, а не порошинки вилітають з килима).

9.10. На задньому. **Розв'язання.** Автомобіль із такими шинами може різко загальмувати, і якщо автомобіль, який їде за ним, знаходиться занадто близько і не обладнаний такими шинами, може статися зіткнення. Тому призначення знака: попередити водія, що їде за даним автомобілем, про необхідність дотримуватися дистанції.

9.11. **Розв'язання.** Якщо різко збільшити швидкість буксира, трос сильно натягнеться. При цьому він сильно потягне баржу вперед, а буксир — назад. У результаті відстань між баржею і буксиром зменшиться, і трос провисне. Буксир, що «звільнився» при цьому, знову різко збільшить швидкість, і описане явище повториться. У випадку надто різких ривків трос може порватися.

9.12. **Вказівка.** Нитка рветься, коли її видовження перевищує певне значення; щоб порвалася верхня нитка, кулька має зсунутися вниз на деяку відстань.

9.13. **Розв'язання.** Кулька є найпростішою «ракетною»: викидаючи струмінь повітря «назад», кулька відштовхується від неї і завдяки цьому летить «вперед».

9.14. **Вказівка.** У космічних апаратів є спеціальні гальмівні двигуни, що викидають струмінь газу *уперед*.

10.4. 10 см/с.

10.5. 120 кг.

10.6. **Вказівка.** Слід урахувати масу утвореного вуглекислого газу і водяної пари.

10.7. 1,5 м/с.

118

12.14. Може. Перший приклад: відштовхуючись від підлоги, щоб підстрибнути. Другий приклад: можна упертися чимось у стелю.

12.16. У випадках а і б сила пружності, у випадку в — сила тертя (спокою).

12.17. Так. **Розв'язання.** Опорою для тіла, що плаває, є вода (згадайте, як ви лежите на воді: це дуже м'яка опора, але це справжня *опора!*).

12.19. Збільшилася на 27 Н. **Вказівка.** Вага відрі збільшилася на вагу дробу і зменшилася на вагу витісненої води.

12.20. 3,5 л.

12.21. 4000 кг/м³.

12.22. 1 см.

12.23. 100 Н.

13.2. 2,5 мм. 13.3. 14 см.

14.2. **Розв'язання.** Якщо б підлога була строго горизонтальна, на шафу не діяла б сила тертя, оскільки була б відсутня сила, що намагається зсунути шафу. Насправді ж підлога ніколи не буває строго горизонтальною, тому на шафу діє сила тертя спокою, але її значення є малим в порівнянні з іншими силами, що діють на шафу (силою тяжіння і силою пружності). Щоб переконатися в «дії» сили тертя спокою, уявіть, що підлога дуже слизька або шафа стоїть на коліщатах, які легко обертаються: в такому випадку встановити шафу на певне місце було б важко.

14.4. **Розв'язання.** Якщо тіло рухається рівномірно і прямолінійно, рівнодійна всіх сил, прикладених до цього тіла, дорівнює нулю. У випадку «ідеального» транспортера (стрічка якого строго горизонтальна і рухається строго рівномірно, а опір повітря відсутній), на вантаж діють лише дві *вертикальні* сили: сила тяжіння і сила пружності з боку стрічки. Ці сили точно врівноважували б одна одну, і тому сила тертя була б відсутня. Насправді ж стрічка транспортера ніколи не буває строго горизонтальною, її рух не буває строго рівномірним, а на вантаж завжди діє сила опору повітря. Тому в реальному випадку на вантаж діє сила тертя спокою, що утримує його на стрічці. Для того, щоб вона утримувала вантаж досить надійно, поверхню стрічки транспортера роблять звичайно шорсткою.

14.6. **Розв'язання.** Для «рідкого» тертя (тобто тертя між шарами рідини) відсутня сила тертя спокою, тому навіть дуже мала сила спричиняє рух.

14.7. Вода відіграє роль мастила, що зменшує тертя між волокнами паперу.

120

10.8. 40 м/с. **Вказівка.** Швидкість снаряда у верхній точці траєкторії дорівнює нулю.

10.9. **Розв'язання.** Відповіді на поставлені питання залежать від того, що розуміється під словом «вода». Якщо мається на увазі *хімічна речовина*, то ні при замерзанні, ні при випаровуванні маса води не змінюється: вода, лід і водяна пара є однією й тією ж самою хімічною речовиною; якщо ж під словом «вода» розуміти лише *рідкий стан* даної речовини, то маса води як при замерзанні, так і при випаровуванні зменшується: частина води перетворюється на лід або пару.

10.10. 510 м/с. 11.1. У 27 разів. 11.2. У 5 разів.

11.3. Товщина другої монети в 4 рази більша.

11.4. Куба. 11.5. Куб. 11.9. Маса першого скла більша на 100 г.

11.10. 0,64 кг. 11.11. Ні.

11.12. Вода може бути в будь-якій із мензурок; маса води більша від маси гасу на 64 г або на 10 г.

11.13. Маса повітря більша на 19 кг.

11.14. 12 500 км². 11.16. 0,0025 мм. 11.17. Наприклад, із міді.

11.18. 143 г. 11.19. 143 г. 11.20. 241 м. 11.21. Ні.

11.22. Ні (густина рідини більша за густину ефіру).

11.23. 1200 кг/м³.

11.24. 8 г/см³. **Вказівка.** Об'єм сплаву $V = V_{\text{ол}} + V_{\text{св}}$, де $V_{\text{ол}} = m_{\text{ол}}/\rho_{\text{ол}}$, $V_{\text{св}} = m_{\text{св}}/\rho_{\text{св}}$.

11.25. 4,8 г/см³. 11.26. 8500 кг/м³. 11.27. 1100 кг/м³.

12.6. Сила тяжіння, що діє на літак, зменшується. **Вказівка.** Під час польоту витрачається паливо.

12.10. На камінь весь час діє однакова сила тяжіння. Вага каменя під час усього польоту дорівнює нулю (якщо не враховувати опору повітря).

12.12. **Розв'язання.** Сила тяжіння зменшується ненабагато^{*)}; вона залежить лише від маси тіла і відстані до *центра* Землі, яка при переміщенні на орбітальну станцію змінюється лише на декілька відсотків. Якщо б не сила притягання до Землі, орбітальна станція покинула б навколосезну орбіту і полетіла далеко у космічний простір. А ось вага космонавта в орбітальній станції дорівнює нулю, оскільки космонавт разом із станцією перебуває у стані вільного падіння на Землю.

12.13. Лише у випадку в.

*) Менш ніж на 10% за висоти орбіти станції 300 км над поверхнею Землі.

119

14.9. $F_{\text{тер}1} = 5 \text{ Н}$, $F_{\text{тер}2} = 3 \text{ Н}$, $F_{\text{тер}3} = 5 \text{ Н}$.

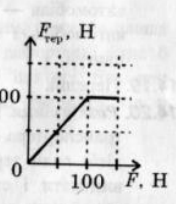
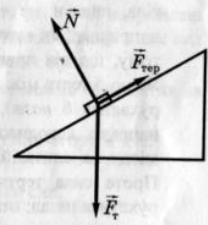
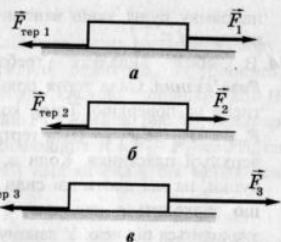
Розв'язання. В першому випадку брусок рухається рівномірно, отже, рівнодійна всіх сил, що діють на нього, дорівнює нулю. Отже, на брусок з боку стола діятиме сила тертя *ковзання* $F_{\text{тер}1} = F_{\text{ковз}} = F_1$ (див. рис. а). У другому випадку брусок перебуватиме у спокої, оскільки F_2 менша, ніж максимально можлива сила тертя спокою. На брусок діятиме сила тертя *спокою* $F_{\text{тер}2} = F_2$ (див. рис. б). У третьому випадку швидкість бруска збільшуватиметься, оскільки $F_3 > F_{\text{ковз}}$. На брусок діятиме така ж сила тертя *ковзання*, як і в першому випадку: $F_{\text{тер}3} = F_{\text{тер}1} = F_1$ (див. рис. в).

14.10. На брусок діють три сили: сила тяжіння \vec{F}_T , напрямлена вертикально вниз, сила пружності \vec{N} , напрямлена перпендикулярно до похилої площини, і сила тертя $\vec{F}_{\text{тер}}$, напрямлена уздовж похилої площини (див. рисунок).

14.11. **Вказівка.** Див. попередню задачу; слід врахувати, що сила тертя напрямлена уздовж похилої площини протилежно швидкості бруска.

14.12. **Розв'язання.** З умови виходить, що сила тертя ковзання $F_{\text{ковз}} = 100 \text{ Н}$. Доти, доки прикладена до шафи сила $F < F_{\text{ковз}}$ на шафу з боку підлоги діятиме сила тертя спокою $F_{\text{спок}} = F$. При $F = F_{\text{ковз}} = 100 \text{ Н}$ шафа зсунеться, і при подальшому збільшенні F сила тертя залишатиметься практично постійною, що дорівнює $F_{\text{ковз}} = 100 \text{ Н}$.

14.13. **Вказівка.** Сила тертя спокою, що діє на вантаж, в обох випадках напрямлена вгору вздовж стрічки транспортера, тому якщо вантаж піднімається, сила тертя спокою напрямлена у



121

напрямку руху; якщо вантаж опускається — у протилежному напрямку.

- 14.14. В обох випадках треба прикласти однакову силу. **Розв'язання.** Сила тертя прямо пропорційна силі, з якою тіло тисне на поверхню. Тому, коли зсуваються всі три пластинки, $F_{\text{тер}} = 3F_1$, де F_1 — сила тертя, що виникає при зсуванні однієї верхньої пластинки. Коли ж витягають пластинку з середини купки, на неї діють дві сили тертя: одна — з боку пластинки, що знаходиться над нею, і друга — з боку пластинки, що знаходиться під нею. У даному випадку перша з цих сил дорівнює F_1 , друга дорівнює $2F_1$, а в сумі ці сили дорівнюють $3F_1$.
- 14.16. На людину з боку дороги діє сила тертя спокою, напрямлена *уперед*.
- 14.17. Напрявлені назад сили тертя ковзання.
- 14.18. Сила тяги є силою тертя спокою, що діє на автомобіль з боку *дороги*. **Розв'язання.** Сила може діяти на тіло лише з боку *іншого* тіла, двигун же є *частиною самого автомобіля*. Розглянемо, наприклад, як автомобіль рушає з місця. Роль двигуна полягає в тому, що він приводить в обертання ведучі колеса автомобіля. Якщо б тертя між дорогою і колесами не було, нижні точки коліс рухалися б *назад*, а автомобіль залишався б нерухомим (вам, напевно, доводилося бачити, як автомобіль не може зрушити з місця на слизькій дорозі, незважаючи на працюючий двигун). Проте сила тертя спокою не дозволяє нижнім точкам коліс рухатися назад; отже, сила тертя спокою, що діє на колеса з боку дороги, напрямлена *вперед*. Саме ця сила й спричиняє розгін автомобіля — вона і є силою тяги. Однак, хоч сила тяги діє на автомобіль з боку *дороги*, вона не виникає, якщо не працює двигун.
- 14.19. Передні.
- 14.20. **Розв'язання.** Може: наприклад, тіло, що лежить на стрічці транспортера, при вмиканні транспортера приходить у рух під дією сили тертя (звичайно це сила тертя спокою, але може виникати і сила тертя ковзання). Саме сила тертя спокою збільшує на горизонтальній дорозі швидкість автомобіля, що рушає з місця.
- 14.21. Для збільшення сили тертя *спокою* між колесами і дорогою.
- 14.22. Для зменшення тертя кочення (воно зменшується при збільшенні твердості стичних поверхонь).

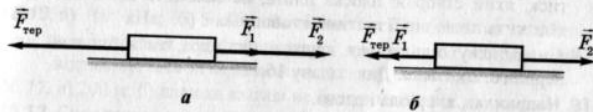
122

- 16.13. 500 кПа. **Вказівка.** Слід урахувати, що ковзаняр їде звичайно на одній нозі.
- 16.14. $2,5 \text{ см}^2$.
- 16.15. 2300.
- 16.16. 40 см.
- 16.17. $p = \rho gh$. **Розв'язання.** Позначимо площу плити S . Тоді маса плити $m = \rho Sh$, а тиск, який ця плита створює на підлогу, $p = mg/S = \rho Shg/S = \rho gh$. Зверніть увагу на те, що тиск, який створює плоска плита, не залежить від її площі, а залежить лише від її густини і товщини.
- 16.18. Сила тиску більша для другого циліндра, тиск більший для першого. **Вказівка.** Див. задачу 16.17.
- 16.19. Наприклад, зі срібла і олова.
- 16.20. 6,5 кг.
- 16.21. Наприклад, зі срібла ($\rho = 10500 \text{ кг/м}^3$).
- 16.22. Збільшиться у 2 рази; у 3 рази; в 10 разів. **Вказівка.** Розгляньте, як зміниться маса людини і площа її ступні.
- 16.23. Густина великого куба становить $3/8$ густини меншого куба.
- 16.24. 8р.
- 17.3. **Розв'язання.** Коли повітря всередині м'яча охолоджується, безладний рух його молекул уповільнюється. В результаті тиск повітря всередині м'яча зменшується. Тому м'яч доведеться підкачати, тобто збільшити кількість молекул газу всередині м'яча.
- 17.7. **Розв'язання.** У міру витікання води із скляної пляшки об'єм повітря, що знаходиться над водою, зростає, внаслідок чого тиск всередині пляшки зменшується. Коли різниця тисків зовні і всередині стає досить великою, деяка «порція» повітря, тобто повітряна бульбашка, проривається всередину пляшки (при цьому й виникає характерне «булькотіння»). Тиск всередині пляшки при цьому дещо зростає. Через деякий час процес повторюється. Якщо ж стінки посудини, з якої витікає вода, не є жорсткими, то в міру витікання води атмосферний тиск сплющує цю посудину. Тиск всередині посудини залишається практично рівним атмосферному, так що «булькотіння» не виникає.
- 17.8. Можна подіти у трубку *б* або, закривши цю трубку, підігрівати посудину.
- 18.1. Якщо спочатку склянку було заповнено не до краю, то збільшиться; якщо до краю — то не зміниться.

124

14.23. 200 кг.

- 14.24. **Вказівка.** Тертя ковзанів об лід призводить до танення льоду.
- 15.2. Якщо обидві сили напрямлені однаково, їх рівнодійна $R = F_1 + F_2 = 250 \text{ Н}$, сила тертя спокою дорівнює 250 Н і напрямлена протилежно силам F_1 і F_2 (див. рис. *а*); якщо сили напрямлені протилежно, їх рівнодійна $R = F_2 - F_1 = 50 \text{ Н}$, сила тертя спокою дорівнює 50 Н і напрямлена в бік меншої сили (див. рис. *б*).



До задачі 15.2

- 15.3. 100 Н, 300 Н.
- 15.4. Сила натягу каната 300 Н. На канат діють дві сили, напрямлені протилежно: з боку людини та з боку стовпа. Кожна з цих сил дорівнює 300 Н; рівнодійна цих сил дорівнює нулю.
- 15.5. 200 Н. **Вказівка.** Одного з двох, хто тягне, можна «замінити» на стовп (див. задачу 15.4).
- 15.7. **Вказівка.** Розгляньте, наприклад, рух кинутого вгору м'яча.
- 15.8. Задача має 4 розв'язки: 2 Н, 8 Н, 12 Н, 18 Н. **Вказівка.** Розгляньте всі можливі напрямки сил.
- 15.9. 0,5 Н, 1 Н, 2,5 Н.
- 16.5. У 8 разів; у 2 рази.
- 16.6. **Розв'язання.** Тиск був би нескінченно великим, тому що площа стикання коліс із рейками за відсутності деформації була б нескінченно малою. По суті це означає, що всі тіла при стиканні деформуються, тобто «абсолютно твердих» тіл у природі не існує.
- 16.9. У 8 разів.
- 16.10. 2 МПа; у 100 разів.
- 16.11. 1,2 м. **Вказівка.** Слід урахувати, що при ходьбі людини доводиться ставати на одну ногу.
- 16.12. У 42 рази. **Вказівка.** Слід урахувати, що хлопчик стояв на двох ногах.

123

- Розв'язання.** Сила тиску рідини на дно залежить від рівня рідини в посудині. Якщо спочатку склянку було заповнено не до краю, то після опускання пальця рівень води підніметься, внаслідок чого сила тиску на дно збільшиться. Якщо ж склянку було заповнено до краю, то сила тиску на дно не зміниться (частина води просто виллється зі склянки).
- 18.2. Тиск збільшиться, якщо відро було неповним, і залишиться незмінним, якщо відро було заповнено водою до краю (це справедливо і для м'яча, і для каменя).
- 18.8. 23 кПа. 18.9. Не зможе.
- 18.10. а) 10 кПа; б) 5 кПа. **Вказівка.** Тиск рідини на глибині h обчислюється за формулою $p = \rho gh$. Глибина завжди відраховується за *вертикаллю*.
- 18.11. а) 200 м; б) пляшка взагалі не буде роздавлена.
- 18.12. Сила тиску на дно більша у 2 рази. **Розв'язання.** Сила тиску на дно $F_1 = pS = \rho ga \cdot a^2 = \rho ga^3$. Тут a — довжина ребра куба, $S = a^2$ — площа дна або стінки акваріума, $p = \rho ga$ — тиск води на дно. Щоб розрахувати силу тиску води на стінку акваріума F_2 , треба врахувати, що різні ділянки стінки знаходяться на різній глибині і тому зазнають різного тиску води. Цей тиск змінюється від нуля (біля верхнього краю стінки) до $p = \rho ga$ (біля нижнього краю стінки). Можна записати $F_2 = p_c S$, де p_c — середнє значення тиску на стінку. Вважаючи $p_c = \frac{0 + p}{2} = \frac{p}{2}$, дістаємо $F_2 = pS/2 = F_1/2$.
- 18.13. 32 кН.
- 18.14. **Розв'язання.** Нехай висота стовпа рідини дорівнює h , а площа дна S . Тоді сила тиску рідини на дно $F = pS = \rho ghS$. Сила F являє собою вагу рідини в *циліндричній* посудині з висотою h і площею основи S (на рисунку ці «посудини» зображено штриховими лініями). Ми бачимо, що в посудині, яка розширюється догори, сила тиску рідини менша за вагу рідини (це й зрозуміло — частину ваги рідини «беруть на себе» похилі стінки). А ось у посудині,

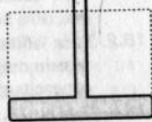


^{*)} Звичайно, таке міркування не можна вважати строгим: далеко не завжди середнє значення величини дорівнює середньому арифметичному її найбільшого і найменшого значень (згадайте хоча б задачі на визначення середньої швидкості руху). Проте для прямокутної стінки в рідині можна довести справедливості цього твердження.

125

що звужується догори, сила тиску рідини на дно перевищує вагу рідини (це пов'язано з тим, що стінки тиснуть на рідину під кутом *униз*).

- 18.15.** Площа дна посудини має бути достатньо великою, а площа перерізу верхньої частини посудини — малою (див., наприклад, рисунок). **Вказівка.** Сила тиску на дно дорівнює вазі води в уявній циліндричній посудині, контури якої показано пунктиром (див. задачу 18.14). Порівняйте цю задачу з описом гідростатичного парадокса і досліду Паскаля в підручнику.



- 18.16.** $p_A = p_B = p_C = \rho gh$. **Розв'язання.** Коли рідина перебуває у спокої, тиск в усіх точках, що лежать на одному рівні, однаковий: різниця тисків спричинила б перетікання рідини. Отже, $p_A = p_B = p_C$. У точці ж С тиск води $p_C = \rho gh$, де ρ — густина води. Обчислюючи тиск рідини, глибину слід відряхувати від *вільної* поверхні цієї рідини. Інакше аквалангіст, що заплив на стометровій глибині у низьку підводну печеру, міг би «сховатися» від тиску води. При розв'язуванні таких задач часто припускаються помилки: наприклад, вважають, що $p_A < p_C$, оскільки над точкою А шар води має товщину, меншу за h .

- 19.10.** 25 см. **Розв'язання.** Рівні ртуті збігатимуться, якщо тиск стовпа води і стовпа гасу однаковий: $\rho_w gh_w = \rho_o gh_o$. Звідси знаходимо $h_o = \rho_w h_w / \rho_o = 25$ см.

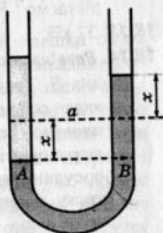
- 19.11.** На 8 см. **Розв'язання.** Пряма a на рисунку показує рівень води у трубці до доливання гасу. Після доливання гасу вода в лівому коліні опустилася на x , а у правому коліні — на стільки ж піднялася. З умови рівності тисків у точках А і В (див. рисунок) дістаємо $\rho_w gh_r = 2\rho_w gx$, звідки $x = \rho_w h_r / (2\rho_w) = 8$ см.

- 19.12.** У посудині А тиск більший на 20 см рт. ст. (на 27 кПа).

- 19.13.** 680 Па; 50 Па. **20.9.** 160 м. **20.10.** 210 м.

- 20.11.** При підвищенні температури повітря в посудині розширяться, і тому краплинка ртуті у трубці посунеться праворуч; при зниженні температури краплинка ртуті посунеться ліворуч. Проте слід урахувати, що із зміною атмосферного тиску краплинка *теж* переміщатиметься — наприклад, підвищення атмосферного тиску спричинить зміщення краплинки ліворуч.

- 20.12.** В 11 разів. **20.13.** 11 м.



- 20.14.** 56 см рт. ст. **Розв'язання.** Доведемо, що тиск всередині трубки менший за атмосферний на значення тиску стовпчика ртуті заввишки h . Розглянемо сили, що діють на стовпчик ртуті. Униз на нього діють (див. рисунок) сила тяжіння $mg = \rho Vg = \rho ghS$ і сила тиску повітря у трубці $F = pS$. Угору діє лише сила атмосферного тиску $F_a = p_a S$. Стовпчик ртуті перебуває у рівновазі, якщо $mg + F = F_a$. Звідси знаходимо $p = p_a - \rho gh = 56$ см рт. ст. Саме завдяки різниці тисків повітря всередині трубки і зовні ртуть не витікає з трубки.



- 20.15.** **Розв'язання.** Для взяття проби слід опустити лівер у рідину так, щоб рідина заповнила розширення в центрі лівера. Потім треба щільно закрити пальцем верхній отвір лівера і витягти лівер із рідини. При цьому невелика частина рідини вилється назад у посудину, що спричинить збільшення об'єму повітря у верхній частині лівера. В результаті розширення цього повітря його тиск зменшується і стає меншим за атмосферний. Перепад тисків, що виникає, не дозволить витікати усій решті рідини з лівера (пор. із задачею 20.14). Якщо тепер перенести лівер в іншу посудину і відкрити верхній отвір, рідина з лівера витече в цю посудину.

- 20.16.** Не буде. **Розв'язання.** Тиск у ртуті біля нижнього краю барометричної трубки дорівнює атмосферному; значить, на рівні крана він *менший* за атмосферний на величину ρgh . Тому ртуть через отвір не витікатиме. Навпаки, через кран у трубку прориватимуться бульбашки повітря. Ці бульбашки спливатимуть, у результаті чого верхня частина трубки наповнюватиметься повітрям, а ртуть буде опускатися і витікати через нижній край трубки у чашку. Коли рівень ртуті опуститься нижче за кран, трубка швидко заповниться атмосферним повітрям і ртуть із неї витече через відкритий нижній кінець трубки.

- 20.18.** 73 кН. Це вага вантажу масою 7,3 т, такого вантажу стіл не витримає.

- 20.19.** У 2,5 рази. **20.20.** $h = 10$ м.

- 20.21.** 16,5 км. **Вказівка.** Тиск зменшився у 8 разів. Оскільки $8 = 2^3$, можна вважати, що тиск тричі зменшився у 2 рази. Тому висота підйому дорівнює $5,5$ км $\cdot 3$. Часто пропонують неправильне розв'язання таких задач, вважаючи, що і на великих висотах тиск зменшується на 1 мм рт. ст. зі збільшенням висоти на 12 м (у даному випадку таке розв'язання призвело б до відповіді 8 км). При цьому не враховують, що *густина* повітря з висотою зменшується.

- 21.1.** У 20 разів.

21.4. *Розв'язання.* Через стисливість газу в ньому важко створити значний тиск, тому така машина не створюватиме великої сили.

21.6. Висота підйому залежить від сили, що діє на поршень при його переміщенні униз. У принципі за допомогою такого насоса можна підняти воду на будь-яку висоту.

21.7. 100 Н. *Розв'язання.* Відношення сил, що діють на поршні, дорівнює відношенню площ цих поршнів: $\frac{F}{S_1} = \frac{mg}{S_2}$. Звідси

$$F = \frac{mgS_1}{S_2} = 100 \text{ Н.}$$

21.8. 7 кН. 21.9. 30 см². 21.10. На 3 мм; 1,6 т; 400 кПа.

22.1. 2/3. *Розв'язання.* Тиск у балоні зменшився з 12 атм до 4 атм, тобто утричі. При незмінній температурі таке зменшення могло відбутися лише за рахунок зменшення кількості ударів молекул об стінки, тобто за рахунок зменшення у три рази кількості молекул газу. Отже, витратили 2/3 газу, що знаходився в балоні.

22.2. а) 360 мм рт. ст. або 48 кПа; б) 730 мм рт. ст. або 97 кПа. *Вказівка.* Тиск газу в посудині А менший за атмосферний на значення, що дорівнює тиску стовпа рідини висотою 40 см.

22.3. Від 16 до 136 см рт. ст.

22.4. Перший поршень буде розташований вище за другий на 45 см. *Розв'язання.* В цій задачі не можна вважати, що сили тиску рідини на поршні відносяться як площі цих поршнів: коли поршні встановлюються на різних рівнях, слід врахувати і тиск стовпа рідини. Якщо переставити гирю на другий поршень, він стане нижче за перший. Позначивши різницю висот поршнів у цьому випадку h , густину рідини ρ , а площі поршнів S_1 і S_2 і враховуючи, що сила тиску рідини на поршень за рівноваги дорівнює за модулем вазі цього поршня з вантажем, дістанемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{m_2 g}{S_2} - \frac{m_1 g}{S_1} = \rho g h, \\ \frac{m_2 g}{S_2} - \frac{(m_1 + m_3) g}{S_1} = 0, \\ \frac{(m_2 + m_3) g}{S_2} - \frac{m_1 g}{S_1} = \rho g h. \end{cases}$$

Віднімаючи від першого рівняння друге, а від третього — перше, дістаємо $m_3 = \rho h_1 S_1$ і $m_3 = \rho S_2 (h - h_1)$, звідки

$h = h_1 (1 + S_1/S_2)$. Оскільки з другого рівняння системи випливає, що $S_1/S_2 = (m_1 + m_3)/m_2$, знаходимо: перший поршень буде розташований вище за другий на $h = h_1 (m_1 + m_2 + m_3)/m_2$.

22.5. 9,4 см². 22.6. 55, 25 і 115 см рт. ст. 22.7. До 0,3 атм.

22.8. Не вдається. 23.1. 0,1 Н; 0,08 Н.

23.2. 2000 кг/м³. 23.3. 8 Н. 23.4. 100 см³.

23.5. Алюмінієвий брусок. *Розв'язання.* Легше підняти той брусок, на який діє більша сила Архімеда, тобто брусок більшого об'єму. Густина алюмінію менша за густину міді, тому з двох брусків однакової маси алюмінієвий має більший об'єм.

23.6. *Розв'язання.* Відповідь учня неправильна: сила Архімеда саме й є рівнодієюною сил тиску води, які діють на кожному з ділянок поверхні тіла.

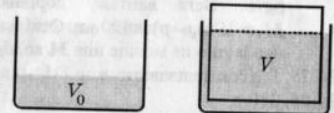
23.7. *Розв'язання.* Сила Архімеда виникає внаслідок того, що тиск рідини на різні ділянки поверхні тіла неоднаковий: згідно з формулою $p = \rho g h$ тиск зростає із глибиною. У невагомості ваговий тиск рідини відсутній, тиск рідини в усіх точках однаковий. Тому сила Архімеда відсутня.

23.10. 3 Н. 23.11. 1 Н.

23.12. Сила тиску на верхню грань 1 Н, на нижню 2,25 Н, вага витісненої води (1,25 Н) дорівнює архімедовій силі.

Розв'язання. Тиск води на верхню грань $p_1 = \rho g h$, на нижню грань $p_2 = \rho g (a + h)$. Площа кожної грані кубика $S = a^2$, об'єм кубика $V = a^3$. Сила тиску води на верхню грань $F_1 = p_1 S = \rho g h a^2 = 1 \text{ Н}$ (ця сила направлена вниз), сила тиску води на нижню грань $F_2 = p_2 S = \rho g (a + h) a^2 = 2,25 \text{ Н}$ (ця сила направлена вгору). Рівнодіяна $R = F_2 - F_1 = \rho g a^3 = 1,25 \text{ Н}$, вона направлена вгору. Вага витісненої кубиком води $P_a = m_a g = \rho_a g a^3$. Для архімедової сили виконується співвідношення $F_a = F_2 - F_1 = P_a$.

23.13. Так, може, якщо розміри тіла близькі до розмірів посудини (див. рисунок). *Розв'язання.* Об'єм V витісненої тілом рідини може в багато разів перевищувати повний об'єм V_0 рідини в посудині. Справа в тому, що V збігається з об'ємом зануреної частини тіла (що знаходиться нижче за рівень рідини). А рівень рідини при зануренні тіла може набагато підвищитися.



- 23.14. 1 Н. 23.15. 13 Н. 23.16. 30 Н. 23.17. 24 кН, 39 кН.
 23.18. 2500 кг/м³. **Вказівка.** З умови задачі випливає, що маса витісненої води становить 40% маси вантажу. Отже, густина води становить 40% густини вантажу.
 23.19. 5,4 кг, 2700 кг/м³. **Розв'язання.** Позначимо масу вантажу m , а об'єм V . Тоді $P_1 = mg - \rho_1 gV$, $P_2 = mg - \rho_2 gV$ (архімедовою силою в повітрі можна знехтувати). Віднімаючи від другого рівняння перше, дістаємо $P_2 - P_1 = (\rho_1 - \rho_2)gV$. Звідси знаходимо $V = \frac{P_2 - P_1}{g(\rho_1 - \rho_2)}$, $m = \frac{\rho_1 P_2 - \rho_2 P_1}{g(\rho_1 - \rho_2)}$. Таким чином,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_1 P_2 - \rho_2 P_1}{P_2 - P_1}$$

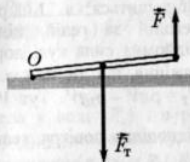
 23.20. **Вказівка.** Вимірявши силу Архімеда у воді (F_A) і в розчині мідного купоросу (F_p) при повному зануренні вантажу, можна знайти густину розчину ρ_p із співвідношення $\rho_p/\rho_B = F_p/F_A$.
 24.3. 0,06 Н.
 24.6. **Вказівка.** Поблизу місця впадіння великої ріки вода у верхньому шарі майже прісна, її густина менша за густину морської води.
 24.10. Архімедові сили однакові.
 24.11. Не зміниться. **Розв'язання.** Маса води, витісненої плаваючим льодом, точно дорівнює масі льоду (оскільки архімедова сила врівноважує силу тяжіння), а при таненні лід перетворюється на воду тієї ж самої маси.
 24.12. Може. **Вказівка.** Див. задачу 23.13.
 24.13. Осадка однакова.
 24.16. **Вказівка.** У сильно газованій воді виноградинку «обліплюють» бульбашки газу. В результаті виноградинка спливає, після чого бульбашки лопаються.
 24.19. Не менш ніж 0,3 м³. 24.20. Спливе. 24.21. Вага посудини 2 більша.
 24.22. Збільшилася на 4 см. 24.23. Ні.
 24.24. Переправа не вдасться. **Розв'язання.** Знайдемо масу M_1 вантажу, що може тримати на воді кожна колода. При повному зануренні колоди у воду на неї діє архімедова сила $F_A = \rho_B gV = \rho_B gLS$, а сила тяжіння, що діє на колоду, дорівнює ρgLS . Вага вантажу дорівнює різниці цих сил. Отже, $M_1 = LS(\rho_B - \rho) = 120$ кг. Оскільки $M/M_1 = 33,3$, для переправи необхідно не менше ніж 34 колоди. Переправа не вдасться.
 24.25. Брусок не плаватиме.
 24.26. 300 т.

130

- 26.11. **Розв'язання.** Коли судно піднімається, сила опору води значно зменшується. При рівномірному русі судна сила тяги двигунів урівноважує силу опору води, тобто рівна їй за модулем і протилежна за напрямком. Позначимо модуль цієї сили F . Тоді потужність $N = A/t = Fs/t = Fv$, де v — швидкість руху судна. З цієї формули випливає, що коли при незмінній потужності N сила F зменшується, швидкість v збільшується.

- 26.12. 4 Н. 27.3. 9 кг.
 27.4. 25 Н. Сила має бути направлена вниз.
 27.5. 15 кг і 9 кг. 27.6. 3 кг і 5 кг.

- 27.7. 60 кг. **Розв'язання.** Дошку можна вважати важелем, точка опори якого збігається з краєм дошки, який спирається на підлогу (див. рисунок). Умова рівноваги важеля (правило моментів) має вигляд $Fl = F_l l/2$, звідки $F = F_l/2$.



- 27.8. 15 см.
 27.9. **Розв'язання.** Треба покласти вантаж на одну шальку терезів і врівноважити його піском, насилаючи пісок на другу шальку. Потім зняти вантаж і, ставлячи гирі на ту ж саму шальку, де був вантаж, урівноважити ними пісок. Вага гирі дорівнюватиме вазі вантажу.

- 27.10. 2 кг; ліве плече у 2 рази довше за праве. **Розв'язання.** З умови рівноваги терезів у першому і другому зважуваннях випливає: $m_1 l_1 = m_2 l_2$; $m_1 l_1 = m_2 l_2$, де l_1 і l_2 — довжини лівого і правого пліч. Перемножуючи рівняння, дістаємо $m^2 = m_1 m_2$, звідки $m = \sqrt{m_1 m_2}$. Ділячи перше рівняння на друге, дістаємо

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_1 l_1}{m_2 l_1}, \text{ звідки } \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$$

- 27.11. 30 г, на одну третину лінійки. **Вказівка.** Точка опори важеля збігається з краєм стола (див. рисунок).

- 28.1. Напрямок сили, прикладеної до вільного кінця мотузку, не має значення.

- 28.4. В обох системах пружини розтягнуто однаково.
 28.5. На 5 см. 28.6. 250 Н; на 12 см.

- 28.8. Виграш у силі у 2 рази в другій і третій системах; у першій системі сила натягу мотузку дорівнює 100 Н на всіх ділянках, у

132

- 24.27. У 24 рази. **Розв'язання.** Позначимо об'єм вантажу V , нехай об'єм кулі дорівнює xV . Тоді діюча на буй сила тяжіння дорівнює $(\rho_1 + x\rho_2)gV$, а сила Архімеда $F_A = \rho_B gV(1 + 3x/4)$. Тут ρ_1 , ρ_2 і ρ_B — густини відповідно чавуну, пластика і води. При плаванні буй сила тяжіння і архімедова сила врівноважують одна одну. Прирівнявши ці сили, знаходимо

$$x = \frac{4(\rho_1 - \rho_B)}{3\rho_B - 4\rho_2} = 24$$

- 24.28. Збільшиться в 1,08 рази. **Розв'язання.** Хоч водень удвічі легший за гелій, підйомна сила збільшиться ненабагато: підйомна сила кулі дорівнює різниці архімедової сили і сили тяжіння, що діє на газ, який наповнює кулю: $F_1 = \rho gV - \rho_1 gV$, $F_2 = \rho gV - \rho_2 gV$. Тут V — об'єм кулі; ρ , ρ_1 і ρ_2 — густини відповідно повітря, гелію і водню. Звідси $\frac{F_2}{F_1} = \frac{\rho - \rho_2}{\rho - \rho_1} = 1,08$.

Таким чином, у результаті заміни гелію воднем підйомна сила збільшиться лише на 8% (оскільки густини і водню, і гелію *набагато* менші за густину повітря). Оскільки водень за найменшого витікання може спалахнути, його практично не використовують для наповнення повітряних куль.

- 24.29. 0,55 кг/м³.

- 25.3. Може. **Розв'язання.** Наприклад, коли людина піднімає вертикально лом, охопивши його пальцями, роботу здійснює сила тертя спокою, що діє на лом з боку руки.

- 25.12. 22,5 кДж; на 56 см.

- 25.13. 1,3 м/с. 25.14. 1,5 кДж. 25.15. 18 МДж.

- 25.16. 720 Дж. 25.17. 180 Дж. 25.18. 2,4 кДж.

- 25.19. 3 mgh , 10 mgh , 45 mgh . **Розв'язання.** Позначимо масу однієї цеглини m , а її товщину h . Щоб покласти другу цеглину на першу, треба виконати роботу mgh . Щоб покласти зверху третю цеглину, треба виконати додатково роботу $2mgh$. Міркуючи аналогічно, дістаємо, що робота, яку треба виконати, щоб покласти n -у цеглину на вже покладені $n-1$ цеглин, дорівнює $(n-1)mgh$. Таким чином, робота, яку треба виконати, щоб покласти стовпчик з n цеглин, дорівнює $mgh[1 + 2 + \dots + (n-1)]$.

- 26.1. 1 Вт. 26.2. 300 Дж. 26.3. 2 хв.

- 26.4. Потужність однакова; робота більша у випадку а.

- 26.6. 160 Вт. 26.7. 0,23 мВт. 26.8. 1 год.

- 26.9. Потужність ескалятора складає 1/3 потужності автомобіля.

- 26.10. Вага слона у 2 рази більша.

131

другій і третій системах сила натягу мотузку на всіх ділянках дорівнює 50 Н.

- 28.9. **Вказівка.** Див. рис. а, б.

- 28.10. 550 Н. **Вказівка.** Можна вважати, що за допомогою *невагомого* блока піднімають вантаж масою 110 кг.

- 28.11. **Вказівка.** Див. рисунок (людина піднімає сама себе).

- 28.12. 60 кг.

- 28.13. У системі 3 рухомих блоки і 1 нерухомий; система дає вигреш у силі у 8 разів; сили натягу мотузків а, б, с дорівнюють відповідно 200 Н, 100 Н, 50 Н; блок 1 підніметься на 5 см, блок 2 підніметься на 10 см, блок 3 підніметься на 20 см, вузлик А опуститься на 40 см.

- 28.14. Див. рисунок.

- 28.15. 45 см. 28.16. 60 см. 29.3. 250.

- 29.4. 75 кН. **Розв'язання.** Припустимо, що гвинт зробив один оберт. Тоді кінець ручки гвинта пройшов шлях $2\pi l$, а переміщення гвинта вздовж осі дорівнює h . Отже, сила, яку прикладено до кінця ручки гвинта, виконала роботу $A_1 = 2\pi l F_1$, а сила тиску преса — роботу $A_2 = h F_2$. Згідно з «золотим правилом» механіки $A_1 = A_2$, звідки $F_2 = 2\pi l F_1/h$.

- 29.5. 19 см. **Вказівка.** Див. задачу 29.4.

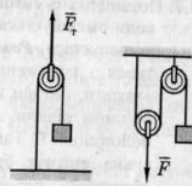
- 29.7. У 12 разів.

- 30.3. 75%. 30.4. 90%. Зайвим даним в умові є висота підйому вантажу.

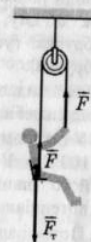
- 30.5. 21 кг. 30.6. На 1 м. 30.7. 50 кг.

- 30.8. У першому випадку 100%, у другому 80%. Зайвим даним є маса нерухомого блока. 30.9. 50%.

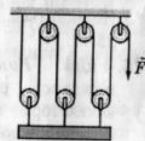
- 30.10. 5 м; 10 Н. **Вказівка.** Уся виконана робота дорівнює сумі двох робіт: роботи, витраченої на подолання сили тяжіння, і роботи, витраченої на подолання сили тертя.



До задачі 28.9



До задачі 28.11

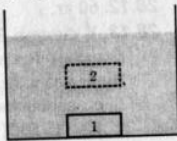


До задачі 28.14

133

30.11. 75%.

31.7. Потенціальна енергія бруска збільшується; потенціальна енергія води зменшується; сума потенціальних енергій бруска і води зменшується. **Розв'язання.** Нехай брусок, спливаючи, перемістився з положення 1 у положення 2 (див. рисунок). Можна вважати, що він при цьому помінявся місцями з рівним йому об'ємом рідини, що перемістився, навпаки, з положення 2 у положення 1. Таким чином, при описаному процесі потенціальна енергія бруска збільшилася (він піднявся); потенціальна енергія води зменшилася (частина води опустилася); сумарна потенціальна енергія бруска і води також зменшилася (маса води такого ж об'єму, як брусок, більша за масу бруска: густина води більша за густину бруска).



- 31.8. Для швидкого розгону: при цьому робота, виконувана двигуном, йде на збільшення кінетичної енергії автомобіля.
- 31.10. У першому випадку робота дорівнює 50 Дж, у другому випадку 100 Дж. У другому випадку при підйомі каменя збільшується його швидкість, тому при підйомі збільшується не тільки потенціальна, а й кінетична енергія каменя.
- 31.11. Потенціальна енергія комети є максимальною в точці С, мінімальною в точці А; кінетична енергія, навпаки, мінімальна в точці С і максимальна в точці А.
- 31.12. Набута слоном потенціальна енергія більша на 3 кДж.
- 31.13. Зменшиться на 30 Дж. 31.14. На 18 Дж. **Вказівка.** Див. задачу 25.19.
- 31.15. 4 кДж. **Розв'язання.** Швидкість ескалятора складає 1/3 швидкості руху хлопчика відносно землі, тобто двигун ескалятора виконує лише 1/3 роботи щодо збільшення потенціальної енергії хлопчика (решту роботи виконує сам хлопчик). Отже, $A = mgh_1$, де m — маса хлопчика, $h_1 = h/3$, де h — висота ескалятора. Зайвим даним є довжина ескалятора.
- 31.16. Потенціальна енергія кулі збільшується, потенціальна енергія оточуючого її повітря зменшується. **Вказівка.** Див. задачу 31.7.

134

О-11. На захід зі швидкістю 1670 км/год. **Розв'язання.** Поблизу екватора точки земної поверхні при добовому обертанні Землі рухаються із заходу на схід зі швидкістю

$$\frac{\text{довжина екватора}}{\text{тривалість доби}} = \frac{40\,000 \text{ км}}{24 \text{ год}} = 1670 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

Щоб скомпенсувати цей рух, літак має летіти вздовж екватора з такою ж швидкістю, але у зворотному напрямку, тобто зі сходу на захід. Для сучасних літаків такі швидкості уже можливі (можна сказати, що Земля у своєму добовому обертанні «провертається» під літаком, що летить на захід уздовж екватора з такою швидкістю).

- О-12. 16 м/с. О-13. Через 50 хв. О-14. 40 км/год.
- О-15. 14 км/год. О-16. 5/8 шляху і 1/4 часу руху. О-17. 6 с.
- О-18. 3 км. **Вказівка.** Знайдіть спочатку середню швидкість при русі горою.
- О-19. Ні: в цьому випадку даних недостатньо. **Розв'язання.** В розглядуваному випадку середня швидкість при русі горою дорівнює швидкості руху рівниною (3 км/год), тому сумарний час руху туди й назад не залежить від того, яку частину шляху турист пройшов рівниною.

О-20. В озері. **Вказівка.** Доведіть, що $\frac{t_p}{t_o} = \frac{v_q^2}{v_q^2 - v_t^2}$, де t_p і t_o — час, необхідний для того, щоб проплисти туди й назад у річці і в озері, v_q — швидкість човна відносно води, v_t — швидкість течії.

- О-21. У 3 рази. О-22. У 4 рази. О-23. У 4 рази.
- О-24. 7 хв; 8 хв 10 с. **Вказівка.** У другому випадку треба врахувати, що автомобілі зустрінуться не на межі двох ділянок.

О-25. Швидкість кулі має дорівнювати $\frac{150}{n + \frac{1}{2}}$ м/с, де $n = 0, 1, 2, \dots$

наприклад, швидкість може дорівнювати 300 м/с, 100 м/с, 60 м/с. **Вказівка.** Треба врахувати, що за час прольоту кулі крізь циліндр він повинен зробити півоберта плюс будь-яке ціле число обертів.

136

ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ, РОЗВ'ЯЗАННЯ ДО ОЛІМПІАДНИХ ЗАДАЧ

О-1. **Розв'язання.** В одну мензурку налийте 100 мл води (мензурка має бути заповнена не до краю), а у другу насипте 50 мл сухого піску. Потім пересипте пісок у воду. Якщо, наприклад, рівень води піднявся до позначки 130 мл, то загальний об'єм *піщини* становить $\frac{30}{50}$ загального об'єму піску, тобто 60%. Решту 40% займає повітря.

О-2. 64.

О-3. Об'єм молекул становить менше за 1/700 об'єму повітря.

О-4. **Розв'язання.** Таке розташування молекул є характерним для рідини: проміжки між молекулами невеликі, порядок у розташуванні молекул відсутній. Якщо б люди на площі вишикувалися в ряди і колони, то вийшла б «модель» кристалічної решітки; а коли гуляння закінчиться і більша частина людей розійдеться, молекули, що де-не-де залишаться, буде розташовано подібно до молекул у газі.

О-5. **Розв'язання.** Зручно розглядати рух капелюха і човна відносно води, тому що відносно води капелюх нерухомий, а швидкість човна, коли він пливе від капелюха і до капелюха, за модулем така сама — так, як це було б в озері. Отож, після повороту рибалка плыв до капелюха теж 1 год, тобто він підібрав капелюх через 2 год після того, як упустив його. За умовою за цей час капелюх проплив за течією 4 км, звідки випливає, що швидкість течії 2 км/год.

О-6. Див. рисунок, на якому показано приблизний вигляд траєкторій (траєкторії такого руху називаються циклоїдами).



До задачі О-6

О-7. 18 км. О-8. У 3,3 рази. О-9. 4 роки. О-10. О 8 год вечора.

135

О-26. У нижній точці швидкість ланок гусениць дорівнює нулеві, у верхній вона дорівнює 20 м/с (удвічі більша за швидкість трактора). **Вказівка.** Розгляньте рух ланок гусениць відносно трактора.

О-27. 5 м/с, 0 м/с, 10 м/с. **Розв'язання.** Швидкість нижньої точки колеса задана по суті безпосередньо в умові: якщо сліди шин не змазано, значить, нижня точка колеса знаходиться у спокої відносно дороги. Вісь колеса, жорстко зв'язана з рамою велосипеда, рухається, звичайно, з такою швидкістю, як сам велосипед, тобто 5 м/с. Знайдемо тепер швидкість верхньої точки колеса. Зазначимо спочатку, що відносно рами велосипеда колесо просто обертається, причому нижня точка колеса рухається *назад*, а верхня — *уперед*. А оскільки відносно дороги нижня точка колеса знаходиться у спокої, ми можемо зробити висновок, що швидкість обертання точок обола колеса саме дорівнює за модулем швидкості велосипеда v . Проте тоді швидкість верхньої точки колеса відносно землі дорівнює подвоєній швидкості велосипеда, тобто $2v$.

О-28. 10 см, 20 см. **Вказівка.** Див. задачу О-26.

О-29. На 60 см. О-30. 8 м.

О-31. 4 год 20 хв. **Вказівка.** Щоб приятелі прибули *одночасно*, кожний із них мусить пройти півшляху і проїхати півшляху.

О-32. За 4 год. **Вказівка.** Щоб прибути на базу *одночасно*, всі трое мають пройти однакову відстань (що дорівнює 1/3 всього шляху) і проїхати однакову відстань (що дорівнює 2/3 всього шляху).

О-33. За 4 год 12 хв. **Вказівка.** Слід урахувати, що батько й син повинні витратити на дорогу однаковий час.

О-34. **Розв'язання.** Якщо за тіло, відносно якого розглядається рух, обрати Землю, то сама Земля, звичайно, буде у спокої, а Сонце обертатиметься навколо Землі за коловою орбітою. Проте опис руху планет Сонячної системи (Меркурія, Венери, Марса та інших) стане при цьому дуже складним: якщо розглядати ці рухи відносно Землі, вони зовсім не схожі з рухами за коловими орбітами (відстані від Землі до кожної з планет сильно змінюються у процесі руху). А от якщо за тіло, відносно якого розглядається рух, обрати Сонце, опис руху всіх планет набагато спрощується: Земля і всі інші планети Сонячної системи обертаються навколо Сонця за орбітами, близькими до колових. Ця спільна власти-

137

вість усіх планет Сонячної системи навела англійського фізика Ньютона на думку, що причиною такого руху планет є притягання планет Сонцем.

- О-35.** Маси куль рівні.
О-36. Маса кулі у 3 рази менша від маси куба.
О-37. 6 м/с або 18 м/с. **Вказівка.** Можливі два розв'язки, оскільки в умові задачі не сказано, у бік якого із цалів покотився «клубок».
О-38. Розв'язання. Перший спосіб — штовхнути терези «знизу» в напрямку, перпендикулярному до площини шальок; при цьому шалька з більш масивним тілом «переважить». Другий спосіб — увімкнути двигуни космічного корабля, розмістивши терези так, щоб їхній «верх» був орієнтований у бік носа корабля. При цьому способі шалька, на якій знаходиться тіло більшої маси, також «переважить».
О-39. Алюмінієвий брусок має об'єм 100 см³, масу 270 г, мідний — відповідно 50 см³ і 445 г.
О-40. 10 см.
О-41. 1030 кг/м³; 980 кг/м³. **Розв'язання.** Згідно з означенням густини,

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{m_{\text{сум}}}{V_{\text{сум}}} = \frac{m_{\text{сп}} + m_{\text{гл}}}{V_{\text{сп}} + V_{\text{гл}}}. \text{ У першому випадку, коли задано}$$

співвідношення об'ємів, скористасмося формулами

$$m_{\text{сп}} = \rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}}, m_{\text{гл}} = \rho_{\text{гл}} V_{\text{гл}};$$

дістанемо

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{\rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}} + \rho_{\text{гл}} V_{\text{гл}}}{V} = \rho_{\text{сп}} \frac{V_{\text{сп}}}{V} + \rho_{\text{гл}} \frac{V_{\text{гл}}}{V} = 1030 \text{ кг/м}^3.$$

У другому випадку, коли задано співвідношення мас, скористасмося формулами $V_{\text{гл}} = \frac{m_{\text{гл}}}{\rho_{\text{гл}}}$, $V_{\text{сп}} = \frac{m_{\text{сп}}}{\rho_{\text{сп}}}$; дістанемо

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{m}{\frac{m_{\text{сп}}}{\rho_{\text{сп}}} + \frac{m_{\text{гл}}}{\rho_{\text{гл}}}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{\text{сп}}} \frac{m_{\text{сп}}}{m} + \frac{1}{\rho_{\text{гл}}} \frac{m_{\text{гл}}}{m}} = 980 \text{ кг/м}^3.$$

У другому випадку густина менша тому, що частка легшої рідини (спирту) збільшилася у порівнянні з першим випадком. Радимо порівняти задачі на знаходження середньої густини із задачами на знаходження середньої швидкості (див. задачі 7.6, 7.17).

138

Розглянемо, як змінюються під час польоту кулі напрямки і модуль сили опору повітря. Коли куля летить угору, сила опору повітря напрямлена вниз, а коли куля летить униз, сила опору повітря напрямлена вгору. Найбільше значення сила опору має на початку польоту, коли швидкість кулі велика, потім у міру підйому кулі і зменшення її швидкості сила опору повітря зменшується і у верхній точці стає рівною нулю (у верхній точці на кулю діє лише сила тяжіння). Коли куля летить униз, її швидкість збільшується, і тому збільшується сила опору повітря, проте навіть при підлітанні кулі до землі вона не досягає свого первісного значення, оскільки через опір повітря швидкість кулі при підлітанні до землі менша, ніж на початку підйому.

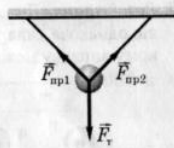
- О-51.** Початкові стрибка відповідає рис. в, моментові часу безпосередньо після розкриття парашута відповідає рис. б; рис. а може відповідати моментам часу невдовзі до розкриття парашута (коли швидкість парашутиста із довже закритим парашутом настільки велика, що сила опору повітря урівноважує силу тяжіння; парашутист при цьому рухається рівномірно з великою швидкістю), а також моментам часу дещо згодом після розкриття парашута (коли сила опору повітря зменшилася в порівнянні з моментом безпосередньо після розкриття парашута і знов урівноважує силу тяжіння; парашутист при цьому рухається рівномірно, але з невеликою швидкістю).

Вказівка. Див. задачу О-50.

- О-52.** Див. рисунок для випадку а.

Вказівка. Сила, прикладена з боку нитки, напрямлена завжди уздовж нитки.

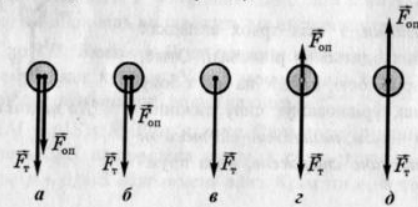
- О-53. Розв'язання.** У всіх трьох випадках куля знаходиться у рівновазі. Отже, сила пружності, що діє на неї з боку стержня, урівноважує силу тяжіння. Таким чином, незалежно від того як розташовано стержень, сила пруж-



До задачі О-52

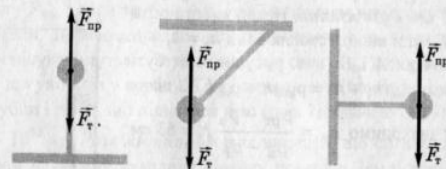
140

- О-42.** Обидві можуть бути правильні, але в першому випадку частини беруться за масою, а у другому — за об'ємом.
О-43. Корону зроблено зі сплаву; срібла більше за об'ємом (близько 100 см³), але менше за масою (приблизно 1 кг).
О-44. 5 мм. **Розв'язання.** Об'єм кубика $V_k = a^3 = 216 \text{ см}^3$. Об'єм стінок V_c можна обчислити, знаючи масу кубика m_k і густину міді ρ : $V_c = m_k / \rho = 91 \text{ см}^3$. Отже, об'єм порожнини $V_n = V_k - V_c = 125 \text{ см}^3$. Оскільки $125 \text{ см}^3 = (5 \text{ см})^3$, порожнина є кубом із довжиною ребра $b = 5 \text{ см}$. Звідси випливає, що товщина стінок куба дорівнює $(a - b)/2$.
О-45. 7,8 кг. **Вказівка.** Знайдіть спочатку площу поверхні куба.
О-46. Вказівка. Наприклад, зважити сухий шматок тканини, намочити, знову зважити, висушити і зважити утретє.
О-47. Вказівка. Треба зважити деталь, потім деталь із наповненою посудиною, потім деталь обережно занурити в посудину і знову зважити.
О-48. Маса банки з речовиною зірки більша приблизно на 400 т.
О-49. Маси першого і другого ящиків практично рівні, маса третього ящика більша. **Розв'язання.** Якщо збільшити в декілька разів об'єм дробинки, то у стільки ж разів збільшиться і об'єм «пустот» між дробинками. Отже, для перших двох ящиків (із великим і дрібним дробом) відношення об'єму, зайнятого дробом, до об'єму ящика однакове. У третьому ж ящику (із сумішшю великого і дрібного дробу) частка об'єму, зайнятого дробом, більша, оскільки проміжки між великими дробинками будуть частково заповнені дрібними дробинками (наочна аналогія: у відро, до краю заповнене картоплею, можна насипати ще досить багато піску). Див. також задачу 2.2.
О-50. Розв'язання. Див. рис. а, б, в, г, д. У всі моменти часу на кулю діє однакова сила тяжіння (змінюю сили тяжіння з висотою в даному випадку можна знехтувати).



139

ності з боку стержня напрямлена вгору і дорівнює за модулем силі тяжіння (див. рисунок).



Як бачимо, сила пружності з боку жорсткого стержня не завжди напрямлена вздовж стержня (пор. із задачею О-52; сила, що діє з боку нитки, завжди напрямлена вздовж нитки). Зазначимо, що точкою прикладання сили пружності є точка кріплення кулі до стержня (на рисунку точки прикладання цієї сили для наочності перенесено в центр кулі).

- О-54.** 5 см × 10 см × 20 см. **Розв'язання.** Позначимо розміри бруска а, b, с, де $a > b > c$. Тоді з умови випливає, що $b = a/2$, $c = a/4$, $p_1 = mg/(ab) = 2mg/a^2$. Звідси $a = \sqrt{2mg/p_1} = 20 \text{ см}$.

- О-55.** 43 см. **О-56.** У посудині з водою, $p = 2 \text{ кПа}$. **О-57.** Гас.

- О-58. Вказівка.** Описана ситуація можлива, якщо перша склянка порожня, а у другу налито воду.

- О-59.** 15 Н.

- О-60.** 1,2 кг. **Розв'язання.** Вода починає витікати, коли каstrуля ледве-ледве піднімається. Піднімає каstrулю спрямована вгору сила тиску води на дно. Ця сила $F = pS$ має врівноважити силу тяжіння mg , яка діє на каstrулю. Тут $p = \rho gh$ — тиск води на дно, $S = \pi R^2 - \pi r^2$ — площа дна каstrулі (з урахуванням отвору). З умови рівноваги $F = mg$ знаходимо $m = \rho h(\pi R^2 - \pi r^2)$. Зауважимо, що відповідь не залежить від висоти каstrулі Н.

- О-61.** $m < \pi \rho R^3/3$. **Вказівка.** Вода починає витікати, коли вона ледве-ледве піднімає казанок. У цей момент сила тиску води на стіл дорівнює загальній вазі води і казанка.

- О-62.** $p = (M + \rho lS)g/S$. **Розв'язання.** Сила тиску рідини на великий поршень $2pS$ напрямлена вгору, а сила тиску на нижній поршень $(p + \rho gl)S$ напрямлена вниз. Крім того, на поршні і стер-

141

жень діє сила тяжіння Mg . Використовуючи умову рівноваги $Mg + (p + \rho g l)S = 2pS$, знаходимо $p = (M + \rho lS)g/S$.

О-63. За висоти 75 см.

О-64. 64 см, 63 см. **Розв'язання.** Нехай висота стовпа гасу h_r , тоді висота стовпа води $h_w = h_r + h$. Тиск у точках А і В (див. рисунок) має бути однаковим: $\rho_w g(h_r + h) = \rho_r g h_r + \rho_g g h$. З цього

$$\text{рівняння знаходимо } h_r = \frac{\rho_{рт} - \rho_{в}}{\rho_{в} - \rho_{г}} h = 63 \text{ см.}$$

Звідси $h_w = 64$ см.

О-65. На 4 см. **Розв'язання.** Шар гасу заввишки h спричиняє таке ж збільшення тиску в рідині, як шар води заввишки $h_w = \rho_r h / \rho_w = 20$ см. Якщо долити в посудину воду, то вона розподілиться між усіма посудинами порівну. Отже, рівень води в посудинах підніметься на $h_w/5 = 4$ см.

О-66. На 5 см.

О-67. Надпис «Ясно» відповідає високому тиску, а надпис «Хмарно» — низькому. **Розв'язання.** Повітря рухається від областей високого тиску до областей низького тиску. Разом із повітряними масами рухаються і хмари, що несуть опади. Тому услід за пониженням атмосферного тиску часто насуваються опади, а услід за підвищенням — ясна погода. Проте навіть сучасна метеослужба не завжди правильно завбачає погоду. Для точного прогнозу треба врахувати не тільки тиск, а й температуру повітря, його вологість, швидкість і напрямок вітру, а також безліч інших чинників. Барометр «не знає» всього цього. На вершині гори він уперто завбачатиме дощ — адже тиск повітря там низький.

О-68. Покази приладів змінювалися в залежності від погоди.

О-69. 10 Н. **Розв'язання.** Разом із кухлем під дією сили атмосферного тиску піднімається і вода, що знаходиться в ньому. На дно кухля діють напрямлена вниз сила атмосферного тиску $F_a = p_a S$ і напрямлена вгору сила тиску води $F_w = \rho_w g h S$. Тиск води на дно кухля менший за атмосферний: $p_w = p_a - \rho_w g h$, тому $F_w < F_a$. Щоб утримувати кухоль, до нього треба прикладати напрямлену вгору силу $F = F_a - F_w = \rho_w g h S = m_w g$. Як бачимо, сила F дорівнює вазі води, що піднімається разом із кухлем.

142

бульбашці не змінюється. Тому не змінюється і об'єм бульбашки: із підвищенням атмосферного тиску бульбашка просто піднімається вище, піднімаючи стовпчик ртуті, що знаходиться над нею. Якщо ж ртуть заповнить трубку до краю («упреться» у закритий верхній кінець трубки), то із подальшим підвищенням атмосферного тиску повітря в бульбашці дедалі сильніше «натискує» на верхню частину стовпчика ртуті. Тиск повітря у бульбашці зростає, а об'єм бульбашки зменшується.

О-75. Розв'язання. Зауважимо, що якби замість стовпа рідини у трубці був гладенький шнур, то він вислизнув би через довше коліно трубки (довша частина шнура важча). Виявляється, коли трубка відкрита з обох боків, стовпчик рідини поведе себе подібно такому шнуру, тобто вся рідина вилється через довше коліно трубки (хоч на перший погляд могло б здатися, що частина рідини вилється через один кінець трубки, а частина — через другий). Справа в тому, що через дію на стовпчик рідини атмосферного тиску цей стовпчик не може розірватися: у місці розриву утворився б «пустий» простір, і сила атмосферного тиску F_a , що діє на стовпчик рідини знизу, перемістила б його так, щоб «пустий» простір зник^{*)}. Якщо ж відкрити лише один із кінців трубки (будь-який), то рідина не витікатиме — її буде утримувати сила атмосферного тиску. Сифон використовують, наприклад, для переливання бензину з бака автомобіля до канистри. Зверніть увагу: сифон діє, якщо з самого початку вся трубка заповнена рідиною.

О-76. Вся вода вилється із трубки.

О-77. Молекули газу швидко розсіялися б у космічному просторі: слабе притягання астероїда не змогло б їх утримати.

О-78. 2,4 г/см³.

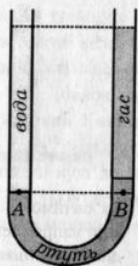
О-79. 1/9.

О-80. Вказівка. Слід урахувати, що при заповненні мішка повітрям зростає не тільки сила тяжіння, що діє на мішок з повітрям, але й архімедова сила з боку оточуючого повітря.

О-81. Не діє.

^{*)} Так відбувається, якщо атмосферний тиск перевищує тиск стовпа рідини (для води ця умова виконується при нормальному атмосферному тиску, якщо висота трубки не перевищує 10 м).

144



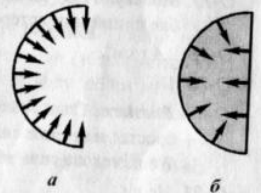
До задачі О-64

О-70. Розв'язання. У барометричній трубці повітря відсутнє, тому напрямлена вниз сила $F_{атм}$ тиску атмосферного повітря не компенсується силою тиску зсередини. Динамометр покаже суму сили $F_{атм}$ і ваги трубки mg . Із збільшенням атмосферного тиску покази динамометра збільшуватимуться, а із зменшенням — зменшуватимуться. Зауважимо, що сила $F_{атм}$ дорівнює вазі ртуті, що увійшла у трубку. Тому динамометр показує загальну вагу трубки і ртуті, що піднялася нею (пор. із задачею О-69).

О-71. $5 \cdot 10^{18}$ кг. **Розв'язання.** Можна вважати, що сила тиску атмосфери на кожну невелику ділянку поверхні Землі дорівнює вазі стовпа повітря, який знаходиться над цією ділянкою. Тому масу M усієї атмосфери можна знайти зі співвідношення $Mg = p_a S$, де p_a — нормальний атмосферний тиск, а S — площа всієї поверхні Землі.

О-72. ≈ 270 атм. **Розв'язання.** Вода, що випарилася, спричинить додатковий тиск на поверхню Землі $p = Mg/S$, де $M \approx \rho_w \cdot 0,7S \cdot h_c$ — маса води у Світовому океані (див. Додаток), S — площа поверхні Землі, h_c — середня глибина Світового океану. Звідси $p \approx 0,7\rho_w g h_c \approx 270$ атм.

О-73. 3,14 кН. **Розв'язання.** Труднощі задачі полягають у тому, щоб знайти силу тиску газу на півсфері. Сили тиску на кожну невелику ділянку півсфери напрямлені по-різному (див. рис. а), а знаходити рівнодійну таких сил ви ще не вмієте. Замінімо у дузі півсфери на суцільну півкулю (див. рис. б). Якщо б сили тиску газу на обидві поверхні півкулі (півсфері і плоску поверхню) не врівноважували одна одну, рівнодійна цих сил весь час розганяла б півкулю. Очевидно, це неможливо. Отже, рівнодійна F_a всіх сил атмосферного тиску на півсфері має те ж саме значення, що й сила атмосферного тиску на круг радіусом R , тобто отримуємо $F_a = p_a \cdot \pi R^2$.



О-74. Розв'язання. Сила тиску з боку повітря у бульбашці урівноважує силу тяжіння верхньої частини стовпчика ртуті. Оскільки висота цього стовпчика залишається незмінною, тиск повітря у

143

О-82. $F_A = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g$. **Розв'язання.** Архімедова сила є рівнодійною сил тиску рідини на кожну з ділянок поверхні тіла. В даному випадку ця рівнодійна дорівнює різниці сил тиску на нижню і верхню грані бруска: $F_A = F_n - F_v = S(p_n - p_v)$. Тут S — площа нижньої і верхньої граней, p_n і p_v — тиски рідини на відповідні грані. Позначимо через h_1 і h_2 висоти частин бруска, що знаходяться у відповідних рідинах. Тоді $p_n - p_v = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$, звідки

$$F_A = \rho_1 g S h_1 + \rho_2 g S h_2 = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g.$$

Отже, архімедова сила дорівнює повній вазі витісненої бруском рідини. Доведемо, що цей висновок є справедливим і для тіла довільної форми. Для цього в думі «усуємо» внутрішню частину тіла, залишивши тільки оболонку, товщиною і вагою якої можна знехтувати: при цьому архімедова сила, що діє на тіло, не змінюється, оскільки не змінюються сили тиску на будь-яку з ділянок зовнішньої поверхні тіла. У об'єм, що звільнився, «заллємо» рідини 1 і 2 об'ємом відповідно V_1 і V_2 . Очевидно, таке тіло ні тонути, ні спливати — наприклад, рідина 1 плаватиме в оточуючій її такій самій рідині. Отже, на тіло діє архімедова сила, що врівноважує силу тяжіння.

О-83. При зважуванні тіл, густина яких дорівнює густині сталі.

О-84. У випадку а сила тиску не зміниться, у випадку б зменшиться. **Розв'язання.** Сила тиску каменя на дно дорівнює різниці діючих на камінь сил тяжіння і архімедової сили. У випадку а обидві ці сили не змінюються після доливання гасу; у випадку б архімедова сила збільшується (див. задачу О-82).

О-85. Покази терезів збільшаться на 100 г. **Вказівка.** Покази терезів збільшуються через підвищення рівня води (збільшується тиск стовпа води). Якщо в посудину долити воду, об'єм якої дорівнює об'єму бруска, покази терезів збільшаться на стільки ж.

О-86. У залежності від кількості води, що вилеється, покази терезів можуть збільшитися на значення: а) від 0 до 1 кг; б) від 6 до 7 кг.

О-87. Знизиться. **Розв'язання.** Значимо, що в басейні з вертикальними стінками повна сила тиску на дно дорівнює вазі всього вмісту басейну і тому залишається незмінною. Проте якщо спочатку на дно тиснула лише вода, то після викидання каменя на

145

дно тиснуть вода і камінь. Отже, сила тиску *води* на дно басейну зменшилася, а це могло статися тільки в результаті зниження рівня води. Можна міркувати й інакше. Якщо камінь масою m і об'ємом V викинути з човна на берег, то об'єм витісненої човном води зменшиться m/ρ_w . Ця величина більша за V (камінь тоне у воді!). Тому якщо тепер кинути камінь у воду, то рівень води все одно буде нижчий за первісний.

О-88. а) рівень води не зміниться; б) рівень води знизиться. **Вказівка.** Див. задачу О-87.

О-89. Не зміниться.

О-90. 3000 кг/м³.

О-91. Розв'язання. Стискаючи пляшку, ми збільшуємо тиск всередині неї. Повітря всередині пробірки теж стискається, і об'єм витісненої води зменшується. Внаслідок цього зменшується архімедова сила, що діє на пробірку (із повітрям у ній), і пробірка тоне.

О-92. Підніметься.

О-93. 1/2. **Розв'язання.** Умова плавання має вигляд $F_A = mg$, де $m = \rho_k V$ — маса крижинки, V — її об'єм. Архімедова сила $F_A = \rho_w g V_n + \rho_r g (V - V_n)$, де V_n — об'єм витісненої води (див. задачу О-82). Звідси знаходимо $\frac{V_n}{V} = \frac{\rho_k - \rho_r}{\rho_w - \rho_r} = 0,5$.

О-94. Не вдасться.

О-95. Вказівка. Треба виміряти об'єм шматка пластиліну, а потім, зробивши з цього шматка човник, виміряти об'єм води, що її витісняє плаваючий човник.

О-97. $h = 15$ см. **Розв'язання.** У першому випадку деталь відірвалася від дна, коли маса витісненої води досягла 1 кг. Отже, маса деталі 1 кг. У другому випадку вода не затікає під основу нижнього кубика і не тисне на нього знизу. Тому архімедова сила діє лише на нижні грані двох бічних кубиків. Деталь відірветься від дна, коли кожний із цих кубиків витіснить 0,5 кг води. Звідси знаходимо $h = 15$ см.

О-98. 5 Дж. **Розв'язання.** В міру розтягнення пружини сила, яку необхідно прикладати до неї, лінійно збільшується від $F_{\min} = 0$ до

$F_{\max} = F$. Природно припустити^{*)}, що для обчислення роботи такої змінної сили можна використати середнє значення сили $F_c = (F_{\min} + F_{\max})/2$, тобто робота $A = F l/2$.

О-99. 100 Н. **Вказівка.** Див. задачу О-98.

О-100. Розв'язання. Позначимо подовження пружини x . Тоді сила, необхідна для утримання пружини в розтягнутому стані, дорівнює kx , де k — постійний коефіцієнт, що характеризує пружні властивості даної пружини. Оскільки сила пружності прямо пропорційна до деформації пружини, ми можемо скористатися

розв'язанням задачі О-98, звідки випливає $A = \frac{1}{2} kx \cdot x = \frac{kx^2}{2}$.

О-101. У другому випадку треба виконати у 3 рази більшу роботу. **Вказівка.** Див. задачу О-98.

О-102. На 6 см.

О-103. 4 Дж.

О-104. 0,5 Дж, 2,5 Дж.

О-105. 1,6 Дж.

О-106. В обох випадках робота одна й та ж сама. **Вказівка.** Див. задачу О-98.

О-107. Робота, яку необхідно виконати в першому випадку, у 81 раз більша.

О-108. 1,7 Дж; 2,2 Дж; 2,7 Дж.

О-109. 110 кДж.

О-110. Більшу роботу треба виконати при занурюванні конуса верхньою вгору; на цілком занурений конус в обох випадках діє однакова сила Архімеда. **Розв'язання.** При однаковій глибині занурення (коли конус занурено ще не повністю) більший об'єм води витісняє конус, розташований верхньою вгору (див. рисунок до умови). Отже, в цьому випадку на конус діятиме більша сила Архімеда, і тому в процесі занурювання доведеться прикладати більшу силу. Коли конус занурено повністю, об'єм витісненої

^{*)} Надали вивчаючи фізику, ви дізнаєтесь, що в тих випадках, коли сила лінійно залежить від координати, це припущення є дійсно справедливим.

ним води в будь-якому випадку дорівнює об'єму конуса незалежно від його розташування.

О-111. $A_1 = 5$ кДж; $A_2 = 15$ кДж. **Вказівка.** Оскільки $p_a = \rho g h_1$, вода піднімається за поршнем лише до висоти h_1 . При цьому сила, необхідна для підйому поршня, збільшується в міру його підйому від нуля до $F_{\max} = p_a S$. Отже, $A_1 = p_a S h_1/2$ (див. задачу О-98). При подальшому підйомі поршня сила, яку необхідно до нього прикладати, залишається незмінною.

О-112. 5 Дж. **Вказівка.** Сила, необхідна для переміщення шнура, прямо пропорційна до довжини похилої ділянки шнура. Тому зручно вважати, що переміщення шнура відбувається у 2 етапи: на першому етапі довжина похилої ділянки шнура зростає від 0 до 1 м (при цьому сила, необхідна для переміщення шнура, зростає від 0 до 2 Н), а на другому етапі довжина похилої ділянки шнура не змінюється (при цьому сила, необхідна для переміщення шнура, теж залишається незмінною).

О-113. 10 МДж. **О-114.** У 1000 разів.

О-115. $N = \left(M + m \frac{l-x}{l} \right) g v$. **О-116.** $v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{M}$.

О-117. 1 Вт.

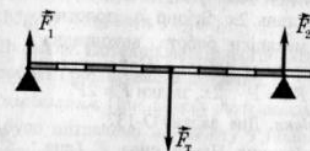
О-118. 10 год 40 хв. **Вказівка.** Центр тяжіння води знаходився спочатку на глибині 2 м.

О-119. 1 кг.

О-120. 2 кг. **Розв'язання.** Оскільки силу тяжіння важеля прикладено в його середині, умова рівноваги має вигляд: $m_1 g \cdot 2a = m_{\text{важ}} g \cdot a + m_2 g \cdot 4a$ (тут a — довжина однієї смужки на важелі). Звідси $m_2 = (2m_1 - m_{\text{важ}})/4$.

О-121. 40 Н (ліва опора), 50 Н (права опора). **Розв'язання.** Якщо трохи підняти чи опустити ліву опору, то стержень обертатиметься навколо правої опори (див. рисунок, на якому кожна смужка стержня відповідає 10 см). Отже, стержень можна розглядати як важіль, до якого прикладено сили F_1 і $F_2 = mg$. Умова рівноваги цього важеля має вигляд $F_1(l-a) = F_2(l/2-a)$, звідки $F_1 = mg \frac{l-2a}{2(l-a)}$. Щоб знайти силу F_2 , можна провести анало-

гічне міркування, у думці «повертаючи» стержень навколо лівої опори. Простіше, однак, скористатися тим, що $F_1 + F_2 = mg$. Звідси $F_1 = mg \frac{l}{2(l-a)}$. Зверніть увагу, що сили F_1 і F_2 обернено пропорційні до відстаней між відповідними опорами і центром тяжіння (точкою прикладання сили тяжіння).

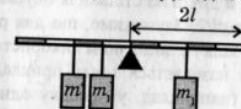


До задачі О-121

О-122. 6 кг. **О-123.** 7 кН і 4 кН.

О-124. 12 кг. **О-125.** 2,1 см.

О-126. 10 г. **Розв'язання.** Позначимо довжину половини шматка дроту 2l. Частина дроту, що знаходиться праворуч від точки підвісу, можна замінити одним вантажем масою $m_1 = 20$ г, підвішеним на відстані l від точки підвісу, а частину дроту, що знаходиться ліворуч від точки підвісу, можна замінити таким самим вантажем, підвішеним на відстані l/2 від точки підвісу (див. рисунок). Якщо в точці А підвісити вантаж масою m , з умови рівноваги важеля випливає $ml + m_1 l/2 = m_1 l$, звідки $m = m_1/2$.



До задачі О-126

О-127. 750 кг/м³. **Вказівка.** Силу Архімеда прикладено в середині зануреної у воду частини палички.

О-128. Сили не зміняться. **Вказівка.** Тиск на дно посудини не залежить від положення плаваючого бруска.

О-129. а) $mg/2$. б) $\frac{mg}{2\sqrt{2}}$, силу слід спрямувати перпендикулярно до діагоналі AD.

O-130. 81 см. O-131. У 32 рази.

O-132. Див. рисунок.

O-133. Вказівка. Див. задачу O-132.

O-134. 42 см. O-135. 40 см. O-136. 48 см.

O-137. $F = 2P$. Розв'язання. Коли точка B піднімається на відстань x , точка A піднімається на відстань $2x$. Згідно із «золотим правилом» механіки робота, виконувана силою F , дорівнює роботі з підйому вантажу, тобто $Fx = P \cdot 2x$, звідки $F = 2P$.



O-138. 3P/2. Вказівка. Див. задачу O-137.

O-139. 66%. Розв'язання. Нехай сила F (див. рисунок до умови) виконала роботу A . Тоді корисна робота, яку дає змогу виконати перший блок, $A_1 = 0,9A$; корисна робота, яку можна виконати, використовуючи перший і другий блоки, $A_2 = 0,9A_1 = 0,9^2A$ тощо. Отже, $A_4 = 0,9^4A = 0,66A$.

До задачі O-132

O-140. 2 кДж. Розв'язання. Роботу, яку необхідно виконати для встановлення рейки, можна в думці розбити на два доданки: а) роботу з підняття горизонтальної рейки на висоту, що дорівнює половині висоти рейки, і б) роботу з повороту рейки навколо її середини на 90° так, щоб вона набула вертикального положення. На першому етапі виконується робота $mgL/2$, на другому етапі робота не виконується, оскільки при цьому половина рейки піднімається, а друга на стільки ж опускається. Отже, вся робота дорівнює $mgL/2$. Зауважимо, що для розв'язання цієї і деяких наступних задач є доцільним використання поняття *центра тяжіння* — так називається точка прикладання сили тяжіння, що діє на тіло (наприклад, у випадку однорідної рейки центр тяжіння розташований у середині рейки). Потенціальна енергія тіла масою m дорівнює mgh , де h — висота центра тяжіння. При встановленні рейки h збільшується на $L/2$.

O-141. 300 Дж. Вказівка. Див. задачу O-140.

O-142. 200 Дж. Розв'язання. Один кінець ланцюга треба підняти на висоту l . При цьому центр тяжіння ланцюга підніметься на $l/2$, тобто буде виконано роботу $A = mgl/2$.

O-143. 100 Дж. Вказівка. Висота підйому центра тяжіння ланцюга дорівнює $l/4$.

O-144. У випадку незамкненого ланцюга робота дорівнює 800 Дж, у випадку замкненого 900 Дж. O-145. 4,2 кДж.

O-146. Розв'язання. Коли n цеглин лежать на землі, їхній спільний центр тяжіння знаходиться на висоті $h/2$. Коли їх викладено одна на одну, їхній спільний центр тяжіння знаходиться на висоті $nh/2$. Отже, при викладанні цеглин центр тяжіння піднявся на $\Delta h = (n-1)h/2$. Оскільки загальна маса стовпчика $M = nm$, дістаємо $A = Mg\Delta h = mghn(n-1)/2$.

O-147. 2,4 Дж. Вказівка. Потенціальна енергія розтягнутої пружини дорівнює роботі з розтягування пружини.

O-148. 3 кДж. Розв'язання. При спуску потенціальну енергію саней $E_p = mgh$ було витрачено на роботу з подолання сили тертя. При витягуванні саней назад треба виконати, по-перше, роботу mgh , що дорівнює збільшенню потенціальної енергії саней, а по-друге, виконати *таку ж саму* за значенням роботу з подолання сили тертя. Отже, повна робота при витягуванні саней дорівнює $2mgh$.

O-149. 3P/2. Розв'язання. Якщо довжину нитки зменшити на x , центр тяжіння системи стержнів підніметься на $3x/2$. Робота, виконана при скороченні нитки, дорівнює Fx . З іншого боку, вона дорівнює зміні потенціальної енергії системи стержнів, тобто $3Px/2$. Звідси випливає $F = 3P/2$.

ДОДАТОК ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

ГУСТИНА ТВЕРДИХ ТІЛ

Речовина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Речовина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Алюміній	2700	2,70	Олово	7300	7,30
Бетон	2200	2,20	Парафін	900	0,90
Граніт	2600	2,60	Пісок (сухий)	1500	1,50
Дуб (сухий)	800	0,80	Свинць	11300	11,30
Залізо	7800	7,80	Скло	2500	2,50
Золото	19300	19,30	Сосна (суха)	400	0,40
Корок	240	0,24	Срібло	10500	10,50
Лагунь	8500	8,50	Сталь	7800	7,80
Лід	900	0,90	Цегла	1600	1,60
Мармур	2700	0,27	Чавун	7000	7,00
Мідь	8900	8,90	Ялина (суха)	600	0,60
Нікель	8900	8,90			

ГУСТИНА РІДИН

Речовина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Речовина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Ацетон	790	0,79	Масло машинне	900	0,90
Бензин	710	0,71	Нафта	800	0,80
Вода	1000	1,00	Ртуть	13600	13,60
Вода морська	1030	1,03	Сірчана кислота	1800	1,80
Гас	800	0,80	Спирт	800	0,80
Гліцерин	1260	1,26			

ГУСТИНА ГАЗІВ (при 0 °С і тиску 760 мм рт. ст.)

Речовина	ρ , кг/м ³	Речовина	ρ , кг/м ³
Азот	1,25	Кисень	1,43
Водень	0,09	Повітря	1,29
Гелій	0,18	Природний газ	0,80

ДЕЯКІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗЕМЛЮ

Середній радіус Землі	6370 км
Довжина екватора	40 тисяч км
Площа поверхні Землі	510 млн км ²
Маса Землі	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Середня густина Землі	5500 кг/м ³
Нормальний атмосферний тиск	101 кПа (760 мм рт. ст.)
Площа поверхні суші	149 млн км ²
Площа Світового океану	361 млн км ²
Середня глибина Світового океану	3800 м
Середня швидкість руху Землі навколо Сонця	30 км/с
Вік Землі	приблизно 4,5 млрд років

ДЕЯКІ МАТЕМАТИЧНІ ФОРМУЛИ

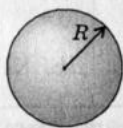
Довжина кола $l = \pi D = 2\pi R$

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

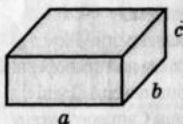


Площа поверхні сфери $S = 4\pi R^2$

Об'єм кулі $V = \frac{4}{3}\pi R^3$



Об'єм прямокутного паралелепіпеда
 $V = abc$



Об'єм циліндра
 $V = \pi R^2 h$



ВІДПОВІДІ ДО ЗАДАЧ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Розділ 4

№	1	2	3	4
I	120 км/год	14 км	20 м/с, 72 км/год	1 м/с, 3,6 км/год
II	440 км/год	28 800 км/год	15 м/с, 54 км/год	60 см

Розділ 5

№	1	2	3
I	2,25 км	6,25 м/с	2,5 год
II	50 хв	1 год 40 хв	40 км/год

Розділ 6

1
80 км; на 1 год; 40 км/год
100 км; перший, на 30 хв; 1 год

Розділ 7

№	1	2	3	4	5	6
I	50 км/год	70 км/год	32 км/год	12 км/год	10 км/год	7 год
II	24 км/год	45 км/год	60 км/год	80 км/год	6 км/год	1,25

Розділ 8

№	1	2	3	4	5
I	1,5 км/год і 3,5 км/год	12 год	У 1,4 раза	1,5 хв	18 хв
II	5 год	8/15	2,5 хв	У 7 разів	1 год 12 хв

Розділ 10

№	1	2	3
I	4,5 кг	80 кг	Маса барона в 3 рази більша
II	600 г	10 м/с	Маса вантажу в 4 рази більша

Розділ 11

№	1	2	3	4	5	6
I	2,2 г/см ³	12 кг	6,5 г/см ³	0,54 кг і 1,78 кг	3 машини	20 см ³
II	5,6 кг	2,2 см	2-й, на 2,7 кг	2,5 см	500 км	95 г
№	7	8	9	10	11	12
I	15 г	340 г	10 г/см ³	9,9 г/см ³	1300	30 см ³ , 50 см ³
II	1,5 кг	6,1 кг; 2,1 кг	3,6 кг	13 г/см ³	23 м ³	10 см ³

Розділ 12

№	1	3	4	5
I	Ртуть	Збільшилась на 800 Н	0,25 дм ³	19 Н
II	130 см ³	37 Н	Наприклад, гас або спирт	300 см ³

Розділ 13

№	1	2
I	840 Н	11 см
II	На 3 см	3 мм

Розділ 14

№	7
I	Легше зсунути 6 верхніх
II	17 Н

Розділ 16

№	1	2	3	4	5
I	20 кПа	4 мм	Тиск вагона в 1250 разів більший	4 см	1 см
II	2 м	1,6 г/см ³	2,5 кг	В 4 рази	2,6 г/см ³

Розділ 18

№	1	2	3	4	5	6	7
I	20 м	5,1 кПа	15,5 кПа	Зможе	6 см	25 Н,	На 10 Па
II	180 кПа	На 500 Па	1,4 кПа	2,2 МН	200 Н; 62,5 Н; 125 Н	1	2600 кг/м ³

Розділ 19

№	1	2	3
I	У посудині А; на 34 кПа	У посудині А; на 1,5 кПа	27,2 см
II	У посудині А; на 2,5 кПа	У посудині А; на 20 кПа	800 кг/м ³

Розділ 20

№	2	3	4	6	7
I	15 кН	59 см	5 м	420 м	190 мм рт. ст.
II	На 800 Н	13,6 г/см ³	40 кПа	727 мм рт. ст.	5,5 км

Розділ 21

1	2
4 кН	5 мм
20 см ²	1,2 кН

Розділ 23

№	1	2	3	4	5	6	7	8
I	1,6 г/см ³	2,6 кН	0,8 г/см ³	4,5 Н	150 Н	0,8 Н	480 см ³	Вантаж у гасі
II	6,4 Н	500 кг/м ³	0,5 дм ³	0,63 Н	24 Н	1/4 Н	1,4 Н	Мідний вантаж

Розділ 24

№	2	3	4	6	7	8	9
I	3/4	1,2 см	На 25 см	30%	Так	8	1,09 кг/м ³
II	0,6	2,7 м ³	500 т	Не пройде	60%	10	У 1,3 раза

Розділ 25

№	2	3	4	5	6	7
I	52 кг	40 см/с	30 м	12 см ²	20 м/с	56 кг
II	1,2 кДж	3 т	0,5 м/с	7 · 10 ⁵ Па	0,1	7,1 м

Розділ 26

№	1	2	3	4
I	5,3 кН	500 Н	На 6-й поверх	1,5 хв
II	2 хв 40 с	80 м/с або 290 км/год	1500 м ³	4,3 м

Розділ 27

№	1	2	3	4	5
I	40 Н	3 Н. Сила має бути напрямлена вниз	64 Н	35 кг і 15 кг	15 кг
II	2 кг	Треба прикласти силу 32 Н, напрямлену вгору	9 см	2 кг і 18 кг	25 см

Розділ 28

№	2	3	4
I	У 2 рази; на 50 см	20 кг	8 кг
II	Виграшу в силі немає; на 15 см	25 кг	3 кг

Розділ 29

№	1	2	3
I	15 см	На 12 м	50 Н
II	На 1 м	350 Н	3 м

Розділ 30

1	2	3
80%	9,6 кг	80 кг
75%	250 Н	3 кН

Розділ 31

№	1	2	3
I	Збільшується на 210 Дж	На 30 см	Для мідного більша в 3,3 раза
II	Зменшується на 50 Дж	2,5 кг	Об'єм бетонної плити більший у 1,2 раза