

8

СБОРНИК ЗАДАЧ

ФИЗИКА

РЕКОМЕНДОВАНО

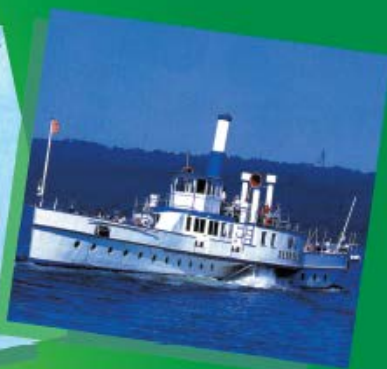
МИНИСТЕРСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

И. Ю. Ненашев

Ф

ИЗИКА

8

СБОРНИК  
ЗАДАЧИЗДАТЕЛЬСТВО  
**РАНОК**

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	2
1. Относительность движения. Траектория. Путь . . . . .	3
2. Скорость движения. Относительность скорости. Единицы скорости . . . . .	6
3. Средняя скорость . . . . .	11
4. Графики движения тела . . . . .	16
5. Период и частота вращения . . . . .	24
6. Амплитуда, период и частота колебаний . . . . .	26
7. Звук, его распространение и восприятие человеком. Ультразвук . . . . .	28
8. Взаимодействие тел. Инерция . . . . .	32
9. Масса как мера инертности тел. Сила. Сложение сил. . . . .	35
10. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость . . . . .	40
11. Сила упругости. Закон Гука. Динамометры . . . . .	44
12. Трение. Сила трения . . . . .	47
13. Момент силы. Условие равновесия рычага . . . . .	52
14. Блоки. . . . .	57
15. Давление и сила давления. Единицы давления . . . . .	63
16. Давление газов и жидкостей. . . . .	67
17. Закон Паскаля. Сообщающиеся сосуды. . . . .	71
18. Атмосферное давление. Барометры. Зависимость давления атмосферы от высоты . . . . .	78
19. Манометры. Гидравлические машины. Насосы . . . . .	83
20. Выталкивающая сила. Закон Архимеда . . . . .	87
21. Плавание тел . . . . .	92
22. Механическая работа. Единицы работы . . . . .	98
23. Мощность . . . . .	101
24. Энергия. Закон сохранения и превращения энергии. . . . .	104
25. Простые механизмы. «Золотое правило» механики. КПД простых механизмов. . . . .	110
26. Тепловое состояние тел. Температура и ее измерение. . . . .	116
27. Внутренняя энергия. Изменение внутренней энергии. . . . .	119
28. Количество теплоты, идущее на нагревание тела или выделяющееся при его охлаждении. Удельная теплоемкость . . . . .	125
29. Тепловой баланс . . . . .	130
30. Теплота сгорания топлива. КПД нагревателя. . . . .	133
31. Тепловые двигатели. КПД тепловых двигателей . . . . .	136
32. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления . . . . .	140
33. Испарение и конденсация. Удельная теплота испарения . . . . .	149
Ответы, указания, решения . . . . .	156
Приложение . . . . .	175

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Предлагаемый сборник содержит задачи для 8 класса общеобразовательных учебных заведений Украины, полностью соответствует действующей программе по физике (12-летняя школа), способствует формированию ученических навыков решения физических задач.

Задачи сгруппированы в тематические разделы, удобные для использования в рамках календарного планирования при преподавании физики. Задачи каждого параграфа дифференцированы по 1–3 уровням сложности (что в целом соответствует среднему, достаточному и высокому уровням учебных достижений учащихся).

Общее количество задач достаточно большое и значительно превышает необходимое. Это позволяет использовать сборник для решения типовых задач на уроках, подобрать домашние задания, организовать текущее и тематическое оценивание или воспользоваться пособием для самообразования.

Практически в каждом разделе, помимо разноуровневых задач, представлены задачи для любознательных (они не предназначены для контроля уровня учебных достижений). Эти задачи будут полезны для учащихся, которые стремятся попробовать свои возможности для решения эвристических и олимпиадных задач, а учителю помогут подготовить своих воспитанников к участию как в школьных физических олимпиадах, так и в соревнованиях более высокого уровня.

Сборник содержит элементы, способствующие продуктивной работе учителя и ученика:

- выделены качественные задачи **?** (они не требуют письменного решения и помогут, например, организовывать мотивационный фронтальный опрос в начале урока);
- отмечены группы однотипных задач (первую задачу из этой группы — она выделена серым фоном — можно решить в классе коллективно, остальные — они взяты в рамку — учащиеся по аналогии могут решать самостоятельно на уроке или дома);
- приведены примеры решения задач.

Автор признателен учителю физики Харьковского физико-математического лицея № 27 И. М. Гельфгату за замечания и предложения.

# 1. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. ТРАЕКТОРИЯ. ПУТЬ

## 1-й уровень сложности

- ? 1.1. Ученик во время урока сидит за партой. Назовите тела, относительно которых ученик находится в покое, а относительно которых — движется.
- ? 1.2. Поезд следует из Винницы во Львов. Назовите тела, относительно которых машинист поезда движется, а относительно которых — находится в покое.
- ? 1.3. Ученик идет по школьному коридору вместе с одноклассниками. Назовите тела, относительно которых ученик движется, а относительно которых — находится в покое.
- ? 1.4. Чтобы добраться до места работы, учитель должен ехать на автобусе. Относительно каких тел учитель, перемещаясь на автобусе, движется, относительно каких — находится в покое?
- ? 1.5. Приведите примеры прямолинейных движений.
- ? 1.6. Приведите примеры криволинейных движений.
- ? 1.7. По прямому участку дороги едет мотоциклист. Какие детали мотоцикла движутся относительно Земли по прямолинейным траекториям, а какие — по криволинейным?
- 1.8. Когда девочка идет из дома в школу, то проходит 250 м, а когда в музыкальный театр в том же направлении — 670 м. Какой путь преодолевает девочка до музыкального театра, если идет к нему из школы?
- 1.9. Расстояние от дома, где живет мальчик, до школы, где учится, равно 420 м. После уроков, направляясь мимо своего дома на занятия кружка технического творчества, мальчик проходит 770 м. Какой путь преодолевает мальчик, когда возвращается из кружка домой?

## 2-й уровень сложности

- ? 1.10. Вы находитесь в вагоне поезда, окна которого закрыты шторами. Грохота колес не слышно, и вагон не раскачивается. Можно ли утверждать, что поезд не движется? Объясните почему.

- ? 1.11.** Всем известно, что Земля вращается. Объясните, почему в повседневной жизни мы этого не замечаем.
- ? 1.12.** Мальчик, плывущий на плоту по реке, бросает в воду деревянную дощечку. Опередит ли дощечка плот или все произойдет наоборот? Объясните почему.
- ? 1.13.** Парусная яхта заходит в порт. Капитан отдает приказ спустить паруса. Опишите траекторию, по которой будет двигаться вершина треугольного паруса, с точки зрения капитана и с точки зрения встречающих на пирсе.
- ? 1.14.** По прямому участку дороги едет мотоциклист. Какова траектория движения точки обода колеса мотоцикла относительно мотоциклиста?
- ? 1.15.** Пассажир зашел в автобус через заднюю дверь, а на следующей остановке вышел через переднюю. Одинаковый ли путь относительно дороги преодолели между остановками автобус и пассажир? Объясните почему.
- 1.16.** Мальчик выпустил из рук мяч на высоте 1,5 м, а когда мяч отскочил от пола, поймал его на высоте 1 м. Какой путь прошел мяч? На каком расстоянии от точки начала движения находится точка, в которой мяч был пойман?
- 1.17.** Во время игры в баскетбол спортсмен бросил мяч вертикально вверх с высоты 0,5 м, а поймал на высоте 1,5 м. Какой путь прошел мяч, если в полете он поднимался на максимальную высоту 3 м? На каком расстоянии от исходной точки мяч был пойман?
- ? 1.18.** В романе Жюль Верна дети капитана Гранта в поисках отца прошли и проплыли по 37-й параллели более 10000 км, все время двигаясь (или стараясь двигаться) по прямой. Действительно ли траекторией их движения относительно центра земного шара является прямая?

### **3-й уровень сложности**

- ? 1.19.** Кран поднимает бочку с бетоном и одновременно передвигается вдоль строительной площадки. Начертите приблизительную траекторию движения бочки относительно: а) крановщика; б) строителей, работающих на площадке.

- ? **1.20.** Строительный кран поднимает бочку с бетоном и одновременно вращается. Начертите приблизительную траекторию движения бочки относительно: а) крановщика; б) строителей, работающих на площадке.
- ? **1.21.** Вдоль поручня вращающейся карусели двигается мальчик. Начертите приблизительную траекторию движения мальчика относительно Земли, если расстояние от края до центра карусели он преодолел за три оборота.
- ? **1.22.** Поперек палубы идущего по реке судна установлен теннисный стол. Два пассажира играют в теннис. Начертите при наблюдении сверху приблизительную траекторию движения теннисного мяча относительно берегов, если судно идет по прямой.
- ? **1.23.** В первых автомобилях задние колеса были жестко соединены между собой. Почему это вызывало быстрый износ покрышек при езде по извилистым дорогам?

### **Задачи для любознательных**

- 1.24.** Мальчик зашел в зал театра кукол, остановился возле первого места первого ряда, на котором сидит его друг, и развернул свой билет. Там указано: «10 ряд, 10 место». Какой путь нужно пройти мальчику, чтобы попасть на свое место? На каком расстоянии от кресла своего друга будет сидеть мальчик во время спектакля? \* Ширина ряда 1 м, ширина кресел — 75 см.
- 1.25.** Полярная станция расположена в 200 км от Южного полюса. Со станции отправилась экспедиция, которой нужно добраться до полюса, повернуть направо под углом  $90^\circ$  и пройти еще 200 км. На каком расстоянии от станции будет находиться экспедиция, когда пройдет весь маршрут?
- 1.26.** Плот проплывал под мостом, когда его обогнала моторная лодка. Пройдя 10 км, лодка, не меняя режима работы двигателя, повернула назад к плоту. При этом расстояние между нею и плотом составляло 9 км. На каком расстоянии от моста лодка снова встретится с плотом?

---

\* Ответ на этот вопрос можно получить, зная теорему Пифагора.

## 2. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ СКОРОСТИ. ЕДИНИЦЫ СКОРОСТИ\*

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Автомобиль едет со скоростью 108 км/ч. Выразите эту скорость в метрах в секунду.

<i>Дано:</i> $v = 108 \text{ км/ч}$ $v \text{ (м/с)} — ?$	<i>Решение</i> Для того чтобы выразить скорость в метрах в секунду, нужно перевести километры в метры, а часы в секунды.
---	---

Итак, 108 км = 108 000 м, а 1 ч = 3600 с. Разделив 108 000 на 3600, мы получим искомую скорость в метрах в секунду.

Определим числовое значение искомой величины:

$$\{v\} = \frac{108000}{3600} = \frac{108}{3,6} = 30.$$

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

*Ответ:*  $v = 108 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

**Задача 2.** Автомобиль ехал 40 мин со скоростью 144 км/ч. Какое расстояние он проехал?

<i>Дано:</i> $v = 144 \text{ км/ч}$ $t = 40 \text{ мин} = \frac{2}{3} \text{ ч}$ $l — ?$	<i>Решение</i> Воспользуемся формулой скорости $v = \frac{l}{t}.$
---	---

Путь, который преодолел автомобиль, найдем по формуле

$$l = vt.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $l = 96 \text{ км}$ .

*Ответ:*  $l = 96 \text{ км}$ .

---

\* Во всех задачах данного параграфа движение тел считайте равномерным.

**Задача 3.** По шоссе со скоростью 72 км/ч едет автобус. Его догоняет легковой автомобиль, скорость которого составляет 90 км/ч. Навстречу автобусу едет трейлер со скоростью 48 км/ч. С какой скоростью автобус приближается к трейлеру и легковому автомобилю?

*Дано:*

$$v_1 = 72 \text{ км/ч}$$

$$v_2 = 90 \text{ км/ч}$$

$$v_3 = 48 \text{ км/ч}$$

$$v_{12} = ?$$

$$v_{13} = ?$$

*Решение*

Автомобиль и автобус движутся в одном направлении, поэтому скорость их сближения

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

Трейлер едет навстречу автобусу, поэтому скорость сближения автобуса и трейлера

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

$$\text{Таким образом, } v_{12} = 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}}, \quad v_{13} = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

$$\text{Ответ: } v_{12} = 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}}, \quad v_{13} = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

### 1-й уровень сложности

**2.1.** Выразите в километрах в час следующие значения скорости: 0,5 м/с, 3 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с, 100 м/с, 1000 м/с.

**2.2.** Выразите в метрах в секунду следующие значения скорости: 3,6 км/ч, 18 км/ч, 36 км/ч, 54 км/ч, 72 км/ч, 90 км/ч, 108 км/ч, 180 км/ч.

**2.3.** Путь от карьера до комбината грузовик проходит за 30 мин, а на обратный путь тратит 15 мин. Во сколько раз пустой грузовик едет быстрее, чем груженный?

**2.4.** Спортсмен пробежал по стадиону два круга: первый круг — за 3 мин, а второй — за 2 мин. Во сколько раз увеличил свою скорость спортсмен на втором круге?



- 2.5.** Самолет пролетел 1200 км за 2 ч. С какой скоростью летел самолет?
- 2.6.** Теннисный мяч во время соревнований пролетает 15 м за полсекунды. С какой скоростью движется мяч?
- 2.7.** Поезд идет со скоростью 180 км/ч. Какой путь он преодолевает за 2 ч?
- 2.8.** Сверхзвуковой самолет летит со скоростью 400 м/с. Какое расстояние он пролетит за 5 с?
- 2.9.** Велосипедист движется со скоростью 36 км/ч. Сколько времени потребуется ему, чтобы проехать 27 км?
- 2.10.** От станции «Физика» до станции «Математика» поезд идет со скоростью 90 км/ч. Сколько времени длится путешествие, если расстояние между станциями составляет 60 км?

## **2-й уровень сложности**

- 2.11.** Какая скорость больше — 10 м/с или 10 км/ч?
- 2.12.** Какая скорость меньше — 72 км/ч или 24 м/с?
- 2.13.** Спринтер бежит со скоростью 480 м/мин, а мальчик на велосипеде едет со скоростью 27 км/ч. Кто из этих спортсменов движется с большей скоростью?
- 2.14.** Скорость сверхзвукового самолета равна 1500 км/ч. Догонит ли его пуля, двигающаяся со скоростью 500 м/с?
- 2.15.** Пассажир пробежал вдоль двух вагонов пассажирского поезда за 20 с. Сколько времени потребуется пассажиру, чтобы пробежать еще вдоль семи вагонов?
- 2.16.** Мальчик, сидящий в вагоне поезда, который едет с постоянной скоростью, заметил, что за 8 с мимо окна «проходит» 5 опор электросети. Сколько опор сможет насчитать мальчик, если будет вести наблюдение в течение 46 с?
- 2.17.** Самолет пролетел 750 км за 1 ч 15 мин. С какой скоростью летел самолет?
- 2.18.** Спортсмен пробежал дистанцию 4 км за 8 мин 20 с. С какой скоростью бежал спортсмен?

- 2.19.** Автобус проехал 1,5 км за 1 мин. Какой путь проходит автобус за 1,5 ч?
- 2.20.** Поезд идет со скоростью 180 км/ч. Какой путь проходит поезд за 1 мин?
- 2.21.** Скорость сверхзвукового самолета равна 400 м/с. За какое время самолет пролетит 100 км?
- 2.22.** Во время матча теннисный мяч летит со скоростью 99 км/ч. За какое время мяч пролетит 13,75 м?
- 2.23.** Автобус, двигаясь со скоростью 90 км/ч, доехал из пригорода в город за 20 мин. С какой скоростью должен ехать на велосипеде житель пригорода, чтобы добраться до города за 1 ч 30 мин?
- 2.24.** Строительный подъемник за 2 мин поднимает груз на 31-й этаж строящегося дома. С какой скоростью должен двигаться подъемник, если расстояние между этажами равно 3 м?
- 2.25.** Во время забега на ипподроме конь с жокеем за 1 мин преодолевают участок дистанции, вдоль которой расположены на одинаковом расстоянии 26 столбиков. С какой скоростью бежит конь, если расстояние между двумя соседними столбиками равно 30 м?
- ? 2.26.** Поезд медленно идет вдоль перрона. Как нужно двигаться пассажиру в поезде, чтобы остаться неподвижным относительно перрона?
- ? 2.27.** Поезд медленно идет вдоль перрона. Для чего пассажир, старающийся вскочить на подножку вагона, перед прыжком движется рядом с ним?
- 2.28.** По дороге навстречу друг другу едут велосипедист и автомобиль со скоростями 15 км/ч и 65 км/ч соответственно. С какой скоростью они сближаются?
- 2.29.** По дороге в одном направлении едут велосипедист и автомобиль со скоростями 15 км/ч и 65 км/ч соответственно. Автомобиль догоняет велосипедиста. С какой скоростью они сближаются?

### 3-й уровень сложности

- 2.30.** С какой скоростью едет локомотив, если расстояние между 125- и 127-километровыми столбиками он проходит за 1,5 мин? Ответ дайте в километрах в час и метрах в секунду.
- 2.31.** С какой скоростью едет автомобиль, если расстояние между 72- и 78-километровым столбиками он проходит за 2,5 мин? Ответ дайте в километрах в час и метрах в секунду.
- 2.32.** С какой скоростью идет человек, если он делает три шага за 2 с? Длина шага равна 80 см. Ответ дайте в метрах в секунду и километрах в час.
- 2.33.** Человек делает 5 шагов за 3 с. Длина шага равна 75 см. Сколько времени потребуется человеку, чтобы пройти 6 км 750 м?
- 2.34.** Человек идет со скоростью 5,4 км/ч. Сколько шагов в секунду он делает? Длина шага равна 60 см.
- 2.35.** Два встречных поезда проходят друг мимо друга со скоростями 48 км/ч и 60 км/ч соответственно. Пассажир первого поезда заметил, что второй поезд прошел мимо его окна за 10 с. Какова длина второго поезда?

### Задачи для любознательных

- 2.36.** Плот проплывал под мостом, когда его обогнала моторная лодка, шедшая вниз по течению. Через 1 ч лодка, не меняя режима работы двигателя, повернула назад и за 3 ч дошла до моста. Через какое время после разворота лодка проходила мимо плота?
- 2.37.** Мальчик прошел  $\frac{2}{5}$  длины моста, когда услышал сигнал догоняющего его автомобиля. Если мальчик побежит назад, то встретится с автомобилем возле одного края моста, если побежит вперед — то возле второго. Во сколько раз скорость автомобиля больше скорости, с которой бежит мальчик?
- 2.38.** Капитан катера старается установить рекорд по скоростному прохождению определенной дистанции —

от места старта до разворота и обратно к старту. Где сделать это удобнее: на реке или озере? Объясните почему.

### 3. СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ

#### Примеры решения задач

**Задача 1.** Автомобиль проехал по автостраде 50 км и по грунтовой дороге 40 км со скоростями 100 км/ч и 20 км/ч соответственно. Определите среднюю скорость движения автомобиля на всем пути.

*Дано:*

$$l_1 = 50 \text{ км}$$

$$v_1 = 100 \text{ км/ч}$$

$$l_2 = 40 \text{ км}$$

$$v_2 = 20 \text{ км/ч}$$

$$v_{\text{ср}} = ?$$

*Решение*

Воспользуемся определением средней скорости

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t},$$

где  $l$  — весь путь, который прошло тело,  $t$  — время, за которое пройден весь путь.

Весь путь  $l = l_1 + l_2$ , а время  $t = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}$ .

Окончательно для средней скорости получим:

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

Проверим единицы:

$$[v_{\text{ср}}] = \frac{\frac{\text{км}}{\text{ч}} + \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{\frac{\text{км}}{\text{ч}} + \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $v_{\text{ср}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

*Ответ:*  $v_{\text{ср}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

**Задача 2.** Два автомобиля одновременно выехали из города  $A$  в город  $B$ . Первый автомобиль первую половину времени ехал со скоростью  $v_1$ , а вторую — с меньшей скоростью  $v_2$ . Второй автомобиль первую половину пути ехал со скоростью  $v_1$ , а вторую — со скоростью  $v_2$ . Какой из автомобилей доехал до города  $B$  раньше?

*Дано:*

$$v_1$$

$$v_2$$

$$t_1 = t_2$$

$$l_1 = l_2$$

$$v_{\text{ср}1} - v_{\text{ср}2} \text{ — ?}$$

*Решение*

Сравним средние скорости автомобилей. Воспользуемся определением средней скорости

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}.$$

Для первого автомобиля получим:

$$v_{\text{ср}1} = \frac{l_1 + l_2}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{v_1 \cdot \frac{t}{2} + v_2 \cdot \frac{t}{2}}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Для второго автомобиля получим:

$$v_{\text{ср}2} = \frac{\frac{l}{2} + \frac{l}{2}}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}} = \frac{\frac{l}{2} + \frac{l}{2}}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}} = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}.$$

Докажем, что средняя скорость первого автомобиля больше средней скорости второго автомобиля:

$$\begin{aligned} v_{\text{ср}1} - v_{\text{ср}2} &= \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2} = \frac{v_1^2 + 2v_1 \cdot v_2 + v_2^2}{2(v_1 + v_2)} - \\ &- \frac{4v_1 \cdot v_2}{2(v_1 + v_2)} = \frac{v_1^2 - 2v_1 v_2 + v_2^2}{2(v_1 + v_2)} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2(v_1 + v_2)} > 0. \end{aligned}$$

Значит,  $v_{\text{ср}1} > v_{\text{ср}2}$ .

Таким образом, первый автомобиль доедет до города  $B$  раньше, чем второй.

*Ответ:*  $v_{\text{ср}1} > v_{\text{ср}2}$ .

## 1-й уровень сложности

**3.1.** Спортсмен бежит по стадиону. Первый круг он пробежал со скоростью 12 км/ч, а второй — со скоростью 10 км/ч. Какой круг и во сколько раз спортсмен пробегает дольше?

**3.2.** Велосипедист проехал по велотреку четыре круга. Первые два круга велосипедист проехал со скоростью 48 км/ч, а остальные — со скоростью 40 км/ч. Во сколько раз отличается время прохождения первой и второй половины дистанции?

**3.3.** Мотоциклист первую половину времени ехал со скоростью 100 км/ч, а вторую — со скоростью 80 км/ч. Во сколько раз отличаются пути, которые проехал мотоциклист за первую и вторую половины времени?

**3.4.** Мальчик прошел некоторое время со скоростью 4 км/ч, ведя велосипед в руках, а затем столько же времени ехал на велосипеде со скоростью 16 км/ч. Во сколько раз отличаются пути, которые прошел и проехал мальчик?

## 2-й уровень сложности

**? 3.5.** Каждые 15 мин тело проходит 150 м. Можно ли утверждать, что тело обязательно движется равномерно?

**? 3.6.** Опишите неравномерное движение, при котором каждые 4 мин тело проходит 400 м.

**3.7.** Автомобиль проехал 50 км за 0,5 ч, а затем еще 150 км за 2 ч. Определите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

**3.8.** Юноша прошел 3 км за 40 мин, а затем проехал на автобусе 17 км за 20 мин. Определите среднюю скорость юноши на всем пути.

**3.9.** На гонках велосипедист проехал сначала 15 км со скоростью 45 км/ч, а затем еще 28 км со скоростью 42 км/ч. Определите среднюю скорость велосипедиста на всей дистанции.

- 3.10.** Автомобиль проехал 45 км со скоростью 90 км/ч, а затем еще 75 км со скоростью 100 км/ч. Определите среднюю скорость автомобиля на всем пути.
- 3.11.** Спортсмен бежит по стадиону. Первый круг он пробежал со скоростью 11 км/ч, а второй — со скоростью 9 км/ч. Определите среднюю скорость бегуна на протяжении двух кругов.
- 3.12.** Велосипедист проехал по велотреку четыре круга. Первые два круга он проехал со скоростью 48 км/ч, а остальные — со скоростью 42 км/ч. Определите среднюю скорость спортсмена на всем пути.
- 3.13.** Мотоциклист первую половину времени ехал со скоростью 100 км/ч, а вторую — со скоростью 80 км/ч. Определите среднюю скорость мотоциклиста на всем пути.
- 3.14.** Мальчик прошел некоторое время со скоростью 4 км/ч, ведя велосипед в руках, а затем столько же времени ехал на велосипеде со скоростью 16 км/ч. Определите среднюю скорость движения мальчика на всем пути.
- 3.15.** Автобус проехал первую половину времени со скоростью 60 км/ч. С какой скоростью автобус ехал вторую половину времени, если его средняя скорость на всем пути составляла 50 км/ч?
- 3.16.** Автобус проехал первую половину пути со скоростью 60 км/ч. С какой скоростью автобус ехал вторую половину пути, если его средняя скорость на всем пути составляла 48 км/ч?
- 3.17.** Расстояние между двумя станциями, где курсирует электричка, равно 56 км. В одну сторону электричка едет 1 ч 20 мин, а на обратный путь тратит 1 ч 10 мин; на конечной станции стоит 10 мин. Определите среднюю скорость электрички на всем пути. Какой была бы средняя скорость электрички, если бы временем, затраченным на остановки, можно было бы пренебречь?
- 3.18.** Мальчик пробежал 600 м до магазина за 4 мин. Совершив покупку, он спокойно возвратился домой за

8 мин. Сколько времени провел мальчик в магазине, если его средняя скорость составляла 3,6 км/ч?

### 3-й уровень сложности

**3.19.** На перевал туристическая группа поднималась со скоростью 2 км/ч, а спускалась с другой стороны горы со скоростью 4 км/ч. Какой была средняя скорость группы на всем пути, если на подъем было затрачено  $\frac{3}{4}$  всего времени?

**3.20.** Катер прошел по реке от пристани А до пристани В по течению 20 км, а затем, не останавливаясь, вернулся обратно. На весь путь было затрачено 2 ч. С какой скоростью катер шел против течения, если его скорости вниз по течению и вверх против течения отличались в 2 раза?

**3.21.** На соревнованиях по военно-прикладным видам спорта спортсмен должен пробежать кросс и, не теряя времени, переплыть озеро. С какой скоростью должен бежать спортсмен, чтобы побить рекорд, равный 20 мин? Длина кроссовой дистанции 4 км, ширина озера — 500 м. Спортсмен бежит в 5 раз быстрее, чем плавает.

**3.22.** Чтобы попасть из Львова в отдаленный уголок Карпат, группа туристов проехала  $\frac{3}{4}$  пути на автомобиле по шоссе, а оставшийся путь — на лошадях по горным тропам. Определите среднюю скорость группы, если скорость автомобиля равна 90 км/ч, скорость лошадей — 6 км/ч.

**3.23.** Из города в пригород отправился автобус, но, проехав 15 км, сломался. Остальной путь пассажирам пришлось идти пешком. Какое расстояние прошли пассажиры, если скорость автобуса равна 60 км/ч, скорость ходьбы — 5 км/ч, средняя скорость — 16 км/ч?

**3.24.** Турист проехал половину пути на автобусе со скоростью 75 км/ч, а остальной путь прошел пешком. Какой была скорость ходьбы туриста, если он ехал  $\frac{1}{16}$  всего времени?



- 3.25.** Не ожидая школьного автобуса, школьник пошел из школы домой пешком. На полпути его догнал автобус и довез до дома. С какой скоростью ехал автобус, если школьник шел  $\frac{9}{10}$  всего времени со скоростью 4 км/ч?

### **Задачи для любознательных**

- 3.26.** Мальчик ехал на велосипеде со скоростью 24 км/ч, а затем шел со скоростью 4 км/ч. Какую часть всего пути и какую часть всего времени движения мальчик ехал, если за 2 ч он преодолел 16 км?
- 3.27.** Туристическая группа шла по равнине со скоростью 3 км/ч, поднималась вверх по холму со скоростью 2 км/ч, спускалась вниз по той же тропинке со скоростью 6 км/ч и снова шла по равнине к своему лагерю со скоростью 3 км/ч. Какой была средняя скорость группы на всем пути?
- 3.28.** Из военного городка на полигон, расположенный в 12 км, нужно доставить группу военнослужащих. Автобус за рейс может взять только полгруппы, горючего в баке хватает на 12 км. За какое минимальное время можно доставить на полигон всю группу, если автобус едет со скоростью 30 км/ч, а военнослужащие маршируют со скоростью 6 км/ч?

## **4. ГРАФИКИ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА**

### **Пример решения задачи**

**Задача.** Автобус ехал 1 ч 30 мин с постоянной скоростью 50 км/ч, 30 мин стоял, а затем ехал еще 1 ч с постоянной скоростью 75 км/ч. Постройте графики зависимости скорости и пройденного пути от времени. С помощью графика зависимости скорости найдите путь, пройденный автобусом за первые 1,5 ч. Определите среднюю скорость автобуса на всем пути.

Дано:

$$v_1 = 50 \text{ км/ч}$$

$$t_1 = 1 \text{ ч } 30 \text{ мин} = 1,5 \text{ ч}$$

$$v_2 = 0$$

$$t_2 = 30 \text{ мин} = 0,5 \text{ ч}$$

$$v_3 = 75 \text{ км/ч}$$

$$t_3 = 1 \text{ ч}$$

Построить графики

$v(t)$  и  $l(t)$ ,  $l(1,5 \text{ ч})$  — ?

$v_{\text{ср}}$  — ?

Решение

Движение автобуса состоит из движений на отрезках пути, на которых он двигался равномерно. Для каждого такого движения график зависимости скорости от времени — отрезок, параллельный оси  $t$  (см рисунок).

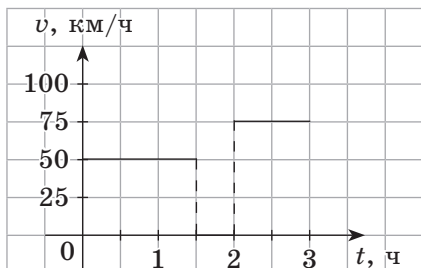


График зависимости пути от времени при равномерном движении — отрезок прямой, поэтому график зависимости пути от времени для автобуса является ломаной, состоящей из прямых отрезков. Каждый отрезок можно построить по двум точкам. Например, первый отрезок проходит через точки с координатами  $(0; 0)$  и  $(50; 1)$  соответственно. В момент времени 1,5 ч первый отрезок заканчивается и начинается второй, а дальше — третий (рис. 1).

Чтобы найти путь, который прошло тело, с помощью графика зависимости скорости от времени определим площадь закрашенной фигуры, размещенной под графиком скорости (рис. 2).

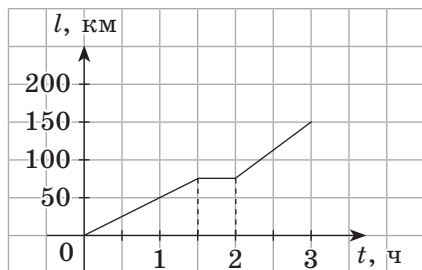


Рис. 1

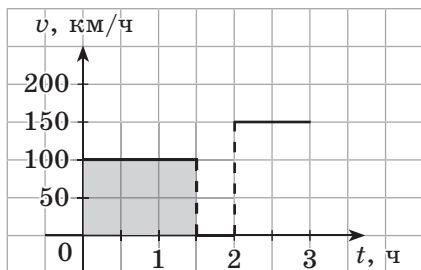


Рис. 2

Площадь прямоугольника — произведение его «высоты» (50 км/ч) и «ширины основания» (1,5 ч). Окончательно получим:

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

Аналогично можно найти путь, пройденный автобусом за любой промежуток времени.

Чтобы найти среднюю скорость, воспользуемся графиком пути. Весь путь равен 150 км, а все время — 3 ч. Значит, для средней скорости мы получим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{150 \text{ км}}{3 \text{ ч}} = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ:  $l(1,5 \text{ ч}) = 75 \text{ км}$ ,  $v_{\text{ср}} = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

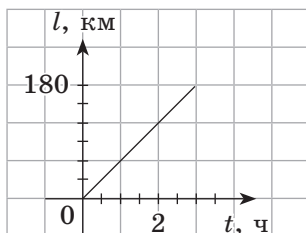
### 1-й уровень сложности

**4.1.** Автобус едет с постоянной скоростью 45 км/ч в течение 4 ч. Постройте графики зависимости скорости и пути от времени.

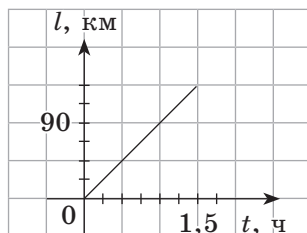
**4.2.** Со скоростью 90 км/ч легковой автомобиль едет в течение 1,5 ч. Постройте графики зависимости скорости и пути от времени.

**4.3.** На рисунке изображен график зависимости пути, пройденного поездом, от времени. С какой скоростью едет поезд?

**4.4.** На рисунке изображен график зависимости пути, пройденного автомобилем, от времени. С какой скоростью едет автомобиль?



К задаче 4.3



К задаче 4.4

**4.5.** На рисунке изображен график зависимости скорости, с которой ехал велосипедист, от времени. Какой путь проедет велосипедист за 45 мин?

**4.6.** На рисунке изображен график зависимости скорости, с которой идет судно, от времени. Какой путь пройдет судно за 15 ч?

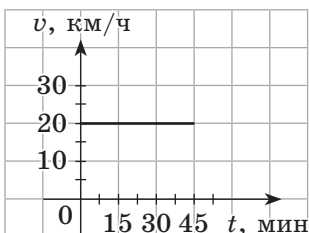
- 4.7.** На рисунке приведены графики зависимости пути от времени для двух автомобилей. Скорость какого из автомобилей больше? во сколько раз?

## 2-й уровень сложности

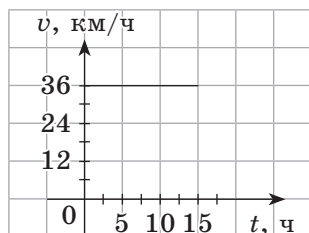
- 4.8.** На рисунке изображен график зависимости пути, пройденного поездом, от времени. Постройте график зависимости скорости от времени.

- 4.9.** На рисунке изображен график зависимости пути, пройденного автомобилем, от времени. Постройте график зависимости скорости от времени.

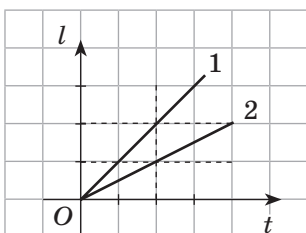
- 4.10.** На рисунке изображен график зависимости пути, пройденного автомобилем, от времени. Постройте график зависимости скорости от времени.



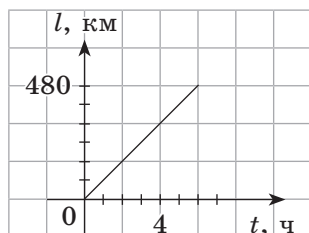
К задаче 4.5



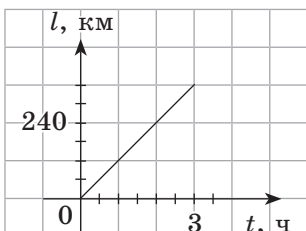
К задаче 4.6



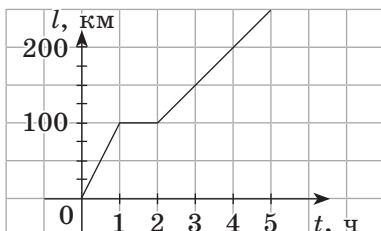
К задаче 4.7



К задаче 4.8



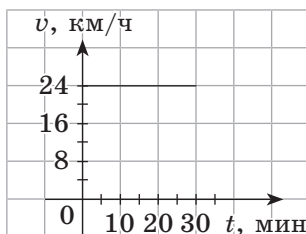
К задаче 4.9



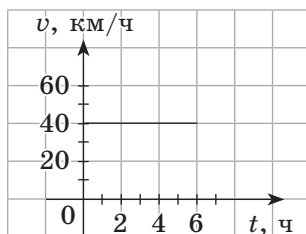
К задаче 4.10

**4.11.** На рисунке изображен график зависимости скорости, с которой ехал велосипедист, от времени. Постройте график зависимости пути, пройденного велосипедистом, от времени.

**4.12.** На рисунке изображен график зависимости скорости, с которой идет судно, от времени. Постройте график зависимости пути, пройденного судном, от времени.

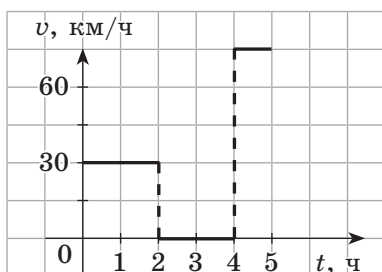


*К задаче 4.11*



*К задаче 4.12*

**4.13.** На рисунке изображен график зависимости скорости от времени для некоторого тела. Постройте график зависимости пути от времени.

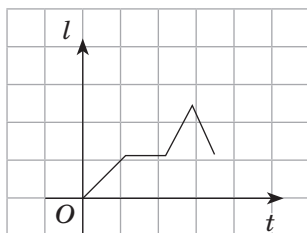


**4.14.** Автобус ехал 1 ч со скоростью 90 км/ч, полчаса стоял и еще 2 ч ехал со скоростью 60 км/ч. Постройте графики зависимости пути и скорости автобуса от времени. Определите среднюю скорость автобуса.

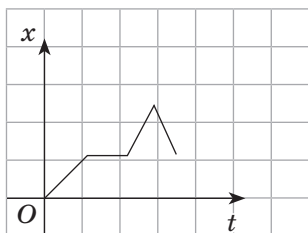
**4.15.** Автомобиль проехал 120 км со скоростью 60 км/ч, а затем еще 1 ч — со скоростью 90 км/ч. Постройте графики зависимости пути и скорости автобуса от времени. Определите среднюю скорость автобуса.

### 3-й уровень сложности

- 4.16.** На рисунке приведены графики зависимости от времени пути  $l$  и расстояния тела от исходной точки  $x$  для двух движений. В каком из случаев  $a$ ,  $b$  допущена ошибка? Обоснуйте свой ответ.



$a$



$б$

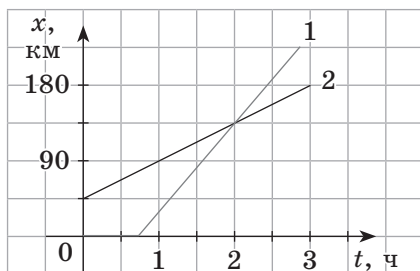
- 4.17.** От автостанции в одном направлении одновременно выехали маршрутное такси и автобус со скоростями  $90$  км/ч и  $60$  км/ч соответственно. Постройте графики зависимости пути от времени для такси и автобуса. Пользуясь графиками, найдите расстояние между такси и автобусом через  $1$  ч  $40$  мин после начала движения.

- 4.18.** От пристани вниз по течению реки одновременно вышли моторная лодка и катер. Скорость лодки относительно берегов равна  $12$  км/ч, а катера —  $24$  км/ч. Постройте графики зависимости пути от времени для лодки и катера. Пользуясь графиками, найдите расстояние между лодкой и катером через  $45$  мин после начала движения.

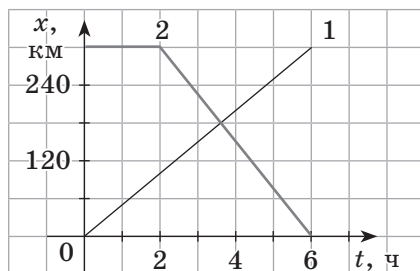
- 4.19.** На рисунке (см. с. 22) изображены графики зависимости от времени расстояния  $x$  до города  $A$  для двух автобусов. Каким было начальное расстояние от города  $A$  для каждого автобуса? Какой автобус начал движение позже? на сколько позже? Автобусы двигались в одном направлении или в разных? Какой из автобусов двигался с большей скоростью? С какой скоростью двигался каждый автобус? На каком расстоянии от города  $A$  один из автобусов догонит второй?

- 4.20.** На рисунке (см. с. 22) изображены графики зависимости от времени расстояния  $x$  до станции  $A$  для двух

поездов. Каким было начальное расстояние от станции А для каждого поезда? Какой поезд начал двигаться раньше? на сколько раньше? Поезда двигались в одном направлении или в разных? Какой из поездов двигался с большей скоростью? С какой скоростью двигался каждый поезд? На каком расстоянии от исходного пункта второго поезда они встретятся?



К задаче 4.19



К задаче 4.20

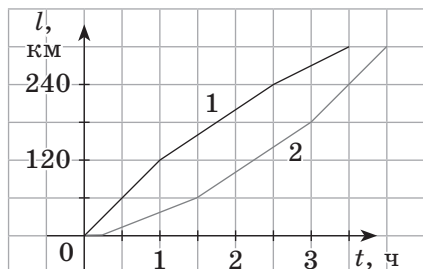
**4.21.** Автобус отправился от автостанции по маршруту со скоростью 75 км/ч. Через 40 мин в том же направлении со скоростью 100 км/ч выехал междугородный экспресс. Постройте на одном рисунке графики зависимости пути от времени для автобуса и экспресса. Через какое время после начала движения автобуса экспресс будет в 25 км позади автобуса? Через какое время после начала движения экспресс догонит автобус?

**4.22.** От станции с интервалом в 45 мин отправились товарный и пассажирский поезда. Скорость товарного поезда равна 60 км/ч, а пассажирского — в 1,5 раза больше. Постройте на одном рисунке графики зависимости пути от времени для этих поездов. На каком расстоянии от товарного поезда будет находиться пассажирский через 1 ч после начала своего движения? На каком расстоянии от станции отправления расположен железнодорожный узел, на котором пассажирский поезд обгонит товарный?

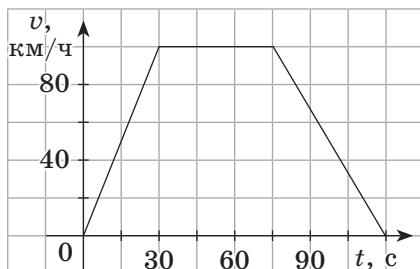
**4.23.** Два поезда следуют от станции в одном направлении. На рисунке приведены графики зависимости пути от времени для этих поездов. Какой из поездов отправился раньше? В какие промежутки вре-

мени поезда приближались друг к другу? В течение какого времени были неподвижными относительно друг друга? С какой наибольшей и наименьшей скоростью двигались?

- 4.24.** На рисунке приведен график движения поезда метрополитена между двумя станциями. Определите максимальную и среднюю скорость поезда и расстояние между станциями.



К задаче 4.23

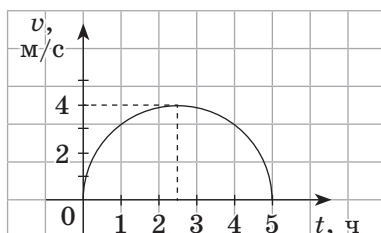


К задаче 4.24

- 4.25.** Путешественник проплыл 2 ч на моторной лодке по озеру со скоростью 15 км/ч, затем прошел 1 ч пешком со скоростью 5 км/ч. Отдохнув 1 ч, он в течение 3 ч шел со скоростью 5 км/ч и вышел к железной дороге, где 1 ч ожидал поезд, и через 2 ч доехал на поезде до пункта отправления. Постройте график зависимости пути от времени и, пользуясь им, найдите среднюю скорость движения на всем пути.

### Задачи для любознательных

- 4.26.** На рисунке изображен график зависимости скорости от времени для тела в виде полуокружности. Какова максимальная скорость тела при движении? Какой путь проходит тело за все время движения?





- 4.27.** Электричка проходит путь между двумя станциями за 40 мин. При этом 10 мин из них она затрачивает на разгон и торможение, а 30 мин — на равномерное движение со скоростью 90 км/ч. Найдите расстояние между станциями. Считайте, что скорость электрички при разгоне и торможении со временем изменяется линейно.

## 5. ПЕРИОД И ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ

### Пример решения задачи

**Задача.** Патрон электродрели вращается с частотой 900 об/мин. Сколько оборотов совершает патрон за 1 с? Определите период его вращения.

Дано:	Решение
$v = 600$ об/мин	Поскольку за 1 мин патрон совершает 600 оборотов, то за 1 с он будет вращаться в 60 раз меньше, то есть $v = 10$ об/с = 10 об/с <sup>-1</sup> .
$T$ — ?	

Период вращения обратно пропорционален частоте вращения:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $T = 0,1$  с.

Ответ:  $T = 0,1$  с.

### 1-й уровень сложности

- ? 5.1.** Чему равен период вращения секундной стрелки часов?
- ? 5.2.** Чему равен период вращения минутной стрелки часов?
- ? 5.3.** Чему равна частота вращения секундной стрелки часов?
- ? 5.4.** Чему равна частота вращения минутной стрелки часов?

- 5.5.** Вращаясь, колесо велосипеда за 0,5 мин совершает 90 оборотов. Каков период вращения колеса?
- 5.6.** Чему равен период вращения винта вертолета, если за 20 с винт совершает 400 оборотов?
- 5.7.** С какой частотой вращается барабан бытовой стиральной машины, если за 2 мин он совершает 1600 оборотов?
- 5.8.** Определите частоту вращения вала электродвигателя, если он совершил 500 оборотов за 10 с.

### 2-й уровень сложности

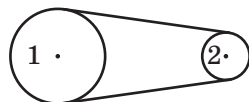
- 5.9.** Вентилятор кондиционера совершает один оборот за 0,5 с. С какой частотой он вращается?
- 5.10.** Компакт-диск в CD-приводе совершает один оборот за 0,01 с. С какой частотой он вращается?
- 5.11.** Вал электродвигателя вращается с частотой 480 об/мин. С каким периодом он вращается?
- 5.12.** Кулер микропроцессора персонального компьютера вращается с частотой 3000 об/мин. С каким периодом он вращается?

### 3-й уровень сложности

- ? 5.13.** Во сколько раз частота вращения секундной стрелки часов превышает частоту вращения минутной стрелки?
- ? 5.14.** Во сколько раз частота вращения минутной стрелки часов превышает частоту вращения часовой стрелки?

### Задачи для любознательных

- 5.15.** Секундная стрелка часов в 2 раза длиннее минутной. Во сколько раз скорость конца секундной стрелки превышает скорость конца минутной стрелки?
- ? 5.16.** Радиусы двух колес, которые соединены ремненной передачей (см. рисунок), отличаются в 2 раза. Первое колесо вращается по часовой стрелке. В каком направлении вращается второе колесо?



Сравните период вращения, частоту вращения и скорость точек ободов обоих колес.

- ? 5.17.** Спутники Марса Фобос и Деймос вращаются вокруг него в одну сторону. Но для наблюдателя на Марсе они двигаются в разные стороны. Чем обусловлено такое загадочное движение спутников?
- 5.18.** Вертикальный бумажный цилиндр радиусом 50 см вращается вокруг оси со скоростью 50 об/с. Из пневматической винтовки по центру боковой поверхности цилиндра в горизонтальном направлении делают выстрел. Пуля пробивает цилиндр, при этом в нем обнаруживается только одно отверстие. С какой скоростью летела пуля?

## **6. АМПЛИТУДА, ПЕРИОД И ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ**

### **1-й уровень сложности**

- 6.1.** Поплавок, колеблющийся на поверхности воды, за 1 мин поднимается и погружается 40 раз. Определите период колебаний поплавка.
- 6.2.** Движения ног мальчика, шагающего с постоянной скоростью, можно считать колебаниями. Определите период колебаний ног мальчика, если за 5 мин он сделал 400 шагов.
- 6.3.** Какова частота колебаний тела, которое за 10 с совершает 150 колебаний?
- 6.4.** За 2 мин мальчик, подпрыгивающий на месте, совершил 180 прыжков. С какой частотой подпрыгивает мальчик?
- ? 6.5.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если уменьшить амплитуду колебаний?
- ? 6.6.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если увеличить амплитуду колебаний?

- ? 6.7.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если уменьшить длину маятника?
- ? 6.8.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если увеличить длину маятника?
- ? 6.9.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если уменьшить массу тела, прикрепленного к нити?
- ? 6.10.** Как изменятся период и частота малых колебаний математического маятника, если увеличить массу тела, прикрепленного к нити?

## **2-й уровень сложности**

- ? 6.11.** Период колебаний маятника настенных часов увеличили благодаря удлинению подвеса маятника. Как изменился ход часов?
- ? 6.12.** Маятником в настенных часах служит грузик на легком стрелке, который может колебаться относительно верхней точки. Куда нужно передвинуть грузик, если часы отстают?
- ? 6.13.** Маятниковые часы зимой вынесены из комнаты на улицу. Как изменился ход часов?
- 6.14.** Игла швейной машины колеблется с периодом 0,25 с. Какова частота колебаний иглы?
- 6.15.** Поршни двигателя автомобиля совершают колебания с периодом 50 мс. С какой частотой колеблются поршни?
- 6.16.** Ударный узел перфоратора совершает колебания с частотой 2,5 Гц. С каким периодом колеблется ударный механизм?
- 6.17.** Каретка струйного принтера при печати совершает возвратно-поступательное движение с частотой 0,5 Гц. С каким периодом колеблется каретка?
- 6.18.** Амплитуда колебаний маятника равна 4 см. Какой путь проходит тело за два периода?

- 6.19.** Колеблющееся тело за четыре периода проходит 16 см. С какой амплитудой колеблется тело?

### **3-й уровень сложности**

- ? 6.20.** Если в темноте наблюдать за лампочкой, качающейся на проводе, то можно увидеть световую полосу, края которой светлее и ярче, чем середина. Почему?
- 6.21.** На стене кают-компания судна висят часы, маятник которых колеблется с частотой 0,5 Гц. Сколько колебаний совершит маятник за время путешествия судна из Одессы в Мариуполь? Средняя скорость судна равна 15 км/ч, расстояние между городами — 600 км.

## **7. ЗВУК, ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВОСПРИЯТИЕ ЧЕЛОВЕКОМ. УЛЬТРА- И ИНФРАЗВУК**

### **1-й уровень сложности**

- ? 7.1.** Какие тела могут быть источником звука?
- ? 7.2.** Что ощутит человек, если дотронется рукой до звучащего колокола?
- ? 7.3.** Шмель во время полета гудит намного ниже, чем пчела. Какое из этих насекомых чаще машет крыльшками?
- ? 7.4.** Мужчины, как правило, поют более низкими голосами, чем женщины. Кто — мужчины или женщины — создают звуковые колебания большей частоты?
- ? 7.5.** Почему мы не слышим звуки, которые издают летучие мыши?
- ? 7.6.** Если помахать в воздухе рукой, то от ее колеблющейся поверхности начнут распространяться механические волны. Почему мы их не слышим?
- ? 7.7.** Почему комар в полете слышен, а бабочка — нет?
- ? 7.8.** По гитарной струне ударили сначала слабо, а затем сильно. Почему во втором случае громкость звука заметно больше?

- ? 7.9.** Могут ли звуки распространяться в жидкостях и твердых телах?
- ? 7.10.** Могут ли звуки распространяться в вакууме?
- ? 7.11.** Можно ли на Земле услышать грохот от падения метеорита на Луну?

## **2-й уровень сложности**

- ? 7.12.** Почему человек воспринимает звуки одинаковой амплитуды, но разных частот как звуки разной громкости?
- ? 7.13.** Летучие мыши и дельфины способны издавать и слышать ультразвук. Как это помогает им ориентироваться в полной темноте?
- ? 7.14.** Иногда дрессировщики животных подают сигналы своим питомцам с помощью свистков, звук которых человек не слышит. Какой секрет кроется в этих свистках?
- ? 7.15.** В медицине ультразвук применяется при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата. Похожий результат получают и в том случае, когда больной человек плавает в бассейне вместе с дельфинами. Что позволяет дельфинам «проводить» такие необычные лечебные сеансы?
- ? 7.16.** Автомобильный и железнодорожный транспорт — источник инфразвука. Почему люди, живущие возле железнодорожных магистралей или трамвайных путей, довольно часто жалуются на плохое самочувствие?
- ? 7.17.** Медузы приближение шторма «слышат» за несколько часов и прячутся на глубину. Что становится для них сигналом о приближении шторма?
- ? 7.18.** С какой скоростью летит пуля, если до мишени она долетает в 2 раза быстрее, чем доносится звук выстрела? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.
- 7.19.** Во время грозы прохожий услышал грохот грома через 8 с после вспышки молнии. На каком расстоянии от прохожего идет гроза? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

- 7.20.** Мальчик крикнул «ау» возле развалин старинного замка. Эхо докатилось до него за полсекунды. На каком расстоянии от стен замка находился мальчик? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.
- ? 7.21.** Почему звучания симфонического оркестра в концертном зале и на открытом пространстве заметно отличаются?
- ? 7.22.** Благодаря чему хоровое пение удивительно хорошо слышно во всех уголках католических средневековых храмов?

### **3-й уровень сложности**

- ? 7.23.** Если приложить ухо к одному концу длинной доски, а по второй легонько ударить, то можно услышать два удара, следующие один за другим. Объясните, почему образуется два удара.
- ? 7.24.** Самолет движется со скоростью, которая превышает скорость звука в воздухе. Означает ли это, что в кабине пилотов не слышно, как работает двигатель?
- ? 7.25.** Космонавт выходит в открытый космос около внешней поверхности космической станции. Неожиданно аппаратура радиосвязи выходит из строя. Может ли космонавт передать коллеге, находящемуся внутри станции, сигнал о возвращении?
- ? 7.26.** В стекле и воздухе звук распространяется беспрепятственно. Тогда почему оконные стеклопакеты (два стекла и слой воздуха между ними) хорошо защищают жилье от уличного шума?
- ? 7.27.** Возле взлетно-посадочных полос аэропортов (преимущественно расположенных в городах) или автомагистралей можно увидеть большие бетонные, пластиковые или металлические щиты — шумозащитные экраны. Как они защищают близлежащую территорию от шума?
- ? 7.28.** Если погрузиться в бассейн, звуки извне станут едва слышными, а звук от струи воды из подводного крана, через который наполняется бассейн, наоборот — очень сильным. Почему?

- ? 7.29.** Звук отразился от поверхности скалы. Изменилась ли при этом частота звуковой волны?
- ? 7.30.** Чем объясняются высокие звукоизолирующие свойства таких материалов, как вата и пенопласт?
- 7.31.** Из винтовки совершен выстрел по мишени, расположенной на расстоянии 1020 м. Скорость, с которой пуля приближается к мишени, равна 850 м/с. На сколько раньше пуля попадет в мишень, чем до мишени донесется звук выстрела? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.
- 7.32.** Выстрел совершен реактивным снарядом, полетевшим к цели со скоростью 510 м/с. Через какое время после выстрела человек, сделавший выстрел, услышит звук взрыва снаряда? Цель расположена на расстоянии 10,2 км. Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

### **Задачи для любознательных**

- ? 7.33.** Для чего корпуса струнных музыкальных инструментов (гитары, скрипки, виолончели и т. п.) внутри делают полыми?
- ? 7.34.** Если на кольцо натянуть эластичную пленку и ударить по ней, то можно услышать звук. Объясните, почему звук будет намного громче, если кольцо с пленкой надеть на пустой цилиндр (как в барабанах).
- 7.35.** Дельфин издает короткие импульсы ультразвука, промежутки времени между которыми составляет 200 мс. На каком максимальном расстоянии от дельфина может находиться в воде препятствие, которое он «услышит»? Скорость звука в воде равна 1500 м/с.
- 7.36.** Система «звуколокации» некоторых летучих мышей настолько совершенна, что они способны уловить движение плавника мелкой рыбешки, выступающего лишь на 2 мм над поверхностью воды. С какой точностью летучие мыши должны определять время между излучением ультразвукового импульса и его отражением? Скорость ультразвука в воздухе равна 340 м/с.



## 8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ. ИНЕРЦИЯ

### 1-й уровень сложности

- ? 8.1. С какими телами взаимодействует лежащая на столе книга?
- ? 8.2. Взаимодействует ли с каким-либо телом летящая птица?
- ? 8.3. Действие каких тел вызывает изменение скорости волейбольного мяча во время игры?
- ? 8.4. Какое явление приводит к тому, что на обледенелом тротуаре опасно идти?
- ? 8.5. Какое явление приводит к тому, что при резком торможении автобуса пассажиров «бросает» вперед?
- ? 8.6. Судно заходит в порт. Капитан отдает команду «Стоп машина». Но судно продолжает двигаться. Примером какого физического явления является этот случай?

### 2-й уровень сложности

- ? 8.7. В супермаркетах для удобства покупателей возле кассы установлены транспортные ленты, рядом с которыми размещают надписи: «С целью предотвращения боя стеклянной тары просьба высокие бутылки класть на ленту». Почему ставить бутылки на ленту опасно?
- ? 8.8. Перевозя автомобили или другие габаритные грузы, их тщательно закрепляют на железнодорожных платформах. Зачем?
- ? 8.9. При быстром спуске по лестнице на поворотах следует держаться за поручни. Для чего?
- ? 8.10. Лодочник остановился на середине озера. До берега недалеко, но весла утеряны, а на дне лодки немного воды. Начнет ли лодка двигаться к берегу, если каким-либо сосудом вычерпывать из нее воду? Если да, то в какую сторону ее нужно выплескивать?
- ? 8.11. В лодке, неподвижно стоящей у причала, стоит мальчик и собирается сделать шаг. Одинаковыми ли будут последствия этого движения в случае, когда мальчик сделает шаг в лодке и шаг из лодки на причал?

- ? 8.12.** Если велосипед во время движения внезапно наедет на препятствие, которые остановит переднее колесо, то велосипедист обязательно полетит вперед. Почему?
- ? 8.13.** Когда раскрывается парашют, его лямки довольно сильно дергают парашютиста. Почему?
- ? 8.14.** Если автомобиль, едущий первым, резко тормозит, автомобиль, который едет за ним, может не успеть затормозить. При этом водитель и пассажиры первого автомобиля могут получить травмы шеи. Какие конструктивные особенности кресел современных автомобилей применяют для предотвращения таких травм?
- ? 8.15.** В стволе ружья пуля двигается под действием газов, возникающих при сжигании пороха. На пулю, вылетевшую из ствола, газы перестают действовать, но она все равно продолжает двигаться. Почему пуля, покинувшая ствол, продолжает двигаться?
- ? 8.16.** В конце XIX — начале XX в. был популярен такой цирковой трюк. Атлет ложился на пол, ему на грудь опускали тяжелую наковальню и били по ней молотками. Если бы молотками били непосредственно по груди, то атлет получил бы тяжелые травмы, а благодаря наковальне удары не наносили ему никакого вреда. Почему?
- ? 8.17.** Вы путешествуете ночью на современном автобусе. За окнами салона сплошная тьма. По каким признакам вы можете понять, что автобус трогается с остановки? Шум двигателя не слышен.
- ? 8.18.** Когда электричка переезжает через переезд, ее качает из стороны в сторону. Почему в такие моменты пассажирам, стоящим в проходе, тяжело удерживать равновесие?
- ? 8.19.** Автобус поворачивает направо. В какую сторону «бросает» пассажиров?
- ? 8.20.** Благодаря какому явлению вытряхивается пыль из одеяла? Объясните, что при этом происходит.
- ? 8.21.** Чтобы избавиться от пыли в одеяле, его или вытряхивают, или выбивают. В чем состоит разница?

- ? **8.22.** В кузове грузовика открепился легковой автомобиль. Будет ли он двигаться, если грузовик увеличит скорость? если затормозит? Если будет двигаться, то в какую сторону?

### **3-й уровень сложности**

- ? **8.23.** Какую форму (приблизительно) приобретает поверхность бетонного раствора, который перевозят в кузове грузовика, при разгоне? при торможении? Почему?
- ? **8.24.** При транспортировке железнодорожные цистерны с нефтепродуктами для большей безопасности заполняют полностью. Почему цистерна, заполненная наполовину, при перевозке может создать опасную ситуацию?
- ? **8.25.** При буксировке на жестком сцеплении водитель в неисправном автомобиле не нужен, но если буксировка осуществляется на буксирном тросе, водитель нужен, и он должен быть очень внимательным. Почему?
- ? **8.26.** Кальмары, каракатицы и осьминоги плавают благодаря тому, что очень быстро выталкивают воду из полости своего тела. Каким образом выталкивание воды этим моллюскам позволяет двигаться? Как соотносятся направления выталкивания воды и их движения?
- ? **8.27.** Космонавт находится на внешней поверхности космической станции и вместе со станцией движется со скоростью 8 км/с. В руках у него ящик с инструментами. Что космонавт должен сделать с ящиком, чтобы опередить станцию? отстать от нее?

### **Задачи для любознательных**

- ? **8.28.** На одной чашке весов стоит банка, на дне которой сидит муха. Весы уравновешены. Нарушится ли равновесие весов, если муха начнет летать внутри банки?
- ? **8.29.** Для того чтобы сдвинуть с места длинный товарный поезд, опытные машинисты сначала немного сдают локомотив назад, а затем двигаются вперед. В чем заключается секрет такого способа трогания с места?

**? 8.30.** Если в велосипеде прокололась шина заднего колеса и отверстие небольшое, велосипедист иногда вместе с воздухом накачивает в шину воду. Вода не позволяет выходить воздуху из шины. Если таким образом накачать шину переднего колеса, то управление велосипедом намного усложняется. Почему?

**? 8.31.** Можно ли назвать следующие примеры движением по инерции: а) Луна движется вокруг Земли; б) поезд движется с постоянной скоростью по прямолинейному участку железнодорожного пути; в) снаряд после выстрела летит в цель; г) деревянная лодка качается на волнах?

## 9. МАССА КАК МЕРА ИНЕРТНОСТИ ТЕЛ. СИЛА. СЛОЖЕНИЕ СИЛ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** С платформы, движущейся со скоростью 3 м/с, соскочил мальчик. В какую сторону и с какой скоростью относительно Земли прыгнул мальчик, если его масса равна 50 кг, а масса платформы — 150 кг? После прыжка платформа остановилась.

*Дано:*

$$v_1 = 3 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 150 \text{ кг}$$

$$m_2 = 50 \text{ кг}$$

$$v_2 = ?$$

*Решение*

При взаимодействии мальчика и платформы изменения скоростей тел обратно пропорциональны их массам:

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

где  $\Delta v_1 = v_1$  — изменение скорости платформы,  $\Delta v_2 = v_2 - v_1$  — изменение скорости мальчика. Для того чтобы платформа остановилась, мальчик должен был прыгнуть в направлении ее движения.

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

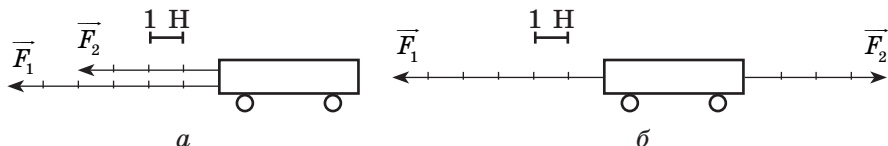
*Ответ:* в направлении движения платформы со скоростью

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

**Задача 2.** К тележке массой 10 кг привязаны две нити, за которые тянут в горизонтальном направлении вдоль одной прямой с силами 6 Н и 4 Н. Изобразите на рисунке силы, приложенные к тележке, в масштабе 0,5 см : 1 Н. Найдите равнодействующую и укажите, как она будет влиять на скорость тележки.

### Решение

На рисунке нити привязаны к тележке таким образом: обе нити с одной стороны (случай *а*) и с противоположных сторон (случай *б*).



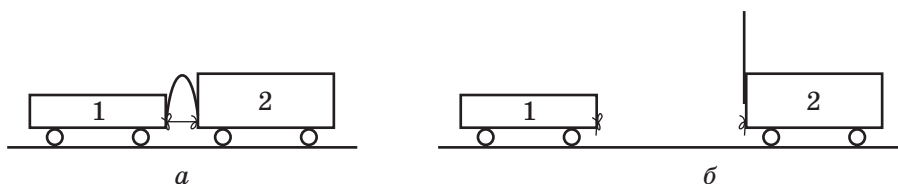
Соответственно и равнодействующая будет равна  $R_2 = F_1 + F_2 = 10$  Н (в случае *а*) и  $R_1 = F_1 - F_2 = 2$  Н (в случае *б*). Итак, под действием равнодействующей тележка каждую секунду будет изменять скорость на  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  и  $0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  соответственно.

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

### 1-й уровень сложности

**? 9.1.** В результате столкновения два шарика, двигающиеся навстречу друг другу, остановились. Какой из шариков имеет меньшую массу и во сколько раз, если начальная скорость первого шарика равна 2 м/с, а второго — 1 м/с?

**? 9.2.** Две тележки, стоящие на столе, соединены сжатой с помощью нити пружиной (см. рисунок). Когда нить пережгли, пружина распрямилась и оттол-



кнула тележки друг от друга. Какая из тележек имеет большую массу и во сколько раз, если первая из них приобрела скорость  $50 \text{ см/с}$ , а вторая —  $10 \text{ см/с}$ ?

**? 9.3.** Камень лежит на земле и действует на нее с силой в  $50 \text{ Н}$ , направленной вертикально вниз. Изобразите эту силу на рисунке.

**? 9.4.** Мальчик тянет на себя ручку закрытой двери с силой в  $20 \text{ Н}$ . Изобразите эту силу на рисунке.

## 2-й уровень сложности

**9.5.** Из неподвижного ружья в горизонтальном направлении выстрелили пулей массой  $50 \text{ г}$ . С какой скоростью будет двигаться после выстрела ружье, если его масса равна  $5 \text{ кг}$ , а скорость пули —  $500 \text{ м/с}$ ?

**9.6.** Находясь в неподвижной байдарке, турист в направлении берега бросил со скоростью  $2 \text{ м/с}$  тяжелый рюкзак. В результате броска байдарка приобрела скорость  $20 \text{ см/с}$ . Какова масса байдарки с туристом, если масса рюкзака  $10 \text{ кг}$ ?

**9.7.** По рельсам навстречу друг другу движутся два железнодорожных вагона со скоростями  $0,2 \text{ м/с}$  и  $0,5 \text{ м/с}$ . Масса первого вагона  $80 \text{ т}$ . Какова масса второго вагона, если после сцепки вагоны останавливаются?

**9.8.** Навстречу друг другу со скоростями  $40 \text{ см/с}$  и  $20 \text{ см/с}$  движутся два пластилиновых шарика. Масса первого из них равна  $20 \text{ г}$ . Какова масса второго шарика, если после столкновения они остановились?

**? 9.9.** Лодочник, налегая на весла, упирается ногами в специальный упор в лодке. С какой силой он действует на упор, если гребет одновременно обоими веслами

и прикладывает к каждому из них силу  $500\text{ Н}$ ? Ответ поясните с помощью рисунка.

**? 9.10.** Человек действует на пол с силой  $800\text{ Н}$ . С какой силой человек будет действовать на пол, если возьмет в руки груз, в свою очередь действующий на человека с силой  $200\text{ Н}$ ? Ответ поясните с помощью рисунка.

**? 9.11.** Судно идет на запад с постоянной скоростью. Куда направлена равнодействующая?

**? 9.12.** Судно отходит от причала, набирая скорость. Куда направлена равнодействующая?

**? 9.13.** На судне, идущем по озеру, выключили двигатели. Куда направлена равнодействующая?

### 3-й уровень сложности

**? 9.14.** Опытные игроки в бильярд точным ударом «в лоб» одним бильярдным шаром по второму неподвижному шару заставляют второй шар двигаться с той же скоростью, что и первый. Как будет «вести себя» после удара первый шар?

**? 9.15.** С неподвижной железнодорожной платформой сталкивается вагон такой же массы и после столкновения останавливается. С какой скоростью придет в движение платформа, если скорость вагона равна  $1\text{ м/с}$ ?

**9.16.** Вагон массой  $60\text{ т}$  двигался на запад со скоростью  $0,3\text{ м/с}$ . На железнодорожной станции он сцепился с двумя такими же вагонами, стоявшими на рельсах неподвижно. В какую сторону и с какой скоростью пришли в движение вагоны после сцепки?

**9.17.** На неподвижный шар массой  $2\text{ кг}$  налетел второй — массой  $1\text{ кг}$ . Меньший шар двигался со скоростью  $3\text{ м/с}$  и после столкновения отлетел обратно со скоростью  $1\text{ м/с}$ . С какой скоростью после столкновения начал двигаться больший шар?

**9.18.** Пустой железнодорожный вагон катился со скоростью  $1\text{ м/с}$  и после столкновения с груженой платформой начал двигаться со скоростью  $0,6\text{ м/с}$  в обратном направлении. Груженная платформа в ре-

зультате удара приобрела скорость  $0,4 \text{ м/с}$ . С какой скоростью двигались бы вагон и платформа, если бы при ударе сработала автосцепка?

**9.19.** Человек спрыгивает с платформы, двигающейся со скоростью  $3 \text{ м/с}$ , так, что становится неподвижным относительно Земли. С какой скоростью будет двигаться платформа после прыжка человека? Масса платформы в  $1,5$  раза больше массы человека.

**9.20.** Из ружья стреляют в деревянный брусок. С какой скоростью будет двигаться брусок, если пуля, пробивая брусок, уменьшит скорость с  $300$  до  $100 \text{ м/с}$ ? Масса бруска равна  $500 \text{ г}$ , масса пули —  $50 \text{ г}$ .

**? 9.21.** Перетягивая канат, обе команды действуют на него с силами  $800 \text{ Н}$  — каждая в свою сторону. Как «ведет себя» канат? Изобразите на рисунке силы, действующие на канат со стороны команд. Чему равна равнодействующая сил, действующих на канат?

**? 9.22.** Мальчик тянет на себя ручку двери классной комнаты, которую пытаются открыть одноклассники, с силой  $100 \text{ Н}$ . С какой силой ручка действует на руки мальчика? Изобразите на рисунке силы, действующие на ручку со стороны мальчика и двери. Чему равна равнодействующая этих сил?

**9.23.** Два горизонтальных каната привязаны к автомобильному прицепу. Канаты цепляют к тягачам, которые тянут их с силами  $3 \text{ кН}$  и  $5 \text{ кН}$ . Определите границы значения равнодействующей этих двух сил. Ответ объясните с помощью рисунка.

**9.24.** К телу вдоль одной прямой приложены три силы, равные  $20 \text{ Н}$ ,  $30 \text{ Н}$  и  $50 \text{ Н}$ . Чему может быть равна равнодействующая этих сил? Попробуйте найти все возможные варианты. Ответ объясните с помощью рисунка.

### **Задачи для любознательных**

**9.25.** На неподвижный каменный куб налетает шар и отскакивает от него со скоростью в  $3$  раза меньшей начальной. Во сколько раз отличаются массы куба



и шара, если при столкновении куб приобрел скорость в 3 раза меньше начальной скорости шара?

**9.26.** На горизонтальном участке по рельсам навстречу друг другу движутся два железнодорожных вагона. Сцепившиеся вагоны движутся со скоростью 2 м/с в направлении движения первого вагона. С какой скоростью двигался до сцепления второй вагон, если скорость первого была равна 12 м/с. Масса первого вагона в 1,5 раза больше массы второго.

**? 9.27.** За последние годы было открыто около 200 планет вне Солнечной системы. Открывают планеты, наблюдая «покачивание» звезды. Чем массивней планета, тем точнее результат. Почему?

## 10. СИЛА ТЯЖЕСТИ. ВЕС ТЕЛА. НЕВЕСОМОСТЬ\*

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Мальчик массой 40 кг стоит в неподвижном лифте. Какова сила тяжести и вес мальчика? Какими будут эти силы, если лифт будет двигаться с постоянной скоростью?

*Дано:*

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_{\tau 1} \text{ — ?}$$

$$P_1 \text{ — ?}$$

$$F_{\tau 2} \text{ — ?}$$

$$P_2 \text{ — ?}$$

*Решение*

Сила тяжести, действующая на мальчика, одинакова и будет зависеть только от притяжения Земли:

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

В случае, когда мальчик неподвижно стоит в неподвижном лифте, вес мальчика равен силе тяжести  $P_1 = mg$ .

В случае, когда лифт будет двигаться, вес мальчика также равен силе тяжести. Тот факт, что лифт движется с постоянной скоростью, свидетельствует, что силы действующие на мальчика, не изменились. А значит, и сила, с которой мальчик действует на пол лифта, не изменилась. Эта сила и является весом  $P_2 = mg$ .

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

\* Во всех задачах этого и следующих параграфов считайте  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ .

Определим числовое значение искомых величин:

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

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

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

**Задача 2.** С какой силой действует на пол десятилитровое стальное ведро, наполовину наполненное растительным маслом? Масса ведра равна 1 кг.

Дано:

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

$$V_{\text{м}} = 0,5V$$

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

$$m_{\text{в}} = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$P = ?$

Решение

Сила, с которой ведро давит на пол, является весом. Поскольку ведро неподвижно, то

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

Массу растительного масла можно найти через плотность и объем:

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

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомых величин:

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

Таким образом,  $P = 50 \text{ Н}$ .

Ответ:  $P = 50 \text{ Н}$ .

### 1-й уровень сложности

**? 10.1.** Притягивает ли Солнце тела, находящиеся на поверхности Земли?

**? 10.2.** Притягивает ли Землю мяч, подброшенный мальчиком?

**? 10.3.** Мальчик сидит за партой. На какое тело действует сила тяжести мальчика? его вес?

**? 10.4.** Камень лежит на дороге. На какое тело действует сила тяжести камня? его вес?

**10.5.** Какая сила тяжести действует на девушку массой 50 кг?

**10.6.** Какая сила тяжести действует на автомобиль массой 800 кг?

**10.7.** Чему равен вес мальчика, если его масса равна 60 кг?

**10.8.** Каков вес велосипеда, если его масса равна 16 кг?

## **2-й уровень сложности**

**? 10.9.** С одинаковой ли силой притягивает Солнце тела, находящиеся на поверхности Земли, в течение суток?

**? 10.10.** С одинаковой ли силой притягивает Земля космонавта на космодроме и во время полета на космической станции?

**? 10.11.** К какому телу приложен вес летающей мухи?

**? 10.12.** К какому телу приложен вес теннисного шарика, плавающего в ведре с водой?

**? 10.13.** Находится ли в состоянии невесомости тополиный пух, весной и летом летающий в воздухе?

**? 10.14.** Из телерепортажей с борта орбитальной станции можно заметить, что движения космонавтов напоминают движения аквалангистов под водой. Можно ли из этого сделать вывод, что аквалангисты тоже находятся в состоянии невесомости?

**? 10.15.** На страницах газет иногда можно прочитать, что в космосе наблюдается невесомость из-за отсутствия действия тяготения Земли. Действительно ли это так? Сформулируйте правильно причину возникновения невесомости.

**? 10.16.** В романе Жюль Верна «С пушки на Луну» для участников полета состояние невесомости настало в тот момент, когда тяготение Земли уравновесилось тяготением Луны. Согласны ли вы с автором, что невесомость во время такого полета наступит только на очень короткий промежуток времени?

**? 10.17.** Определите, в каком из случаев тело находится в невесомости: а) теннисный мяч плавает на поверхности воды; б) рыба плавает в озере; в) сокол взмывает ввысь; г) воздушный шарик поднимается в небо; д) стальной шарик выскальзывает из рук.

**10.18.** Какова масса тела, если на него действует сила тяжести 350 Н?

**10.19.** Тело какой массы весит 200 Н?

**10.20.** Автомобиль массой 4 т имеет грузоподъемность 8 т. Сколько весит пустой автомобиль? полностью загруженный автомобиль?

**10.21.** С какой силой воздействует мальчик на пол, когда держит в руках полное пятилитровое ведро с водой? Масса мальчика равна 43 кг, масса ведра — 2 кг.

**10.22.** Какая сила тяжести действует на алюминиевый кубик с ребром длиной 10 см?

**10.23.** Каков вес стального кубика с ребром длиной 40 см?

**10.24.** Чему равен объем алюминиевой детали, если ее вес составляет 540 Н?

### **3-й уровень сложности**

**? 10.25.** Яблоко, падающее с ветки, приобретает скорость благодаря притяжению к Земле. А приобретает ли Земля скорость благодаря притяжению к этому яблоку?

**? 10.26.** Пассажир поднял с палубы корабля стальную гайку и бросил в воду. Гайка опустилась на дно реки. Одинаковой ли будет сила тяжести, действующая на гайку на палубе корабля и на дне реки?

**? 10.27.** Деревянный шарик бросили сначала в воду, а затем в растительное масло. Изменилась ли при этом сила тяжести, действующая на шарик?

**? 10.28.** Теннисный мяч бросили сначала в ведро с водой, а затем — с керосином. Одинаковым ли будет вес мяча в воде и керосине?

**? 10.29.** Как изменяется сила тяжести и вес девочки, прыгающей через скакалку в спортивном зале?

**? 10.30.** Атлет оттолкнулся от помоста, подпрыгнул и, на мгновение остановившись, схватился за атлетические кольца. Находился ли атлет хотя бы мгновение в состоянии невесомости?

## 11. СИЛА УПРУГОСТИ. ЗАКОН ГУКА. ДИНАМОМЕТРЫ\*

### Пример решения задачи

**Задача.** К пружине длиной 8 см подвесили грузик массой 100 г. Пружина удлинилась до 12 см. Грузик какой массы нужно подвесить к пружине, чтобы ее длина была равна 9 см?

*Дано:*

$$l_1 = 8 \text{ см}$$

$$l_2 = 12 \text{ см}$$

$$l_3 = 9 \text{ см}$$

$$m_1 = 100 \text{ г}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$m_2 = ?$$

*Решение*

Воспользуемся законом Гука. Тогда для двух случаев, описанных в задаче:

$$F_1 = kx_1 \text{ и } F_2 = kx_2,$$

где  $F_1 = m_1 g$  — вес первого грузика,  $x_1 = l_2 - l_1$  — деформация пружины в первом случае,  $F_2 = m_2 g$  — вес второго грузика,  $x_2 = l_3 - l_1$  — деформация пружины во втором случае.

Далее получим:

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

$$\text{Проверим единицы: } [m_2] = \text{г} \frac{\text{см} - \text{см}}{\text{см} - \text{см}} = \text{г}.$$

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $m_2 = 25 \text{ г}$ .

*Ответ:*  $m_2 = 25 \text{ г}$ .

### 1-й уровень сложности

**11.1.** При растягивании пружины на 6 см возникает сила упругости 1,8 Н. Какая сила возникает при растягивании этой пружины на 2,5 см?

**11.2.** Чтобы сжать пружину на 6 см, нужно приложить силу 120 Н. Какую силу нужно приложить к пружине, чтобы сжать ее на 4,5 см?

\* Решая задачи этого параграфа, считайте, что при деформации тел выполняется закон Гука, если иное не указано в условии.

**11.3.** Жесткость пружины равна  $25 \text{ Н/м}$ . Какую силу нужно приложить к пружине, чтобы сжать ее на  $2 \text{ см}$ ?

**11.4.** Жесткость пружины равна  $40 \text{ Н/м}$ . Какая сила упругости возникает в пружине, если ее растянуть на  $1,5 \text{ см}$ ?

## **2-й уровень сложности**

**11.5.** На сколько сократится длина пружины, если ее сжимать силой  $20 \text{ Н}$ ? Жесткость пружины равна  $400 \text{ Н/м}$ .

**11.6.** На сколько удлинилась пружина, если при ее деформации возникла сила упругости  $80 \text{ Н}$ ? Жесткость пружины равна  $1 \text{ кН/м}$ .

**11.7.** К пружине, один конец которой закреплен в штативе, подвесили грузик массой  $150 \text{ г}$ . На сколько удлинилась пружина, если ее жесткость равна  $30 \text{ Н/м}$ ?

**11.8.** На пружину сверху поместили груз массой  $1 \text{ кг}$ . На сколько сжалась пружина, если ее жесткость равна  $500 \text{ Н/м}$ ?

**11.9.** К пружине, один конец которой закреплен в штативе, подвесили груз. При этом пружина удлинилась на  $4 \text{ см}$ . Какова масса груза, если жесткость пружины равна  $200 \text{ Н/м}$ ?

**11.10.** Мальчик растягивает резиновый жгут, прикладывая к его концам силы по  $20 \text{ Н}$  каждая. Какая сила упругости возникает в жгуте? На сколько он растягивается, если жесткость жгута равна  $800 \text{ Н/м}$ ?

**11.11.** Длина шкалы школьного динамометра равна  $10 \text{ см}$ . Предел измерения динамометра —  $4 \text{ Н}$ . Определите жесткость пружины динамометра.

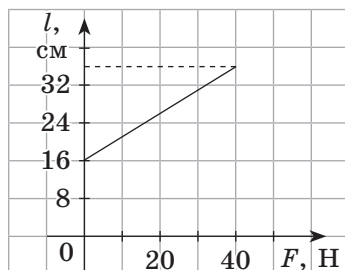
**11.12.** Цена деления шкалы динамометра  $0,2 \text{ Н/дел}$ . Расстояние между двумя соседними делениями на шкале равно  $5 \text{ мм}$ . Определите жесткость пружины динамометра.

### 3-й уровень сложности

**? 11.13.** Всегда ли при увеличении силы, растягивающей пружину, во столько же раз увеличивается ее деформация?

**11.14.** Пружину сжимают на 2 см силой 4 кН. Во сколько раз нужно увеличить силу, сжимающую пружину, для того чтобы пружина сократилась еще на 3 см?

**11.15.** На рисунке приведен график зависимости длины пружины от значения силы, растягивающей пружину. Какая сила упругости возникает в пружине, если она удлинена на 12 см? 17 см?



**11.16.** При подвешивании грузика массой 500 г пружина растянулась на 10 см. Из пружины изготовили динамометр. При градуировании на шкалу динамометра нанесли деления, расстояние между которыми равно 0,5 см. Определите цену деления полученного динамометра.

**11.17.** Выполняя лабораторную работу по градуированию динамометра, ученик выяснил, что в случае подвешивания к пружине грузика массой 2 кг она удлиняется на 8 см. Каким должно быть расстояние между делениями на шкале динамометра, чтобы цена деления составляла 0,5 Н/дел?

### Задачи для любознательных

**11.18.** Чтобы пружина удлинилась до 15 см, нужно приложить силу 45 Н, а до 18 см — 72 Н. Определите длину пружины в недеформированном состоянии.

**11.19.** Пружину сначала растянули до 16 см силой 16 Н, а затем сжали силой 8 Н до 10 см. Какой будет длина пружины, если сжать ее силой 6 Н?

## 12. ТРЕНИЕ. СИЛА ТРЕНИЯ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** На сколько удлинится пружина жесткостью 100 Н/м, если с ее помощью деревянный брусок массой 2 кг равномерно и прямолинейно тянут по поверхности стола? Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,4. Пружина все время расположена горизонтально.

Дано:

$$k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,4$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$x = ?$$

Решение

Брусок движется равномерно. Это свидетельствует о том, что сила упругости пружины компенсируется силой трения скольжения между бруском и поверхностью стола:

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}.$$

Соответственно силы упругости и трения

$$F_{\text{упр}} = kx, \quad F_{\text{тр}} = \mu mg.$$

Окончательно получим:

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

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

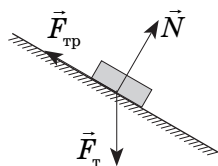
Таким образом,  $x = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ см}.$

Ответ:  $x = 8 \text{ см}.$

**Задача 2.** На наклонной плоскости размещено неподвижное тело. Изобразите на рисунке все силы, действующие на тело.

Решение

На тело (см. рисунок) со стороны Земли действует сила тяжести  $\vec{F}_T$ , которая направлена вертикально вниз; со стороны наклонной плоскости — сила упругости  $\vec{N}$ , направленная перпендикулярно поверхности плоскости, а также сила трения покоя  $\vec{F}_{\text{тр}}$ ,





которая направлена вверх вдоль поверхности плоскости. Тело по условию находится в покое, значит, равнодействующая сил  $\vec{F}_\tau$ ,  $\vec{N}$  и  $\vec{F}_{\text{тр}}$  равна нулю.

### 1-й уровень сложности

- ? 12.1.** На горизонтальном столе стоит монитор. Действует ли на него сила трения?
- ? 12.2.** Из деревянной стены торчит гвоздь. Действует ли на него сила трения?
- ? 12.3.** По горизонтальному столу, прикладывая силу, тянут брусок. Действует ли на него сила трения?
- ? 12.4.** Какая сила мешает вытягивать гвоздь из доски?
- 12.5.** Вдоль поверхности стола, прикладывая горизонтальную силу 20 Н, равномерно тянут брусок. Чему равна сила трения, действующая при этом на брусок?
- 12.6.** Сила трения скольжения между санками и горизонтальной дорогой равна 40 Н. С какой минимальной силой нужно действовать на санки, чтобы они равномерно двигались по дороге?
- 12.7.** Вес портфеля равен 30 Н, коэффициент трения между портфелем и партой — 0,4. Какова максимальная сила трения покоя между портфелем и партой?
- 12.8.** Книга давит на стол с силой 10 Н. Какова максимальная сила трения покоя между книгой и столом, если коэффициент трения между ними равен 0,3?

### 2-й уровень сложности

- ? 12.9.** Какая сила, действующая между подошвами обуви и тротуаром, помогает нам безопасно двигаться?
- ? 12.10.** Почему шелковые шнурки постоянно развязываются?
- ? 12.11.** Что означает дорожный знак «Осторожно, скользкая дорога» (см. рисунок)?
- ? 12.12.** Почему правила дорожного движения требуют от водителей при использовании зимой колес с шипами размещать на заднем стекле автомобиля знак в виде большой буквы «Ш» (см. рисунок)?



К задаче 12.11



К задаче 12.12

- ? 12.13.** Почему, чтобы уменьшить силу трения скольжения, смазывают поверхности тел?
- ? 12.14.** Почему тяжело писать мелом по мокрой доске?
- ? 12.15.** Чтобы проверить, горизонтальна ли поверхность стола, на нее достаточно положить, например, шарик из подшипника или теннисный. Как шарик помогает проверить горизонтальность поверхности стола?
- 12.16.** Выполняя лабораторную работу, ученик равномерно тянет вдоль поверхности стола брусок с грузиками общей массой 200 г, прикладывая с помощью динамометра горизонтальную силу. Найдите коэффициент трения между бруском и столом, если динамометр показывает 0,6 Н.
- 12.17.** По горизонтальному столу равномерно тянут ящик массой 12 кг. Какую минимальную силу, направленную вдоль стола, нужно при этом прикладывать? Коэффициент трения между ящиком и столом равен 0,2.

### 3-й уровень сложности

- ? 12.18.** В шахтах на отдельных участках уголь перемещают с помощью транспортеров. Действует ли сила трения на кусок угля, который движется с постоянной скоростью на горизонтальном участке? под углом вверх?
- ? 12.19.** Мальчик удерживает ручку между пальцами. Какова природы веса ручки?
- ? 12.20.** Чему может быть равна сила трения между ящиком и полом, если две горизонтальные силы 100 Н и 200 Н не могут сдвинуть ящик с места?
- ? 12.21.** Может ли сила трения сдвинуть книгу, лежащую на столе?

- ? 12.22.** Для того чтобы изменить скорость тела, к нему нужно приложить силу. Какая сила заставляет ящик, лежащий в кузове грузовика, изменять скорость вместе с автомобилем? Бортов кузова ящик не касается.
- ? 12.23.** Автомобиль едет по дороге. Помогает или мешает ему двигаться сила трения?
- ? 12.24.** Какая сила разгоняет автомобиль? Рассмотрите случаи: а) колеса автомобиля не проскальзывают; б) колеса автомобиля проскальзывают.
- ? 12.25.** В грузовом автомобиле ведущими являются задние колеса. Где в кузове следует поместить груз, чтобы на скользкой дороге автомобиль легче трогался с места: ближе к кабине или заднему борту?
- ? 12.26.** Чтобы тянуть тяжелый товарный поезд, локомотив должен быть более легким или тяжелым?
- ? 12.27.** Под какие колеса автомобиля, застрявшего в луже, — задние или передние — следует подкладывать ветки?
- ? 12.28.** Зачем спринтеры надевают обувь с шипами?
- ? 12.29.** При перепиливании деревянных бревен пилу иногда «закусывает». Почему это случается?
- ? 12.30.** Почему вязкое вещество (смола, сливочное масло, пластилин и т. п.) легче резать тонкой сильно натянутой проволокой, чем ножом?
- ? 12.31.** По наклонной плоскости с помощью пружины равномерно вверх тянут тележку. Изобразите на рисунке все силы, действующие на эту тележку.
- ? 12.32.** Тележка движется по наклонной плоскости вниз. Изобразите на рисунке все силы, действующие на эту тележку.
- ? 12.33.** С помощью динамометра ученик пытается сдвинуть с места калькулятор, лежащий на горизонтальной поверхности парты. Сила, которую показывает динамометр, постепенно увеличивается. На отметке 2 Н калькулятор пришел в движение. Как изменялась сила трения между калькулятором и партой? Как будет двигаться калькулятор, когда динамометр будет показывать 2,5 Н? Какой при этом будет сила трения?

**? 12.34.** По горизонтальному столу с помощью динамометра равномерно тянут брусок. Динамометр показывает 4 Н. Какая сила трения действует на брусок? Как будет двигаться брусок, когда динамометр будет показывать 1 Н? 5 Н?

**? 12.35.** Рыбак вытягивает на берег лодку. Почему по мере того как лодка выходит из воды, рыбаку нужно прикладывать все больше усилий?

**12.36.** По горизонтальному столу с помощью динамометра равномерно тянут брусок весом 10 Н. Динамометр показывает 2 Н. На брусок устанавливают грузик массой 500 г. Какими будут показания динамометра, если брусок снова движется равномерно?

**12.37.** Брусок массой 2 кг с помощью пружины жесткостью 50 Н/м равномерно тянут вдоль стола. Чему равно удлинение пружины, если коэффициент трения между бруском и столом равен 0,25?

#### **Задачи для любознательных**

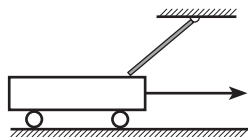
**? 12.38.** На библиотечном столе лежит стопка из четырех одинаковых учебников. Что легче сделать: вытянуть второй снизу учебник, придерживая остальные, или же потянуть на себя два верхних учебника, также придерживая остальные? Во сколько раз легче?

**12.39.** Тягач массой 5 т не может сдвинуть с места сани с грузом из-за скольжения колес. Когда на тягач положили дополнительный груз в 1 т, то он сдвинул сани. Какова масса саней, если коэффициент трения поверхности колес и полозьев саней о поверхность дороги равен 0,2?

**12.40.** Поезд массой 6000 т равномерно движется по горизонтальному участку железной дороги. Какой должна быть масса тепловоза, чтобы обеспечить это равномерное движение? Коэффициент трения покоя колес о рельсы равен 0,15, а коэффициент сопротивления движению — 0,002.

**? 12.41.** Жесткий стержень, шарнирно закрепленный за верхний конец, нижним концом опирается на

тележку (см. рисунок). При попытке сдвинуть тележку вправо стержень остается на месте, какое бы усилие мы к нему ни прикладывали. Определите причину такого «поведения» тележки.



### 13. МОМЕНТ СИЛЫ. УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ РЫЧАГА\*

#### Примеры решения задач

**Задача 1.** К рычагу подвешены три грузика (см. рисунок). Чему равна масса второго грузика, если массы первого и третьего равны соответственно 4 кг и 1 кг? Рычаг находится в равновесии.



*Дано:*

$$m_1 = 4 \text{ кг}$$

$$m_3 = 1 \text{ кг}$$

$$l_1 = 4a$$

$$l_2 = 2a$$

$$l_3 = 6a$$

$$m_2 = ?$$

*Решение*

Учитывая, что к рычагу подвешены три тела, для решения задачи мы не можем использовать условие равновесия в виде  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$  (условие в таком виде можно использовать в случае, когда к рычагу приложены две силы).

Поэтому воспользуемся правилом моментов:

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

где  $M_1 = m_1 g l_1$ ,  $M_2 = -m_2 g l_2$ ,  $M_3 = -m_3 g l_3$  — моменты сил тяготения, действующие на грузики 1, 2 и 3 соответственно (знак «+» или «-» учитывает направление возможного вращения рычага под действием соответствующих сил), а  $l_1 = 4a$ ,  $l_2 = 2a$ ,  $l_3 = 6a$  — плечи этих сил ( $a$  — длина «единичного отрезка»). Переписав правило моментов, получим:

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

\* Во всех задачах данного параграфа вес рычага не учитывайте, если не сказано обратного.

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:  $[m_2] = \text{кг} - \text{кг} = \text{кг}$ .

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $m_2 = 5$  кг.

Ответ:  $m_2 = 5$  кг.

**Задача 2.** На длинное плечо цирковой подкидной доски на расстоянии 3 м от оси вращения стала гимнастка весом 500 Н. На каком расстоянии от оси вращения на короткое плечо доски должны стать два ассистента общим весом 1500 Н, чтобы уравновесить доску?

Дано:

$$l_1 = 3 \text{ м}$$

$$P_1 = 500 \text{ Н}$$

$$P_2 = 1500 \text{ Н}$$

$$l_2 = ?$$

Решение

Воспользуемся условием равновесия рычага:

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

Для искомого расстояния получим:

$$l_2 = l_1 \frac{P_1}{P_2}.$$

Проверим единицы:  $[l_2] = \text{м} \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = \text{м}$ .

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $l_2 = 1$  м.

Ответ:  $l_2 = 1$  м.

### 1-й уровень сложности

**13.1.** К левому плечу рычага длиной 20 см вертикально вниз приложена сила 60 Н. Какая сила приложена вертикально вниз к правому плечу длиной 30 см? Рычаг находится в равновесии.

**13.2.** Рычаг имеет плечи длиной 50 см и 90 см. Бóльшая из двух вертикальных сил, действующих на рычаг, равна 180 Н. Чему равна вторая сила, если рычаг находится в равновесии?

**13.3.** К левому плечу рычага длиной 50 см приложена вертикально вниз сила 120 Н. Определите длину правого плеча, если к нему приложена вертикально вниз сила 300 Н. Рычаг находится в равновесии.

**13.4.** К концам рычага приложены вертикально вниз силы 150 Н и 250 Н. Короткое плечо рычага равно 30 см. Какова длина длинного плеча? Рычаг находится в равновесии.

**13.5.** Каков вес первого груза (см. рисунок), если вес второго равен 40 Н? Рычаг находится в равновесии.



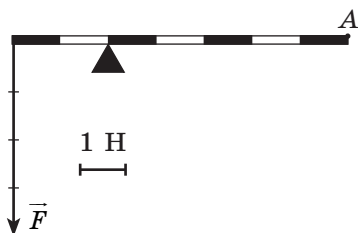
**13.6.** Масса первого груза равна 5 кг (см. рисунок). Какова масса второго груза? Рычаг находится в равновесии.



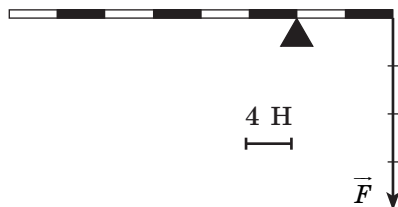
## 2-й уровень сложности

**13.7.** Какую вертикальную силу и в каком направлении нужно приложить в точке А, чтобы рычаг находился в равновесии (см. рисунок)?

**13.8.** В какой точке и в каком направлении нужно приложить вертикальную силу 8 Н, чтобы рычаг находился в равновесии?

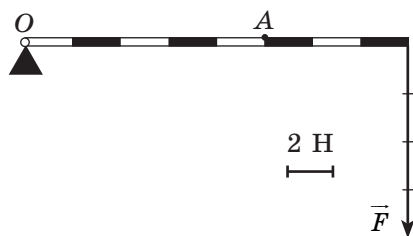


К задаче 13.7

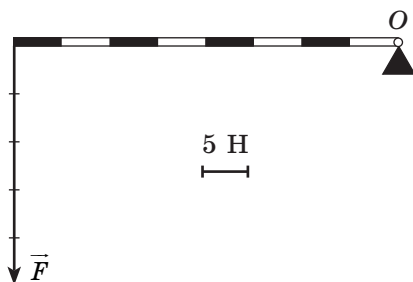


К задаче 13.8

- 13.9.** В каком направлении и какую вертикальную силу нужно приложить в точке  $A$ , чтобы рычаг находился в равновесии (см. рисунок)? Ось рычага расположена в точке  $O$ .



- 13.10.** В какой точке и в каком направлении нужно приложить вертикальную силу  $50\text{ Н}$ , чтобы рычаг находился в равновесии? Ось рычага расположена в точке  $O$  (см. рисунок).



### 3-й уровень сложности

- 13.11.** Какова масса каждого из грузов (см. рисунок), если общая масса грузов равна  $50\text{ кг}$ ?



- 13.12.** Какова масса каждого из грузов (см. рисунок), если один из них тяжелее второго на  $160\text{ Н}$ ?



- 13.13.** Рычаг представляет собой жесткий стержень длиной  $1,75\text{ м}$ , к концам которого вертикально вниз



приложены две силы 300 Н и 750 Н. Где следует установить подпорку под стрежень, которая играла бы роль оси вращения рычага?

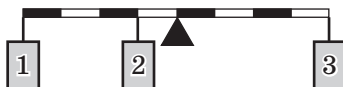
**13.14.** К концам рычага подвешены два груза массой 24 кг и 9 кг. На каком расстоянии от середины рычага нужно расположить опору, чтобы рычаг находился в равновесии? Длина рычага равна 165 см.

**13.15.** К концам рычага приложены силы 36 Н и 12 Н, направленные вниз. Точка опоры расположена на 10 см ближе к одному из концов рычага. Какова длина рычага, если он находится в равновесии?

**13.16.** Рычаг представляет собой жесткий стержень длиной 2 м, один из концов которого опирается на край стола. На расстоянии 50 см от края на стержне висит груз массой 50 кг. Где и в каком направлении нужно приложить к рычагу вертикальную силу 125 Н для того, чтобы он находился в равновесии?

**13.17.** Если ящик подвешен к левому плечу неравноплечего рычага, то его уравнивают, подвешивая к правому плечу груз массой 6 кг. Если же ящик подвешен к правому плечу рычага, то его уравнивают, подвешивая к левому плечу груз массой 24 кг. Какова масса ящика?

**13.18.** Масса второго груза равна 2 кг, масса третьего — 6 кг (см. рисунок). Какова масса первого груза?



### Задачи для любознательных

**13.19.** Масса первого груза равна 10 кг, масса второго — 2 кг (см. рисунок). Какова масса рычага?

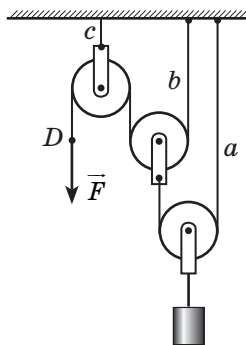


- 13.20.** Чтобы измерить массу линейки, на один из ее концов положили грузик массой 15 г и установили на круглый карандаш, лежащий на столе. Линейка занимает горизонтальное положение и не касается поверхности стола, расстояние от свободного края линейки до карандаша составляет  $\frac{2}{3}$  ее длины. Определите массу линейки.
- 13.21.** Доска массой 20 кг лежит, опираясь краями на две подставки. С какой силой она действует на подставки, если на доску поставили ведро с краской массой 15 кг на расстоянии, равном  $\frac{1}{5}$  длины доски от ее середины?
- 13.22.** Если на высокий шкаф действовать горизонтальной силой на уровне ножек, то он будет скользить по полу. Если же на шкаф подействовать горизонтальной силой возле верхнего края, то он, скорее всего, опрокинется. Чем объясняется такое «поведение» шкафа?

## 14. БЛОКИ\*

### Пример решения задачи

**Задача.** На рисунке изображена система блоков, к которым подвешен груз массой 100 кг. Сколько в ней подвижных блоков и сколько неподвижных? Какой силой  $F$  можно удержать систему блоков в равновесии? Чему равна сила натяжения веревок  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ? Какой выигрыш в силе дает система блоков? На какую высоту опустится точка  $D$ , если груз поднимется на 50 см?



\* Во всех задачах данного параграфа весом блоков и трением пренебречь, если не сказано обратного.

Дано:

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$h = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F — ?$$

$$F_a — ?$$

$$F_b — ?$$

$$F_c — ?$$

$$\frac{mg}{F} — ?$$

$$h_D — ?$$

### Решение

Система блоков состоит из двух подвижных и одного неподвижного блоков.

Подвижный блок, к которому подвешен груз, дает выигрыш в силе в 2 раза, значит,

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

Подвижный блок, к которому подвешена веревка  $a$ , также дает выигрыш в силе в 2 раза, значит,

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

Через неподвижный блок перекинута веревка  $b$ . Поэтому

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

В точке  $B$  подвешена веревка  $b$ . Сила  $F$  — сила натяжения этой веревки, и она в 4 раза меньше веса груза  $F = F_b = \frac{mg}{4}$ . Во сколько раз мы получаем выигрыш в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии:  $h_D = \frac{mg}{F} h$ .

Проверим единицы:

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

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

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

Определим числовое значение искомых величин:

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

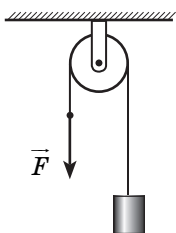
$$\{F_c\} = 0,5mg = 500, \{F\} = 0,25mg = 250.$$

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

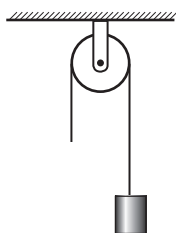
Ответ: система блоков состоит из двух подвижных и одного неподвижного блоков; выигрыш в силе равен 4,  $F_a = 500 \text{ Н}$ ,  $F_b = 250 \text{ Н}$ ,  $F_c = 500 \text{ Н}$ ,  $F = 250 \text{ Н}$ ,  $h_D = 2 \text{ м}$ .

### 1-й уровень сложности

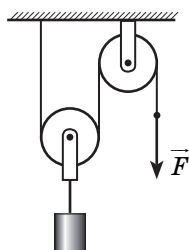
- ? 14.1. Какую силу  $F$  нужно приложить, чтобы с помощью блока, изображенного на рисунке, поднять груз массой 70 кг?
- ? 14.2. Груз подняли на 2 м с помощью блока, изображенного на рисунке. На сколько опустился конец веревки?
- ? 14.3. Какой выигрыш в силе дает система блоков, изображенная на рисунке?
- ? 14.4. Какую силу нужно приложить к свободному концу веревки (см. рисунок), если вес груза равен 400 Н?
- ? 14.5. На сколько поднимется груз (см. рисунок), если свободный конец веревки опустится на 72 см?



К задаче 14.1



К задаче 14.2



К задачам 14.3–14.5

### 2-й уровень сложности

- ? 14.6. С какой целью используют неподвижные блоки? Дают ли они выигрыш в силе? Приведите примеры их применения.
- ? 14.7. С какой целью используют подвижные блоки? Дают ли они выигрыш в силе? Приведите примеры их применения.
- ? 14.8. С какой целью подвижный блок чаще используют в комбинации с неподвижным?
- ? 14.9. Груз равномерно поднимают (см. рисунок). Сравните силу натяжения веревки  $F$ , перекинутой через неподвижный блок, с весом груза. Рассмотрите случаи, когда в оси блока нет трения и когда оно есть.
- ? 14.10. Груз равномерно опускают (см. рисунок). Сравните силу натяжения веревки  $F$ , перекинутой через

неподвижный блок, с весом груза. Рассмотрите случаи, когда в оси блока нет трения и когда оно есть.

**? 14.11.** Система блоков находится в равновесии (см. рисунок). Сравните вес центрального и крайних грузов.

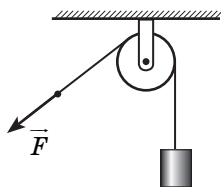
**14.12.** Начертите систему блоков, дающую выигрыш в силе в 4 раза.

### 3-й уровень сложности

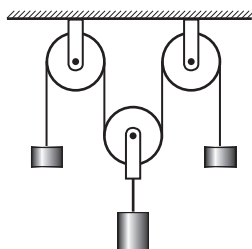
**14.13.** Какую силу нужно приложить, чтобы с помощью подвижного и неподвижного блоков (см. рисунок) поднять груз массой 200 кг, если масса подвижного блока равна 5 кг? Трение в осях отсутствует.

**14.14.** Груз какой массы поднимают с помощью системы подвижного и неподвижного блоков (см. рисунок) с силой  $F$ , равной 150 Н, если масса подвижного блока равна 5 кг? Трение в осях отсутствует.

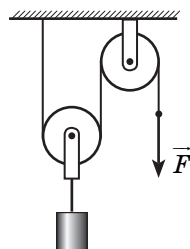
**? 14.15.** Может ли подвижный блок дать выигрыш в перемещении? Будет ли при этом выигрыш в силе? Ответ объясните с помощью рисунка.



*К задачам 14.9,  
14.10, 14.21*



*К задаче 14.11*

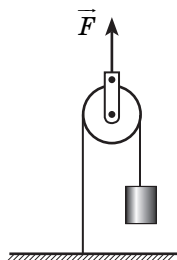


*К задачам 14.13, 14.14*

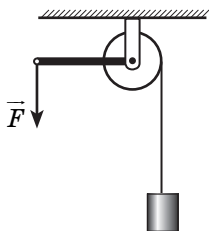
**? 14.16.** Груз поднимают с помощью невесомого подвижного блока (см. рисунок), прикладывая силу  $F$ , равную 200 Н. Какова масса груза?

**14.17.** На рисунке изображен ворот, состоящий из жестко соединенных ручки и блока. Груз какой массы можно поднимать с помощью этого ворота, прикладывая силу 100 Н? Длина ручки ворота в 4 раза больше радиуса блока.

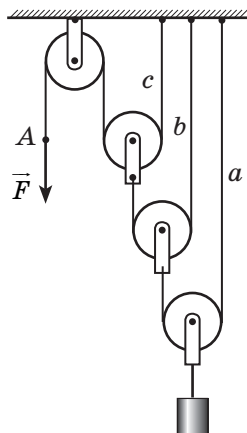
- 14.18.** Какой выигрыш в силе дает система блоков, изображенная на рисунке? Чему равна сила натяжения веревки  $b$ , если масса груза равна 40 кг?



К задаче 14.16



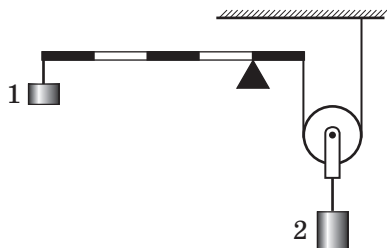
К задаче 14.17



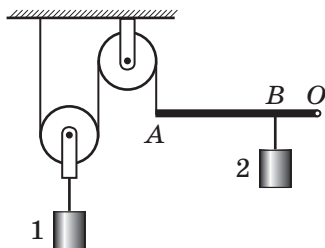
К задаче 14.18

- 14.19.** Точка опоры делит рычаг в отношении 4:1 (см. рисунок). Какова масса второго груза, если масса первого равна 40 кг? Массой рычага пренебречь.

- 14.20.** Рычаг, длина которого равна 90 см (см. рисунок), находится в равновесии. На каком расстоянии от оси вращения (точка  $O$ ) подвешен второй груз? Массы грузов равны соответственно 8 кг и 12 кг. Массой рычага можно пренебречь.



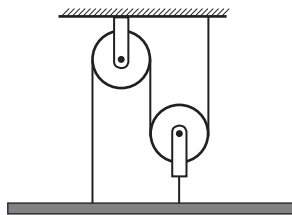
К задаче 14.19



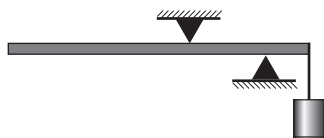
К задаче 14.20

### Задачи для любознательных

- 14.21.** В оси неподвижного блока (см. рисунок с. 60) действует сила трения, момент которой равен  $20 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Радиус блока равен  $20 \text{ см}$ , масса груза —  $40 \text{ кг}$ . С какой силой нужно тянуть веревку, чтобы равномерно поднимать груз? Какой минимальной силой можно удерживать этот груз в покое?
- ? 14.22.** Можно ли с помощью одного подвижного и одного неподвижного блоков получить выигрыш в силе в 4 раза? Ответ объясните с помощью рисунка.
- 14.23.** Однородный брус длиной  $1 \text{ м}$  подвешен, как показано на рисунке. Левая нить закреплена на расстоянии  $30 \text{ см}$  от левого конца бруса. На каком расстоянии от правого конца бруса закреплена правая нить?
- 14.24.** Горизонтальная балка (см. рисунок), к правому концу которой подвешен груз массой  $4m$ , уставлена между упорами. Длина балки  $L$ , расстояние между упорами  $l$ , масса балки  $m$ . Как нужно расположить балку, чтобы на левый упор действовала сила  $mg$ ?



К задаче 14.23



К задаче 14.24

## 15. ДАВЛЕНИЕ И СИЛА ДАВЛЕНИЯ. ЕДИНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ

### Пример решения задачи

**Задача.** На столе стоит медный куб с ребром длиной 10 см. Какое давление он создает на стол?

*Дано:*

$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p = ?$$

*Решение*

Масса куба определяется по формуле  $m = \rho V = \rho a^3$ , где  $a$  — длина ребра куба.

По определению давления  $p = \frac{F}{S}$ .

Подставив формулы  $S = a^2$  та  $F = mg$  в формулу давления, получим  $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{a^2} = \frac{\rho V g}{a^2} = \frac{\rho a^3 g}{a^2} = \rho a g$ .

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

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

### 1-й уровень сложности

? 15.1. Зачем затачивают лезвия ножей?

? 15.2. Стоя на полу, мальчик поднял ногу. Как изменили давление и сила давления, создаваемые мальчиком, на пол?

? 15.3. Мальчик сел на пол в спортивном зале. Как изменили давление и сила давления, создаваемые мальчиком, на пол?

15.4. Какую силу давления и давление создает на опору площадью  $400 \text{ см}^2$  тело, масса которого равна 12 кг?

15.5. Какое максимальное давление может создавать сапожник, когда шилом прокалывает кусок кожи? Масса сапожника равна 80 кг, толщина острия шила —  $0,25 \text{ мм}^2$ .



## 2-й уровень сложности

- ? 15.6.** Почему на мягком диване лежать намного удобнее, чем на твердом полу?
- ? 15.7.** Мальчик пересел со школьного стула в мягкое кресло. Как изменяются сила давления и давление, создаваемые мальчиком?
- ? 15.8.** Если изготовить кресло из твердого пластика, точно повторяющее форму человеческого тела, то сидеть в нем будет так же удобно, как и в мягком кресле. Почему?
- ? 15.9.** Индийские факиры могут лежать на острых лезвиях. Что нужно сделать факиру, чтобы уменьшить риск порезать кожу спины: уменьшить или увеличить количество лезвий?
- 15.10.** Лопатой, ширина режущего края которой равна 20 см, а толщина — 0,2 мм, вскапывают землю. Какое давление создает лопата на почву, если ее втыкают в землю с силой 400 Н?
- 15.11.** Человек массой 90 кг стоит на лыжах длиной 1,8 м и шириной 10 см. Какое давление человек создает на снег?
- 15.12.** Оставляет ли женщина в обуви на шпильке вмятины на асфальте, если поверхность асфальта выдерживает давление 1 МПа? Площадь шпильки равна 1 см<sup>2</sup>, масса женщины — 50 кг, на одну шпильку приходится  $\frac{1}{4}$  веса женщины.
- 15.13.** Индийские факиры могут лежать на острых лезвиях. Какой должна быть граница прочности (предельное давление) кожи факира, если он может лежать на пятидесяти длинных острых лезвиях? Масса факира равна 60 кг, длина каждого лезвия — 60 см, толщина — 0,2 мм.
- 15.14.** Какова масса тела, создающего на пол давление 1000 Па? Площадь опоры тела равна 250 см<sup>2</sup>.
- 15.15.** Снежный покров выдерживает давление 2 кПа. Какой должна быть максимальная масса лыжника,

чтобы он не проваливался в снег? Ширина лыж равна 10 см, длина — 1,6 м.

**15.16.** Человек массой 120 кг стоит на лыжах длиной 1,6 м. Какова ширина лыж, если давление, создаваемое человеком, равно 6 кПа?

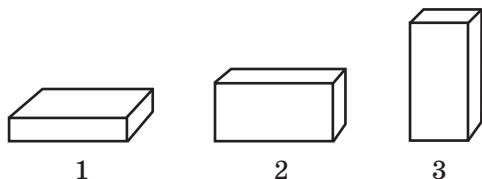
**15.17.** Грузовик создает давление на дорогу 50 МПа. Какова масса грузовика, если площадь соприкосновения с дорогой каждого из четырех колес равно 20 см<sup>2</sup>?

**15.18.** Снежный покров выдерживает давление 2 кПа. Какой длины лыжи нужно взять лыжнику массой 80 кг на прогулку, чтобы он не проваливался в снег? Ширина лыж равна 12,5 см.

**15.19.** Во сколько раз изменяет свое давление на лед хоккеист, падающий во время матча? Ширина лезвия коньков равна 4 мм, длина части лезвия, которое соприкасается со льдом, — 25 см, площадь соприкосновения со льдом упавшего хоккеиста — 0,2 м<sup>2</sup>.

**15.20.** На столе стоят два сплошных кубика, изготовленных из одного материала. Ребро одного из кубиков в 3 раза больше ребра второго. Какой из кубиков имеет больший вес? Какой из них создает большее давление на стол? во сколько раз?

**15.21.** На столе лежат три одинаковых бруска (см. рисунок) размерами 2 см×4 см×10 см и массой 800 г. Какое давление бруски создают на стол?



### 3-й уровень сложности

**? 15.22.** Для чего, съезжая на автомобиле с дороги на рыхлый грунт, водители уменьшают давление в шинах?

**? 15.23.** Каким было бы давление колес вагонов на рельсы, если бы колеса и рельсы при соприкосновении не деформировались?

**? 15.24.** Толкните стальной шарик на поверхности стола и на песчаной дорожке. В каком из случаев шарик прокатится дольше? Почему?

**? 15.25.** Зачем, двигаясь по дороге с твердым покрытием, следует увеличить давление в шинах автомобиля?

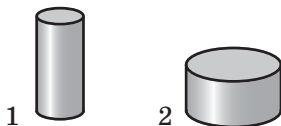
**15.26.** В ходе дорожных работ на дорогу уложили слой асфальта толщиной 5 см. Какое давление создает асфальт на дорогу, если его плотность равна  $2 \text{ т/м}^3$ ?

**15.27.** На столе лежит стальная пластинка толщиной 10 см. Какое давление она создает на стол?

**15.28.** На столе лежат две книги. Если книги положить одну на другую, то они будут создавать давление или 200 Па, или 300 Па. Какова площадь большей книги, если меньшая имеет размеры  $15 \text{ см} \times 20 \text{ см}$ ?

#### Задачи для любознательных

**15.29.** На столе стоят два цилиндра (см. рисунок). Первый изготовлен из дерева плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$ . Он в 2 раза выше второго, но в 2 раза меньше по диаметру. Цилиндры создают одинаковое давление на стол. Для какого из цилиндров сила давления больше? Определите плотность второго цилиндра.



**15.30.** На столе стоит сплошной стальной куб массой 62,4 кг. Какое давление он создает на поверхность стола?

**15.31.** В автосалоне рядом с выставочным автомобилем стоит его точная копия. Она в 27 раз меньше оригинала. Во сколько раз отличаются сила давления и давление, создаваемые автомобилем и его копией?

## 16. ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

### Пример решения задачи

**Задача.** У подножия водонапорной башни сорвало водопроводный кран. С какой силой нужно прижимать заглушку к образовавшемуся отверстию, чтобы вода не лилась? Высота башни равна 25 м, площадь отверстия —  $4 \text{ см}^2$ , плотность воды —  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Дано:*

$$h = 25 \text{ м}$$

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

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F = ?$$

*Решение*

Сила, которую нужно приложить к заглушке, должна уравновесить силу давления воды:

$$F = pS.$$

Давление столба воды высотой  $h$  находим по формуле  $p = \rho gh$ .

Окончательно получим:

$$F = \rho ghS.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $F = 100 \text{ Н}$ .

*Ответ:*  $F = 100 \text{ Н}$ .

### 1-й уровень сложности

**? 16.1.** Если слабо накачанный мяч полежит на солнце, то становится более упругим. Почему?

**? 16.2.** Если накачать автомобильные шины, давление внутри них увеличивается. Почему?

**? 16.3.** Если пустую пластиковую бутылку закупорить и вынести на мороз, то она начнет сжиматься. Что является причиной такого сжатия?

**? 16.4.** При возведении какой многоэтажки нужно использовать более прочные водопроводные трубы: девять этажей или шестнадцать? Почему?

**16.5.** Какое минимальное давление должна выдерживать вертикальная труба, наполненная водой, высотой 12 м?

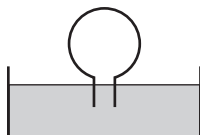
**16.6.** В дне цистерны есть кран, через который сливают нефть, когда цистерну необходимо освободить. Какое давление создает на кран нефть, если ее уровень составляет 2 м над дном цистерны?

**16.7.** Из шахты глубиной 500 м надо откачать воду. Какое давление должен создавать насос, расположенный на дне шахты?

## 2-й уровень сложности

**? 16.8.** Чтобы устранить вмятину на теннисном шарике, его можно на некоторое время погрузить в горячую воду. Что вытеснит изнутри вмятую поверхность шарика?

**? 16.9.** Колба открытым горлышком погружена в сосуд с водой (см. рисунок). Изменится ли положение поверхности воды, если колбу подогреть? Объясните почему.



**16.10.** На первом этаже многоэтажного здания давление воды в водопроводе составляет 0,2 МПа. Определите давление на пятом этаже, если высота этажа равна 3 м.

**16.11.** На третьем этаже многоэтажного здания давление воды в водопроводе равно 0,12 МПа. Определите давление на первом этаже, если высота этажа равна 3 м.

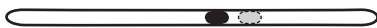
**16.12.** С какой силой природный газ давит на круглую заслонку газового крана, если давление в трубе достигает 2 МПа, а диаметр заслонки равен 10 см?

**16.13.** Какую силу нужно приложить, чтобы вытянуть пробку со дна бассейна? Глубина бассейна равна 4 м, радиус пробки — 4 см.

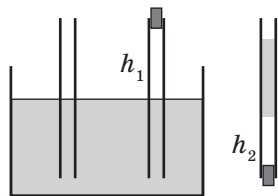
**16.14.** В цилиндрическую мензурку налито 625 г воды. Какое давление создает вода на дно мензурки, если площадь дна равна  $2,5 \text{ см}^2$ ?

### 3-й уровень сложности

- ? 16.15.** Стеклоанный или металлический герметичный баллон очень опасно бросать в костер, даже если в баллоне обычный воздух. Объясните почему.
- ? 16.16.** Почему лампы накаливания заполняют инертным газом при давлении, которое значительно меньше атмосферного?
- ? 16.17.** Изменяется ли давление на дно ванны, когда человек купается? Если изменяется, то почему?
- ? 16.18.** В большой стакан с водой погрузили меньший стакан так, что он плавал, не касаясь стенок большего стакана. Изменится ли давление воды в большом стакане после погружения в него меньшего?
- ? 16.19.** Какой конец горизонтальной стеклянной трубки, запаянной с обеих сторон, нагрели, если находящаяся внутри капля ртути передвинулась вправо (см. рисунок)? Что будет происходить дальше по мере выравнивания температуры трубки?
- ? 16.20.** В стакан с водой погрузили стеклянную трубку. Затем закупорили ее верхний конец и, зажав пальцем нижний, вытянули трубку из воды и перевернули (см. рисунок). Как изменится высота столбика воздуха между пробкой и водой в трубке?



*К задаче 16.19*



*К задаче 16.20*

- ? 16.21.** Если открытую пластиковую бутылку с водой перевернуть, то можно заметить, как по мере вытекания воды стенки бутылки сжимаются. Почему это происходит?
- 16.22.** В два сосуда налили разные жидкости до одинакового уровня (см. рисунок). Сила давления на дно сосудов оказалась одинаковой. Одинаковы ли плотности жидкостей? Если нет, то в каком сосуде находится

более густая жидкость? Во сколько раз ее плотность больше плотности другой жидкости? Площадь дна сосуда 2 больше площади дна сосуда 1 в 1,25 раза.

**16.23.** В два сосуда (см. рисунок) налили одинаковое количество воды. Одинакова ли сила давления на дно сосудов? Одинаково ли давление? Если нет, то в каком сосуде оно больше и во сколько раз? Площадь дна сосуда 2 больше площади дна сосуда 1 в 1,5 раза.

**16.24.** Аквариум, имеющий форму куба, заполняют водой наполовину. Во сколько раз сила давления на одну боковую поверхность меньше силы давления на дно аквариума?

**16.25.** Герметичная дверь высотой 2 м и шириной 80 см отделяет соседние помещения внутри корабля и выдерживает максимальную силу давления 4 кН. До какой высоты может дойти уровень воды в соседнем помещении, чтобы дверь не разрушилась?

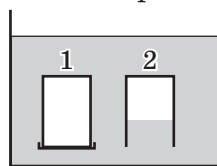
**16.26.** В ванную с водой погрузили два одинаковых пластиковых сосуда вверх дном: первый — герметически закрытый, а второй — открытый (см. рисунок). Стенки сосуда при достижении давления 1000 Па начинают деформироваться. Какой из сосудов и на какой глубине начнет деформироваться первым?



К задаче 16.22



К задаче 16.23



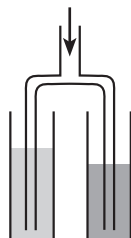
К задаче 16.26

### Задачи для любознательных

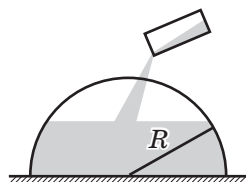
**? 16.27.** До одного ли уровня следует налить воду в два сосуда, чтобы было одинаковым давление на дно? сила давления на дно? Площадь дна одного сосуда равна площади горлышка второго сосуда, и наоборот.



- 16.28.** В цилиндрическую мензурку налиты вода и машинное масло. Общая высота жидкостей установилась на уровне 20 см. Какова высота столбиков масла и воды, если общее давление жидкостей на дно равно 1750 Па?
- 16.29.** Через двойную трубку в стакан с керосином и водой вдувают воздух (см. рисунок). Пузырьки начинают появляться возле нижнего края трубок одновременно. В стакане с какой жидкостью ее уровень ниже? на сколько? В воду погружено 20 см трубки.
- 16.30.** На столе стоит сосуд, имеющий форму полусферы радиусом  $R$  (см. рисунок). Край сосуда плотно прилегает к столу. В верхней точке сосуда маленькое отверстие, через которое наливают воду. Определите массу сосуда, при которой из-под него может вытекать вода.



К задаче 16.29



К задаче 16.30

## 17. ЗАКОН ПАСКАЛЯ. СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

### Пример решения задачи

**Задача.** В левое колено U-образной трубки, в которую предварительно налита вода, доливают машинное масло (см. рисунок). Высоты жидкостей установились с разностью 2 см. Какова высота столбика масла?

**Дано:**

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

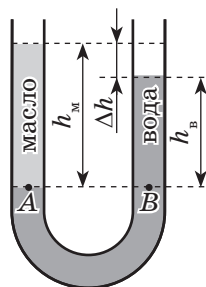
$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

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

$$h_{\text{м}} \text{ — ?}$$

**Решение**

Масло имеет меньшую плотность, и поэтому уровень воды в правом колене будет ниже, чем уровень масла в левом.





Воспользуемся законом Паскаля: на одном горизонтальном уровне в однородной жидкости давление одинаково. За такой уровень возьмем уровень  $AB$ . В точке  $A$  столбик масла создает давление  $p_A = \rho_m g h_m$ , а в точке  $B$  столбик воды —  $p_B = \rho_B g h_B$ . Столбики создают одинаковые давления:  $p_A = p_B$ . Разность высот этих столбиков  $h_m - h_B = \Delta h$ .

Учитывая это, можем записать:

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

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

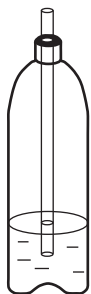
$$\{h_m\} = \frac{1000}{1000 - 800} \cdot 0,02 = 0,1.$$

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

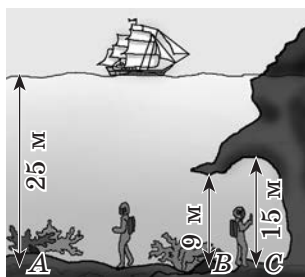
Ответ:  $h_m = 10 \text{ см}$ .

### 1-й уровень сложности

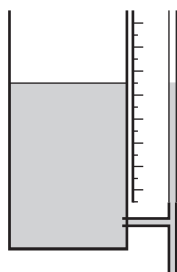
- ? 17.1.** На воду, налитую в цилиндрический сосуд, положили поршень и нажали на него. Изменится ли сила давления на дно сосуда? Зависит ли это изменение от высоты налитой жидкости?
- ? 17.2.** В пластиковую бутылку с водой вставлена стеклянная трубка (см. рисунок). Что будет происходить, если нажать на бутылку?
- ? 17.3.** На рисунке представлена схема подводной пещеры. Сравните давление воды в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$ .
- ? 17.4.** По рисунку объясните принцип действия измерителя уровня воды в садовом баке для полива огорода.



К задаче 17.2



К задаче 17.3

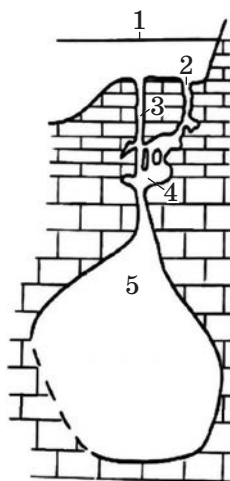


К задаче 17.4

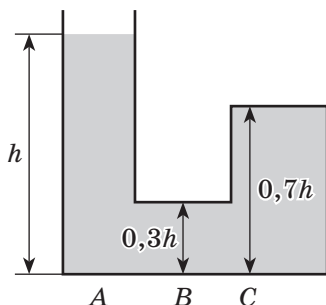
- ? 17.5. Одинаково ли давление в точках 2—5 (см. рисунок) внутри подводной пещеры Петек (Турция)?

### 2-й уровень сложности

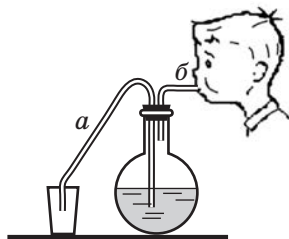
- ? 17.6. Можно ли в невесомости выжать зубную пасту из тюбика?
- ? 17.7. Давление воды на дно сосуда (см. рисунок) в точке C равно 700 Па. Какое давление на дно вода создает в точках A, B?
- ? 17.8. Колба с водой плотно закупорена. Через пробку пропущены две трубки (см. рисунок). Что будет происходить, если мальчик начнет дуть в трубку a? трубку б?



К задаче 17.5

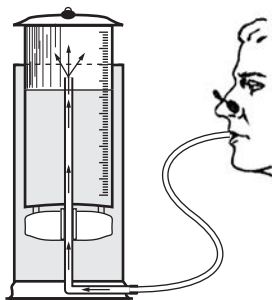


К задаче 17.7



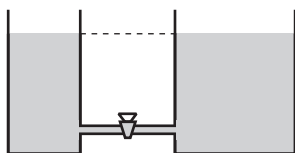
К задаче 17.8

- ? 17.9.** В медицинских учреждениях для определения объема легких человека используются спирометры. Одна из возможных конструкций спирометра изображена на рисунке. Объясните принцип ее действия.

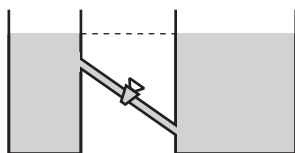


К задаче 17.9

- ? 17.10.** В сосуды налита вода. Как видно из рисунка, объем воды в правом сосуде больше, чем в левом. Начнет ли из него перетекать вода в левый сосуд, если открыть кран?

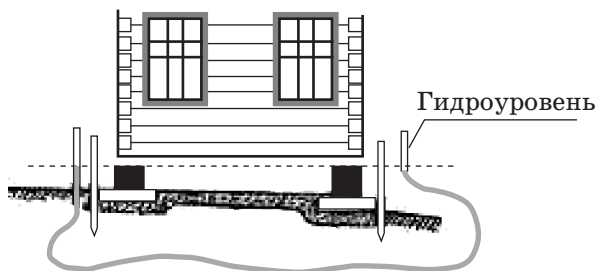


К задаче 17.10



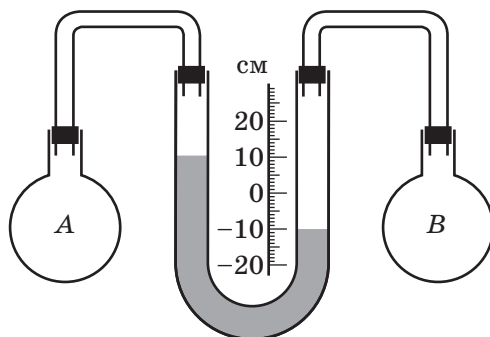
К задаче 17.11

- ? 17.12.** В сообщающиеся сосуды налита вода. В правое колено доливают масло. В каком колене уровень жидкости будет выше?
- ? 17.13.** Объясните по рисунку, как с помощью гибкой трубки с водой определяют, одинаков ли уровень фундамента в строящемся здании.



**17.14.** В U-образную трубку налита вода (см. рисунок). Давление в сосуде *A* равно 5 кПа. Каково давление в сосуде *B*?

**17.15.** Давление в сосуде *A* (см. рисунок) равно 120 кПа, в сосуде *B* — 147,2 кПа. Какая жидкость находится в U-образной трубке?

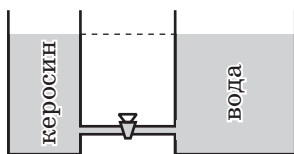


*К задачам 17.14, 17.15*

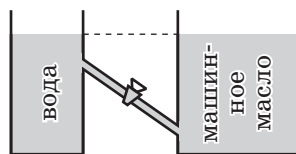
### 3-й уровень сложности

**? 17.16.** В сосуды налиты керосин и вода (см. рисунок). Начнет ли течь жидкость по трубке, если открыть кран? Если да, то в какую сторону?

**? 17.17.** В сосуды налиты вода и машинное масло. Начнет ли течь жидкость по трубке, если открыть кран? Если да, то в какую сторону?



*К задаче 17.16*

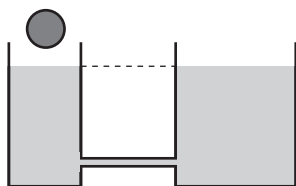


*К задаче 17.17*

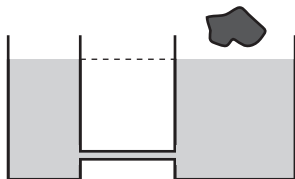
**? 17.18.** В сообщающиеся сосуды налита вода (см. рисунок). В один из сосудов погружают небольшой деревянный шарик. Изменится ли уровень воды в сосудах? Давление на дно сосудов?

**? 17.19.** В сообщающиеся сосуды налита вода (см. рисунок). В один из сосудов погрузили небольшой камешек.

Изменился ли уровень воды в сосудах? давление воды на дно сосудов?

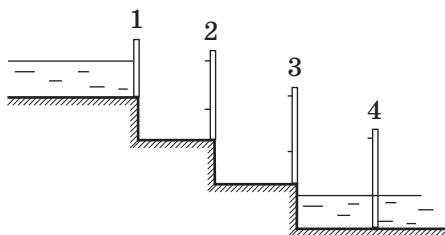


К задаче 17.18



К задаче 17.19

- ? 17.20.** В какой последовательности нужно открывать и закрывать ворота шлюза (см. рисунок), чтобы судно прошло через шлюз вниз по течению?



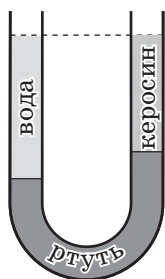
- 17.21.** В правое и левое колена сообщающихся сосудов налиты вода и керосин. Каково отношение высот жидкостей в коленах, если жидкости находятся в равновесии?
- 17.22.** В одно из колен сообщающихся сосудов налита вода, высота столбика которой равна 25 см. Какой высоты должен быть столбик масла во втором колене сосудов, чтобы жидкость находилась в равновесии?
- 17.23.** В U-образную трубку налита ртуть. В колено, расположенное слева, доливают 20 см керосина. Сколько воды надо долить в колено, расположенное справа, чтобы поверхности ртути в коленах были на одном уровне?

### Задачи для любознательных

- 17.24.** U-образную трубку налита ртуть (см. рисунок). В трубку, расположенную справа, доливают 20 см керосина. Сколько воды надо долить в трубку слева,

чтобы поверхности керосина и воды в трубках были на одном уровне?

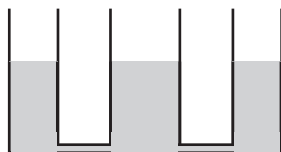
- ? 17.25.** В U-образной трубке уровень воды на 25 см ниже края трубки. В одно из колен трубки понемногу доливают масло. На сколько будут отличаться уровни жидкостей в коленях, когда в одном из них жидкость дойдет до края?
- ? 17.26.** В цилиндрических сообщающихся сосудах, площади сечения которых относятся как  $1:2$ , находится вода (см. рисунок). В более широкий сосуд доливают 9 см керосина. На сколько поднимется уровень воды в более узком сосуде? Керосин в этот сосуд не попадает.
- ? 17.27.** Сообщающиеся сосуды частично заполнены водой (см. рисунок). До верхнего края вода не доходит на 20 см. В средний сосуд наливают 10 см керосина. На каком расстоянии от верхнего края сосуда установится уровень керосина? Диаметр среднего сосуда в 1,5 раза больше, чем диаметр боковых. Керосин в боковые сосуды не перетекает.



К задаче 17.24



К задаче 17.26



К задаче 17.27

## 18. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. БАРОМЕТРЫ. ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ОТ ВЫСОТЫ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Ныряльщик нырнул на 30 м. Какое давление действует на него?

*Дано:*

$$h = 30 \text{ м}$$

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$p = ?$

*Решение*

На глубине на ныряльщика действуют давление столба воды высотой  $h$  и по закону Паскаля к нему добавляется атмосферное давление  $p_{\text{а}}$ .

Окончательно получим:

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

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

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

**Задача 2.** Какое давление показывает барометр, установленный на крыше небоскреба высотой 250 м? Атмосферное давление возле его подножия равно 760 мм рт. ст., температура воздуха — 0 °С.

*Дано:*

$$h = 250 \text{ м}$$

$$p_{\text{а}} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 100 \text{ кПа}$$

$p = ?$

*Решение*

Плотность воздуха при 0 °С равна 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Атмосферное давление на высоте 250 м должно быть ниже атмосферного на то давление, которое создает столб воздуха высотой 250 м:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

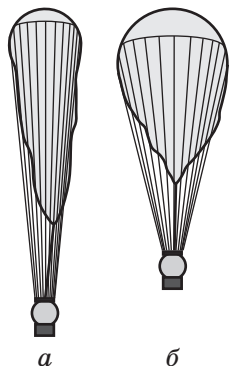
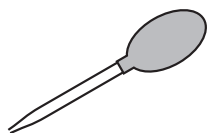
*Ответ:* 733 мм рт. ст.

### 1-й уровень сложности

- ? 18.1. В какой части трубки Торричелли давление самое высокое? Чему оно равно?
- ? 18.2. Где атмосферное давление больше: на первом этаже небоскреба или на сотом?
- ? 18.3. Что прижимает к стеклу (или другим гладким поверхностям) резиновые присоски?
- ? 18.4. Почему жидкость в шприце поднимается, когда поднимается поршень шприца?
- ? 18.5. Чтобы обеспечить большую прочность кинескопов телевизоров, их изготавливают из очень толстого стекла. Зачем надо делать корпуса кинескопов прочными?
- 18.6. Выразите давление 200 кПа в миллиметрах ртутного столба.
- 18.7. Выразите давление 380 мм рт. ст. в килопаскалях.

### 2-й уровень сложности

- ? 18.8. На рисунке изображена стеклянная трубка с резиновой грушей. Как с помощью этого простого прибора можно брать пробы жидкостей?
- ? 18.9. На людей действует атмосферное давление. Сила давления на каждый квадратный сантиметр поверхности тела составляет 10 Н. Почему люди не ощущают его?
- ? 18.10. Сила давления воздуха на поверхность ученической парты превышает 70 кН. Почему не наблюдаются последствия действия этой силы?
- ? 18.11. На рисунке изображен стратостат на разных высотах. Какой из случаев *а*, *б* соответствует меньшей высоте?



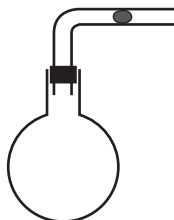


- ? 18.12.** Почему из бутылки с газированной водой, открытой в глубокой шахте, не выходят пузырьки газа?
- ? 18.13.** Почему бутылка с газированной водой является источником опасности при полете на воздушном шаре?
- 18.14.** Каково атмосферное давление возле подножия небоскреба, если на его крыше барометр показывает 750 мм рт. ст.? Высота небоскреба равна 300 м, температура воздуха 0 °С.
- 18.15.** Барометр перенесли со дна шахты на поверхность, при этом он зафиксировал изменение давления с 770 до 745 мм рт. ст. Какова глубина шахты? Температура воздуха 0 °С.
- ? 18.16.** Какой барометр более чувствителен: ртутный или водяной?
- 18.17.** Выразите давление 550 мм рт. ст. в сантиметрах водного столба.
- 18.18.** Выразите давление 250 см водного столба в миллиметрах ртутного столба.
- 18.19.** Кашалоты могут погружаться в толщу воды до 1 км. Во сколько раз давление воды на этой глубине выше атмосферного?

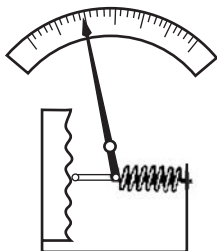
### 3-й уровень сложности

- ? 18.20.** Можно ли, поднимая поршень шприца, набрать жидкость на космической станции в условиях невесомости? Ответ поясните.
- ? 18.21.** Можно ли провести опыт Торричелли в условиях невесомости? Ответ поясните.
- ? 18.22.** Будет ли передвигаться капля ртути в стеклянной трубке (см. рисунок) по мере нагревания колбы на борту космической станции в условиях невесомости?
- ? 18.23.** Если нагреть руками колбу, то капля ртути в стеклянной трубке начнет передвигаться вправо, если охладить — влево (см. рисунок). Можно ли этот прибор проградуйровать и использовать как термометр?

- ? 18.24.** На рисунке изображена схема модели anerоида. Куда будет передвигаться конец стрелки, если атмосферное давление увеличится? уменьшится?



К задачам 18.22, 18.23



К задаче 18.24

- ? 18.25.** Если в трубке Торричелли на высоте 660 мм от поверхности ртути в чашке сделать отверстие и накрыть его тонкой резиновой пленкой (см. рисунок), как она будет «вести себя»?

- 18.26.** В трубке Торричелли (см. рисунок) в точке А на высоте 500 мм от поверхности ртути в чашке сделали отверстие площадью  $10 \text{ мм}^2$ . Какую силу и в каком направлении нужно приложить к пробке, которая закрыла бы это отверстие?

- 18.27.** В запаянной с одной стороны стеклянной трубке находится столбик ртути (см. рисунок). Какова его высота, если воздух внутри трубки создает давление 590 мм рт. ст., а атмосферное давление равно 740 мм рт. ст.?



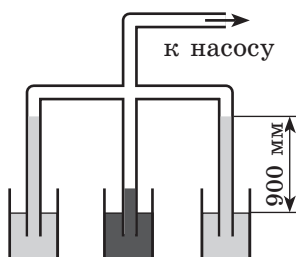
К задаче 18.25    К задаче 18.26    К задаче 18.27

- 18.28.** В известном эксперименте с магдебургскими полушариями 16 лошадей (по 8 с каждой стороны) не смогли оторвать полушария друг от друга. А какую силу нужно приложить к полушариям, чтобы их оторвать? Внутри полушарий диаметром 35,5 см создавалось разрежение в  $\frac{1}{8}$  атмосферного давления.

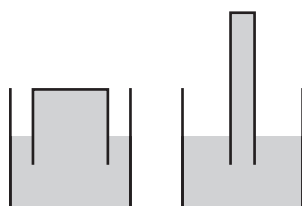
## Задачи для любознательных

**18.29.** В среднем стакане содержится ртуть, в боковых — вода (см. рисунок). Какое разрежение должен создавать воздушный насос и чему равна высота ртути в средней трубке?

**18.30.** Из воды вынимают вверх дном легкие стаканчики (см. рисунок). Чтобы полностью их вынуть, нужно приложить силу. К какому стаканчику нужно приложить большую силу? Высоты стаканчиков относятся как 1:2, а диаметры — как 3:1.



К задаче 18.29

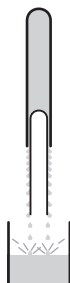


К задаче 18.30

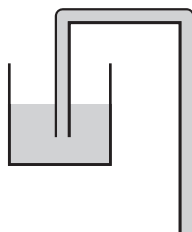
**? 18.31.** Из верхней пробирки вытекает вода (см. рисунок). Как «ведет себя» нижняя пробирка?

**18.32.** Каков вес атмосферы Земли?

**? 18.33.** В стакан с водой погрузили коротким концом вниз трубку, полностью заполненную водой (см. рисунок). Как будет «вести» себя в дальнейшем поверхность воды в стакане?



К задаче 18.31



К задаче 18.33

## 19. МАНОМЕТРЫ. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. НАСОСЫ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Большой поршень гидравлического пресса сжимает деталь с силой 2 МН. С какой силой нужно нажимать на малый поршень пресса? Сколько ходов нужно сделать малому поршню, чтобы большой передвинулся на 4 см? Площади большого и малого поршней равны 40 дм<sup>2</sup> и 20 см<sup>2</sup> соответственно, ход малого поршня — 20 см.

*Дано:*

$$F_1 = 2 \text{ МН}$$

$$h_1 = 4 \text{ см}$$

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

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

$$\Delta h_2 = 20 \text{ см}$$

$$F_2 = ?$$

$$N = ?$$

*Решение*

Отношение сил, действующих на большой и малый поршни гидравлического пресса, равно отношению площадей этих поршней:

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

Для силы, с которой нужно действовать на малый поршень, получим:

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

Жидкость (обычно это масло) практически несжимаема, следовательно, сколько масла вытеснит малый поршень из малого цилиндра, столько же масла попадет в большой:  $V_2 = V_1$ . Объем  $V_2$  малый поршень вытеснит за  $N$  ходов:  $V_2 = N \Delta h_2 S_2$ . Поэтому для  $N$  получим:

$$V_1 = N \Delta h_2 S_2, \quad h_1 S_1 = N \Delta h_2 S_2, \quad N = \frac{h_1 S_1}{\Delta h_2 S_2}.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомых величин:

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

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

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

**Задача 2.** Какое максимальное давление в водопроводе может обеспечить всасывающий насос, если подает воду на высоту 5 м?

*Дано:*

$$h = 5 \text{ м}$$

$$p_a = 100 \text{ кПа}$$

$$\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$p$  — ?

*Решение*

Всасывающий насос поднимает воду благодаря атмосферному давлению. Потому давление, которое он создает в водопроводе, — это разность между атмосферным давлением и давлением столба воды в трубке насоса:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

*Ответ:*  $p = 50 \text{ кПа}$ .

### 1-й уровень сложности

**?** 19.1. На какую высоту можно поднять воду с помощью всасывающего насоса?

**19.2.** Какую силу нужно приложить к малому поршню гидравлического пресса, чтобы он развивал усилие 200 кН? Отношение площадей малого и большого поршней составляет 1:100.

**19.3.** Какое усилие развивает гидравлический пресс, если к малому поршню прикладывают силу 2000 Н? Площади малого и большого поршней равны соответственно 1 см<sup>2</sup> и 1 дм<sup>2</sup>.

**19.4.** На малый поршень гидравлической машины действует сила 300 Н. Какая сила действует на большой поршень, если их площади равны соответственно 10 см<sup>2</sup> и 400 см<sup>2</sup>?

**19.5.** Гидравлический домкрат поднимает машину весом 20 кН. К малому поршню домкрата прикладывают силу 400 Н. Чему равна площадь большого поршня, если площадь малого — 2 см<sup>2</sup>?

**19.6.** Чтобы с помощью гидравлического домкрата поднять машину весом 15 кН, к малому поршню при-

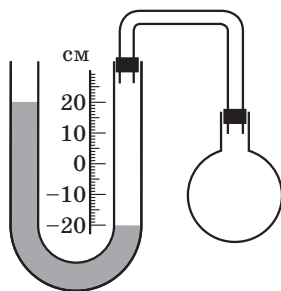
кладывают силу 300 Н. Чему равна площадь малого поршня, если площадь большого — 200 см<sup>2</sup>?

- 19.7.** К малому поршню гидравлического подъемника, с помощью которого поднимают легковой автомобиль массой 1,5 т, прикладывают силу 750 Н. Во сколько раз отличаются площади малого и большого поршней?

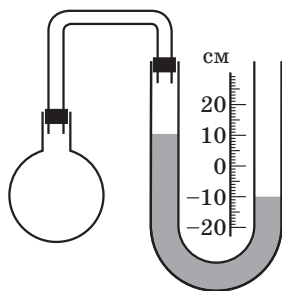
## 2-й уровень сложности

- 19.8.** В жидкостном манометре содержится подкрашенная вода (см. рисунок). Левое колено манометра открыто в атмосферу. На сколько отличается давление в сосуде от атмосферного?

- 19.9.** В жидкостном манометре содержится ртуть (см. рисунок). Каково давление в сосуде, если атмосферное давление равно 100 кПа?



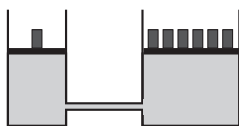
К задаче 19.8



К задаче 19.9

- ? 19.10.** Почему в гидравлических машинах используют жидкость, а не воздух?

- 19.11.** Поршни гидравлического пресса находятся в равновесии (см. рисунок). Какова площадь малого поршня, если площадь большого равна 12 дм<sup>2</sup>? Весом поршней можно пренебречь.



- 19.12.** Площадь малого поршня гидравлического подъемника равна 4 см<sup>2</sup>, большого — 300 см<sup>2</sup>. С его помощью поднимают автомобиль, прикладывая к малому

поршню силу 450 Н. Определите массу автомобиля. Каково давление масла внутри подъемника?

**19.13.** Малый поршень гидравлического пресса опустился на 18 см, а большой поднялся на 1 см. Какой выигрыш в силе дает такой пресс?

**19.14.** Гидравлическим подъемником подняли контейнер массой 300 кг на высоту 4 см. Малый поршень опустился на 24 см. Какую силу при этом к нему прикладывали?

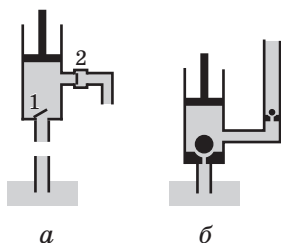
**19.15.** Малый поршень гидравлической машины опустился под действием силы 300 Н на 4 см, а большой поднялся на 1 см. Какая сила действовала на большой поршень?

**? 19.16.** От чего зависит высота, на которую могут поднять воду насосы, изображенные на рисунке? Смогут ли эти насосы поднять воду на высоту 20 м?

**? 19.17.** Объясните по рисунку, куда движется поршень насоса: вверх или вниз.

**? 19.18.** В каком из случаев *а*, *б* на рисунке поршень насоса движется вниз?

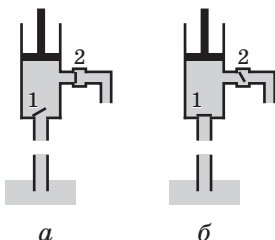
**? 19.19.** Объясните, как работает насос, изображенный на рисунке.



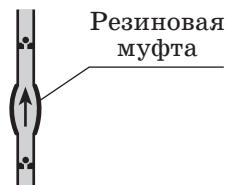
*К задаче 19.16*



*К задаче 19.17*



*К задаче 19.18*



*К задаче 19.19*

### 3-й уровень сложности

**? 19.20.** Какой из манометров более чувствительный: ртутный или водяной?

**? 19.21.** В ртутном манометре ртуть заменили водой. Увеличится или уменьшится цена деления? во сколько раз?

**19.22.** Площадь малого поршня гидравлического подъемника равна  $5 \text{ см}^2$ , один ход составляет  $10 \text{ см}$ . Сколько ходов малого поршня нужно сделать, чтобы поднять автомобиль массой  $2,1 \text{ т}$  на высоту  $1,5 \text{ м}$ , прикладывая силу  $300 \text{ Н}$  к малому поршню?

**19.23.** С помощью гидравлической машины, изображенной на рисунке, сжимают деталь. К первому малому поршню приложена сила  $100 \text{ Н}$ . С какой силой сжимается деталь, если площади малых поршней равны  $2 \text{ см}^2$ , а больших —  $18 \text{ см}^2$ ? Определите давления масла в первом и втором резервуарах.



## 20. ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ СИЛА. ЗАКОН АРХИМЕДА

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Какая выталкивающая сила действует на стальную деталь, полностью погруженную в воду? Масса детали равна  $156 \text{ кг}$ .

*Дано:*

$$m = 156 \text{ кг}$$

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

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

$$F_A = ?$$

*Решение*

На тело, погруженное в жидкость, действует архимедова сила, которая равна весу жидкости в объеме тела. Для определения этой силы нам нужно знать объем тела. Найдем его через массу детали и плотность стали:

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



Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Таким образом,  $F_A = 200 \text{ Н}$ .

Ответ:  $F_A = 200 \text{ Н}$ .

**Задача 2.** Алюминиевый кубик со стороной длиной 10 см подвесили к динамометру. Какими будут показания динамометра, если кубик находится в воздухе? в воде?

Дано:

$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

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

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

$$F_1 \text{ — ?}$$

$$F_2 \text{ — ?}$$

Решение

На тело, погруженное в воздух, действует настолько малая архимедова сила, что ею можно пренебречь. Поэтому показания динамометра в случае, когда кубик находится в воздухе, равны силе тяжести, действующей на кубик:

$$F_1 = mg = \rho_{\text{ал}} V g.$$

На тело, находящееся в жидкости, будет действовать заметная выталкивающая сила. Поэтому показания динамометра уменьшаются на значение этой силы:

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

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомых величин:

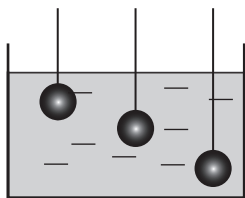
$$\{F_1\} = 2700 \cdot 0,1^3 \cdot 10 = 27, \quad \{F_2\} = 10 \cdot 0,1^3 \cdot (2700 - 1000) = 17.$$

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

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

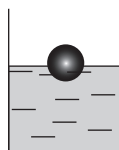
### 1-й уровень сложности

- ? 20.1. Какая сила «помогает» поднимать камень в воде?
- ? 20.2. В каком из случаев *а—в* на рисунке на тело действует бóльшая архимедова сила?
- ? 20.3. В воде плавает деревянный шарик. Какие силы действуют на шарик? Изобразите их на рисунке.



*а      б      в*

*К задаче 20.2*



*К задаче 20.3*

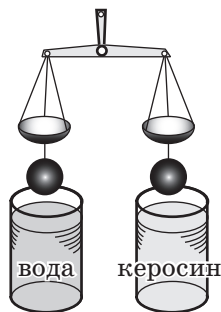
- 20.4. Чему равна архимедова сила, действующая на тело объемом  $25 \text{ см}^3$ , которое полностью погружено в керосин?

- 20.5. На тело, полностью погруженное в воду, действует архимедова сила  $12 \text{ Н}$ . Какой объем имеет тело?

### 2-й уровень сложности

- ? 20.6. Действительно ли тела «теряют вес» при погружении в жидкость?
- ? 20.7. Почему при пожаре на бензохранилище не следует использовать воду для тушения горящего бензина?
- ? 20.8. Будет ли изменяться архимедова сила, действующая на камешек в стакане с водой, при изменении атмосферного давления?
- ? 20.9. В стакане с водой лежит камешек. Изменится ли архимедова сила, действующая на него, если стакан с камешком поместить под колокол вакуумного насоса и откачать воздух?
- ? 20.10. Опустим тело в жидкость. Почему по мере дальнейшего погружения тела архимедова сила не изменяется?
- 20.11. Во сколько раз архимедова сила, действующая на тело, полностью погруженное в жидкость, в воде больше, чем в керосине?

- 20.12.** На тело, полностью погруженное в керосин, действует архимедова сила 8 Н. Какая архимедова сила будет действовать на это тело, если его погрузить в воду?
- 20.13.** На тело, полностью погруженное в керосин, действует архимедова сила 4 Н. Какую плотность имеет тело, если его масса равна 900 г?
- 20.14.** Какая выталкивающая сила действует на стеклянное тело массой 500 г, полностью погруженное в воду?
- 20.15.** Какое усилие нужно приложить, чтобы удерживать под водой бетонный блок размерами 20 см×30 см×40 см? На сколько это усилие нужно увеличить, чтобы достать блок из-под воды?
- 20.16.** К динамометру подвесили тело весом 4 Н и объемом 200 см<sup>3</sup>. Какими будут показания динамометра, если тело полностью погружается в воду?
- 20.17.** Что покажет динамометр, если тело, которое к нему подвешено, полностью погрузить в воду? Масса тела равна 200 г, объем — 50 см<sup>3</sup>.
- 20.18.** На сколько уменьшатся показания динамометра, если тело объемом 150 см<sup>3</sup>, подвешенное к его пружине, погрузить в воду? Тело полностью погружается в воду.
- 20.19.** Что покажет динамометр, если стальной цилиндр массой 312 г, подвешенный к нему, наполовину погрузить в воду?
- ? 20.20.** Металлическое тело, подвешенное к динамометру, взвешивают в воде. Как скажутся на показаниях динамометра пузырьки воздуха, оставшиеся на теле?
- ? 20.21.** На равноплечих весах уравновешены медное и алюминиевое тела. Нарушится ли равновесие, если тела погрузить в воду?
- ? 20.22.** На равноплечих весах уравновешены два одинаковых тела (см. рисунок). Нарушится ли равновесие, если тело, расположенное слева, погрузить в воду, а тело, расположенное справа, — в керосин?



### 3-й уровень сложности

- ? 20.23.** Действует ли архимедова сила в условиях невесомости?
- ? 20.24.** На планетах Солнечной системы тяготение иное, нежели на Земле. Останется ли там неизменной архимедова сила, действующая на тело, которое погружено в жидкость?
- 20.25.** Гранитная балка массой 1,3 т частично погружена в воду. В воде на нее действует архимедова сила 1 кН. Какая часть балки выступает над водой?
- 20.26.** Медный кубик с гранью длиной 10 см подвешен на нити и погружен в воду. Какая часть кубика выступает над водой, если сила натяжения нити равна 81 Н?
- 20.27.** Стальная деталь имеет полость. Каков объем полости, если при массе 390 г эта деталь в воде растягивает нить, на которой висит, с силой 3,35 Н?
- 20.28.** В воде брусок, подвешенный к динамометру, растягивает пружину с силой 14 Н, а в масле — 16 Н. Определите по этим данным массу и плотность бруска.
- 20.29.** Металлический грузик на динамометре последовательно погружают в стаканы с водой и неизвестной жидкостью. В воздухе грузик растягивает пружину динамометра с силой 11 Н, в воде — 10 Н, а в неизвестной жидкости — 9,5 Н. Какова плотность этой жидкости?
- 20.30.** Стальной кубик погружен в воду так, что его верхняя грань параллельна поверхности воды. Давление воды на верхнюю грань равно 1000 Па. Какое давление оказывает вода на нижнюю грань, если сила натяжения нити, с помощью которой кубик был погружен в воду, равна 68 Н?
- 20.31.** На стальном тросе, жесткость которого равна 4 МН/м, медленно поднимают со дна водоема затонувшую статую объемом 3 м<sup>3</sup> и массой 12 т. Найдите удлинение троса. Соппротивлением воды пренебречь.

## Задачи для любознательных

- ? 20.32.** На одной чашке весов стоит стакан с водой. Весы уравновешены. Изменится ли равновесие, если в стакан с водой опустить палец так, чтобы он не касался стенок и дна стакана?
- 20.33.** На чашке весов стоит стакан с водой. Весы уравновешены. На сколько увеличатся показания весов, если в стакан опустить на нити медную статуэтку массой 178 г так, чтобы она не касалась стенок и дна стакана? Статуэтка полностью погружена в воду.
- ? 20.34.** При взвешивании драгоценных камней с помощью золотых разновесов чувствительные весы дают погрешность, а при взвешивании золотых украшений — нет. Объясните почему.

## 21. ПЛАВАНИЕ ТЕЛ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** В речной воде плавает плоская льдина толщиной 20 см и площадью  $10 \text{ м}^2$ . На сколько льдина выступает над поверхностью воды? На сколько будет выступать, если на нее станет мальчик массой 50 кг?

*Дано:*

$$h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$S = 10 \text{ м}^2$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

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

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_1 \text{ — ?}$$

$$h_2 \text{ — ?}$$

*Решение*

Условие плавания льдины:

$$P = F_{\text{А1}},$$

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

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

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Над водой выступает слой льда толщиной  $h_1 = 2$  см.

Сравним вес льдины вместе с мальчиком и максимальную выталкивающую силу, действующую на льдину в случае ее полного погружения в воду:

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

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

$$P + mg < F_{\text{А max}}.$$

Как видим, льдина не погрузится полностью, если на нее станет мальчик.

Найдем высоту надводной части льда, когда на ней стоит мальчик:

$$P + mg = F_{\text{А2}},$$

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

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

Проверим единицы:

$$[h_2] = \left(1 - \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}\right) \cdot \text{м} + \frac{\text{кг}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2} = \text{м}.$$

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

Ответ:  $h_1 = 2$  см,  $h_2 = 1,5$  см.

**Задача 2.** Воздушный шар объемом  $500 \text{ м}^3$  наполнен горячим воздухом, плотность которого равна  $0,9 \text{ кг/м}^3$ . Масса оболочки с гондолой равна  $100 \text{ кг}$ . Определите грузоподъемность шара. Плотность холодного воздуха вне шара равна  $1,3 \text{ кг/м}^3$ .

Дано:

$$V = 500 \text{ м}^3$$

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$\rho_1 = 0,9 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$F$  — ?

Решение

В холодном воздухе на шар действует выталкивающая сила

$$F_A = \rho_2 g V.$$

Вес воздуха внутри шара, оболочки и gondoly вычисляем по формуле

$$P = \rho_1 g V + mg.$$

Разность этих двух сил является грузоподъемностью шара

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

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

Ответ:  $F = 1 \text{ кН}$ .

### 1-й уровень сложности

**?** 21.1. Может ли плавать в воде сплошная пластмассовая игрушка, плотность которой равна  $900 \text{ кг/м}^3$ ? Может ли игрушка плавать в керосине?

**?** 21.2. В какой жидкости может плавать железная гантель?

**21.3.** В воду погружают тело массой  $180 \text{ г}$  и объемом  $200 \text{ см}^3$ . Будет ли это тело плавать? Будет ли оно плавать в керосине?

**21.4.** Тело массой  $400 \text{ г}$  при погружении в воду вытесняет  $350 \text{ см}^3$  воды. Определите, плавает это тело или нет.

**21.5.** Тело объемом  $500 \text{ см}^3$  при плавании в воде вытесняет  $350 \text{ см}^3$  воды. Чему равна плотность тела? Будет ли это тело плавать в машинном масле?

**21.6.** Какой максимальный груз можно поместить на надувной плот, если собственный вес плота равен  $300 \text{ Н}$ , а объем  $5 \text{ м}^3$ ?

**21.7.** Воздушный шарик массой 100 г натягивает нить, на которой удерживается, с силой 1 Н. Определите архимедову силу, действующую на шарик.

**21.8.** На воздушный шар грузоподъемностью 800 Н действует архимедова сила 1400 Н. Какова масса gondoli, оболочки шара и горячего воздуха внутри шара?

## 2-й уровень сложности

**? 21.9.** Как известно, в воде железный обух топора тонет. Вместе с тем суда не только не тонут, но и могут перевозить грузы. В чем разница между обухом топора и корпусом судна?

**? 21.10.** Как будет вести себя стальная кастрюля, плавающая на поверхности воды, если ее полностью погрузить в жидкость? Как эта кастрюля будет вести себя в ртути?

**? 21.11.** Деревянную копию корабля опустили в аквариум. Как изменится уровень воды в аквариуме, если деревянную копию заменить сплошной металлической того же масштаба?

**? 21.12.** Судно переходит из моря в реку, не заходя в порт. Изменится ли выталкивающая сила, действующая на судно? осадка судна?

**? 21.13.** Деревянный шарик опустили сначала в ведро с водой, а затем — с машинным маслом. Одинаковая ли выталкивающая сила действует на шарик в воде и масле? Одинаков ли вес шарика в этих жидкостях?

**21.14.** Сосновая доска толщиной 8 см плавает в воде. На сколько она выступает над водой?

**21.15.** Какова толщина льдины, выступающей на 4 см над водой?

**21.16.** Воздушный шар общей массой 600 кг и объемом  $800 \text{ м}^3$  поднялся на определенную высоту. Какова плотность воздуха на этой высоте?

**21.17.** Воздушный шар объемом  $1200 \text{ м}^3$  поднялся на высоту, где плотность воздуха равна  $0,75 \text{ кг/м}^3$ . Какова общая масса шара?



### 3-й уровень сложности

**? 21.18.** В большую кастрюлю с водой опустили маленькую, которая там плавает. Изменится ли уровень воды в большой кастрюле, если полностью погрузить в воду маленькую? Изменится ли вес большой кастрюли со всем ее содержимым?

**? 21.19.** В технике для измерения плотности жидкости используют специальные приборы — ареометры (см. рисунок). Объясните принцип их действия. Почему на точность измерения влияет температура жидкости?

**21.20.** Полый медный шар диаметром 25 см плавает на поверхности воды, погрузившись наполовину. Какова толщина стенок шара?

**21.21.** Сколько туристов сможет переправить-ся через озеро на плоту, сделанном из 20 сосновых бревен длиной 4 м и толщиной 20 см? Считайте, что масса каждого туриста равна 70 кг.

**21.22.** Для подъема затонувших судов используют металлические понтоны. Понтоны погружают в воду, привязывают крепкими тросами к затонувшему судну и с помощью компрессора накачивают воздухом. Понтоны всплывают и поднимают судно. Какой может быть максимальная масса стального корпуса судна, если для его подъема используют 24 понтона? Масса каждого понтона с воздухом равна 100 кг, объем —  $2 \text{ м}^3$ .

**21.23.** Баржу водоизмещением 20 000 т завели в порт и сняли груз массой 500 т. Как изменилась осадка баржи? Площадь сечения баржи на уровне ватерлинии равна  $10^3 \text{ м}^2$ .

**21.24.** Судно переходит из реки в море. В речном порту вблизи устья на судно поместили груз массой



*К задаче  
21.19*

900 т. Каково водоизмещение судна, если при выходе в море его осадка не изменилась?

**21.25.** Воздушный шар объемом  $600 \text{ м}^3$  натягивает причальный трос. Если шар освободить от троса, он поднимается до высоты, где плотность воздуха равна половине плотности на уровне Земли. С какой силой шар натягивает трос?

**21.26.** Во сколько раз плотность теплого воздуха внутри воздушного шара должна быть меньше плотности окружающего воздуха, чтобы шар смог подняться? Объем шара равен  $500 \text{ м}^3$ , масса оболочки и груза — 150 кг.

### Задачи для любознательных

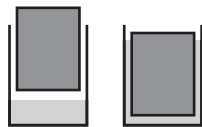
**21.27.** Воздушный шар, полностью наполненный водородом, поднялся на высоту 6 км. Водород в шаре заменили гелием. На какую высоту поднимется шар? Считайте, что изменение плотности воздуха по мере увеличения высоты происходит линейно. Массой оболочки и gondoly пренебречь.

**? 21.28.** С пенопластового плотика в бассейн прыгает мальчик. Как изменится уровень воды в бассейне? Как он изменится, если с плотика в бассейн бросить тяжелый камень?

**? 21.29.** При варке в воде яйца могут лопнуть в результате взаимодействия с горячим дном кастрюли. Почему в круто подсоленной воде яйца не лопаются?

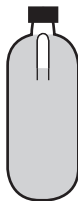
**? 21.30.** Готовя сахарный сироп для подкормки пчел, пасечник для контроля плотности сиропа использует сырую картофелину. Объясните, как он это делает.

**21.31.** Будет ли цилиндр массой 200 г и объемом  $400 \text{ см}^3$  плавать в цилиндрическом стакане, в который налито 100 г воды? Диаметр стакана немного больше диаметра цилиндра.



**? 21.32.** Считают, что Рене Декарт создал физическую игрушку «картезианский водолаз». Ее можно изготовить

самостоятельно, если пластиковую бутылку полностью заполнить водой и поместить в нее небольшую пробирку, частично заполненную водой, открытым концом вниз,— «водолаза» (см. рисунок). Нажав на стенки бутылки, можно заставить «водолаза» погружаться и выныривать. Объясните действие игрушки.



- 21.33.** В сосуд поверх ртути налили воду и в эту жидкость бросили стальной шарик. Как разместится шарик? Какая его часть погрузится в воду? Толщина слоев жидкостей больше диаметра шарика.

## 22. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. ЕДИНИЦЫ РАБОТЫ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Силой 25 Н была совершена работа 625 Дж по перемещению тела с постоянной скоростью. Какой путь прошло тело?

*Дано:*

$$F = 25 \text{ Н}$$

$$A = 625 \text{ Дж}$$

$$l = ?$$

*Решение*

Из определения механической работы постоянной силы  $A = Fl$  найдем пройденный телом путь

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $l = 25 \text{ м}$ .

*Ответ:*  $l = 25 \text{ м}$ .

**Задача 2.** Со дна озера поднимают бетонную балку размерами  $40 \text{ см} \times 50 \text{ см} \times 75 \text{ см}$ . Какую минимальную работу нужно при этом совершить, если глубина озера 12 м? Сопротивлением воды пренебречь.

Дано:

$$a = 40 \text{ см}$$

$$b = 50 \text{ см}$$

$$c = 75 \text{ см}$$

$$\rho_6 = 2000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 12 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$A = ?$

Решение

Определим силу, которую нужно приложить к балке, чтобы вытянуть ее из воды:

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

Для вычисления механической работы постоянной силы воспользуемся формулой

$$A = Fl = gabc(\rho_6 - \rho_в)h.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $A = 1500 \text{ Дж}$ .

Ответ:  $A = 1500 \text{ Дж}$ .

### 1-й уровень сложности

**? 22.1.** На тело действует сила, но тело под действием этой силы не движется. Совершает ли сила работу?

**? 22.2.** На столе лежит книга. Изобразите на рисунке действующие на нее силы. Совершают ли эти силы работу?

**? 22.3.** По поверхности парты с помощью горизонтальной пружины равномерно тянут брусок. Изобразите на рисунке силы, действующие на брусок. Какие из них совершают работу?

**? 22.4.** Если толкнуть шайбу по льду, то она, проскользив некоторое расстояние, под действием силы трения остановится. Совершает ли сила трения работу? Какая это сила трения?

**22.5.** По поверхности парты с помощью горизонтальной пружины равномерно тянут брусок, прикладывая силу 2 Н. Брусок переместился на расстояние 50 см. Какую работу совершила при этом сила упругости пружины?

**22.6.** Какую работу совершила сила 5000 Н, приложенная к тележке, если тележка под ее действием прошла путь 150 м?

## 2-й уровень сложности

- ? 22.7.** Может ли сила трения покоя совершить работу? Если может, то приведите примеры.
- 22.8.** Из шахты глубиной 600 м поднимают клеть с шахтерами. Масса клетки с людьми равна 1,5 т. Какую работу нужно при этом совершить?
- 22.9.** С высоты 20 м падает яблоко массой 200 г. Какую работу совершает при этом сила тяжести?
- 22.10.** Какую силу нужно приложить к телу, которое проходит путь 200 м, чтобы совершить работу 40 кДж?
- 22.11.** Тело падает с высоты 40 м. Сила тяжести при этом совершает работу 2 кДж. Какая сила тяжести действует на тело?
- 22.12.** Под действием силы 100 Н была совершена работа в 500 Дж по перемещению тела. На какое расстояние переместилось тело?
- 22.13.** Сила тяжести 12 Н, действующая на падающий камень, совершила работу 240 Дж. С какой высоты упал камень?

## 3-й уровень сложности

- ? 22.14.** Приведите примеры, когда тело движется, а работа не совершается.
- 22.15.** При накачивании шины поршень насоса за один ход совершает работу 80 Дж. Какое давление воздуха создает поршень, если его площадь равна 20 см<sup>2</sup>, а ход — 40 см?
- 22.16.** Большой поршень гидравлического пресса при сжатии заготовки на 2 см совершил работу 80 кДж. Каково давление масла внутри пресса, если площадь большого поршня равна 4000 см<sup>2</sup>?
- 22.17.** Чтобы поднять со дна озера мраморную колонну массой 3,78 т, была совершена работа 95,2 кДж. Определите глубину озера.
- 22.18.** Автомобиль тянут на буксире с постоянной скоростью, прикладывая силу 20 кН. Каждую минуту сила натяжения буксировочного троса совершает работу 10 МДж. С какой скоростью тянут автомобиль?

### Задачи для любознательных

- 22.19.** Пружина динамометра жесткостью 40 Н/м растянута силой 4 Н. Какая работа при этом была совершена?
- 22.20.** Пружина сжата силой 100 Н на 1 см. Какую работу нужно совершить, чтобы сжать пружину еще на 1 см?
- 22.21.** Из доски вытягивают гвоздь, прикладывая силу 40 Н. Какую работу при этом нужно совершить? Толщина доски равна 50 мм, длина гвоздя — 15 см.
- 22.22.** На дне озера глубиной 4 м вертикально стоит цилиндрическая мраморная колонна высотой 2 м и массой 1 т. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы поднять колонну на катер с высотой борта 2 м. Колонну все время поднимают вертикально.
- 22.23.** Длина плота равна 4 м, масса — 200 кг, коэффициент трения материала плота о берег — 0,4. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вытащить плот на берег?

## 23. МОЩНОСТЬ

### Пример решения задачи

**Задача.** Созданный в Украине тяжелый самолет Ан-124 «Руслан» является самым большим в мире самолетом, производимым серийно. Сила тяги каждого из четырех его двигателей равна 250 кН. Какую мощность развивают двигатели, когда самолет летит со скоростью 810 км/ч?

*Дано:*

$$n = 4$$

$$F = 250 \text{ кН}$$

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

$N$  — ?

*Решение*

За счет совершения двигателями механической работы  $A = nFl$  самолет пролетает некоторое расстояние, которое можно выразить через скорость и время полета:

$$l = vt.$$

Тогда для работы имеем  $A = nFvt$ .

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:  $[N] = H \cdot \frac{м}{с} = \frac{Дж}{с} = Вт.$

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $N = 225\,000\,000\,Вт = 225\,МВт.$

Ответ:  $N = 225\,МВт.$

### 1-й уровень сложности

- ?** 23.1. Первый раз мальчик поднялся на свой этаж по ступенькам, а второй — на лифте. Одинаковые ли работы при этом были совершены? Одинакова ли мощность мальчика и лифта?
- ?** 23.2. Первоклассник и одиннадцатиклассник наперегонки поднимаются по ступенькам на второй этаж школы и финишируют одновременно. Одинаковую ли работу совершили ученики? Одинаковую ли мощность развивали?
- 23.3.** Двигатель автомобиля за 2 ч совершил работу 720 кДж. Какую мощность развивала машина?
- 23.4.** Какую мощность развивает двигатель грузовика, если за 4 ч совершает работу 1440 МДж?

### 2-й уровень сложности

- ?** 23.5. Человек поднимает ведро с водой. Как нужно изменить мощность, которую он развивает, чтобы скорость, с которой поднимается ведро, была вдвое большей?
- ?** 23.6. На эскалаторе, движущемся вверх, один человек стоит, второй идет по ступенькам с постоянной скоростью. В каком случае эскалатор выполнил большую работу? Развил большую мощность?
- ?** 23.7. Когда двигатели самолета должны развивать бóльшую мощность — при взлете или полете с постоянной скоростью?
- 23.8.** За какое время грузовик совершит работу 250 МДж, если он развивает мощность 100 кВт?
- 23.9.** За какое время трактор с мощностью двигателя 75 кВт совершит работу 540 МДж?
- 23.10.** Тепловоз ТЭП-70, обслуживающий «Столичный экспресс» на участке Харьков—Полтава, при мак-

симальной скорости 160 км/ч развивает силу тяги 59 кН. Определите мощность тепловоза.

**23.11.** Скоростной поезд TGV (Франция) развивает скорость 575 км/ч. Какова мощность его двигателей, если сила сопротивления движения поезда при такой скорости равна 115,2 кН?

**23.12.** Какова мощность двигателя двухмоторного самолета, если во время полета со скоростью 540 км/ч сила сопротивления движения самолета равна 1,6 кН?

**23.13.** Автомобиль двигается по дороге со скоростью 180 км/ч. Определите силу сопротивления движения автомобиля, если мощность, которую развивает его двигатель, равна 75 кВт?

**23.14.** Двигатель трактора, который пашет поле со скоростью 7,2 км/ч, развивает мощность 100 кВт. Чему равна сила сопротивления движения трактора?

**23.15.** Двигатели судна развивают мощность 20 МВт. С какой скоростью идет судно, если сила сопротивления его движения в воде равна 200 кН?

**23.16.** Строитель за веревку поднимает ведро с бетонным раствором, прикладывая силу 250 Н. С какой скоростью он тянет веревку, если за 1 мин совершает работу 3 кДж?

### **3-й уровень сложности**

**? 23.17.** Судно идет с определенной скоростью. Капитан дает команду увеличить мощность двигателей в 2 раза. Увеличится ли вдвое скорость судна? Объясните почему.

**? 23.18.** Судно на подводных крыльях имеет двигатели такой же мощности, что и обычное судно, но двигается намного быстрее. Почему?

**23.19.** За минуту строитель поднимает и кладет на высоту 1,5 м сорок кирпичей массой 3,2 кг каждый. Какую среднюю мощность он развивает?

**23.20.** Из колодца глубиной 3,5 м каждую минуту насос подает 60 л воды в бак, расположенный на высоте 2,5 м. Какое минимальное давление создает насос? Какую мощность развивает?



**23.21.** Пожарный насос развивает мощность 10 кВт. На какую высоту насос может поднять 600 л воды за минуту? Какое давление при этом он обеспечивает?

**23.22.** Локомотив тянет товарный поезд массой 5000 т по горизонтальному участку железной дороги. Какую мощность развивает локомотив, если скорость его движения равна 54 км/ч? Коэффициент сопротивления движению равен 0,002.

**23.23.** Локомотив тянет поезд со скоростью 72 км/ч по горизонтальному участку железной дороги и развивает мощность 2 МВт. Определите массу этого поезда. Коэффициент сопротивления движению равен 0,0015.

### Задачи для любознательных

**23.24.** Для откачивания воды из подвала, имеющего форму куба с ребром длиной 4 м, используют насос с постоянной мощностью 1 кВт. За какое время насос откачает воду, если ее начальный уровень составляет 3 м?

**23.25.** Электродвигатель присоединен к вороту, на который наматывается цепь длиной 20 м и массой 400 кг. За какое время цепь наматывается на коловорот, если мощность электродвигателя постоянная и равна 800 Вт?

## 24. ЭНЕРГИЯ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** На отрезке дороги автомобиль разгоняется от 36 до 72 км/ч. Какую работу совершает сила, разгоняющая автомобиль? Масса автомобиля равна 1,5 т.

*Дано:*

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

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

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

$A = ?$

*Решение*

Работа силы, разгоняющей автомобиль, приводит к увеличению его кинетической энергии:

$$A = W_{k2} - W_{k1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2).$$

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

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

Ответ:  $A = 225 \text{ кДж}$ .

**Задача 2.** Из колодца достают ведро массой 12 кг, совершая работу 960 Дж. Определите глубину колодца.

Дано:

$$m = 12 \text{ кг}$$

$$A = 960 \text{ Дж}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h = ?$$

Решение

Чтобы поднять ведро, была совершена работа, придавшая ведру потенциальную энергию:  $A = mgh$ .

$$\text{Окончательно получим: } h = \frac{A}{mg}.$$

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $h = 8 \text{ м}$ .

Ответ:  $h = 8 \text{ м}$ .

**Задача 3.** С высоты 24 м падает металлический шар. На какой высоте кинетическая энергия шара станет в 2 раза больше потенциальной и какую скорость шар будет иметь в этот момент? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Дано:

$$h = 24 \text{ м}$$

$$W_{\text{кл}} = 2W_{\text{пл}}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_1 = ?$$

$$v_1 = ?$$

Решение

Во время падения шара выполняется закон сохранения и превращения механической энергии (по условию сопротивление воздуха отсутствует). Это означает, что сумма потенциальной и кинетической энергии во время всего падения не изменяется. В первый момент, когда шар

\* Поскольку формула кинетической энергии  $W = \frac{mv^2}{2}$ , то между единицами существует соотношение:  $\text{Дж} = \text{кг} \cdot (\text{м/с})^2$ .

еще не приобрел скорость, есть только потенциальная энергия. Исходя из этого получим  $W_{\text{п}} = W_{\text{к1}} + W_{\text{п1}}$ , или  $W_{\text{п}} = 3W_{\text{п1}}$ ,  $mgh = 3mgh_1$ .

Окончательно получим:  $h_1 = \frac{h}{3}$ .

Чтобы найти скорость, воспользуемся формулой для кинетической энергии  $W_{\text{к1}} = \frac{mv_1^2}{2}$ .

Тогда

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

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

Проверим единицы:

$$[h_1] = \text{м}, \quad [v_1] = \sqrt{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Определим числовое значение искомых величин:

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

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

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

### 1-й уровень сложности

- ? 24.1.** Как изменяется механическая энергия тела, если сила, приложенная к нему, совершает работу?
- ? 24.2.** Ящик на складе переставили с пола на полку стеллажа. Изменилась ли потенциальная энергия ящика?
- ? 24.3.** Мальчик поднял портфель с пола и поставил на парту. При этом была совершена работа 40 Дж. Как изменилась потенциальная энергия портфеля? на сколько?
- ? 24.4.** Потенциальная энергия воды в водохранилище 100 МДж. Какую работу может совершить вода?
- ? 24.5.** Бросая теннисный шарик, мальчик совершил работу 20 Дж. Какую кинетическую энергию приобрел шарик при броске?

- ? 24.6.** Автомобиль разгоняется на горизонтальном участке дороги. Совершается ли при этом механическая работа? Как изменяется энергия автомобиля?
- ? 24.7.** Кинетическая энергия футбольного мяча 100 Дж. Какую механическую работу он может совершить?
- ? 24.8.** Волейбольный мяч после удара взлетел вверх. Какие превращения энергии происходят во время полета?
- ? 24.9.** Теннисный шарик падает на стол и, отскочив, поднимается на начальную высоту. Какие превращения энергии при этом происходят?
- 24.10.** Потенциальная энергия человека, стоящего на стремянке на высоте 1,5 м, 900 Дж. Какова масса человека?
- 24.11.** Яблоко массой 300 г висит на ветке на высоте 2 м. Какова потенциальная энергия яблока? Какую работу может совершить яблоко?
- 24.12.** Какова кинетическая энергия стального шарика массой 100 г, движущегося со скоростью 25 м/с?
- 24.13.** Автомобиль массой 2 т разогнался до скорости 108 км/ч. Какую кинетическую энергию он приобрел? Какую работу совершила сила, разогнавшая автомобиль?
- 24.14.** Под действием силы 400 Н тело разогналось на горизонтальном участке длиной 400 м. Какую кинетическую энергию приобрело тело?
- 24.15.** Груша массой 200 г висит на ветке на высоте 2 м. Какова потенциальная энергия груши? Какую максимальную кинетическую энергию приобретет груша, когда начнет падать на землю? В какой момент это произойдет? Какой при этом будет потенциальная энергия груши?

## **2-й уровень сложности**

- ? 24.16.** Совершает ли работу сила притяжения над хоккейной шайбой, когда та скользит по льду?
- ? 24.17.** Спутник летит по круговой орбите с постоянной скоростью. Совершает ли работу сила притяжения Земли?

- ? 24.18.** Изменяется ли потенциальная энергия льдинки, соскальзывающей с ледяной горки? плывущей на поверхности воды в ручье?
- ? 24.19.** Как изменяется энергия автомобиля при разгоне? торможении? Совершает ли при этом работу сила притяжения? Рассмотрите случаи, когда автомобиль движется не только по горизонтальной дороге, но и по наклонному участку.
- ? 24.20.** Ракета взлетает с космодрома. Как изменяется потенциальная и кинетическая энергия ракеты? Сохраняется ли ее механическая энергия? Ответ объясните.
- ? 24.21.** С ледяной горки на санках съезжает мальчик. Санки выезжают на тротуар, посыпанный песком, и останавливаются. Какие превращения энергии при этом происходят?
- ? 24.22.** Камень брошен вверх со скоростью 20 м/с. С большей или меньшей скоростью камень упадет на землю? Рассмотрите случаи, когда сопротивления воздуха нет и когда есть.
- 24.23.** Автомобиль массой 1,5 т под действием постоянной силы разогнался на горизонтальном участке дороги длиной 200 м до скорости 72 км/ч. Определите силу, разгоняющую автомобиль.
- 24.24.** Под действием определенной силы камень массой 2 кг пролетел 10 м и приобрел скорость 10 м/с. Какова эта сила?
- 24.25.** Поднимая груз массой 70 кг, подъемник совершил работу 2,8 кДж. На какую высоту поднят груз? Как изменилась его потенциальная энергия?
- 24.26.** Эскалатор поднял человека массой 80 кг и совершил при этом работу 4,8 кДж. На какую высоту поднят человек? Как изменилась его потенциальная энергия?
- 24.27.** Тело свободно падает с высоты 40 м. На какой высоте потенциальная и кинетическая энергия тела сравниваются? Сопротивлением воздуха пренебрегите.
- 24.28.** Камень отпускают без начальной скорости с высоты 20 м. На какой высоте его кинетическая энер-

гия станет в 3 раза больше потенциальной? Сопротивлением воздуха пренебрегите.

### 3-й уровень сложности

- ? 24.29.** Воздушный шар взлетает. Какие изменения энергии шара при этом происходят? Происходит ли изменение механической энергии шара? За счет какой энергии совершается работа по подъему шара? Учитывайте сопротивление воздуха.
- ? 24.30.** Шарик, подвешенный на нити, колеблется. Какие изменения энергии при этом происходят? Совершает ли работу сила натяжения нити? сила тяжести?
- ? 24.31.** Характеризуя автомобили, обязательно отмечают затраты горючего на 100 км в двух случаях: при езде по городу и с постоянной скоростью по трассе. Почему в городе затраты горючего значительно выше?
- 24.32.** Мальчик поднимает сумку массой 5 кг на высоту 1,5 м. Какую работу он совершает, если приложенная к сумке сила равна 50 Н? 100 Н? Какие изменения энергии при этом происходят?
- 24.33.** Камень бросают вертикально вверх. Сравните кинетическую и потенциальную энергию камня на высоте, на которой его скорость уменьшилась на четверть.
- 24.34.** Из ружья вертикально вверх стреляют пулей, которая имеет скорость 200 м/с. На некоторой высоте скорость пули уменьшается до 50 м/с. Какая энергия пули на этой высоте больше — потенциальная или кинетическая? во сколько раз? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 24.35.** Из ружья стреляют вертикально вверх. Начальная скорость пули  $v$ . На какой высоте скорость пули уменьшится в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

### Задачи для любознательных

- 24.36.** На полу лежит элемент строительных лесов в виде трубы массой 20 кг и длиной 2 м. Какую минимальную работу нужно совершить строителю в ходе сооружения этих лесов, чтобы поставить трубу вертикально?

- 24.37.** С края стола свисает часть брючного ремня, имеющего массу 100 г и длину 40 см. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы втащить ремень на стол?
- 24.38.** Из колодца с глубины 8 м поднимают ведро с водой массой 12 кг. Какую минимальную работу при этом совершают, если масса цепи, на которой висит ведро, равна 6 кг?
- 24.39.** Строитель возводит кирпичную стену, высота которой должна составлять 24 кирпича, ширина — 40 кирпичей. Какую минимальную работу при этом совершит строитель, если кирпич имеет размеры 250 мм×120 мм×65 мм и массу 3,2 кг?
- 24.40.** Пружину жесткостью 200 Н/м растянули на 10 см. Какого вида энергию приобрела пружина? Определите ее.
- 24.41.** Пружинный пистолет с пружиной жесткостью 400 Н/м, которая сжата на 1 см, выбрасывает вертикально вверх шарик массой 50 г. На какую высоту подскочит шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

## 25. ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ. «ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО» МЕХАНИКИ. КПД ПРОСТЫХ МЕХАНИЗМОВ

### Примеры решения задач

**Задача 1.** С помощью рычага на высоту 25 см поднимают груз массой 100 кг, прикрепленный к короткому плечу длиной 80 см. Какую работу при этом совершает сила, действующая на длинное плечо рычага, имеющее длину 3 м 20 см? Есть ли в задаче лишние данные?

*Дано:*

$$m = 100 \text{ кг}$$

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

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

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$A = ?$

*Решение*

Согласно «золотому правилу» механики простые механизмы не дают выигрыша в работе. Поэтому работа, которую совершает сила, приложенная к рычагу, равна работе, которую совершает рычаг по подъему груза:

$$A = mgh.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомых величин:

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

Следовательно,  $A = 250$  Дж.

В задаче есть лишние данные — это длины плеч рычага.

*Ответ:*  $A = 250$  Дж, лишними являются значения длин плеч рычага.

**Задача 2.** С помощью подъемника, в состав которого входит подвижный блок массой 5 кг, поднимают груз массой 95 кг. Определите КПД подъемника. Трением пренебечь.

<i>Дано:</i>	<i>Решение</i>
$m_r = 95 \text{ кг}$	Согласно определению КПД
$m_6 = 5 \text{ кг}$	
$\eta$ — ?	
	$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100 \%$

Полезная работа — это работа по подъему груза массой 95 кг на необходимую высоту:

$$A_{\text{пол}} = m_r gh.$$

Затраченная работа — это работа по подъему груза вместе с рычагом:

$$A_{\text{затр}} = (m_v + m_6) gh.$$

Окончательно получим:

$$\eta = \frac{m_r gh}{(m_r + m_6) gh} \cdot 100 \% = \frac{m_r}{m_r + m_6} \cdot 100 \%.$$

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $\eta = 95 \%$ .

*Ответ:*  $\eta = 95 \%$ .



**Задача 3.** По доскам в кузов автомобиля поднимают ящик массой 120 кг, прикладывая к нему вдоль досок силу 800 Н. Вычислите КПД наклонной плоскости, если длина досок равна 2 м, а высота кузова — 1 м.

Дано:

$$m = 120 \text{ кг}$$

$$F = 800 \text{ Н}$$

$$l = 2 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$\eta = ?$$

Решение

Согласно определению КПД

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100 \%.$$

Полезная работа — это работа по подъему ящика на необходимую высоту:

$$A_{\text{пол}} = mgh.$$

Затраченная работа — это работа силы, приложенной к ящику вдоль досок:

$$A_{\text{затр}} = Fl.$$

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $\eta = 75 \%$ .

Ответ:  $\eta = 75 \%$ .

### 1-й уровень сложности

- ?** **25.1.** С помощью рычага получили выигрыш в силе в 4 раза. В чем при этом проиграли?
- ?** **25.2.** Неподвижный блок не дает выигрыша в силе. А будет ли он давать выигрыш в работе?
- ?** **25.3.** Подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза. А будет ли он давать выигрыш в работе?

**25.4.** На длинном плече рычага была совершена работа 2000 Дж, а на коротком — 1800 Дж. Определите КПД рычага.

**25.5.** С помощью неподвижного блока маляр поднял ведро с краской. Вычислите КПД блока, если маляр совершил работу 3000 Дж, а ведро приобрело потенциальную энергию 2700 Дж.

**25.6.** Вычислите КПД наклонной плоскости, если для увеличения потенциальной энергии ящика на 700 Дж потребовалось совершить работу по его за-  
таскиванию по наклонной плоскости в 1000 Дж.

## 2-й уровень сложности

**25.7.** С помощью невесомого рычага поднимают груз массой 150 кг. На какую высоту поднят груз, если на длинное плечо рычага действовала вертикальная сила 450 Н, а точка ее приложения переместилась на 80 см? Трение отсутствует.

**25.8.** С помощью системы невесомых блоков, прикладывая силу 200 Н, груз массой 80 кг подняли на высоту 2 м. На сколько переместилась точка приложения силы? Трение отсутствует.

**25.9.** По наклонной плоскости поднимают груз массой 54 кг. Какую наименьшую силу нужно приложить к грузу, если длина наклонной плоскости равна 1,2 м, а высота — 40 см? Трение отсутствует.

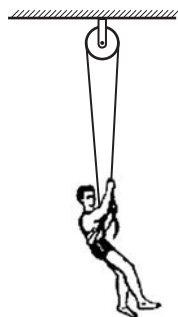
**25.10.** Рычаг имеет плечи, длины которых отличаются в 4 раза. Для подъема груза массой 90 кг к длинному плечу прикладывают вертикальную силу 250 Н. Определите КПД рычага.

**25.11.** С помощью неподвижного блока мальчик массой 50 кг может поднимать груз максимальным весом 400 Н. Определите КПД блока.

**25.12.** По наклонной плоскости тележку массой 120 кг, прикладывая силу 500 Н, подняли на высоту 1,5 м. Определите КПД наклонной плоскости. Длина плоскости 4,8 м.

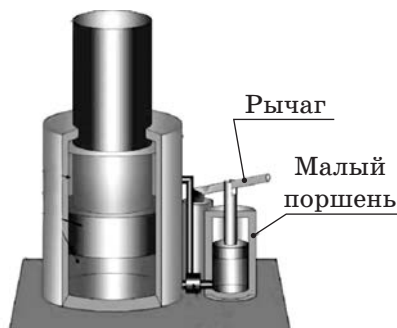
### 3-й уровень сложности

**? 25.13.** Выигрыш в силе при использовании неподвижного блока. Докажите, что мальчик, который поднимается с помощью неподвижного блока (см. рисунок), к свободному концу каната прикладывает силу в 2 раза меньшую, чем собственный вес.



К задаче 25.13

**25.14.** С помощью гидравлического домкрата (см. рисунок) на высоту 20 см поднимают грузовик массой 4 т. Конец рычага, которым нажимают на малый поршень домкрата, за один ход проходит 50 см. Какую вертикальную силу нужно прикладывать к концу рычага, чтобы за 40 ходов малого поршня совершить работу по подъему грузовика?



К задаче 25.14

**25.15.** Контейнер массой 225 кг подняли на 20 см с помощью рычага. Какую вертикальную силу пришлось прикладывать к длинному плечу рычага, если его КПД составляет 90 %, а отношение длин плеч 1 : 5?

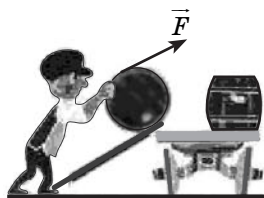
**25.16.** При погрузке стального сейфа массой 450 кг в кузов автомобиля с помощью подвижного блока КПД составлял 90 %. С какой силой рабочие тянули свободный конец веревки?

**25.17.** По наклонной плоскости поднимают тележку массой 50 кг. Какую силу нужно прикладывать в направлении движения тележки, если длина наклонной плоскости равна 3,2 м, высота — 1,2 м, КПД составляет 75 % ?

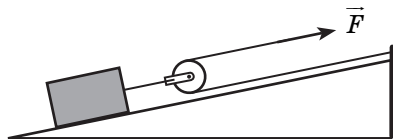
- 25.18.** Ремонтник с помощью подъемника поднимает автомобиль на 2 м и совершает при этом работу 25 кДж. КПД подъемника 80 %. Определите массу автомобиля.
- 25.19.** По наклонной плоскости поднимают ящик массой 75 кг, прикладывая силу 150 Н. КПД плоскости 80 %, а длина — 2,5 м. На какую высоту поднимают ящик? Какая сила трения при этом на него действует?
- 25.20.** Гидравлический пресс развивает усилие 240 кН, если на малый поршень действует сила 12 кН. Определите КПД прессы. Диаметры малого и большого поршней равны соответственно 4 см и 20 см.

### Задачи для любознательных

- 25.21.** Стальную трубу длиной 3 м и массой 40 кг используют как рычаг с отношением плеч 1 : 2. Вычислите КПД рычага при подъеме груза массой 100 кг. Проанализируйте полученный результат.
- 25.22.** КПД неподвижного блока 80 %. С помощью этого блока мальчик может поднимать груз с максимальным весом 400 Н. Каким может быть максимальный вес груза, который с помощью блока мальчик может опускать?
- 25.23.** По доске в тележку вкатывают бочку (см. рисунок), прикладывая к ободу силу  $F$ , равную 300 Н. Определите массу бочки, если длина доски равна 2 м, а высота тележки — 80 см.
- 25.24.** По наклонной плоскости с помощью подвижного блока (см. рисунок) поднимают ящик массой 80 кг.



К задаче 25.23



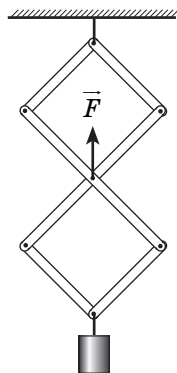
К задаче 25.24

Какую силу  $F$  при этом нужно приложить к веревке, если сила трения, действующая на ящик, составляет  $\frac{1}{8}$  от его веса? Длина наклонной плоскости равна 5 м, а высота — 1 м?

- 25.25.** В слесарных тисках зажимают металлическую деталь (см. рисунок). Какая сила давления действует на деталь, если к ручке тисков при зажимании детали прикладывают усилие 300 Н? Ручка имеет длину 40 см, перемещение подвижной части тисков при одном повороте ручки равно 5 мм.



- 25.26.** Какую минимальную силу  $F$  нужно приложить к середине конструкции из шарнирно соединенных жестких стержней (см. рисунок), чтобы поднять груз, вес которого равен 200 Н? Учтите, что стержни невесомые, трение отсутствует.



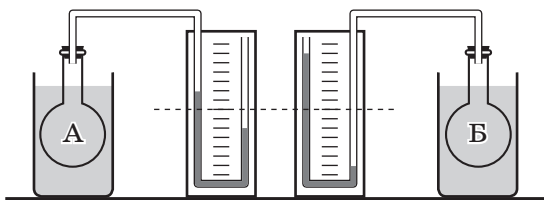
## 26. ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛ. ТЕМПЕРАТУРА И ЕЕ ИЗМЕРЕНИЕ

### 1-й уровень сложности

- ?** **26.1.** В ведро с холодной водой бросили кирпич, который перед этим некоторое время находился в костре. Что будет происходить с температурами кирпича и воды?
- ?** **26.2.** Измеряя температуру тела, пациент должен держать термометр в течение 3–5 мин. Для чего нужно это время?

**? 26.3.** В горячую воду погрузили вертикальную пробирку, в которой под каплей ртути находится столбик воздуха. Как будет вести себя капля ртути?

**? 26.4.** Начальный уровень подкрашенной воды в манометрах А и Б был одинаков (до погружения колб в воду). В каком из сосудов 1 и 2 температура воды больше? Почему? Сравните температуру в сосудах с температурой воздуха в комнате.



### 2-й уровень сложности

**? 26.5.** Для чего медицинские термометры перед измерением температуры тела нужно встряхивать?

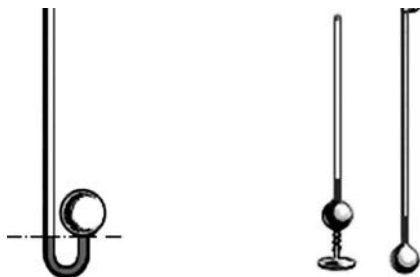
**26.6.** На день рождения мальчику подарили аквариум. Для нормальной жизнедеятельности его питомцев нужно поддерживать температуру  $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Может ли сохраняться такая температура, если аквариум не подогревать? Определите температуру воздуха в комнате, если она отличается от температуры воды в аквариуме на  $7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**26.7.** Утром мальчик измерил температуру своего тела, и выяснилось, что она равна  $37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На сколько эта температура должна уменьшиться, чтобы врач позволил мальчику идти в школу?

### 3-й уровень сложности

**? 26.8.** Первый воздушный термоскоп, в 1592 г. созданный Галилео Галилеем, состоял из стеклянного шара и открытой в атмосферу трубки (см. рисунок, с. 118). По мере нагревания воздуха в шаре высота столбика воды в трубке изменяется. Почему термоскоп Галилея невозможно проградуировать?

- ? 26.9.** В XVII в. Торричелли создал жидкостный термоскоп, в трубку которого был налит спирт (см. рисунок). Действие прибора основывалось на расширении спирта при нагревании. В отличие от термоскопа Галилея термоскоп Торричелли можно проградуировать. Почему?



*К задаче 26.8*

*К задаче 26.9*

- 26.10.** Градуируя спиртовой термометр, расстояние между точками плавления льда и кипения воды разделили на 25 равных частей. Определите цену деления этого термометра.
- 26.11.** Цена деления ртутного термометра равна  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а расстояние между ближайшими метками на шкале — 1 мм. На сколько изменится высота столбика ртути в термометре, если температура повысится на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- ? 26.12.** Мог бы работать обычный жидкостный термометр, если бы коэффициенты теплового расширения стекла и жидкости совпадали?
- ? 26.13.** Как бы вел себя столбик жидкости в термометре, если бы коэффициент теплового расширения стеклянной трубки был больше, чем жидкости?
- ? 26.14.** Двумя одинаковыми термометрами измеряют температуру воды из-под крана: первым прикоснулись к капле воды, а второй поместили в стакан с водой. В каком случае показания термометра будут более близки к действительной температуре воды?
- ? 26.15.** Как обычным термометром по возможности более точно измерить температуру небольшого жука?

## **Задача для любознательных**

- ? 26.16.** Медицинские термометры имеют шкалу до 42 °С. Как измеряют температуру заболевшим жителям тропических стран? Ведь там температура воздуха выше 42 °С и столбики термометра полностью заполнены ртутью еще до использования.

## **27. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ. ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ**

### **1-й уровень сложности**

- ? 27.1.** Как изменится внутренняя энергия кирпича, если его погрузить в горячую воду? поднять с первого этажа на второй?
- ? 27.2.** В стакан с горячей водой погрузили металлический шарик. Изменится ли кинетическая энергия молекул шарика? потенциальная? Если изменится, то как?
- ? 27.3.** Ладони можно нагреть, прижимая их к какому-нибудь нагретому телу, например к стенке печи. Также ладони можно потереть друг об друга. Чем отличаются эти способы нагревания?
- ? 27.4.** Когда стальной нож затачивают на точильном круге, он сильно нагревается. А как еще можно повысить температуру ножа?
- ? 27.5.** Если налить кипятка в металлическую кружку, то она довольно быстро станет горячей. Каким образом тепло от кипятка переходит к стенкам кружки?
- ? 27.6.** Почему радиаторы обогревателей изготавливают не из пластика, а из металла?
- ? 27.7.** Для чего трубы тепловых сетей обматывают минеральной ватой?
- ? 27.8.** Почему для кипячения воды в кастрюле мы нагреваем дно кастрюли, а не ее крышку?
- ? 27.9.** В электрическом чайнике спираль расположена на дне. Почему не на боковой стенке или под крышкой?



**? 27.10.** Солнце — звезда, дающая землянам тепло для жизни. Как Солнце «передает» тепло на Землю?

**? 27.11.** Почему для правильного измерения температуры воздуха, особенно летом, термометр надо размещать в тени?

## 2-й уровень сложности

**? 27.12.** Со стола взяли два стальных шарика — большой и маленький — и погрузили в кастрюлю с кипящей водой. Как изменится внутренняя энергия шариков? На одинаковое ли значение она изменится?

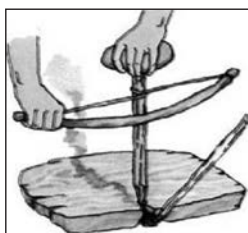
**? 27.13.** Когда повышается температура воздуха, столбик термометра тоже поднимается. За счет чего возрастает его потенциальная энергия?

**? 27.14.** На чем основывается способ получения огня, проиллюстрированный на рисунке?

**? 27.15.** Почему бойцы, десантирующиеся из вертолетов на канатах (см. рисунок), обязательно надевают перчатки?

**? 27.16.** Почему нагревается металлический провод, если его несколько раз согнуть и разогнуть?

**? 27.17.** Какие превращения энергии приводят к тому, что пробка вылетает из пробирки (см. рисунок)?



*К задаче 27.14*



*К задаче 27.15*



*К задаче 27.17*

**? 27.18.** Можно ли сделать так, чтобы внутренняя энергия тела, над которым совершают работу, осталась неизменной? Если можно, то каким образом?

**? 27.19.** Чтобы пицца в кастрюле дольше оставалась теплой, кастрюлю часто укутывают теплым одеялом. Можно ли с помощью теплого одеяла «сохранять» холод?

**? 27.20.** Зачем садовники осенью засыпают кусты роз старой листвой?

**? 27.21.** На рисунке изображен воробей зимой и летом. Определите, какой поре года соответствуют случаи *а* и *б*?



*а*

*б*

**? 27.22.** В чайниках с большим слоем накипи на стенках вода закипает значительно дольше. Почему?

**? 27.23.** Легко одетый человек может находиться на холодном воздухе довольно долго, а в холодной воде — быстро замерзает. Почему?

**? 27.24.** Почему в безветренную погоду дым от костра поднимается вертикально вверх?

**? 27.25.** Почему радиаторы отопления целесообразно располагать под окнами, а не над ними или на стенах, где совсем нет окон?

**? 27.26.** В каком случае вода в ведре быстрее остынет: если бросить в него кусок льда или поставить ведро на лед?

**? 27.27.** Зачем в корпусах компьютеров делают отверстия и ставят вентиляторы?

**? 27.28.** На дачных участках жители довольно часто строят летние души — бак с водой, расположенный на высоте 2 м, и трубка с душевой насадкой. За счет чего подогревается вода в баке? Как сделать процесс подогрева воды наиболее эффективным?

**? 27.29.** Даже в морозную погоду снег тает под солнечными лучами. Какой снег будет таять быстрее: чистый (за городом) или грязный (в городе)? Почему?

**? 27.30.** Газгольдеры — резервуары для хранения отопительного газа — красят в серебристый цвет. Почему?

**? 27.31.** Какие виды теплообмена сведены к минимуму в современных оконных системах?

**? 27.32.** Зачем в термосах откачивают воздух, находящийся между стенками колбы, а ее внутреннюю поверхность покрывают слоем полированного металла?

**? 27.33.** В последнее время приобрела популярность так называемая «термосумка» (см. рисунок). Внутри она покрыта похожим на металлическую фольгу материалом, между «фольгой» и внешней тканью вложен вспененный полиуретан, а сверху сумка плотно накрыта крышкой. Какие виды теплообмена в таких сумках сведены к минимуму?



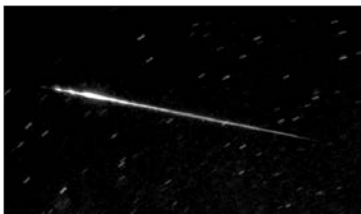
### 3-й уровень сложности

**? 27.34.** В горах даже летом могут быть очень холодные ночи. Почему в такую ночь туристам, одетым в легкую летнюю одежду, следует не спать, а двигаться?

**? 27.35.** Стальной шарик падает с некоторой высоты на стальную плиту и подскакивает до начальной высоты. Как изменяется его внутренняя энергия? А как изменяется внутренняя энергия шарика, если он падает на песок?

**? 27.36.** Разогрев в печи железную болванку, кузнец кладет ее на холодную наковальню и частыми и сильными ударами кует. Почему температура болванки не уменьшается, а даже увеличивается?

**? 27.37.** Небольшие метеорные тела (см. рисунок) полностью сгорают в атмосфере на высотах до 80 км. Чем вызвано такое значительное нагревание?



- ? 27.38.** На рисунке изображен кратер диаметром 1200 м и глубиной 180 м, возникший в Аризоне 50 тыс. лет назад от удара метеорита массой более 300 тыс. тонн. Исследования не выявили значительного количества метеоритного вещества. Куда оно делось и за счет какой энергии образовался кратер?

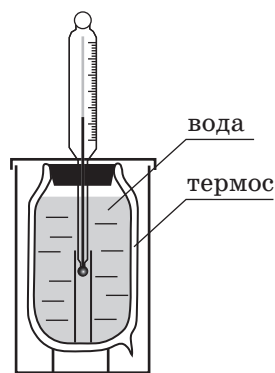


- ? 27.39.** Ванна с водой комнатной температуры имеет значительно бóльшую внутреннюю энергию, чем чайная ложка, помещенная в чашку с горячим чаем. В каком направлении будет происходить теплообмен, если ложку погрузить в ванную?
- ? 27.40.** Дом, стены которого изготовлены из смеси глины и соломы, значительно лучше «держит» тепло, чем дом из кирпича или бетона, при условии одинаковой толщины стен. Почему?
- ? 27.41.** Швейная нить в пламени свечи быстро перегорает. Если несколько раз намотать нить на металлический цилиндр и поместить его над пламенем свечи, нить не будет перегорать. Почему?
- ? 27.42.** Если в 30-градусный мороз невзначай притронуться к металлу и дереву языком, то к металлу язык примерзнет, а к дереву — нет. А что будет, если притронуться языком к металлу и дереву в 50-градусную жару?
- ? 27.43.** В стаканчике из тонкой бумаги можно закипятить воду на газовой горелке. Почему бумага не сгорает в пламени горелки?
- ? 27.44.** В сильные морозы на внутренних поверхностях окон появляется роса, а иногда и изморозь. На какой части окна она появляется — верхней или нижней? Объясните почему.
- ? 27.45.** Как быстрее охладить кофе в чашке: сразу налить холодное молоко или подождать 5 мин, а затем налить?

- ? 27.46.** В состоянии невесомости невозможно вскипятить воду без принудительного постоянного перемешивания. Почему?
- ? 27.47.** Почему тяга в кирпичной трубе лучше, чем в металлической трубе такой же высоты?
- ? 27.48.** В парниках, даже если их не отапливать, тепло и в прохладную погоду. Почему?
- ? 27.49.** Зимой в тепловой сети произошла авария, и многоэтажный дом на несколько дней остался без отопления. Кто из жителей будет больше страдать от холода: чьи окна выходят на юг или на север, и почему?
- ? 27.50.** Воздух прозрачен, он не поглощает солнечные лучи, поэтому не может нагреваться непосредственно ими. Почему же летним знойным днем воздух достаточно горячий?

### Задачи для любознательных

- ? 27.51.** В сильный мороз в естественных водохранилищах у дна размещается слой теплой воды при температуре около  $+4^{\circ}\text{C}$ . Не противоречит ли это известному факту, что холодная вода опускается вниз, а теплая поднимается вверх?
- ? 27.52.** На высоте 10 км даже над Африкой температура воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ . Почему над тропиками такая низкая температура?
- ? 27.53.** На рисунке изображена конструкция инерционного термометра, используемого на метеорологических станциях или садовых участках. Он показывает среднюю температуру за несколько суток. Как он работает?



## 28. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ, ИДУЩЕЕ НА НАГРЕВАНИЕ ТЕЛА ИЛИ ВЫДЕЛЯЮЩЕЕСЯ ПРИ ЕГО ОХЛАЖДЕНИИ. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ

### Пример решения задачи

**Задача.** В медном чайнике массой 200 г находится 0,55 л воды при температуре 10 °С. В результате теплообмена чайнику было передано 23,86 кДж теплоты. До какой температуры нагрелась вода?

*Дано:*

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

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

$$t_1 = 10 \text{ °С}$$

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

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

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

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

$$t_2 \text{ — ?}$$

*Решение*

В результате теплообмена между чайником и водой начальная температура чайника такая же, как и воды. Переданное чайнику количество теплоты изменяет температуру воды и чайника одинаково:

$$Q = Q_{\text{м}} + Q_{\text{в}},$$

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

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

Отсюда

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

Окончательно получим:

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

Проверим единицы:

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

Определим числовое значение искомой величины:

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

Следовательно,  $t_2 = 20 \text{ °С}$ .

*Ответ:*  $t_2 = 20 \text{ °С}$ .

### 1-й уровень сложности

- ? 28.1. В два сосуда налили воду до одного уровня (см. рисунок). Потом воду нагрели на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой из сосудов получил большее количество теплоты?



- ? 28.2. Какое количество теплоты нужно, чтобы  $1\text{ кг}$  железа нагреть на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

- ? 28.3. Какое количество теплоты нужно, чтобы  $2\text{ кг}$  алюминия нагреть на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

- ? 28.4. Удельная теплоемкость воды равна  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ . Что это означает?

- ? 28.5. Удельная теплоемкость меди равна  $400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ . Что это означает?

- ? 28.6. Медную, стальную и алюминиевую детали одинаковой массы охладили на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая из деталей отдала большее количество теплоты? Внутренняя энергия какой детали изменилась меньше всего?

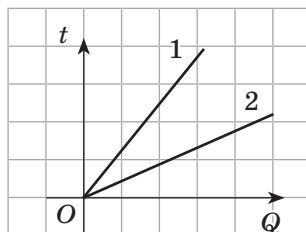
### 2-й уровень сложности

- ? 28.7. Какая система отопления более эффективна: паровая (как теплоноситель используется горячий пар) или водяная (теплоноситель — горячая вода)?

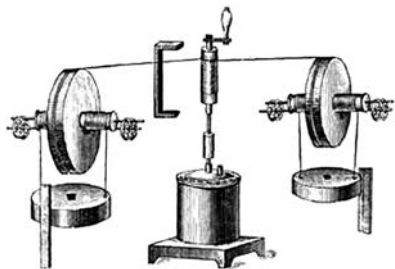
- ? 28.8. Где более мягкий климат: в Харькове или во французском порту Гавр? Оба города расположены приблизительно на одной широте.

- ? 28.9. В стальную кружку массой  $300\text{ г}$  налили  $300\text{ г}$  воды и поставили нагреваться на плиту. На что пойдет большее количество теплоты: на нагревание кружки или воды?

- ? 28.10. На рисунке изображены графики зависимости температуры от полученного количества теплоты для двух металлических брусков одинаковой массы. У какого из металлов удельная теплоемкость больше? Ответ объясните.



- 28.11.** Сколько потребуется тепла, чтобы свинцовый брусок массой 35 кг нагреть на  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.12.** Какое количество теплоты отдаст деревянная лавка массой 15 кг, нагретая солнечными лучами днем, если ночью остынет на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.13.** Медную заклепку массой 50 г нужно нагреть от  $20$  до  $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько тепла для этого потребуется?
- 28.14.** Стальная деталь массой 5,5 кг остыла от  $257$  до  $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты отдала деталь?
- 28.15.** Металлическому цилиндру массой 250 г передали 46 кДж тепла, и он нагрелся от  $25$  до  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Из какого металла изготовлен цилиндр?
- 28.16.** На нагревание кирпича массой 3,2 кг на  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  затрачено столько же тепла, сколько требуется для нагревания 0,88 л воды на  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость кирпича.
- 28.17.** В алюминиевой кастрюле массой 500 г подогревают 3,5 л воды от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько тепла для этого потребуется?
- 28.18.** В стальной ванне массой 40 кг, наполненной 200 л машинного масла с температурой  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нагревают медные детали массой 85 кг. Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы довести температуру ванны до  $167\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.19.** На сколько градусов поднимется температура стальной детали массой 8,4 кг, если передать ей такое же количество теплоты, которое необходимо для нагревания 900 г воды на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.20.** В калориметре находится 1 л воды (см. рисунок), за счет энергии опускающихся разновесов вращаются лопасти винта. Вследствие сопротивления вода нагревается. На сколько нагрелась вода, когда





каждый разновес опустился на 10 м? Масса каждого из разновесов 8,4 кг. Считайте, что вся механическая энергия разновесов перешла во внутреннюю энергию воды.

**28.21.** Двигатель мощностью 25 Вт в течение 7 мин заставляет вращаться лопасти винта внутри заполненного водой калориметра. За счет сопротивления вода нагревается на  $1^\circ\text{C}$ . Сколько воды находится в калориметре?

**28.22.** С высоты 14 м на песок падает свинцовый шар. На сколько градусов нагреется шар, если 50 % его потенциальной энергии перейдет во внутреннюю?

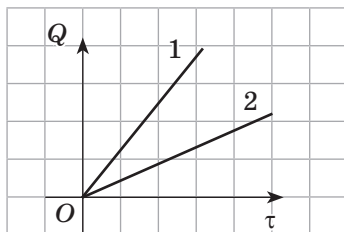
**28.23.** На сколько градусов нагревается вода в водопаде, падающем с высоты 70 м? Считайте, что 60 % механической энергии воды переходит во внутреннюю.

### 3-й уровень сложности

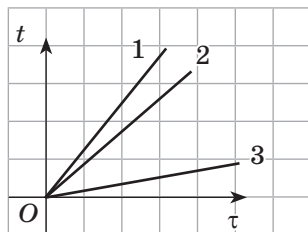
**? 28.24.** Какие изменения произошли бы на Земле, если бы удельная теплоемкость воды была в 10 раз меньше?

**? 28.25.** На плиту поставили алюминиевую кастрюлю с водой. Массы кастрюли и воды одинаковы. Какой из изображенных на рисунке графиков зависимости полученного количества теплоты от времени соответствует кастрюле, а какой — воде?

**? 28.26.** На плиту поместили калориметр с водой, медный и стальной бруски. Массы воды, меди и стали являются одинаковыми. Какой график зависимости температуры тел от времени соответствует воде, какой — меди, а какой — стали? Объясните почему. Потери тепла в окружающую среду не учитывайте.



К задаче 28.25



К задаче 28.26

- ? 28.27.** Почему невозможно довести до кипения чайник, полный воды, подогревая его пламенем свечи?
- 28.28.** Летом на дачном участке построили бассейн длиной 4 м, шириной 2 м и глубиной 1,5 м. Утром полностью наполнили бассейн водой из колодца, температура которой  $14^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты получила вода в бассейне от горячего воздуха и с солнечными лучами, если вечером температура воды была равна  $18^{\circ}\text{C}$ ?
- 28.29.** Стальное зубило строительного перфоратора за 15 мин работы нагрелось на  $180^{\circ}\text{C}$ . Считая, что 30 % энергии ударов перфоратора пошло на нагрев зубила, найдите мощность перфоратора и совершенную им за 15 мин работу. Масса зубила 3 кг.
- 28.30.** При сверлении отверстия в стальной детали двигатель электродрели совершил работу 90 кДж. На сколько градусов нагрелось стальное сверло массой 100 г, если на нагрев пошло 2,5 % затраченной двигателем энергии?
- 28.31.** Санки с мальчиком общей массой 60 кг на скорости 5 м/с выехали на асфальт и остановились. На сколько нагрелись стальные полозья санок вследствие трения, если 20 % их механической энергии перешло во внутреннюю энергию полозьев? Масса каждого полоза 1 кг.
- 28.32.** Свинцовый шар пробивает доску и уменьшает скорость с 300 до 200 м/с. На сколько повысится температура шара за счет трения в доске, если на нагрев пойдет 28 % работы сил трения?

### Задачи для любознательных

- 28.33.** Может ли падающая с некоторой высоты капля воды нагреться до температуры кипения вследствие удара об землю?
- 28.34.** Два одинаковых свинцовых шара, двигавшихся со скоростью 20,5 м/с каждый, сталкиваются и слипаются. На сколько градусов они при этом нагреваются?

- 28.35.** По горизонтальному участку дороги с постоянной скоростью 1 м/с тянут стальной брусок. На сколько градусов нагреется брусок в течение 10 мин вследствие трения о дорогу? Коэффициент трения между дорогой и бруском 0,6, в окружающую среду уходит 50 % тепла, полученного от трения.

## 29. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС\*

### Пример решения задачи

**Задача.** Сколько горячей воды, взятой при температуре 60 °С, нужно добавить к 120 л холодной при 20 °С, чтобы приготовить ванну с температурой воды 36 °С? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

*Дано:*

$$t_1 = 60\text{ °С}$$

$$t_2 = 20\text{ °С}$$

$$V_2 = 120\text{ л}$$

$$t_k = 36\text{ °С}$$

$$V_1 = ?$$

$$V = ?$$

*Решение*

При смешивании горячей и холодной воды происходит теплообмен до тех пор, пока температура всей воды не станет  $t_k$ . Количество теплоты, полученное холодной водой,

$$Q_1 = -cm_1(t_k - t_1).$$

Количество тепла, которое получила холодная вода,

$$Q_2 = cm_2(t_k - t_2).$$

По условию задачи теплообмен происходит только с водой. В соответствии с уравнением теплового баланса  $Q_1 = Q_2$ .

Отсюда:

$$-cm_1(t_k - t_1) = cm_2(t_k - t_2),$$

$$m_1(t_1 - t_k) = m_2(t_k - t_2),$$

$$\rho V_1(t_1 - t_k) = \rho V_2(t_k - t_2),$$

$$V_1(t_1 - t_k) = V_2(t_k - t_2).$$

Окончательно получим:

$$V_1 = V_2 \frac{t_k - t_2}{t_1 - t_k}.$$

Общее количество воды в ванной:

$$V = V_1 + V_2 = V_2 \frac{t_k - t_2}{t_1 - t_k} + V_2 = V_2 \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_k}.$$

\* В задачах этого параграфа не учитывайте тепловые потери, если не сказано обратного.

Проверим единицы:

$$[V_1] = \text{м}^3 \frac{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}} = \text{м}^3, [V] = \text{м}^3 \frac{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}} = \text{м}^3.$$

Определим числовое значение искомых величин:

$$\{V_1\} = 120 \cdot \frac{36 - 20}{60 - 36} = 80, \{V\} = 120 \cdot \frac{60 - 20}{60 - 36} = 120.$$

Следовательно,  $V_1 = 80 \text{ м}^3$ ,  $V = 120 \text{ м}^3$ .

Ответ:  $V_1 = 80 \text{ м}^3$ ,  $V = 120 \text{ м}^3$ .

### 1-й уровень сложности

**? 29.1.** Раскаленную стальную деталь погружают в воду. Массы детали и воды одинаковы. На одинаковое ли количество градусов изменятся температуры воды и детали при установлении теплового равновесия?

**? 29.2.** В одинаковые сосуды с одинаковым количеством воды одинаковой температуры опускают два нагретых шара одинаковой массы, изготовленные из железа и свинца. Начальные температуры шаров одинаковы. В сосуде с каким шаром конечная температура будет более высокой?

### 2-й уровень сложности

**29.3.** После того как в ванну добавили 5 л кипятка, общее количество воды стало равным 100 л. После установления теплового равновесия температура воды в ванной стала равной  $35^{\circ}\text{C}$ . Вычислите начальную температуру воды в ванной.

**29.4.** Для мытья посуды мама налила в таз 4 л воды при температуре  $12^{\circ}\text{C}$ . Сколько кипятка нужно долить в таз, чтобы получить воду при  $50^{\circ}\text{C}$ ?

**29.5.** Сколько холодной воды при температуре  $8^{\circ}\text{C}$  нужно добавить к 80 л горячей воды при  $90^{\circ}\text{C}$ , чтобы приготовить ванну с температурой воды  $30^{\circ}\text{C}$ ?

**29.6.** В стальной чайник массой 500 г при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  налили 500 г горячей воды при  $90^{\circ}\text{C}$ . Какая температура воды установится в чайнике?

**29.7.** Чтобы охладить раскаленную до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  чугунную сковороду массой  $2\text{ кг}$ , в нее наливают  $0,5\text{ л}$  воды при температуре  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . До какой температуры остынет сковорода?

**29.8.** В медном калориметре массой  $50\text{ г}$  находится  $200\text{ г}$  воды при температуре  $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В него погрузили металлический цилиндр массой  $100\text{ г}$ , который до этого продолжительное время пролежал в кипятке. В результате теплообмена в калориметре установилась температура  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Из какого металла изготовлен цилиндр?

### 3-й уровень сложности

**29.9.** В кастрюлю наливают восемь полных стаканов холодной воды при температуре  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и пять полных стаканов горячей воды при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в кастрюле? Теплоемкостью кастрюли пренебрегите.

**29.10.** Сколько нужно холодной и горячей воды, чтобы приготовить ванну на  $200\text{ л}$  при  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Температура воды до смешивания соответственно  $10$  и  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**29.11.** В ванну, где было  $100\text{ л}$  холодной воды при температуре  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , долили  $60\text{ л}$  горячей воды при  $81\text{ }^{\circ}\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура воды в ванной равна  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Были ли потери тепла вследствие теплообмена с окружающей средой?

**29.12.** Ученик рассчитал, сколько нужно горячей воды при температуре  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чтобы  $100\text{ г}$  холодной воды при  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  нагреть до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какую поправку в расчеты нужно внести, чтобы учесть теплоемкость калориметра, в котором находится холодная вода? Теплоемкость калориметра  $50\text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ .

### Задача для любознательных

**29.13.** В калориметр с водой при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  погружают нагретый в кипятке шарик. Температура воды поднимается на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На сколько еще поднимется температура воды в калориметре, если в него опустить еще два таких же нагретых в кипятке шарика? Первый шарик остается в калориметре.

### 30. ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА. КПД НАГРЕВАТЕЛЯ

#### Пример решения задачи

**Задача.** На спиртовку ставят стальной стакан с водой при температуре  $12^\circ\text{C}$ . Какой объем спирта нужно сжечь, чтобы довести воду до кипения? Масса стакана равна  $100\text{ г}$ , воды —  $200\text{ г}$ , КПД спиртовки  $25\%$ .

*Дано:*

$$t_1 = 12^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$m_c = 100\text{ г} = 0,1\text{ кг}$$

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

$$\eta = 25\%$$

$$c_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})}$$

$$c_{\text{ст}} = 500 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})}$$

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

$$q_{\text{сп}} = 27 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$V_{\text{сп}} = ?$$

*Решение*

При сгорании искомого объема спирта выделяется некоторое количество теплоты

$$Q_{\text{нагр}} = q_{\text{сп}} m_{\text{сп}} = q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}}.$$

На нагревание воды и стакана также тратится определенное количество теплоты

$$Q_{\text{затр}} = c_b m_b (t_2 - t_1) + c_{\text{ст}} m_c (t_2 - t_1) = (c_b m_b + c_{\text{ст}} m_c) \cdot (t_2 - t_1).$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{\text{затр}}}{Q_{\text{нагр}}} \cdot 100\%.$$

Отсюда

$$\eta = \frac{(c_b m_b + c_{\text{ст}} m_c) \cdot (t_2 - t_1)}{q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}} V_{\text{сп}}} \cdot 100\%.$$

Окончательно получим:

$$V_{\text{сп}} = \frac{(c_b m_b + c_{\text{ст}} m_c) \cdot (t_2 - t_1)}{\eta q_{\text{сп}} \rho_{\text{сп}}} \cdot 100\%.$$

Проверим единицы:

$$[V_{\text{сп}}] = \frac{\left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \right) \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \% = \text{м}^3.$$

Определим числовое значение искомой величины:

$$\{V_{\text{сп}}\} = \frac{(4200 \cdot 0,2 + 500 \cdot 0,1) \cdot (100 - 12)}{25 \cdot 2,7 \cdot 10^7 \cdot 800} \cdot 100 = 1,45 \cdot 10^{-5}.$$

Следовательно,  $V_{\text{сп}} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ .

Ответ:  $V_{\text{сп}} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ .

### 1-й уровень сложности

**? 30.1.** Сколько тепла выделяется при полном сгорании 1 кг керосина?

**? 30.2.** Когда выделяется больше тепла — при полном сгорании 2 кг угля или 2 кг бензина?

**30.3.** Какое количество тепла выделяется при полном сгорании 2,5 кг древесного угля? 450 г керосина?

**30.4.** Сколько теплоты можно получить, если полностью сжечь 15,5 кг дров? 950 г бензина?

**30.5.** При полном сгорании некоторого количества керосина получено 23 МДж теплоты. Какова масса сгоревшего керосина?

**30.6.** Сколько антрацита нужно сжечь, чтобы получить 60 МДж теплоты?

**30.7.** При полном сгорании 2 кг горючего вещества выделилось 54 МДж теплоты. Какова удельная теплота сгорания этого вещества? Что это за вещество?

### 2-й уровень сложности

**30.8.** Было полностью сожжено 2,5 л керосина. Какое количество теплоты при этом выделилось?

**30.9.** Какое количество теплоты выделилось при полном сгорании 15 м<sup>3</sup> сухих дубовых дров?

**30.10.** При полном сгорании 10 кг бензина выделится тепла больше, чем при сгорании такого же количества спирта. На сколько?

**30.11.** Во сколько раз теплота сгорания водорода больше, чем теплота сгорания природного газа?

**30.12.** Во сколько раз уменьшится потребность в топливе при переходе тепловой электростанции с угля на природный газ?

- 30.13.** Смесь, состоящая из 3 кг бензина и 2 кг спирта, полностью сгорает. Сколько тепла при этом выделяется?
- 30.14.** Смешали 5 кг бензина и 5 кг спирта. При сгорании этой смеси выделится тепла меньше, чем при сгорании 10 кг чистого бензина. На сколько?
- 30.15.** Сколько воды можно нагреть на  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счет полного сгорания 10,5 г бензина?
- 30.16.** На какую высоту можно поднять человека массой 80 кг за счет энергии, выделяемой при сгорании 100 г сахара? При сгорании 1 г сахара выделяется приблизительно 17,2 кДж энергии.
- 30.17.** Определите КПД нагревателя, если  $\frac{1}{4}$  тепла, выделяемого при сгорании в нем топлива, переходит в окружающую среду.

### 3-й уровень сложности

- ? 30.18.** Почему во взрывных зарядах не используют бензин или керосин, хотя при сгорании они выделяют намного больше тепла, чем порох?
- 30.19.** На газовой горелке в алюминиевом чайнике массой 400 г нагревают 3 л воды. Сколько газа нужно сжечь, чтобы вода нагрелась от  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения? КПД нагревателя 40 %.
- 30.20.** Можно ли нагреть в печи 100 кг железа до температуры плавления, если сжечь 2,5 кг древесного угля? Начальная температура железа равна  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , КПД печи 75 %.
- 30.21.** В медной чашке массой 100 г на спиртовке нагревают 400 мл воды от  $15$  до  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , расходуя на это 13,2 г спирта. Определите по этим данным КПД спиртовки.

### Задача для любознательных

- 30.22.** Водород и природный газ смешали и получили 4 кг топлива с удельной теплоемкостью 63 Дж/кг. Определите массу водорода в смеси.



## 31. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ. КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

### Пример решения задачи

**Задача.** Автомобиль мощностью 100 кВт проехал 240 км со скоростью 80 км/ч. Сколько литров бензина израсходовал автомобиль? КПД двигателя 35 %.

*Дано:*

$$N = 100 \text{ кВт} = 10^5 \text{ Вт}$$

$$l = 240 \text{ км} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$v = 80 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 22 \frac{2 \text{ м}}{9 \text{ с}}$$

$$\eta = 35 \%$$

$$\rho = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$V$  — ?

*Решение*

Автомобиль затратил на путь определенное количество бензина, который, сгорая в цилиндрах двигателя, выделил количество теплоты

$$Q_{\text{бенз}} = qm = q\rho V.$$

За время движения двигатель совершил работу

$$A = Nt = N \frac{l}{v}.$$

Согласно определению КПД

$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100 \%.$$

Отсюда получаем

$$\eta = \frac{N \frac{l}{v}}{q\rho V} \cdot 100 \%.$$

Окончательно получаем:

$$V = \frac{Nl}{\eta q\rho v} \cdot 100 \%.$$

Проверим единицы:

$$[V] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \% = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}} = \text{м}^3.$$

Определим числовое значение искомой величины:

$$\{V\} = \frac{10^5 \cdot 2,4 \cdot 10^5}{35 \cdot 4,6 \cdot 10^7 \cdot 710 \cdot 22 \frac{2}{9}} \cdot 100 = 0,0945.$$

Следовательно,  $V = 0,0945 \text{ м}^3 \approx 95 \text{ л}$ .

*Ответ:*  $V = 95 \text{ л}$ .

### 1-й уровень сложности

? 31.1. Можно ли считать изображенную на рисунке установку тепловым двигателем? Если да, то укажите, какие превращения энергии происходят в таком двигателе.

? 31.2. На каких транспортных средствах используют тепловые двигатели: автомобиль, автобус, трамвай, троллейбус, самолет, спортивный велосипед?

? 31.3. Почему в поездах метрополитена не используют двигатели внутреннего сгорания?

? 31.4. Почему в развитых странах к производителям автомобилей предъявляются очень жесткие требования относительно полноты сгорания топлива в двигателях?

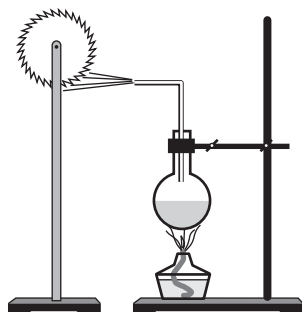
? 31.5. Где массово используют наиболее мощные тепловые двигатели?

? 31.6. На каких транспортных средствах используют наиболее мощные поршневые двигатели? Что это за двигатели?

31.7. Тепловой двигатель получает от сгорания горючего 100 МДж теплоты, а отдает окружающей среде 70 МДж теплоты. Какую работу он совершает?

31.8. За один цикл тепловой двигатель совершил работу 50 Дж. При этом потери тепла в окружающую среду составляют 100 Дж. Сколько тепла за цикл получил двигатель?

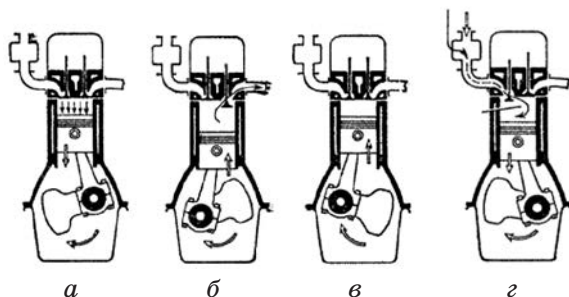
31.9. Дизельный двигатель получает от сгорания горючего 20 МДж теплоты и совершает работу 7 МДж. Сколько тепла в окружающую среду он при этом отдает?



### 2-й уровень сложности

? 31.10. Почему пар, прошедший через паровую турбину, имеет меньшую температуру, чем пар на входе?

- ? 31.11.** Почему большинство тепловых двигателей имеет радиатор с водой?
- ? 31.12.** По рисунку назовите такты работы четырехтактного двигателя внутреннего сгорания.



- ? 31.13.** В какой момент рабочая смесь в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания имеет наибольшую внутреннюю энергию: в конце такта «сжатие» или в начале такта «рабочий ход»?
- ? 31.14.** На каких тактах работы четырехтактного двигателя внутреннего сгорания открыты два клапана? хотя бы один? оба закрыты?
- ? 31.15.** Почему в дизельных двигателях для подачи топлива в цилиндры используются насосы высокого давления?
- ? 31.16.** Один двигатель для совершения работы использует  $\frac{1}{3}$  теплоты, выделяемой при сгорании топлива, а второй —  $\frac{1}{4}$ . Мощность и стоимость двигателей одинакова. Какой из этих двигателей вы установили бы на собственный автомобиль? Почему?
- 31.17.** При сгорании порции топлива в двигателе внутреннего сгорания выделилось 100 МДж теплоты. Двигатель при этом совершил работу 30 МДж. Вычислите КПД двигателя.
- 31.18.** Двигатель получил от сгорания горючего 250 МДж теплоты и отдал в окружающую среду 200 МДж энергии. Определите КПД двигателя.

**31.19.** В цилиндрах дизельного двигателя выделилось 120 МДж теплоты, 80 МДж теплоты перешло в окружающую среду. Определите КПД двигателя.

**? 31.20.** Двигатель совершил работу 100 кДж. При этом потери тепла в окружающую среду составляют 300 кДж. Определите КПД двигателя.

**31.21.** Определите КПД двигателя дизель-электростанции, которая для производства 26,7 МДж электроэнергии использует 2 л дизельного топлива.

**31.22.** Двигатель грузовика за 1 ч использовал 20 кг дизельного топлива. Определите КПД двигателя, если он развивал мощность 77 кВт.

**31.23.** Определите массу бензина, расходуемого автомобилем за 10 мин, если мощность его двигателя 55 кВт, а КПД — 25 %.

**31.24.** Мощнейшим поршневым двигателем в мире является дизель Wartsila-Sulzer RTA96-C. Его максимальная мощность 108 920 л. с., а КПД в 2 раза превышает КПД обычного автомобиля и составляет 51,7 %. Сколько мазута тратит этот двигатель за неделю работы, если развивает половину своей максимальной мощности?

**31.25.** Какую полезную работу совершит двигатель экологически чистого автомобиля с КПД, равным 30 %, если использует 15 л спирта?

**31.26.** За 3 ч работы газовая турбина, КПД которой 40 %, использовала 628 кг керосина. Какую мощность развивала турбина?

### **3-й уровень сложности**

**31.27.** На современной тепловой электростанции для производства каждого мегаджоуля электроэнергии используется в среднем 105 г угля. Сколько потребуются угля для работы такой электростанции в течение года, если ее электрическая мощность 500 МВт? Определите КПД электростанции.

**31.28.** Автомобиль расходует на 100 км пути 6 л бензина при скорости 90 км/ч. Какую мощность при этом развивает двигатель, если его КПД равен 25 %?

**31.29.** Сколько дизельного горючего расходует тепловоз на путь из Киева до Одессы (расстояние 500 км), если тянет поезд массой 5000 т? Коэффициент сопротивления движения 0,008, КПД двигателей тепловоза — 35 %.

**31.30.** Чтобы добраться из Львова в Донецк (расстояние 1300 км), водитель грузовика залил в баки 600 л дизельного горючего. Сколько горючего осталось в баках по прибытии в место назначения? Масса грузовика равна 12 т, средний коэффициент сопротивления движения — 0,05, КПД двигателя грузовика — 39 %.

## 32. ПЛАВЛЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕНИЯ

### Пример решения задачи

**Задача.** Сколько теплоты нужно, чтобы получить из 2 кг льда при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  воду при  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

*Дано:*

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{пл}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$\lambda_{\text{л}} = 332\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$Q = ?$

*Решение*

Для того чтобы из льда получить воду, его нужно сначала нагреть до точки плавления  $Q_1 = c_{\text{л}} m (t_{\text{пл}} - t_1)$ , расплавить,  $Q_2 = \lambda_{\text{л}} m$ , а затем нагреть воду, полученную в результате таяния льда,  $Q_3 = c_{\text{в}} m (t_2 - t_{\text{пл}})$ .

Находим общее количество теплоты как сумму  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

Окончательно получим:

$$\begin{aligned} Q &= c_{\text{л}} m (t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}} m + c_{\text{в}} m (t_2 - t_{\text{пл}}) = \\ &= m (c_{\text{л}} (t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}} + c_{\text{в}} (t_2 - t_{\text{пл}})). \end{aligned}$$

Проверим единицы:

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) \right) = \text{Дж}.$$

Определим числовое значение искомой величины:

$$\{Q\} = 2 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20))) + 332\,000 + 4200 \cdot (40 - 0) = 1\,084\,000.$$

Следовательно,  $Q = 1\,084\,000 \text{ Дж} \approx 1,1 \text{ МДж}$ .

Ответ:  $Q = 1,1 \text{ МДж}$ .

### 1-й уровень сложности

- ? 32.1.** Что означает утверждение «удельная теплота плавления алюминия  $393 \text{ кДж/кг}$ »?
- ? 32.2.** Серебряную и стальную заготовки одинаковой массы нагрели до температур плавления. Для плавки какой из заготовок требуется большее количество теплоты? во сколько раз?
- ? 32.3.** При плавлении температура кристаллического тела остается неизменной. А что происходит со внутренней энергией тела?
- ? 32.4.** Какое из тел имеет большую внутреннюю энергию: кусок льда массой  $1 \text{ кг}$  при  $0^\circ\text{C}$  или  $1 \text{ кг}$  воды, взятой при той же температуре? на сколько большую?
- ? 32.5.** В кастрюле с водой плавает кусок льда. При каком условии он не будет таять?
- ? 32.6.** Железо, медь, алюминий и олово нагрели до  $700^\circ\text{C}$ . Какой из металлов перед нагреванием необходимо было поместить в сосуд, а какой нет? Почему?
- ? 32.7.** Можно ли в чугунном котле расплавить серебро? железо?
- ? 32.8.** Если в ящик, со всех сторон обложенный пенопластом, положить продукты питания и пластиковую бутылку со льдом, то длительное время температура в нем будет держаться на отметке  $0^\circ\text{C}$ . Почему?
- ? 32.9.** Из морозильной камеры достали кусок льда и положили на тарелку. Почему лед не сразу начинает таять, ведь температура в кухне превышает  $0^\circ\text{C}$ ?

- ? 32.10.** В продовольственных магазинах свежую рыбу кладут на открытые прилавки с ледовой крошкой. Почему рыба в этом случае не замерзает, как в морозильнике?
- ? 32.11.** Если заполненную водой стеклянную бутылку вынести на мороз, то спустя некоторое время бутылка лопнет. Почему?
- ? 32.12.** С какой целью зимой в радиаторы автомобилей заливают жидкость с более низкой температурой замерзания, чем у воды?
- 32.13.** Какое количество теплоты нужно передать куску льда массой 5 кг, взятого при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для полного таяния?
- 32.14.** Какое количество теплоты выделится при кристаллизации 6 кг меди? Медь взята при температуре кристаллизации.

## 2-й уровень сложности

- ? 32.15.** Как изменился бы ход процессов, наблюдаемых весной при температуре воздуха выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , если бы удельная теплота плавления льда была такой же, как у ртути? Удельная теплота плавления ртути в 80 раз меньше удельной теплоты плавления льда.
- 32.16.** Нужно расплавить два бруска одинаковой массы при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  — оловянный и свинцовый. Для какого из брусков понадобится большее количество теплоты? Температура плавления свинца больше, чем олова.
- 32.17.** Стальной и алюминиевый цилиндры одинаковых размеров вынули из сосуда с тающим льдом. Для расплавки какого из цилиндров понадобится большее количество теплоты? во сколько раз большее?
- 32.18.** На сколько можно было бы нагреть 1 кг воды за счет тепла, необходимого для таяния 1 кг льда при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**32.19.** Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы из 4 кг снега при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  получить 4 кг кипятка?

**32.20.** Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы расплавить 500 г свинца, взятого при температуре  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**32.21.** В стальном тигле массой 500 г мастер расплавил 200 г олова. Какое количество теплоты было затрачено, если начальная температура олова  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**32.22.** В морозильную камеру поместили алюминиевую форму для получения льда, полностью наполненную водой. Какое количество теплоты отдаст форма, если ее начальная температура  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , масса 100 г, объем — 0,5 л? Морозильная камера обеспечивает охлаждение до  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**32.23.** Из расплавленного серебра, взятого при температуре кристаллизации, отливают вилку. Какое количество теплоты выделится при кристаллизации и остывании вилки до  $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Масса вилки 70 г.

**32.24.** Ювелир выпустил из печи в форму 25 г золота при температуре кристаллизации. Какое количество теплоты выделится при кристаллизации и остывании золотой отливки до  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**32.25.** Из печи в форму вылили 500 г расплавленного олова при температуре  $432\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Олово охлаждается и кристаллизуется; образовавшаяся отливка остывает до  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты при этом выделится? Удельная теплоемкость расплавленного олова  $250 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$ .

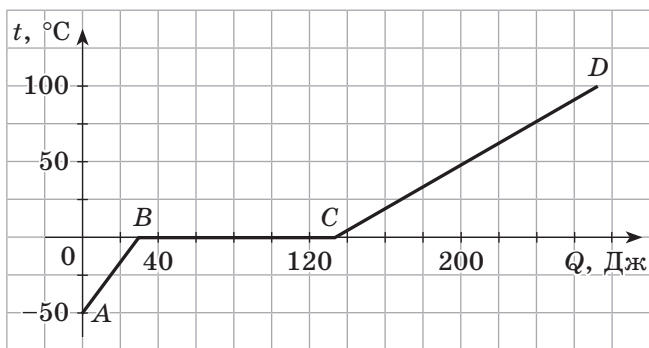
**32.26.** На электроплиту поставили металлический стакан со льдом. На рисунке (с. 144) приведен график зависимости температуры стакана от количества теплоты, полученного им от электроплиты. Назовите процессы, соответствующие различным участкам графика. Определите, какая масса льда была в стакане. Как по графику можно определить удельную



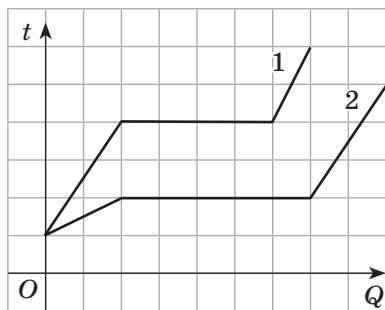
теплоту плавления льда и удельные теплоемкости льда и воды? Что для этого необходимо знать?

**? 32.27.** Две металлические заготовки одинаковой массы поочередно помещают в плавильную печь. На рисунке приведены графики зависимости температуры заготовок от полученного ими количества теплоты. У какого металла удельная теплота плавления больше? Ответ объясните.

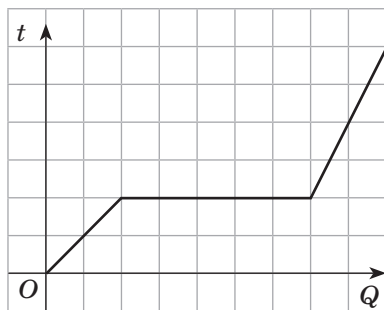
**? 32.28.** Металлическую заготовку помещают в плавильную печь. На рисунке приведен график зависимости температуры заготовки от полученного ею количества теплоты. В каком состоянии (твердом или жидком) удельная теплоемкость металла больше? во сколько раз? Ответ объясните.



К задаче 32.26



К задаче 32.27



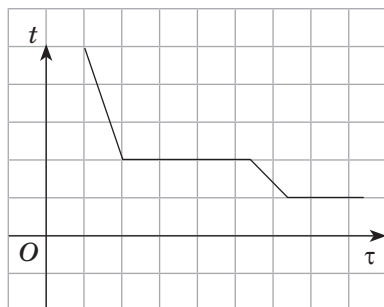
К задаче 32.28

**? 32.29.** Из плавильной печи рабочий достал два одинаковых железных ковша с одинаковым количеством

расплавленного свинца. Один ковш поставил возле горячей печи в цехе, а второй вынес на улицу. Какой график зависимости температуры ковша от времени соответствует процессу остывания ковша в цехе, а какой — на улице? Как вы пришли к такому выводу? В какое время года проводился опыт?

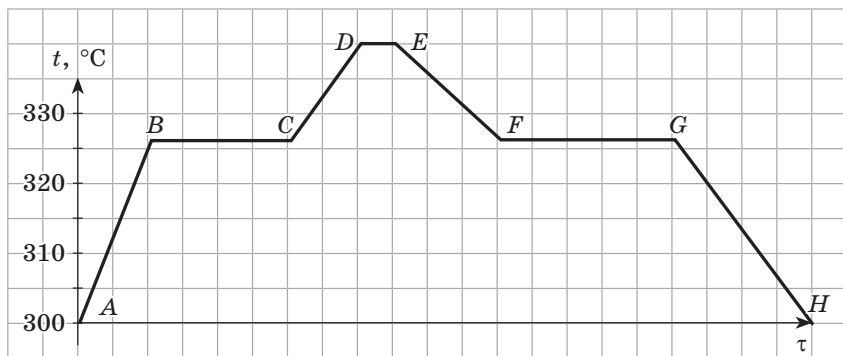


*a*



*б*

**? 32.30.** На рисунке показан график изменения температуры стального стакана со свинцом со временем. Стакан стоит на газовой горелке. Назовите процессы, соответствующие различным участкам графика. Почему участок *GH* более пологий, чем участок *AB*? Каковы температуры плавления и кристаллизации свинца?



**? 32.31.** Постройте приблизительный график нагревания, плавления и кристаллизации олова.

### 3-й уровень сложности

- ? 32.32.** Как образуются сосульки? при каких погодных условиях? Почему чаще сосульки образуются ближе к весне?
- ? 32.33.** В стальной котел, имеющий форму полушария, налили воду, накрыли тяжелой крышкой и вынесли на ночь на мороз. К утру вода в котле замерзла, а крышка поднялась. Почему поднялась крышка? За счет какой энергии была совершена работа по поднятию крышки?
- ? 32.34.** Опытные садовники в случае весенних ночных заморозков во время цветения плодовых деревьев вечером обильно поливают ветки водой. Почему это значительно уменьшает риск потери будущего урожая?
- ? 32.35.** При возвращении на Землю и прохождении через атмосферу поверхность космических аппаратов нагревается до нескольких тысяч градусов. Эти аппараты покрыты специальными материалами. Использование материала с какими характеристиками позволит защитить экипажи от смертельной опасности?
- ? 32.36.** Некоторые фирмы выпускают кастрюли с необычным дном. Если такую пустую кастрюлю поставить на плиту, она довольно быстро нагревается до температуры около  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а затем поглощает тепло без повышения температуры. Когда температура вновь начнет возрастать, кастрюлю нужно снять с плиты и положить в нее овощи. Длительное время температура в кастрюле будет держаться на отметке  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ , овощи будут тушиться без воды. Что может находиться в дне кастрюли?
- 32.37.** Из расплавленного свинца отливают пластинку размером  $10\text{ см} \times 20\text{ см} \times 50\text{ см}$ . Какое количество теплоты отдаст окружающей среде свинец, если его начальная температура  $700\text{ К}$ , а конечная  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Удельная теплоемкость свинца  $170 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$ .
- 32.38.** В калориметр, где находится вода при температуре  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , положили кусок льда массой  $400\text{ г}$  при

0 °С. Сколько воды было в калориметре, если весь лед растаял и в калориметре установилась температура 0 °С?

**32.39.** Какое максимальное количество льда при 0 °С можно бросить в сосуд, содержащий 4 кг воды при температуре 40 °С, чтобы весь лед растаял?

**32.40.** К находящемуся в калориметре мокрому снегу массой 500 г добавили 500 г кипятка. После установления теплового равновесия температура в калориметре достигла 30 °С. Сколько воды содержалось в снегу?

**32.41.** Железный брусок, взятый при температуре 500 °С, бросают в сугроб при 0 °С. Остывая, брусок растопил 2 кг снега. Какова масса бруска?

**32.42.** В кастрюлю с кипятком массой 1 кг бросают кусочки льда при 0 °С. Сколько льда нужно бросить в кастрюлю, чтобы температура воды стала равна 40 °С? Теплоемкость кастрюли  $1000 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$ .

**32.43.** В лунку на верхней поверхности куска льда массой 2 кг наливают 100 г воды при температуре 20 °С. Какова начальная температура льда, если после установления теплового равновесия половина воды замерзла?

**32.44.** В содержащуюся в калориметре воду при температуре 25 °С опускают кусок льда. Масса воды 400 г, масса льда — 200 г. Какова начальная температура льда, если после установления теплового равновесия в калориметре осталось 100 г льда?

**32.45.** В калориметр, где находится 200 г воды при температуре 20 °С, положили кусочек льда массой 80 г при -10 °С. Какая температура установится в калориметре после завершения теплообмена?

**32.46.** В медную кастрюлю массой 400 г туристы положили 2 кг снега при температуре -30 °С. Кастрюлю поставили на керосиновую горелку. Сколько керосина необходимо сжечь туристам, чтобы получить в кастрюле кипяток? В окружающую среду

переходит 50 % тепла, выделяемого при сгорании керосина.

**32.47.** С какой высоты должна упасть свинцовая дробинка, чтобы, ударившись о землю, расплавиться? Температуру в начале падения считайте равной  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , теплообмен с окружающей средой приводит к тому, что 50 % внутренней энергии дробинки переходит в окружающую среду.

**32.48.** С какой скоростью должен лететь медный шарик, чтобы, ударившись о мешок с песком, расплавиться? Температура шарика перед ударом равна  $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ , теплообмен с окружающей средой приводит к тому, что 50 % внутренней энергии шарика переходит в окружающую среду.

#### **Задачи для любознательных**

**32.49.** Нагретый стальной шарик ставят на лед при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Шарик погрузился в лед наполовину. До какой температуры был нагрет шарик?

**32.50.** В калориметре находится вода массой 400 г при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В воду кладут кусок льда массой 200 г при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре?

**32.51.** В охлажденную до  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  воду бросают маленький кристаллик льда. В воде начинается ускоренный процесс кристаллизации льда на первичном кристаллике. Какая часть воды превратится в лед?

### 33. ИСПАРЕНИЕ И КОНДЕНСАЦИЯ. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА ИСПАРЕНИЯ

#### Пример решения задачи

**Задача.** Какое количество теплоты нужно для превращения 2,5 кг льда, взятого при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ , в пар при  $100^{\circ}\text{C}$ ?

*Дано:*

$$m = 2,5 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$\lambda = 332\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = ?$$

*Решение*

Процесс превращения льда в пар происходит в четыре этапа: нагревание льда до температуры плавления  $Q_1 = c_{\text{л}} m (t_2 - t_1)$ ; плавление льда  $Q_2 = \lambda m$ ; нагревание полученной из льда воды до температуры кипения  $Q_3 = c_{\text{в}} m (t_3 - t_2)$ ; испарение воды  $Q_4 = Lm$ . Общее количество теплоты

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Окончательно получим:

$$\begin{aligned} Q &= c_{\text{л}} m (t_2 - t_1) + \lambda m + c_{\text{в}} m (t_3 - t_2) + Lm = \\ &= m (c_{\text{л}} (t_2 - t_1) + \lambda + c_{\text{в}} (t_3 - t_2) + L). \end{aligned}$$

Проверим единицы:

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} (^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} (^{\circ}\text{C} - ^{\circ}\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) = \text{Дж}.$$

Определим числовое значение искомой величины:

$$\begin{aligned} \{Q\} &= 2,5 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20)) + 340\,000 + 4200 \cdot (100 - 0) + 2\,300\,000) = \\ &= 7\,735\,000. \end{aligned}$$

Следовательно,  $Q = 7\,735\,000 \text{ Дж} = 7,735 \text{ МДж}$ .

*Ответ:*  $Q = 7,735 \text{ МДж}$ .

#### 1-й уровень сложности

**? 33.1.** Почему в мокрой одежде всегда холоднее, чем в сухой?

**? 33.2.** Почему термометр, завернутый в мокрую ткань, показывает более низкую температуру, чем сухой?

**? 33.3.** Врач собирается сделать укол. Почему ощущение холода при протирании места укола спиртом значительно сильнее, чем влажной тканью, ведь удель-

ная теплота парообразования воды намного больше, чем спирта, и вода, испаряясь, должна поглощать большее количество теплоты?

**? 33.4.** К травмированному месту для уменьшения боли прикладывают лед. Но на спортивных соревнованиях, например в футболе или хоккее, спортсменам место травмы «замораживают», поливая его жидкостью, которая легко испаряется. Почему этот способ срабатывает так, как и прикладывание льда?

**? 33.5.** В какой чашке чай остынет быстрее: в узкой и высокой или широкой и низкой? Почему?

**? 33.6.** Почему чай остынет быстрее, если на него дуть?

**? 33.7.** Чтобы ускорить процесс приготовления ухи, рыбаки подбросили веток в костер под котлом, в котором уже кипела вода с рыбой и овощами. Ускорится ли процесс приготовления? Ответ обоснуйте.

**? 33.8.** Что имеет большую внутреннюю энергию: 1 кг воды при 100 °С или 1 кг водяного пара, взятого при той же температуре?

**? 33.9.** Водяной пар массой 1 кг при температуре 100 °С сконденсировался в воду. Как изменилась внутренняя энергия водяного пара?

**33.10.** Какое количество теплоты нужно для превращения в пар 100 г воды, 50 г спирта, 12 г эфира? Жидкости имеют температуру кипения.

**33.11.** Какое количество теплоты будет получено при конденсации в воду водяного пара? Температура пара 100 °С, масса полученной воды — 500 г.

## 2-й уровень сложности

**? 33.12.** Есть ли температура, при которой вода перестает испаряться?

**? 33.13.** Почему при испарении жидкость охлаждается?

**? 33.14.** В финской сауне можно выдержать температуру 100—120 °С, а в русской бане — всего лишь 80 °С. Как это связано с влажностью воздуха?

- ? 33.15.** На столе стоят две тарелки с жирным борщом и с горячей водой. Что остынет быстрее? Почему?
- ? 33.16.** Почему для более длительного хранения фрукты покрывают пластиковой герметичной пленкой?
- ? 33.17.** Почему степные пожары бывают только в середине или конце знойного лета, а не весной или осенью?
- ? 33.18.** В ветреную погоду лужи после дождя высыхают значительно быстрее, чем в безветренную. Почему?
- ? 33.19.** Из закрытых бутылок в два открытых стакана налили воду и эфир. В стакане с какой жидкостью термометр будет показывать более высокую температуру?
- ? 33.20.** Любое кипение одновременно является парообразованием, а всякое ли парообразование является кипением? Какое явление встречается чаще?
- ? 33.21.** Процесс перехода воды в пар охватил весь объем воды в кастрюле. Какому явлению это присуще — испарению или кипению?
- ? 33.22.** Над костром подвесили котелок с водой. В каком случае вода закипит быстрее: если котелок закрыть крышкой или оставить без крышки? Почему?
- ? 33.23.** В сосуды с одинаковой площадью дна налито одинаковое количество воды, взятой при одинаковой температуре. Сосуды стоят на одинаковых электроплитах, размеры которых совпадают с размерами дна сосудов (см. рисунок). В каком сосуде вода закипит раньше? Почему?



- ? 33.24.** При кипении из электрического чайника выходит туман. Почему туман исчезает, если к нему поднести зажженную спичку?
- ? 33.25.** Осенью перед восходом Солнца, когда температура воздуха снижается, часто образуется туман. Почему?

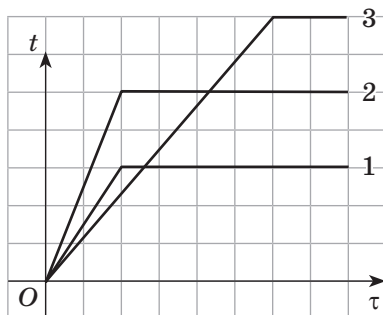


образование тумана предотвращает дальнейшее снижение температуры воздуха?

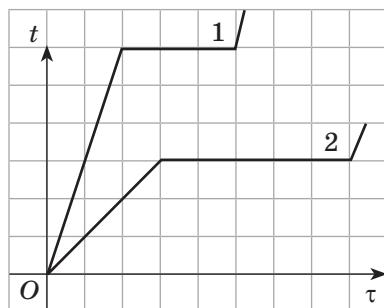
**? 33.26.** В кастрюлю с кипящей водой погружают миску с небольшим количеством воды. Закипит ли вода в миске?

**? 33.27.** На рисунке приведены графики зависимости температуры от времени для одинаковых масс воды, спирта и эфира, имеющих одинаковую начальную температуру и нагреваемых на одинаковых нагревателях. Установите соответствие между жидкостями и графиками их нагревания.

**? 33.28.** На одинаковых нагревателях нагревают две разные жидкости одинаковой массы. Установите по графикам (см. рисунок), какая из жидкостей имеет меньшую удельную теплоемкость. Какая из жидкостей имеет более высокую температуру кипения и более высокую удельную теплоту парообразования?



*К задаче 33.27*



*К задаче 33.28*

**33.29.** Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы 2 кг воды при температуре 10 °С превратить в пар при 100 °С?

**33.30.** Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы 4 кг льда при температуре –30 °С превратить в пар при 100 °С?

**33.31.** В кастрюлю налито 2 л воды при температуре 15 °С. После закипания в кастрюле оказалось на 200 г меньше воды, чем в начале нагревания. Сколько тепла получила вода в кастрюле?

**33.32.** Какое количество теплоты выделится при конденсации 250 г водяного пара, имеющего температуру 100 °С, и охлаждении образовавшейся воды до 20 °С?

**33.33.** Какое количество теплоты нужно забрать у 50 г водяного пара, взятого при температуре 100 °С, чтобы получить 50 г льда при 0 °С?

### 3-й уровень сложности

**? 33.34.** Почему мокрое белье высыхает даже в сильные морозы?

**? 33.35.** В жару жители стран Средней Азии одеваются в ватные халаты и часто пьют горячий зеленый чай. Почему?

**? 33.36.** Почему перед закипанием чайник «гудит»?

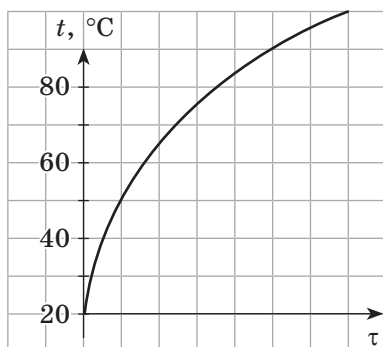
**? 33.37.** В воде, кипящей в котле на костре на высокогорье, невозможно сварить мясо. Почему?

**? 33.38.** В кастрюлях-скороварках вода кипит при температуре 120 °С. Какая особенность их конструкции позволяет так повысить температуру кипения воды?

**? 33.39.** В открытой кастрюле с гладкими стенками и дном можно, осторожно нагревая, довести чистую воду (без крупинок и растворенного воздуха) до температуры свыше 110 °С. Но почему вода не закипает?

**? 33.40.** Если в кастрюлю с водой, которая едва не закипает, всыпать горсть мелкого песка, то начнется интенсивное кипение. Почему?

**? 33.41.** На рисунке представлен график зависимости температуры воды в открытой кастрюле, стоящей на газовой горелке, от времени. Почему график имеет такой вид? Считайте, что количество тепла, которое дает горелка в единицу времени, постоянно.



- ? 33.42.** С газовой горелки сняли открытую кастрюлю с кипятком и поставили на подставку на стол. Изобразите на рисунке приблизительный график зависимости температуры воды в кастрюле от времени.
- ? 33.43.** Почему водяной пар при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  наносит более серьезные ожоги, чем кипяток?
- 33.44.** В калориметре находится  $1\text{ кг}$  воды, взятой при температуре  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько пара при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  нужно впустить в калориметр, чтобы температура в нем поднялась до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.45.** Сколько воды при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  было в калориметре, если после того, как туда впустили  $10\text{ г}$  водяного пара при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура поднялась до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- 33.46.** После того как в калориметр, содержащий  $500\text{ г}$  воды, впустили  $20\text{ г}$  водяного пара при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в нем установилась температура  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой была начальная температура воды?
- 33.47.** Сколько дров нужно сжечь для того, чтобы  $5\text{ кг}$  воды при температуре кипения превратить в пар? Считайте, что все количество теплоты, выделяющейся при сгорании дров, идет на испарение воды.
- 33.48.** Какое максимальное количество воды при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно испарить за счет теплоты, которая выделится при полном сгорании  $10\text{ г}$  бензина? Считайте, что все количество теплоты, выделяющейся при сгорании бензина, идет на испарение воды.
- 33.49.** Чтобы получить дистиллированную воду из морской, ее испаряют, а затем конденсируют полученный пар. Растворенные в морской воде вещества при этом не переходят в дистиллят. Сколько природного газа нужно сжечь, чтобы опреснить  $20\text{ т}$  морской воды? Начальная температура воды  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , удельные теплоемкость и теплота парообразования морской воды такие же, как и пресной. Считайте, что вода получает  $50\%$  теплоты, выделившейся при сгорании газа.
- 33.50.** На керосиновую горелку поставили кастрюлю с  $1,5\text{ л}$  воды при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вода закипела, часть

воды испарилась. Сколько испарилось воды, если для доведения ее до кипения было затрачено 30 г керосина? Считайте, что вода получила 50 % теплоты, выделившейся при сгорании керосина.

### **Задачи для любознательных**

- 33.51.** В калориметр, содержащий 100 г воды при температуре 0 °С, впустили 100 г водяного пара при 100 °С. Какая температура установится в калориметре?
- 33.52.** В сосуд с перегретой водой (температура 108 °С) бросают крупинку песка, что и служит причиной внезапного закипания воды. Какой будет температура воды после завершения кипения и какая часть от начального количества воды останется в сосуде?
- 33.53.** С какой минимальной скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые капли, чтобы при столкновении полностью испариться? Температура капель перед столкновением 20 °С. Считайте, что во внутреннюю энергию капель перешло 50 % их механической энергии.

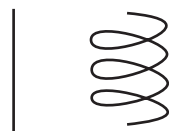
## ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ

1.8. 420 м. 1.9. 350 м. 1.10. Нет, поскольку не видно тел отсчета вне границ вагона. 1.11. Все, что нас окружает (даже воздух), движется вместе с поверхностью Земли. 1.13. С точки зрения капитана — вертикально вниз, с точки зрения встречающих на пирсе — по наклонной линии вниз. 1.14. Окружность. 1.15. Пассажир преодолел путь, больший на расстояние между дверьми автобуса. 1.16. 2,5 м, 0,5 м. 1.17. 4 м, 1 м. 1.18. Траекторией движения экспедиции будут две окружности. Это хорошо видно, если начертить модель траектории экспедиции на глобусе. 1.19. а) Относительно крановщика — рисунок *а*; б) относительно строителей, работающих на площадке, — рисунок *б*. 1.20. а) Относительно крановщика, — рисунок *а*; б) относительно строителей, работающих на площадке, — рисунок *б*. 1.21. См. рисунок. 1.22. См. рисунок. 1.23. На поворотах поверхность шин правого и левого колес проходит разные пути и шины проскальзывают по дороге. Это приводит к износу покрышек. 1.24. 17,5 м, 12,5 м. 1.25. На расстоянии 200 км. 1.26. 2 км. 2.1. 1,8 км/ч, 10,8 км/ч, 36 км/ч, 54 км/ч, 72 км/ч, 360 км/ч, 3600 км/ч. 2.2. 1 м/с, 5 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с, 25 м/с, 30 м/с, 50 м/с. 2.3. В 2 раза. 2.4. В 1,5 раза. 2.5. 600 км/ч. 2.6. 30 м/с. 2.7. 360 км. 2.8. 2 км. 2.9.  $\frac{3}{4}$  ч или 45 мин. 2.10.  $\frac{2}{3}$  ч или 40 мин. 2.11. Скорость 36 км/ч больше скорости 10 км/ч. 2.12. Скорость 20 м/с меньше скорости 24 м/с. 2.13. Спринтер бежит быстрее (28,8 км/ч), чем едет мальчик (27 км/ч). 2.14. Догонит, поскольку движется со скоростью 1800 км/ч. 2.15. 70 с. 2.16. 24 опоры (между 5 опорами 4 промежутка, а между 24 опорами 23 промежутка). 2.17. 600 км/ч. 2.18. 8 м/с. 2.19. 135 км. 2.20. 3 км. 2.21. 4 мин 10 с. 2.22. 0,5 с. 2.23. 20 км/ч. 2.24. 0,75 м/с. 2.25. 12,5 м/с. 2.26. Пассажир должен двигаться против хода поезда с той же скоростью. 2.27. Чтобы быть в состоянии покоя относительно вагона. 2.28. 80 км/ч. 2.29. 50 км/ч. 2.30. 80 км/ч, 22,2 м/с. 2.31. 144 км/ч, 40 м/с. 2.32. 1,2 м/с, 4,32 км/ч. 2.33. 1,5 ч. 2.34. 2,5 шага за секунду. 2.35. 300 м. 2.36. 1 ч. 2.37. В 5 раз. 2.38. На озере,  $\frac{t_{\text{ос}}}{t_{\text{п}}} = \frac{v^2 - u^2}{v^2} < 1$ .

3.1. Второй круг в 1,2 раза длиннее. 3.2. Второй участок в 1,2 раза длиннее. 3.3. За первую половину времени в 1,25 раза



*К задаче 1.19*



*К задаче 1.20*



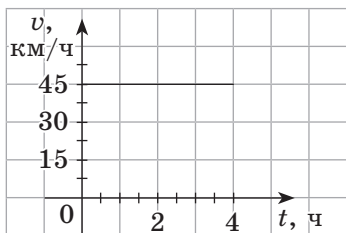
*К задаче 1.21*



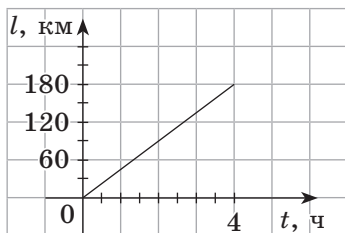
*К задаче 1.22*

больше. **3.4.** Мальчик проехал в 4 раза больший путь, чем прошел. **3.5.** Нет. **3.7.** 80 км/ч. **3.8.** 20 км/ч. **3.9.** 43 км/ч. **3.10.** 96 км/ч. **3.11.** 9,9 км/ч. **3.12.** 44,8 км/ч. **3.13.** 90 км/ч. **3.14.** 10 км/ч. **3.15.** 40 км/ч. **3.16.** 40 км/ч. **3.17.** 42 км/ч, 44,8 км/ч. **3.18.** 8 мин. **3.19.** 2,5 км/ч. **3.20.** 15 км/ч. **3.21.** 19,5 км/ч. **3.22.** 20 км/ч. **3.23.** 5 км. **3.24.** 5 км/ч. **3.25.** 36 км/ч. **3.26.**  $\frac{3}{5}$  пути и  $\frac{1}{5}$  времени. **3.27.** 3 км/ч. **3.28.** 1 ч 12 мин.

**4.1.** См. рисунок. **4.2.** См. рисунок. **4.3.** 60 км/ч. **4.4.** 90 км/ч. **4.5.** 15 км. **4.6.** 540 км. **4.7.** Первого автомобиля, в 2 раза. **4.8.** См. рисунок. **4.9.** См. рисунок. **4.10.** См. рисунок. **4.11.** См. рисунок. **4.12.** См. рисунок. **4.13.** См. рисунок. **4.14.** См. рисунок, 60 км/ч. **4.15.** См. рисунок, 70 км/ч. **4.16.** В графике пути — путь не может уменьшаться. **4.17.** См. график, 50 км. **4.18.** См. график, 9 км. **4.19.** Первый автобус сначала был в городе, второй находился на расстоянии 45 км. Первый начал движение на 45 мин позже. Двигались автобусы в одном направлении. Первый двигался быстрее. 108 км/ч и 45 км/ч, 135 км. **4.20.** Первый поезд находился на станции, второй — на расстоянии 300 км. Первый, на 2 ч. Навстречу друг другу. Второй. 50 км/ч и 75 км/ч. 120 км. **4.21.** См. рисунок, через 1 ч 40 мин, через 2 ч. **4.22.** См. рисунок, на расстоянии 15 км, на расстоянии 135 км. **4.23.** Первый. От 2,5 ч до 3,5 ч. 1 ч. 120 км/ч и 48 км/ч. **4.24.** 100 км/ч, 75 км/ч. **4.25.** 10 км/ч. **4.26.** 4 км/ч, 15,7 км. **4.27.** 52,5 км.

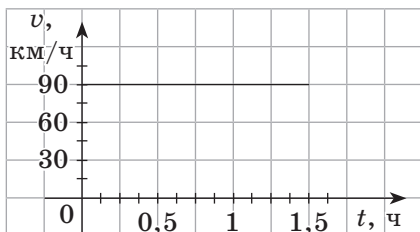


*a*

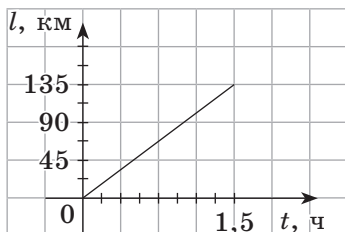


*б*

*К задаче 4.1*

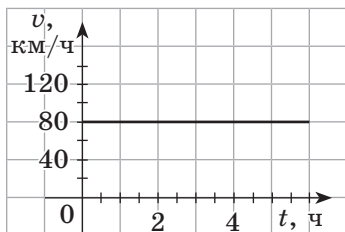


*a*

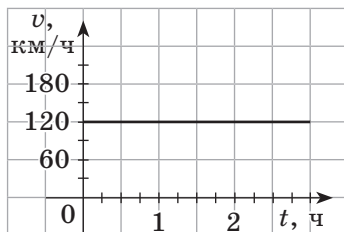


*б*

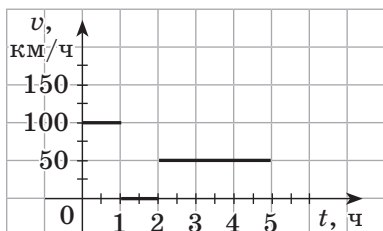
*К задаче 4.2*



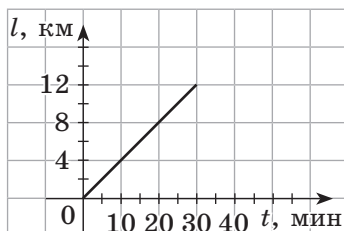
*К задаче 4.8*



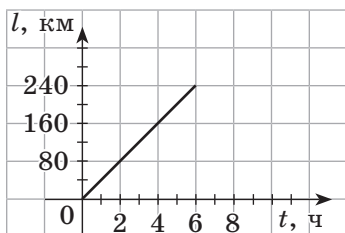
*К задаче 4.9*



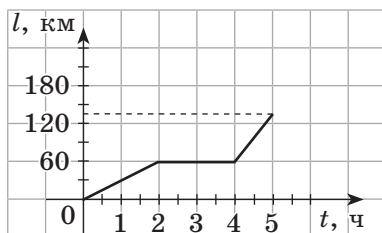
*К задаче 4.10*



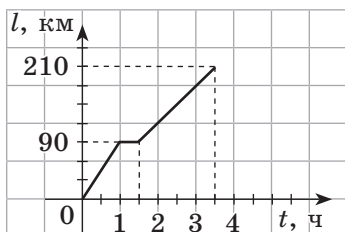
*К задаче 4.11*



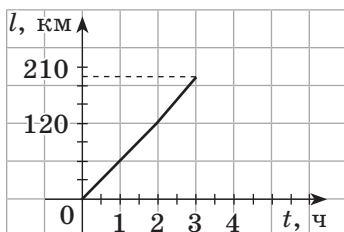
*К задаче 4.12*



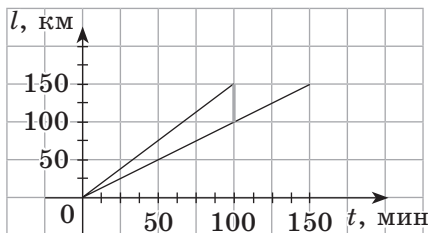
*К задаче 4.13*



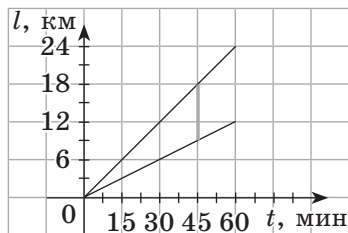
*К задаче 4.14*



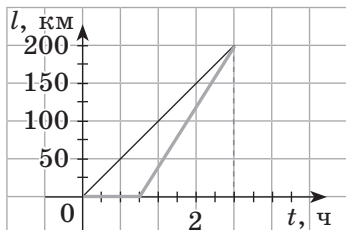
*К задаче 4.15*



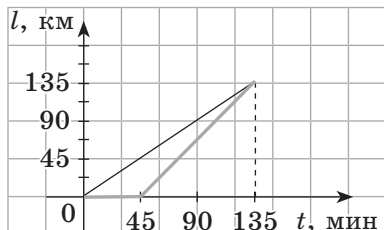
К задаче 4.17



К задаче 4.18



К задаче 4.21



К задаче 4.22

**5.1.** 60 с. **5.2.** 3600 с. **5.3.**  $1/60 \text{ с}^{-1}$ . **5.4.**  $1/3600 \text{ с}^{-1}$ . **5.5.**  $1/3 \text{ с}$ . **5.6.** 0,05 с. **5.7.**  $800 \text{ мин}^{-1} = 13,3 \text{ с}^{-1}$ . **5.8.**  $50 \text{ с}^{-1}$ . **5.9.**  $2 \text{ с}^{-1}$ . **5.10.**  $100 \text{ с}^{-1}$ . **5.11.** 0,125 с. **5.12.** 0,02 с. **5.13.** В 60 раз. **5.14.** В 60 раз. **5.15.** В 120 раз. **5.16.** По часовой стрелке. Период второго колеса меньше, а частота больше в 2 раза. Скорость точек ободов одинаковая. **5.17.** Один из спутников вращается быстрее, чем Марс, а второй — медленнее. **5.18.** 50 м/с.

**6.1.** 1,5 с. **6.2.** 1,5 с (нога осуществляет колебание за 2 шага). **6.3.** 15 Гц. **6.4.** 1,5 Гц. **6.5.** Не изменится. **6.6.** Не изменится. **6.7.** Период уменьшится, частота увеличится. **6.8.** Период увеличится, частота уменьшится. **6.9.** Не изменится. **6.10.** Не изменится. **6.11.** Часы начнут отставать. **6.12.** Вверх. **6.13.** Часы начнут спешить. **6.14.** 4 Гц. **6.15.** 20 Гц. **6.16.** 0,4 с. **6.17.** 2 с. **6.18.** 32 см. **6.19.** 1 см. **6.20.** В крайних точках средняя скорость лампочки намного меньше, чем посередине. **6.21.** 72 тысячи.

**7.1.** Колеблющиеся. **7.2.** Колебание колокола. **7.3.** Пчела. **7.4.** Женщины. **7.5.** Летучие мыши издают ультразвук. **7.6.** Это будет инфразвук. **7.7.** Частота колебаний крыльев бабочки слишком мала. **7.8.** Более сильный удар вызывает большую амплитуду звуковых колебаний. **7.9.** Да. **7.10.** Нет. **7.11.** Нет. **7.12.** Чувствительность уха разная для звуков разных частот. **7.13.** Они воспринимают отраженное от препятствий эхо. **7.14.** Свистки издают ультразвук. **7.15.** Дельфины издают ультразвук. **7.16.** Инфразвук плохо влияет на здоровье. **7.17.** Инфразвук далекого шторма. **7.18.** 680 м/с. **7.19.** 2,72 км. **7.20.** 85 м. **7.21.** За счет звуков, отраженных от стен



и потолка зала. **7.22.** Из-за отражения звука от стен и потолка. **7.23.** Звук доносится до уха сначала по доске, а потом по воздуху. **7.24.** В кабину звук доносится по корпусу и воздуху, находящемуся внутри самолета. **7.25.** Постучать по корпусу станции. **7.26.** Звуки хорошо отражаются от поверхности стекла. **7.27.** Щиты отражают и рассеивают звуки. **7.28.** Звуки извне хорошо отражаются от поверхности воды, звук от подводного крана хорошо распространяется в воде. **7.29.** Нет. **7.30.** В этих материалах звук хорошо поглощается. **7.31.** На 1,8 с. **7.32.** 50 с. **7.33.** Чтобы они усиливали громкость звука благодаря акустическому резонансу. **7.34.** Воздух в цилиндре резонирует, что повышает громкость. **7.35.** 150 м. **7.36.** 11,8 мкс.

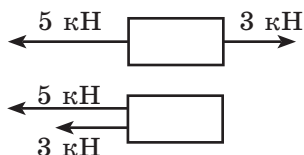
**8.1.** С Землей и столом. **8.2.** С Землей и воздухом. **8.3.** Действие рук игроков, земли и воздуха. **8.4.** Явления инерции. **8.5.** Явления инерции. **8.6.** Явления инерции. **8.7.** При перемещении ленты бутылки могут упасть. **8.8.** Чтобы грузы не передвинулись и не повредились. **8.9.** Чтобы действие перил помогало изменить направление скорости. **8.10.** Можно, если выплескивать воду из лодки в направлении, противоположном выбранному направлению движения. **8.11.** Нет. Шаг в лодке не приведет к заметному передвижению лодки, а шаг на берег вызовет значительное перемещение лодки от берега. **8.12.** Проявление явления инерции. **8.13.** Под действием лямок скорость падения парашютиста значительно уменьшается, поэтому это действие очень заметно. **8.14.** Высокие подголовники уберегут водителя и пассажиров от резкого откидывания головы назад. **8.15.** Вследствие явления инерции. **8.16.** Чем больше была масса наковальни по сравнению с массой молотка, тем меньшую скорость приобретала наковальня и менее заметными для атлета были удары. **8.17.** Пассажира прижимает к сиденью. **8.18.** Чтобы раскачиваться вместе с вагоном, пассажир должен взаимодействовать с перилами или другими телами, жестко закрепленными в вагоне. Или балансировать, чтобы удержать равновесие. **8.19.** Влево относительно салона автобуса. **8.20.** Явление инерции. Одеяду придает скорость, а потом останавливают, пыль по инерции продолжает двигаться и вылетает из одеяла. **8.21.** Вытряхивая, одеяло останавливают, а пыль продолжает двигаться; выбивая, одеяду придает скорость, а пыль остается в покое. **8.22.** Будет: назад при увеличении скорости и вперед при уменьшении скорости. **8.23.** Форму наклонной плоскости: наклон вниз к кабине при разгоне и наклон вниз к задней стенке кузова при торможении. **8.24.** В наполовину заполненной цистерне при транспортировке поверхность жидкости будет колебаться, что приведет к колебаниям цистерны. **8.25.** Жесткое сцепление действует на буксируемый автомобиль, как вперед так и назад, а трос — только вперед. **8.26.** Вода, выбрасываемая назад, действует на тело моллюска и толкает его вперед. **8.27.** Бросить

в направлении, противоположном направлению движения станции. По направлению движения станции. **8.28.** Нет. **8.29.** Сцепки между вагонами имеют небольшой свободный ход. Локомотив перемещается назад — сцепки перестают быть натянутыми, потом вперед и тянет сначала первый вагон, потом второй и т. д. Сдвинуть вагоны поочередно намного проще, чем все сразу. **8.30.** Вращающееся колесо, имеющее большую массу обода, обладает большей инертностью, следовательно, поворачивать его тяжелее, чем колесо с меньшей массой обода.

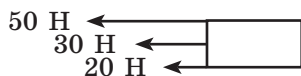
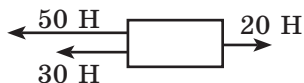
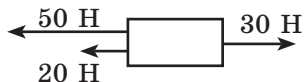
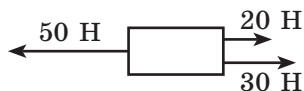
**9.1.** Первый шарик, в 2 раза. **9.2.** Вторая тележка, в 5 раз. **9.5.** 5 м/с. **9.6.** 100 кг. **9.7.** 32 т. **9.8.** 40 г. **9.9.** 1000 Н. **9.10.** 1000 Н. **9.11.** Равнодействующая равна нулю. **9.12.** В направлении движения. **9.13.** Противоположно направлению движения. **9.14.** Останавливаться. **9.15.** 1 м/с. **9.16.** На запад со скоростью 0,1 м/с. **9.17.** 2 м/с. **9.18.** 0,2 м/с. **9.19.** 5 м/с. **9.20.** 20 м/с. **9.21.** Канат находится в состоянии покоя. Равнодействующая равна нулю. Сила натяжения каната 800 Н. **9.22.** 100 Н, 0. **9.23.** От 2 кН до 8 кН, см. рисунок. **9.24.** 0, 40 Н, 60 Н, 100 Н, см. рисунок. **9.25.** Масса куба в 4 раза больше. **9.26.** 13 м/с. **9.27.** Более массивная планета действует с большей силой на звезду и вызывает более заметное ее «покачивание».

**10.1.** Да. **10.2.** Да. **10.3.** Сила тяжести действует на мальчика. Вес мальчика действует на парту. **10.4.** Сила тяжести действует на камень. Вес камня действует на дорогу. **10.5.** 500 Н. **10.6.** 8 кН.

**10.7.** 600 Н. **10.8.** 160 Н. **10.9.** Днем Солнце ближе к нам, поэтому притяжение сильнее. **10.10.** На космодроме сильнее, так как космонавт находится ближе к Земле. **10.11.** К воздуху. **10.12.** К воде. **10.13.** Нет. **10.14.** Нет. **10.15.** Нет. Причина невесомости заключается в том, что тела в космосе движутся без опоры (или подвеса). Если на орбитальной станции включить двигатели, то космонавты ощутят появление веса. **10.16.** Нет. **10.17.** В случае *д*. **10.18.** 35 кг. **10.19.** 20 кг. **10.20.** 40 кН, 120 кН. **10.21.** 500 Н. **10.22.** 27 Н. **10.23.** 5 кН. **10.24.** 0,02 м<sup>3</sup>. **10.25.** Да, но значительно меньшую. **10.26.** Одинаковой. **10.27.** Нет. **10.28.** Да. **10.29.** Сила притяжения не изменяется, вес то уменьшается до нуля, то увеличивается.



К задаче 9.23

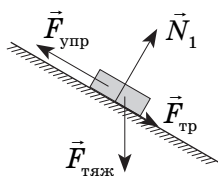


К задаче 9.24

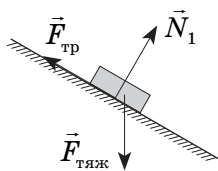
**10.30.** Да, в момент, когда на миг остановился, прежде чем схватится за кольца.

**11.1.** 0,75 Н. **11.2.** 90 Н. **11.3.** 0,5 Н. **11.4.** 0,6 Н. **11.5.** 5 см. **11.6.** 8 см. **11.7.** 5 см. **11.8.** 2 см. **11.9.** 800 г. **11.10.** 20 Н, на 25 мм. **11.11.** 40 Н/м. **11.12.** 40 Н/м. **11.13.** Нет, только при малых удлинениях сохраняется прямая пропорциональность между удлинением и силой, растягивающей пружину. **11.14.** В 2,5 раза. **11.15.** 24 Н, 34 Н. **11.16.** 0,25 Н/дел. **11.17.** 2 мм. **11.18.** 10 см. **11.19.** 10,5 см.

**12.1.** Нет. **12.2.** Нет. **12.3.** Да. **12.4.** Сила трения между гвоздем и доской. **12.5.** 20 Н. **12.6.** 40 Н. **12.7.** 12 Н. **12.8.** 3 Н. **12.9.** Сила трения покоя. **12.10.** У шелка очень маленький коэффициент трения, и сила трения в узле слишком мала, чтобы надежно его зафиксировать. **12.11.** Водитель должен держать большую дистанцию относительно других автомобилей и уменьшить скорость, ведь тормозной путь на скользкой дороге больший, чем обычно. **12.12.** Чтобы едущие позади водители выбрали безопасную дистанцию — автомобиль с шипами на шинах может резко затормозить даже на скользкой дороге. **12.13.** Поскольку трение скольжения заменяется более слабым жидким трением. **12.14.** Когда пишут мелом, от него откалываются крошки и остаются на доске вследствие трения. Если доска влажная, трение намного меньше. **12.15.** Если поверхность стола негоризонтальная, лежащее на столе тело под действием силы притяжения соскальзывает. Сила трения этому мешает. Между шариком и столом сила трения очень мала, поэтому шарик покатится даже при малых углах наклона стола. **12.16.** 0,3. **12.17.** 24 Н. **12.18.** На горизонтальном участке нет, а вверх — действует. **12.19.** Сила трения покоя. **12.20.** Больше 300 Н. **12.21.** Может, например, между рукой и верхней обложкой. **12.22.** Сила трения покоя. **12.23.** Сила трения покоя между поверхностями шин и дороги помогает, сила трения между деталями и сила сопротивления воздуха — мешают. **12.24.** а) Сила трения покоя; б) сила трения скольжения. **12.25.** Ближе к заднему борту. **12.26.** Тяжелее. **12.27.** Под ведущие. **12.28.** Чтобы увеличить силу трения покоя между подошвами и поверхностью беговой полосы. Эта сила позволяет спортсмену разогнаться. **12.29.** При перепиливании бревно проседает и края пропила с большей силой начинают давить на пилу. Возникает большая сила трения. **12.30.** У натянутой проволоки практически нет боковой поверхности, на которую может действовать сила трения и мешать резать. **12.31.** См. рисунок. **12.32.** См. рисунок. **12.33.** Постепенно увеличивалась до 2 Н. Если



К задаче 12.31

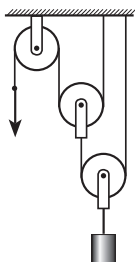


К задаче 12.32

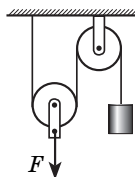
динамометр будет показывать 2,5 Н, калькулятор будет двигаться с возрастающей скоростью, сила трения при этом будет 2 Н. **12.34.** 4 Н, будет находиться в состоянии покоя, будет двигаться, увеличивая скорость. **12.35.** Жидкое трение заменяется трением скольжения. **12.36.** 3 Н. **12.37.** 10 см. **12.38.** Два верхних учебника легче в 2,5 раза. **12.39.** 6 т. **12.40.** 80 т. **12.41.** При попытках сдвинуть тележку стержень старается повернуться против часовой стрелки и увеличивает силу давления на поверхность тележки. При достаточном коэффициенте трения между стержнем и тележкой максимальная сила трения покоя всегда будет больше силы, действующей на тележку вправо. Тележка с места не сдвинется.

**13.1.** 40 Н. **13.2.** 100 Н. **13.3.** 20 см. **13.4.** 50 см. **13.5.** 60 Н. **13.6.** 10 кг. **13.7.** Вниз 1,6 Н. **13.8.** Слева на расстоянии 4 единичных отрезков от опоры, вниз. **13.9.** Вверх, 12,8 Н. **13.10.** Слева на расстоянии 4 единичных отрезков от оси, вверх. **13.11.** Масса первого груза 10 кг, второго — 40 кг. **13.12.** Масса первого груза 48 кг, второго — 32 кг. **13.13.** На расстоянии 50 см от точки приложения большей силы. **13.14.** 37,5 см. **13.15.** 20 см. **13.16.** На расстоянии 2 м от края стола вверх. **13.17.** 12 кг. **13.18.** 5,5 кг. **13.19.** 5 кг. **13.20.** 30 г. **13.21.** 145 Н и 205 Н. **13.22.** Если приложить горизонтальную силу к шкафу далеко от ножек, то момент этой силы относительно оси, проходящей через нижний край шкафа, становится больше момента силы тяжести относительно той же оси.

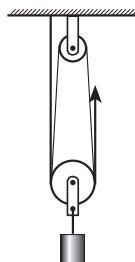
**14.1.** 700 Н. **14.2.** На 2 м. **14.3.** В 2 раза. **14.4.** 200 Н. **14.5.** На 36 см. **14.8.** Для удобства. Неподвижный блок позволяет изменить направление веревки, на которой висит подвижный блок. **14.9.** Если трения нет, то сила натяжения равна весу груза; если трение есть, то сила натяжения больше веса груза. **14.10.** Если трения нет, то сила натяжения равна весу груза; если трение есть, то сила натяжения меньше веса груза. **14.11.** Крайние грузы вдвое легче центрального. **14.12.** См. рисунок. **14.13.** 1025 Н. **14.14.** 25 кг. **14.15.** См. рисунок. Может. В силе будет проигрыш. **14.16.** 10 кг. **14.17.** 40 кг. **14.18.** В 8 раз, 100 Н. **14.19.** 320 кг. **14.20.** 30 см. **14.21.** 500 Н,



К задаче 14.12



К задаче 14.15



К задаче 14.22

300 Н. **14.22.** См. рисунок. **14.23.** 40 см. **14.24.** Так, чтобы левый упор находился на расстоянии  $\frac{9L-12l}{10}$  от левого края балки.

**15.1.** Для увеличения давления за счет уменьшения площади контакта с режущей поверхностью. **15.2.** Давление увеличится вдвое, сила давления не изменится. **15.3.** Давление уменьшится, сила давления не изменится. **15.4.** 120 Н, 3 кПа. **15.5.** 3200 МПа. **15.6.** Вследствие увеличения площади опоры тело создает меньшее давление. **15.7.** Сила давления не изменилась, давление уменьшилось. **15.8.** Площадь опоры максимальная, а давление минимальное. **15.9.** Увеличить. Площадь опоры увеличится, давление уменьшится. **15.10.** 10 МПа. **15.11.** 2,5 кПа. **15.12.** Да, давление, создаваемое булавками, достигает 1,25 МПа, т. е. больше 1 МПа. **15.13.** 10 МПа. **15.14.** 2,5 кг. **15.15.** 64 кг. **15.16.** 6,25 см. **15.17.** 40 т. **15.18.** 1,6 м. **15.19.** Уменьшает в 100 раз. **15.20.** Большой кубик имеет в 27 раз больший вес и создает в 3 раза большее давление. **15.21.** 2 кПа, 4 кПа, 10 кПа. **15.22.** Для увеличения зоны контакта шин с дорогой и уменьшения давления на грунт. **15.23.** Бесконечно большим. **15.24.** Поверхность стола может выдержать большее давление, чем поверхность песка, поэтому шарик погружается в песок, что приводит к возникновению значительной силы сопротивления движению. **15.25.** Для уменьшения зоны контакта и уменьшения силы сопротивления движению. **15.26.** 1 кПа. **15.27.** 7,8 кПа. **15.28.** 0,045 м<sup>2</sup>. **15.29.** Второй цилиндр создает в 4 раза большую силу давления и имеет плотность 1200 кг/м<sup>3</sup>. **15.30.** 15,6 кПа. **15.31.** Сила давления в 20 тысяч раз меньше, давление в 27 раз меньше.

**16.1.** При повышении температуры давление газов возрастает. **16.2.** При увеличении концентрации молекул давление газов возрастает. **16.3.** При уменьшении температуры давление газов уменьшается и давление воздуха извне сжимает бутылку. **16.4.** При строительстве 16-этажного. Трубы должны выдерживать большее давление воды. **16.5.** 120 кПа. **16.6.** 16 кПа. **16.7.** 5 МПа. **16.8.** Давление воздуха внутри шарика, возросшее вследствие нагрева. **16.9.** Понижится, вследствие нагрева воздуха внутри колбы, будет создавать на воду повышенное давление. **16.10.** 80 кПа (между 1-м и 5-м этажами 4 пролета). **16.11.** 0,180 МПа. **16.12.** 15,7 кН. **16.13.** 200 Н. **16.14.** 25 кПа. **16.15.** При нагреве давление газов значительно возрастает и баллон может разлететься на осколки. **16.16.** Чтобы при нагреве газ не разорвал колбу (при работе лампы сильно нагреваются). **16.17.** Давление воды увеличится за счет увеличения уровня воды. **16.18.** Давление воды увеличится. **16.19.** Левый конец. Капля вернется к середине трубки. **16.20.** Уменьшится за счет дополнительного давления столбика воды. **16.21.** Вода выливается, давле-

ние внутри падает, и стенки бутылки сжимаются воздухом снаружи. **16.22.** В первом сосуде находится жидкость в 1,25 раза гуще. **16.23.** В первом сосуде в 1,5 раза больше. **16.24.** В 4 раза. **16.25.** 1 м. **16.26.** Первый сосуд на глубине 10 см, второй вообще не будет деформироваться, поскольку давление снаружи и внутри одинаковое. **16.27.** Чтобы было одинаковым давление на дно — до одинаковой. Чтобы была одинаковой сила давления на дно — в первый сосуд надо налить воды до большей высоты. **16.28.** Масса 12,5 см, воды 7,5 см. **16.29.** В стакане с водой на 5 см. **16.30.**  $\frac{1}{3} \pi R^3$ .

**17.1.** Сила давления возрастет. От высоты столбика увеличение силы не зависит. **17.2.** Вода будет выливаться из трубки. **17.3.** Давление повсюду одинаковое. **17.4.** Уровни воды в баке и трубке одинаковы, так как это сообщающиеся сосуды. **17.5.** Нет, давление возрастает по мере углубления в пещеру. **17.6.** Да. **17.7.** 700 Па. **17.8.** Если мальчик подует в трубку *a*, то из трубки *b* начнет вытекать вода; если в трубку *b*, то из трубки *a* начнет выходить воздух. **17.9.** Воздух, выдыхаемый человеком, создает избыточное давление внутри прибора, и цилиндр, погруженный в воду вверх дном, поднимается. На шкале можно видеть объем воздуха, который выдохнул человек. **17.10.** Нет. **17.11.** Нет. **17.12.** В правом. **17.13.** Если трубка не имеет узлов или других препятствий для перетекания воды, то уровни воды возле обоих концов трубки должны быть одинаковым (сообщающиеся сосуды). **17.14.** 7 кПа. **17.15.** Ртуть. **17.16.** Да, справа налево. **17.17.** Да, слева направо. **17.18.** Уровень воды и давление на дно увеличатся. **17.19.** Уровень воды и давление на дно увеличатся. **17.20.** Сначала открыть ворота 1 и, после того как наполнится первая шлюзовая камера, завести в нее судно. Потом закрыть ворота 1 и открыть ворота 2. После того как уровень воды в первой и второй камерах сравняется, перевести судно во вторую камеру и закрыть ворота 2. Далее последовательно открывать и закрывать ворота 3 и 4, что позволит опустить судно до уровня воды после плотины. **17.21.** В левом колене высота жидкости выше в 1,25 раза. **17.22.** 31,25 см. **17.23.** 16 см. **17.24.** 20,3 см. **17.25.** На 5 см. **17.26.** На 4,8 см. **17.27.** 13,8 см.

**18.1.** На уровне ртути в чашке, атмосферному. **18.2.** На 1-м этаже. **18.3.** Атмосферное давление. **18.4.** Давление внутри шприца становится меньше атмосферного. **18.5.** Внутри кинескопов безвоздушное пространство, атмосферное давление снаружи не компенсируется. **18.6.** 1470,6 мм рт. ст. **18.7.** 51,68 кПа. **18.8.** Если сначала выгнать воздух из груши, сжимая ее, а потом погрузить трубку в жидкость и грушу отпустить, то за счет распрямления груши внутри образуется разрежение, и туда направится жидкость. **18.9.** Такое же давление и внутри тела человека. **18.10.** Снизу на парту действует такая же

сила, что и сверху. **18.11.** Случай *а*. **18.12.** Атмосферное давление глубоко в шахте значительно больше, чем на поверхности. Оно препятствует образованию пузырьков. **18.13.** Атмосферное давление на высоте меньше, и стенки бутылки с большей силой будут растягивать газ внутри. **18.14.** 778,5 мм рт. ст. **18.15.** 264 м. **18.16.** Водяной. **18.17.** 748 см вод. ст. **18.18.** 184 мм рт. ст. **18.19.** В 100 раз. **18.20.** Можно, разность давлений внутри и снаружи направит жидкость в шприц. **18.21.** Нет. Жидкость не имеет веса и не создает гидростатического давления. **18.22.** Будет. **18.23.** Нет, его показания будут зависеть от атмосферного давления. **18.24.** При увеличении — вправо, при уменьшении — влево. **18.25.** Пленка втянется вглубь трубки. **18.26.** 0,68 Н, вправо. **18.27.** 150 мм. **18.28.** 8,7 кН. **18.29.** 694 мм рт. ст., 66 мм. **18.30.** К тому, что слева, в 4,5 раза. **18.31.** Под действием атмосферного давления поднимается. **18.32.**  $5,1 \cdot 10^{19}$  МН. **18.33.** Она будет снижаться, а из свободного конца трубки будет вытекать вода.

**19.1.** На 10,3 м. **19.2.** 2 кН. **19.3.** 200 кН. **19.4.** 12 кН. **19.5.** 100 см<sup>2</sup>. **19.6.** 4 см<sup>2</sup>. **19.7.** В 20 раз. **19.8.** В сосуде давление на 4 кПа больше атмосферного. **19.9.** 72,8 кПа. **19.10.** Жидкость, в отличие от газов, практически несжимаема. **19.11.** 2 дм<sup>2</sup>. **19.12.** 3375 кг, 1,125 МПа. **19.13.** В 18 раз. **19.14.** 500 Н. **19.15.** 1,2 кН. **19.16.** Для насоса 1 — от атмосферного давления, для насоса 2 — от прочности деталей и труб. Насос 1 сможет поднять только на 10 м, насос 2 — на какую угодно (определяется прочностью деталей и труб). **19.17.** Вверх. **19.18.** В случае *б*. **19.19.** Если сжать резиновую муфту, то вода выдавливается вверх через верхний клапан, если отпустить муфту, то за счет упругости резины вода через нижний клапан впитывается вглубь муфты. **19.20.** Водяной. **19.21.** Уменьшится в 13,6 раза. **19.22.** 1050. **19.23.** 8,1 кН, давление в первом резервуаре 500 кПа, во втором — 4,5 МПа.

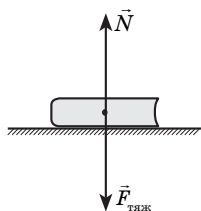
**20.1.** Архимедова сила. **20.2.** Во всех случаях архимедова сила одинакова. **20.3.** Сила тяжести и архимедова сила. **20.4.** 0,2 Н. **20.5.** 1,2 л. **20.6.** Нет, вес тела не теряют, вес прикладывается полностью или частично к воде. **20.7.** Горящий бензин плавает на поверхности воды. Тушат бензин и другие нефтепродукты пеной. **20.8.** Нет. **20.9.** Нет. **20.10.** По мере углубления сила давления на верхнюю и нижнюю поверхности возрастает одинаково, разность сил давлений не изменяется. **20.11.** В 1,25 раза. **20.12.** 10 Н. **20.13.** 1800 кг/м<sup>3</sup>. **20.14.** 2 Н. **20.15.** 288 Н, на 240 Н. **20.16.** 2 Н. **20.17.** 1,5 Н. **20.18.** На 1,5 Н. **20.19.** 2,92 Н. **20.20.** Показания динамометра при наличии пузырьков будут меньшими, чем при их отсутствии. **20.21.** Нарушится, медное тело перевесит. **20.22.** Нарушится, тело справа перевесит. **20.23.** Нет. **20.24.** Архимедова сила будет изменяться по мере изменения тяготения. **20.25.** 4/5. **20.26.** 1/5. **20.27.** 5 см<sup>3</sup>. **20.28.** 2,4 кг, 2400 кг/м<sup>3</sup>. **20.29.** 1500 кг/м<sup>3</sup>.



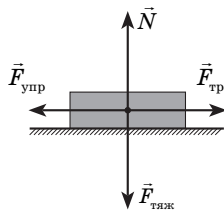
**20.30.** 2000 Па. **20.31.** 2,25 см. **20.32.** Весы покажут увеличение силы, действующей на них. **20.33.** На 0,2 Н. **20.34.** Чтобы не давать погрешности при взвешивании, разновесы должны иметь одну и ту же плотность, что и взвешиваемые тела.

**21.1.** В воде может, в керосине — нет. **21.2.** В ртути или в расплавленной меди. **21.3.** В воде будет, в керосине — нет. **21.4.** Нет. **21.5.** 700 кг/м<sup>3</sup>. В машинном масле тело будет плавать. **21.6.** 4970 кг. **21.7.** 2 Н. **21.8.** 60 кг. **21.9.** Средняя плотность судна меньше плотности воды. **21.10.** В воде кастрюля утонет, а в ртути — будет плавать. **21.11.** Увеличится. **21.12.** Выталкивающая сила не изменится, осадка увеличится. **21.13.** Выталкивающая сила одинакова. Вес тоже одинаков. **21.14.** На 4,8 см. **21.15.** 40 см. **21.16.** 0,75 кг/м<sup>3</sup>. **21.17.** 900 кг. **21.18.** Уровень воды в большой кастрюле снизится. Вес не изменится. **21.19.** Верхняя часть ареометра будет выступать из жидкости по мере изменения ее плотности. Температура влияет на точность потому, что плотность жидкости и объем ареометра изменяются. **21.20.** 4,9 мм. **21.21.** 21. **21.22.** 52,3 т. **21.23.** Уменьшилась на 0,5 м. **21.24.** 30 000 т. **21.25.** 3870 Н. **21.26.** В 1,3 раза. **21.27.** 5,55 км. **21.28.** Не изменится. Понизится. **21.29.** Плотность воды увеличивается, и яйца не касаются накаливаемого дна кастрюли. **21.30.** Когда плотность сиропа достигает нужного значения, картофелялина всплывает. **21.31.** Будет. **21.32.** При нажатии на стенки бутылки воздух в пробирке сжимается, средняя плотность пробирки увеличивается, и она тонет. **21.33.** На границе воды и ртути. В воде будет 0,46 объема шарика.

**22.1.** Нет. **22.2.** См. рисунок. Нет. **22.3.** См. рисунок. Сила упругости совершает положительную работу, а сила трения — отрицательную. **22.4.** Сила трения скольжения выполняет отрицательную работу. **22.5.** 1 Дж. **22.5.** 750 кДж. **22.7.** Может, например, когда сила трения покоя между дорогой и шинами сдвигает с места автомобиль. **22.8.** 9 МДж. **22.9.** 40 Дж. **22.10.** 200 Н. **22.11.** 50 Н. **22.12.** 5 м. **22.13.** 20 м. **22.14.** Сила притяжения не выполняет работу по перемещению спутника на круговой орбите или автомобиля на горизонтальной дороге, сила упругости веревки, на которой раскачивается тело, также не выполняет работу. **22.15.** 100 кПа. **22.16.** 10 МПа.



К задаче 22.2



К задаче 22.3



**22.17.** 4 м. **22.18.** 30 км/ч. **22.19.** 0,2 Дж. **22.20.** 1,5 Дж. **22.21.** 5 Дж. **22.22.** 179 кДж. **22.23.** 1,6 кДж.

**23.1.** Работы одинаковы. Мощность лифта больше. **23.2.** Одиннадцатиклассник выполнил большую работу и развивал большую мощность. **23.3.** 100 Вт. **23.4.** 100 кВт. **23.5.** Увеличить в 2 раза. **23.6.** Работу выполнил одинаковую. Развивал большую мощность при подъеме человека, который шел. **23.7.** При взлете. **23.8.** За 41 мин 40 с. **23.9.** За 2 ч. **23.10.** 2,6 МВт. **23.11.** 18,4 МВт. **23.12.** 120 кВт. **23.13.** 1,5 кН. **23.14.** 50 кН. **23.15.** 10 м/с. **23.16.** 0,2 м/с. **23.17.** Нет, при увеличении скорости возрастает сила сопротивления движения. **23.18.** Сила сопротивления движения для такого судна значительно меньше, чем для обычного. **23.19.** 32 Вт. **23.20.** 60 кПа, 60 Вт. **23.21.** 100 м, 1 МПа. **23.22.** 1,5 МВт. **23.23.** 2000 т. **23.24.** 2 мин. **23.25.** 50 с.

**24.1.** Увеличивается. **24.2.** Возросла. **24.3.** Возросла на 40 Дж. **24.4.** 100 МДж. **24.5.** 200 Дж. **24.6.** Выполняет, кинетическая энергия автомобиля увеличивается. **24.7.** 100 Дж. **24.8.** Кинетическая энергия уменьшается, потенциальная — увеличивается. **24.9.** Потенциальная энергия переходит в кинетическую, потом в потенциальную деформированного шарика, потом в кинетическую, и снова в потенциальную. **24.10.** 60 кг. **24.11.** 6 Дж, 6 Дж. **24.12.** 31,25 Дж. **24.13.** 900 кДж, 900 кДж. **24.14.** 160 кДж. **24.15.** 4 Дж, 4 Дж перед ударом о землю, потенциальная энергия будет равна нулю. **24.16.** Нет. **24.17.** Нет. **24.18.** В обоих случаях уменьшается. **24.19.** Автомобиль разгоняется, кинетическая энергия увеличивается, тормозит — уменьшается. На горизонтальной дороге сила притяжения не совершает работу, поэтому потенциальная энергия не изменяется. На наклонном участке, если автомобиль движется вверх, сила тяжести совершает отрицательную работу и потенциальная энергия увеличивается, если вниз — наоборот. **24.20.** Потенциальная и кинетическая энергия ракеты возрастают, и ее механическая энергия не сохраняется, так как двигатели совершают работу. **24.21.** Потенциальная энергия переходит в кинетическую, а когда санки останавливаются — в другие виды. **24.22.** Если сопротивления воздуха нет, скорость будет такой же, если сопротивление воздуха есть, скорость будет меньше. **24.23.** 1,5 кН. **24.24.** 10 Н. **24.25.** 4 м. Потенциальная энергия груза возросла на 2,8 кДж. **24.26.** 6 м. Потенциальная энергия груза возросла на 4,8 кДж. **24.27.** 20 м. **24.28.** 5 м. **24.29.** Потенциальная энергия возрастает, механическая энергия возрастает. Работа по подъему шара совершается за счет уменьшения потенциальной энергии воздуха, опускающегося на место шара. **24.30.** Потенциальная энергия переходит в кинетическую и наоборот. Сила натяжения нити работу не выполняет. Сила тяжести выполняет то положительную, то отрицательную работу. **24.31.** В городе нужно часто разгоняться после потери кинетической энергии при торможе-

нии. **24.32.** 75 Дж, 150 Дж. В первом случае робота вызовет только увеличение потенциальной энергии, а во втором сумка приобретет, кроме потенциальной, еще и кинетическую энергию. **24.33.** Кинетическая энергия больше в 9 раз. **24.34.** Потенциальная, в 15 раз.

**24.35.**  $\sqrt{\frac{3}{8} \cdot \frac{v^2}{g}}$ . **24.36.** 200 Дж. **24.37.** 0,2 Дж. **24.38.** 1,2 кДж.

**24.39.** 46,9 кДж. **24.40.** Потенциальную, 1 Дж. **24.41.** 2 м.

**25.1.** В расстоянии, в 4 раза. **25.2.** Нет. **25.3.** Нет. **25.4.** 90 %. **25.5.** 90 %. **25.6.** 70 %. **25.7.** 24 см. **25.8.** Опустилась на 8 м. **25.9.** 180 Н. **25.10.** 90 %. **25.11.** 80 %. **25.12.** 75 %. **25.13.** Вес мальчика распределен поровну между двумя канатами, поэтому для удержания он прикладывает силу, равную половине его веса. **25.14.** 400 Н. **25.15.** 500 Н. **25.16.** 250 Н. **25.17.** 250 Н. **25.18.** 1 т. **25.19.** 0,4 м, 30 Н. **25.20.** 80 %. **25.21.** 125 %, если груз подвешен к короткому плечу, и 93,75 %, если к длинному. КПД больше 100 %, в первом случае получен за счет того, что поднимать груз помогает сила тяжести, действующая на трубу. **25.22.** 625 Н. **25.23.** 150 кг. **25.24.** 130 Н. **25.25.** 151 кН. **25.26.**  $F = 400$  Н.

**26.1.** Кирпич остынет, вода нагреется, их температуры сравняются. **26.2.** Чтобы установилось тепловое равновесие. **26.3.** Капелька будет подниматься. **26.4.** В сосуде 1 температура ниже температуры в комнате, в сосуде 2 — выше. **26.5.** Чтобы вернуть ртуть в резервуар на конце термометра. **26.6.** Подогревать аквариум нужно, температура в комнате 17,6 °С. **26.7.** Температуру тела мальчика нужно снизить на 1,2 °С. **26.8.** Показания термоскопа зависят от атмосферного давления, которое изменяется. **26.9.** Тепловое расширение жидкости не зависит от атмосферного давления. **26.10.** 4 °С. **26.11.** 30 мм. **26.12.** Нет. **26.13.** При нагревании столбик жидкости сокращался бы, а не удлинялся. **26.14.** Во втором случае, так как в случае теплового контакта с каплей термометр может значительно изменить температуру воды. **26.15.** Поместить термометр в стакан, наполненный большим количеством жуков. **26.16.** Поместить термометр себе под мышку, а потом его встряхнуть.

**27.1.** В воде увеличится, при подъеме на второй этаж не изменится. **27.2.** Кинетическая энергия молекул возрастет, потенциальная практически не изменится. **27.3.** В первом случае ладони нагреются вследствие теплообмена, а во втором — работы. **27.4.** Теплообменом с горячим телом. **27.5.** Вследствие теплопроводности. **27.6.** Чтобы радиаторы хорошо проводили тепло. **27.7.** Для теплоизоляции. **27.8.** За счет конвекции нагретая вода поднимается вверх. **27.9.** Нагретая вода поднимается вверх. **27.10.** В результате излучения. **27.11.** Чтобы термометр нагревался воздухом, а не солнечными лучами. **27.12.** Возрастет. Внутренняя энергия большого шарика

больше возрастет. **27.13.** Энергия, которая передается жидкости при теплообмене, идет на выполнение работы жидкостью по увеличению собственной потенциальной энергии. **27.14.** Сила трения выполняет работу, которая нагревает доску и производит поджог мха. **27.15.** Чтобы не обжечь ладони. **27.16.** Внутренняя энергия проволоки возрастает за счет работы. **27.17.** Сначала повышается внутренняя энергия газа над водой в пробирке, потом пробка приобретает кинетическую энергию вследствие уменьшения внутренней энергии газа. **27.18.** Тело надо охлаждать. **27.19.** Можно, в этом случае тепло снаружи не будет попадать под одеяло. **27.20.** Создают теплоизоляции. **27.21.** Случай *a* — летом, *b* — зимой. **27.22.** Теплопроводность стенок уменьшается за счет накипи. **27.23.** Теплопроводность воды значительно больше, чем воздуха. **27.24.** Дым поднимает теплый воздух. **27.25.** Холодный воздух от окон опускается в комнате к полу и нагревается от радиаторов. **27.26.** Если бросить кусок льда в воду. **27.27.** Для охлаждения потоком воздуха снаружи. **27.28.** За счет тепла, передающегося баку солнечными лучами. Бак надо расположить на солнце и покрасить в черный цвет. **27.29.** Снег грязный в городе, поскольку лучше поглощает тепло, которое переносят солнечные лучи. **27.30.** Чтобы по возможности меньше нагревались солнечными лучами. **27.31.** Теплопроводность и конвекция, а в более дорогих и излучение (благодаря специальному покрытию стекла). **27.32.** Воздух откачивают для уменьшения теплопроводности, а покрывают полированным металлом для уменьшения излучения. **27.33.** Теплопроводность, излучение и конвекция. **27.34.** При движении внутренняя энергия, а значит, и температура тела, не снизятся до опасного уровня. **27.35.** При падении на стальную плиту и подпрыгивании остается практически неизменной. При падении на песок — увеличивается. **27.36.** Болванка нагревается за счет работы, которую над ней выполняет кузнец. **27.37.** Работа силы сопротивления движению в воздухе. Эта работа увеличивает внутреннюю энергию метеорного тела. **27.38.** За счет кинетической энергии метеорита на поверхности Земли образовался кратер, а вещество метеорита испарилось. **27.39.** От ложки к воде: теплообмен идет от тела с большей температурой к телу с меньшей. **27.40.** В смеси глины и соломы значительное количество маленьких полостей, которые заполнены воздухом, который проводит тепло хуже, чем жидкости или твердые тела. **27.41.** Металл быстро «уносит» тепло, и нить не нагревается до температуры сгорания. **27.42.** Металл будет казаться значительно теплее дерева. **27.43.** Вода не дает нагреться бумаге до температуры сгорания. **27.44.** На нижней части, поскольку теплый воздух возле окна охлаждается и опускается вниз. Внизу окно холоднее. **27.45.** Подождать 5 мин и налить молоко. **27.46.** Бездействует архимедова сила и не происходит

естественная конвекция. **27.47.** В кирпичной трубе теплый воздух охлаждается меньше, чем в металлической. **27.48.** Солнечные лучи нагревают почву и растения, а стекло или прозрачная пленка мешает теплопередаче, конвекции и излучению «уносить» тепло наружу. **27.49.** На север, так как солнечные лучи не обогревают квартиры через окна. **27.50.** Воздух нагревается от накаливаемой поверхности Земли. **27.51.** Вода имеет аномалию в тепловом расширении: при  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ее плотность наибольшая и вода с такой температурой располагается у дна. **27.52.** Воздух нагревается возле поверхности Земли, поднимается, расширяется, т. е. выполняет работу, и вследствие этого уменьшает внутреннюю энергию. Температура воздуха значительно уменьшается. **27.53.** За счет малой теплопроводности кратковременные колебания температуры не влияют на показания термометра, а значительные по сроку повышения либо понижения температуры термометр будет фиксировать.

**28.1.** Второй сосуд. **28.2.** 920 Дж. **28.3.** 1840 Дж. **28.4.** Для повышения температуры 1 кг воды на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  нужно увеличить ее внутреннюю энергию на 4200 Дж. **28.5.** Для повышения температуры 1 кг меди на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  нужно увеличить ее внутреннюю энергию на 400 Дж. **28.6.** Алюминиевая деталь отдала большее количество теплоты. Внутренняя энергия медной детали изменилась меньше всего. **28.7.** Водная система, так как вода имеет большую теплоемкость. **28.8.** В Гавре, ведь он расположен на берегу моря. **28.9.** На нагревание воды. **28.10.** У второго металла, так как для нагревания до той же температуры для него нужно большее количество теплоты. **28.11.** 171,5 кДж. **28.12.** 540 кДж. **28.13.** 7 кДж. **28.14.** 550 кДж. **28.15.** Из алюминия. Надо вычислить удельную теплоемкость. **28.16.**  $880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ . **28.17.** 1213 кДж. **28.18.** 48,4 МДж. **28.19.**  $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.20.**  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.21.** 2,5 кг. **28.22.**  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.23.**  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.24.** Катастрофически изменился бы климат: значительные колебания температуры (такие, как в пустыне) как в течение суток, так и в течение года, большинство животных и растений на Земле и в океанах исчезли бы. **28.25.** Кастрюле — график 2, воде — 1. Вода содержится в кастрюле, значит, можно принять, что их температура все время одинакова. При нагревании на одинаковое количество градусов вода поглотит большее количество теплоты вследствие большей теплоемкости. **28.26.** Воды — график 3, меди — 1. Чем меньше теплоемкость тела, тем быстрее оно будет нагреваться. **28.27.** Мощность тепловых потерь будет больше, чем тепловая мощность свечи как нагревателя. **28.28.** 201,6 МДж. **28.29.** 900 кДж, 1000 Вт. **28.30.**  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.31.**  $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.32.**  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.33.** Нет, для этого капле нужно упасть с высоты 42 км. **28.34.**  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **28.35.**  $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**29.1.** Стальная деталь остынет сильнее, чем нагреется вода. **29.2.** С железным шариком. **29.3.** 31,6 °С. **29.4.** 3,04 л. **29.5.** 218 л. **29.6.** 82,6 °С. **29.7.** 41,9 °С. **29.8.** Из серебра. **29.9.** 36,9 °С. **29.10.** Холодной воды — 152 л, горячей — 48 л. **29.11.** Были, так как без тепловых потерь в ванной должна установиться температура 36 °С. **29.12.** Нужно взять на 2,4 г больше горячей воды. **29.13.** 3,7 °С. **30.1.** 46 МДж. **30.2.** Бензина. **30.3.** 85 МДж, 20,7 МДж. **30.4.** 155 МДж, 47,3 МДж. **30.5.** 0,5 кг. **30.6.** 2 кг. **30.7.** 27 МДж/кг, спирт. **30.8.** 92 МДж. **30.9.**  $1,2 \cdot 10^{11}$  Дж. **30.10.** На 190 МДж. **30.11.** У 2,7 раза. **30.12.** У 1,6 раза. **30.13.** 192 МДж. **30.14.** На 95 МДж. **30.15.** 5 кг. **30.16.** 2,15 км. **30.17.** 75 %. **30.18.** Бензин и керосин горят медленно, а порох взрывается. **30.19.** 62,6 г. **30.20.** Нет, железо нагреется только до 1421 °С. **30.21.** 38,6 %. **30.22.** 1 кг. **31.1.** Можно, внутренняя энергия топлива превратится в механическую энергию вращающегося колеса.

**31.2.** Автомобиль, автобус, самолет. **31.3.** Чтобы не было накопления выхлопных газов в туннелях. **31.4.** Для уменьшения вредных выбросов. **31.5.** В электроэнергетике на тепловых станциях паровые турбины. **31.6.** Дизели на судах. **31.7.** 30 МДж. **31.8.** 150 Дж. **31.9.** 13 МДж. **31.10.** Пар выполнил работу и соответственно уменьшил внутреннюю энергию. **31.11.** Для эффективного охлаждения. **31.12.** а) «рабочий ход», б) «выхлоп», в) «сжатие», г) «всасывание». **31.13.** В начале такта «рабочий ход». **31.14.** Хотя бы один клапан открыт при тактах «всасывание» и «выхлоп». Оба закрыты при тактах «сжатие» и «рабочий ход». Нет момента, когда открыты оба клапана. **31.15.** Топливо нужно впрыснуть в цилиндр в конце такта «сжатие», а давление воздуха в цилиндре в этот момент в десятки раз превышает атмосферное. **31.16.** Первый двигатель, его КПД выше и он имеет меньший расход топлива. **31.17.** 30 %. **31.18.** 20 %. **31.19.** 33,3 %. **31.20.** 25 %. **31.21.** 40 %. **31.22.** 33 %. **31.23.** 2,87 кг. **31.24.** 1116 т. **31.25.** 97,2 МДж. **31.26.** 1,07 МВт. **31.27.** 1657 тыс. т, 35,3 %. **31.28.** 12,25 кВт. **31.29.** 13,6 т. **31.30.** 4,8 л.

**32.1.** Чтобы расплавить 1 кг алюминия при температуре плавления, нужно 393 кДж теплоты. **32.2.** Стальной заготовки, в 2 раза. **32.3.** Возрастает за счет изменения потенциальной энергии взаимодействия молекул тела. **32.4.** Вода, на 332 кДж. **32.5.** Если вода будет иметь температуру плавления льда, т. е. 0 °С. **32.6.** Алюминий и олово, так как они расплавятся. **32.7.** Серебро можно, железо — нет. **32.8.** Лед будет таять долго и температура в ящике будет около 0 °С. **32.9.** Лед сначала нагревается до 0 °С. **32.10.** Температура тающего льда равна 0 °С, а чтобы заморозить рыбу, нужна более низкая температура. **32.11.** При кристаллизации объем воды возрастает и силы давления на стенки бутылки, возникающие при этом, ее разорвут. **32.12.** Если вода замерзнет, то повредит радиатор и двигатель. **32.13.** 1,66 МДж. **32.14.** 1,28 МДж. **32.15.** Таяние снега и льда

вызывали бы наводнения. **32.16.** Для оловянного бруска. **32.17.** Для алюминиевого цилиндра в 1,28 раза. **32.18.** 79 °С. **32.19.** 3,09 МДж. **32.20.** 33,5 кДж. **32.21.** 71 кДж. **32.22.** 234,8 кДж. **32.23.** 21,84 кДж. **32.24.** 4,93 кДж. **32.25.** 77,5 кДж. **32.26.** *AB* — нагревание льда, *BC* — плавление льда, *CD* — нагревание воды, образовавшейся из расплавленного льда. 0,3 кг. Количество теплоты для каждого участка разделить на массу и разность температур (кроме участка *BC*). **32.27.** У второго металла больше в 1,25 раза. **32.28.** Удельная теплоемкость металла больше в твердом состоянии в 2 раза. **32.29.** График *a* соответствует цеху, *b* — улице. Зима. График *a* демонстрирует более быстрое охлаждение до более низкой температуры. **32.30.** Нагревание свинца, плавление, нагревание расплавленного свинца, приостановление нагревания, остывание расплавленного свинца, кристаллизация, остывание твердого свинца. Участок *GH* более наклонный, чем участок *AB*, поскольку мощность потери тепла при остывании меньше тепловой мощности горелки. 327 °С. **32.32.** Днем под лучами солнца снег на крыше тает и стекает, вечером и ночью — замерзает. Подобный перепад температур для этого процесса наблюдается чаще при приближении весны. **32.33.** Крышка поднялась, так как вода при кристаллизации расширяется. Работа по поднятию крышки была выполнена вследствие уменьшения внутренней энергии воды. **32.34.** При образовании льда вода выделяет тепло вследствие уменьшения внутренней энергии. Происходит при 0 °С, поэтому цветы не остывают ниже этой температуры. **32.35.** При нагревании покрытие начинает плавиться и испаряться, тем самым забирая тепло у поверхности аппарата. Температура не повышается выше температуры плавления, а она небольшая. **32.36.** Дно представляет герметичную капсулу, в которой скрыто кристаллическое вещество, которое имеет температуру плавления 98 °С и довольно большую удельную теплоту плавления. Кастрюля нагревается до 98 °С, а потом запасает тепло в расплавленном веществе. Наиболее вероятно, что натрий. Его температура плавления 97,7 °С, удельная теплота плавления — 115 кДж/кг. **32.37.** 9,49 МДж. **32.38.** 790 г. **32.39.** 2,02 кг. **32.40.** 316 г. **32.41.** 2,9 кг. **32.42.** 624 г. **32.43.** -5,95 °С. **32.44.** -21 °С. **32.45.** 0 °С. **32.46.** 71,8 г. **32.47.** 13,4 км. **32.48.** 1562 м/с. **32.49.** 38,3 °С. **32.50.** 6,25 л. **32.51.** 1/10.

**33.1.** При испарении воды одежда охлаждается. **33.2.** При испарении воды ткань и термометр охлаждаются. **33.3.** Спирт лучше испаряется и потому сильнее охлаждается. **33.4.** При испарении такой жидкости поврежденные ткани сильно охлаждаются. **33.5.** В широкой и низкой чашке, за счет испарения с поверхности. **33.6.** Испарение ускорится. **33.7.** Нет, кипение будет происходить при неизменной температуре. **33.8.** Водяной пар. **33.9.** Уменьшилась на 2,3 МДж. **33.10.** 230 кДж, 45 кДж, 4,2 кДж. **33.11.** 1,15 МДж. **33.12.** Нет. **33.13.** Поверхность жидкости оставляют наиболее



быстрые молекулы, и средняя кинетическая энергия молекул жидкости, следовательно, и температура жидкости уменьшаются.

**33.14.** В финской сауне влажность воздуха меньше, чем в русской бане, испарение пота, охлаждающее тело человека, позволяет находиться в более нагретом помещении.

**33.15.** Вода. Пленка жира мешает испаряться воде с поверхности борща.

**33.16.** Так фрукты не высыхают.

**33.17.** Весной и осенью трасса влажная, а в середине или в конце знойного лета — сухая.

**33.18.** Воздух относит пар от поверхности лужи, и испарение ускоряется.

**33.19.** С водой, так как она испаряется не так быстро, как эфир.

**33.20.** Не всякое парообразование является кипением. Чаще встречается испарение.

**33.21.** До кипения.

**33.22.** Если кастрюлю закрыть крышкой: она уменьшает испарение и соответственно охлаждение.

**33.23.** В сосуде 2, так как испарение с поверхности в этой кастрюле будет меньше.

**33.24.** Пламя спички испаряет каплю тумана, и он «исчезает».

**33.25.** При образовании тумана водяной пар, конденсируясь, отдает тепло вследствие уменьшения своей внутренней энергии, что предотвращает дальнейшее снижение температуры.

**33.26.** Нет, чтобы вода в миске закипела, ее дно должно иметь температуру больше температуры кипения.

**33.27.** Вода — график 3, спирт — график 2, эфир — график 1.

**33.28.** Меньшую удельную теплоемкость и более высокую температуру кипения имеет первая жидкость, более высокую удельную теплоту парообразования — вторая жидкость.

**33.29.** 5,36 МДж. **33.30.** 12,46 МДж. **33.31.** 1174 кДж. **33.32.** 659 кДж. **33.33.** 152,6 кДж. **33.34.** Лед также испаряется (этот процесс называется возгонка). **33.35.** Это вызывает дополнительное потоотделение, а испарение пота охлаждает тело.

**33.36.** Сталкиваются пузырьки с водяным паром.

**33.37.** Температура кипения воды высоко в горах при сниженном давлении меньше, чем у подножия горы. При меньшей температуре невозможно приготовить мясо.

**33.38.** Кастрюли закрываются герметически, и давление пара внутри поднимает температуру кипения воды.

**33.39.** Нет центров парообразования.

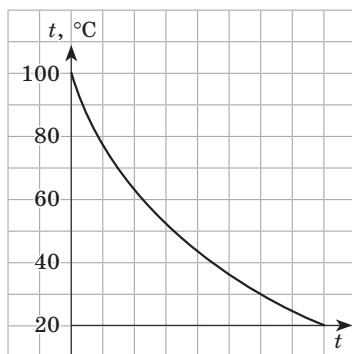
**33.40.** Частицы песка становятся центрами парообразования.

**33.41.** С возрастанием температуры мощность тепловых потерь тоже возрастает.

**33.42.** См. рисунок.

**33.43.** Пар имеет большую внутреннюю энергию.

**33.44.** 85 г. **33.45.** 152 г. **33.46.** 26,1 °C. **33.47.** 1,15 кг. **33.48.** 175 г. **33.49.** 1208 кг. **33.50.** 560 г. **33.51.** 100 °C. **33.52.** 100 °C, 0,985. **33.53.** 3,25 км/с.



К задаче 33.42

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Ускорение свободного падения 10 Н/кг

Радиус Земли 6400 км

### Плотность твердых тел

Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Алюминий	2700	2,7	Медь	8900	8,9
Бетон	2200	2,2	Стекло	2500	2,5
Гранит	2600	2,6	Сосна (сухая)	400	0,4
Лед	900	0,9	Сталь	7800	7,8
Мрамор	2700	2,7			

### Плотность жидкостей

Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Вода	1000	1,00	Нефть	800	0,8
Керосин	800	0,80	Масло	800	0,8
Дизельное топливо	800	0,80	Ртуть	13600	13,6
Масло машинное	800	0,80	Спирт	800	0,8

### Плотность газов

(при 0 °С и давлении 760 мм рт. ст.)

Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Воздух	1,29	Природный газ	0,80
Водород	0,09	Гелий	0,18



## ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

### Твердые тела

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	0,92	660	393
Дерево	2,40		
Железо	0,46	1535	270
Золото	0,13	1065	67
Лед	2,10	0	332
Медь	0,40	1087	213
Олово	0,23	232	59
Свинец	0,14	327	25
Серебро	0,25	962	87
Сталь	0,50	1400	84
Кирпич	0,88		
Чугун	0,54	1200	96

### Жидкости

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	Температура кипения *, °С	Удельная теплота парообразования **, МДж/кг
Вода	4,2	100	2,3
Масло подсолнечное	1,7		
Ртуть	0,14	357	0,30
Машинное масло	1,68		
Эфир		34,6	2,35

### Удельная теплота сгорания топлива

Вещество	q, МДж/кг	Вещество	q, МДж/кг
Антрацит	30	Дрова сухие (дуб)	10
Бензин	46	Каменный уголь	27
Водород	120	Порох	4
Керосин	46	Природный газ	44
Древесный уголь	34	Спирт	27
Дизельное горючее	42		

\* При нормальном атмосферном давлении.

\*\* При нормальном атмосферном давлении и температуре кипения.

УДК 371.388:53

ББК 22.3я72

НЗ4

**Одобрено комиссией по физике и астрономии УМС по вопросам образования МОН Украины к получению соответствующего грифа  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
(протокол от 03.07.2008 г. № 12)

**Рецензенты:**

*И. Н. Колупаев*, канд. физ.-мат. наук, доцент Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»;

*Т. И. Чернец*, учитель-методист, учитель физики ООШ № 35 г. Харькова, заслуженный учитель Украины

Издано по лицензии ООО Издательство «Ранок»

**Ненашев И. Ю.**

**НЗ4** Физика. 8 класс: Сборник задач / И. Ю. Ненашев.— 3-е изд., испр.— Харьков: Веста, 2010.— 176 с.

ISBN 978-966-08-3701-0.

Пособие соответствует действующей программе по физике для 8 класса (12-летняя школа) и содержит задачи, дифференцированные по трем уровням сложности. Издание построено максимально удобно для учителя и учащихся, приведены ответы, комментарии, решения. Задачи для любознательных помогут учителю подготовить учащихся к олимпиадам, будут способствовать формированию ученических навыков самостоятельного анализа физических ситуаций.

Пособие предназначено для учащихся 8 класса общеобразовательных учебных заведений и учителей физики.

**УДК 371.388:53**

**ББК 22.3я72**

**Навчальне видання**

**НЕНАШЕВ Ігор Юрійович**

**ФІЗИКА. 8 КЛАС. ЗБІРНИК ЗАДАЧ**

**3-тє видання, виправлене**

**(російською мовою)**

Редактор *Г. Ю. Венрик*. Технічний редактор *А. П. Твердохліб*

Код Т6299Р. Підписано до друку 25.09.2009. Формат 60×84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 11,5.

ТОВ «Веста». Свідцтво ДК № 3323 від 26.11.2008. 61064 Харків, вул. Бакуніна, 8А.

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.

Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.

Для листів: 61045 Харків, а/с 3355. E-mail: office@ranok.kharkov.ua

З питань реалізації звертатися за тел.: у Харкові — (057) 712-91-44, 712-90-87;

Києві — (044) 599-14-53, 417-20-80; Донецьку — (062) 345-98-24;

Житомирі — (0412) 41-27-95, 41-83-29; Дніпропетровську — (056) 785-01-74;

Львові — (032) 244-14-36, (067) 340-36-60; Сімферополі — (0652) 22-87-01, 22-95-30;

Тернополі — (0352) 49-58-36, (067) 395-33-05; Миколаєві — (0512) 35-40-39,

Рівному — (0362) 3-78-64, (067) 689-19-05; Сумах — (0542) 21-07-35;

Черкасах — (0472) 64-41-07, 36-72-14. E-mail: commerce@ranok.kharkov.ua

**www.ranok.com.ua**

© И. Ю. Ненашев, 2008

© И. Ю. Ненашев, испр., 2009

© ООО Издательство «Ранок», 2010

ISBN 978-966-08-3701-0

**Сборник задач по физике включает  
качественные, количественные  
и графические задачи, которые:**

- сгруппированы по тематическим блокам
- дифференцированы по уровням сложности
- сопровождаются рисунками

**Пособие содержит:**

- задачи для любознательных
- ответы, указания, решения
- справочные таблицы



**Служба «Книга — почтой»**

61045 Харьков, а/я 3355,  
«Ранок-почта»

☎ (057) 717-74-55

✉ [pochta@ranok.kharkov.ua](mailto:pochta@ranok.kharkov.ua)

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**РАНОК**

