



Федерального  
государственного  
образовательного  
стандарта

# СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ



- Более 1300 задач
- Все разделы школьного курса
- 4 уровня сложности

# **СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

**7–9 классы**

10-е издание, электронное

УДК 372.853  
ББК 22.3я72  
С23



Издание допущено к использованию в образовательном процессе на основании приказа Министерства образования и науки РФ от 09.06.2016 № 699.

Рецензент – канд. пед. наук,  
учитель физики *Т.А. Ханнанова*.

**Сборник** задач по физике. 7–9 классы / авт.-сост.  
С23 Е.Г. Московкина, В.А. Волков. – 10-е изд., эл. – 1 файл  
pdf : 225 с. – Москва : ВАКО, 2021. – Систем. требова-  
ния: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ;  
экран 10". – Текст : электронный.

ISBN 978-5-408-05488-6

Сборник содержит более 1300 задач по всем разделам физики, изучаемым в 7–9 классах средней школы. Расположение задач соответствует структуре программы и учебникам под редакцией А.В. Перышкина. Приведены задачи четырех уровней сложности – от элементарных и базовых до задач повышенной сложности, конкурсных и олимпиадных. В начале каждого раздела приведены основные понятия, соотношения и формулы, а также дан подробный разбор типовых задач.

Для учащихся и преподавателей общеобразовательной школы, студентов техникумов, слушателей подготовительных отделений вузов, а также лиц, занимающихся самообразованием и ведущих внеклассную работу по физике.

УДК 372.853  
ББК 22.3я72

**Электронное издание на основе печатного издания:** Сборник задач по физике. 7–9 классы / авт.-сост. Е.Г. Московкина, В.А. Волков. – 9-е изд. – Москва : ВАКО, 2021. – 224 с. – ISBN 978-5-408-04680-5. – Текст : непосредственный.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-408-05488-6

© ООО «ВАКО», 2015  
© ООО «ВАКО», 2020,  
с изменениями

## **Предисловие**

Сборник включает в себя задачи по всем разделам физики, изучаемым в 7–9 классах средней школы. В задачнике содержится более 1300 задач различного уровня сложности. Расположение задач соответствует структуре программы и учебникам под редакцией А.В. Перышкина.

Задачи разделены на четыре уровня. В первом уровне представлены простые задачи, предназначенные для отработки элементарных навыков решения задач. Во втором – базовые, соответствующие обязательному минимуму программы. В третьем – задачи повышенной сложности, в четвертом – олимпиадные и конкурсные задачи.

В начале каждого раздела приведены основные понятия, соотношения и формулы, а также дан подробный разбор типовых задач.

Задачник предназначен для учителей и учеников общеобразовательных и профильных школ. Наличие в сборнике задач разного уровня сложности позволит учителю использовать его не только на уроках, но и при проведении факультативных занятий, а также при подготовке учеников к ГИА.

Сборник задач апробирован авторами-составителями в общеобразовательных классах и в классах с углубленным изучением физики.

В конце книги помещены численные значения ответов и таблицы необходимых для решения задач физических величин.

# 7 КЛАСС

---

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

### Основные понятия, соотношения, формулы

*Равномерным прямолинейным движением* называется такой вид движения, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные пути.

*Скорость тела при равномерном движении* ( $v$ ) – это физическая величина, показывающая, какой путь проходит тело за единицу времени, и равная отношению пути ( $s$ ) ко времени ( $t$ ), за которое этот путь пройден:

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

*Средняя скорость неравномерного движения* ( $v_{\text{ср}}$ ) – это физическая величина, характеризующая неравномерное прямолинейное движение тела и равная отношению всего пути, пройденного телом, ко всему времени движения:

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}.$$

*Масса тела* ( $m$ ) – это физическая величина, которая является мерой инертности тела.

*Плотность* ( $\rho$ ) – это физическая величина, характеризующая вещество, из которого состоит тело, и равная отношению массы ( $m$ ) тела к его объему ( $V$ ):

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

*Сила тяжести* ( $F_{\text{тяж}}$ ) – это сила, характеризующая притяжение тел к Земле, направленная к центру Земли и равная произведению массы тела ( $m$ ) на ускорение свободного падения ( $g$ ):

$$F_{\text{тяж}} = mg,$$

где  $g = 9,8 \text{ Н/кг} \approx 10 \text{ Н/кг}$ .

*Вес тела* ( $P$ ) – это сила, характеризующая взаимодействие тела с опорой или подвесом вследствие притяжения его к Земле.

Если тело и опора неподвижны или движутся равномерно и прямолинейно, то вес тела по своему числовому значению равен силе тяжести:

$$P = F_{\text{тяж}}.$$

**Сила упругости** ( $F_{\text{упр}}$ ) – это сила, характеризующая упругое взаимодействие тел и направленная противоположно деформации тела.

**Закон Гука** – сила упругости ( $F_{\text{упр}}$ ) прямо пропорциональна изменению длины тела ( $\Delta l$ ) при его растяжении или сжатии:

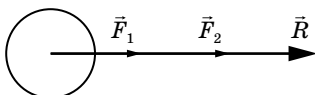
$$F_{\text{упр}} = k\Delta l,$$

где  $k$  – коэффициент жесткости тела.

Сила, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих сил, называется **равнодействующей** этих сил ( $R$ ).

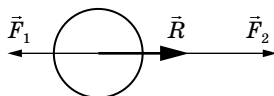
**Равнодействующая** сил, направленных по одной прямой в одну сторону, направлена в ту же сторону, а ее модуль равен сумме модулей составляющих сил (см. рисунок):

$$R = F_1 + F_2.$$



**Равнодействующая** двух сил, направленных по одной прямой в противоположные стороны, направлена в сторону большей по модулю силы, а ее модуль равен разности модулей составляющих сил (см. рисунок):

$$R = F_2 - F_1.$$



## Примеры решения задач

1. Два автомобиля одновременно выезжают из городов А и В, расстояние между которыми 260 км, и движутся равномерно и прямолинейно по трассе со скоростями

60 и 70 км/ч навстречу друг другу. Через какое время и на каком расстоянии от города А они встретятся?

Д а н о:

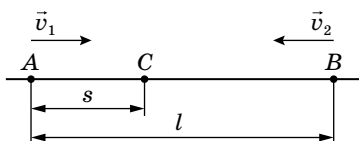
$$l = 260 \text{ км}$$

$$v_1 = 60 \text{ км/ч}$$

$$v_2 = 70 \text{ км/ч}$$

$$t = ?$$

$$s = ?$$



Р е ш е н и е:

Рассмотрим модель ситуации, описанной в задаче. Обозначим города А и В точками на одной прямой (см. рисунок). Точка С – место встречи автомобилей. Расстояние будем отсчитывать от города А. Считаем началом отсчета времени одновременный выезд автомобилей.

Первый автомобиль пройдет расстояние:  $s = v_1 t$ , а второй автомобиль пройдет расстояние:  $l - s = v_2 t$ .

$$\text{Тогда получим: } v_1 t = l - v_2 t, \text{ т. е. } t = \frac{l}{v_1 + v_2}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$t = \frac{260 \text{ км}}{60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 2 \text{ ч.}$$

Место встречи автомобилей находится на расстоянии:  $s = v_1 t = 120 \text{ км}$ .

О т в е т:  $t = 2 \text{ ч}$ ,  $s = 120 \text{ км}$ .

**2.** Найдите среднюю скорость движения человека, если первую четверть времени он двигался со скоростью 7 м/с, а оставшееся время – со скоростью 4 м/с.

Д а н о:

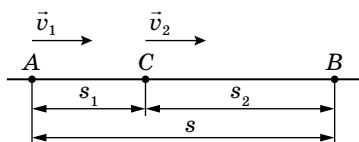
$$t_1 = \frac{1}{4} t$$

$$v_1 = 7 \text{ м/с}$$

$$t_2 = \frac{3}{4} t$$

$$v_2 = 4 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = ?$$



Р е ш е н и е:

В этом случае пройденный путь человека состоит из двух участков (см. рисунок):

$$s = s_1 + s_2, \text{ где } s_1 = v_1 \frac{1}{4}t, \text{ а } s_2 = v_2 \frac{3}{4}t.$$

$$\text{Следовательно, } s = \frac{1}{4}v_1t + \frac{3}{4}v_2t = \frac{t}{4}(v_1 + 3v_2).$$

$$\text{Но так как } v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}, \text{ то } v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + 3v_2}{4}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{7 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 3 \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{4} = 4,8 \text{ м/с}.$$

$$\text{О т в е т: } v_{\text{ср}} = 4,8 \text{ м/с}.$$

**3.** Медный шар имеет массу 80 кг, а объем 10 дм<sup>3</sup>. Определите, этот шар сплошной или полый (с пустотами).

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$m = 80 \text{ кг}$		Сплошной шар, т. е. целиком из меди, должен иметь
$V = 10 \text{ дм}^3$	$0,01 \text{ м}^3$	плотность, равную табличной
$\rho_{\text{меди}} = 8900 \text{ кг/м}^3$		плотности меди. Если же шар
Шар сплошной или полый?		полый, то его средняя плотность должна быть
$(\rho_{\text{шара}} - ?)$		меньше табличной плотности меди, так как полости
		заполнены воздухом, а он очень легкий.

Рассчитаем плотность шара по исходным данным:

$$\rho_{\text{шара}} = \frac{80 \text{ кг}}{0,01 \text{ м}^3} = 8000 \text{ кг/м}^3. \text{ Значит, } \rho_{\text{шара}} < \rho_{\text{меди}}, \text{ следовательно, шар полый.}$$

О т в е т: шар полый.

**4.** Вес трех пассажиров лифта 1850 Н. Какова масса третьего пассажира, если масса первого пассажира 50 кг, а второго – 60 кг?

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$P = 1850 \text{ Н}$	Вес всех пассажиров по своему числовому значению равен силе тяжести, действующей на всех пассажиров: $P = F_{\text{тяж}} = Mg$ , где
$m_1 = 50 \text{ кг}$	$M$ – масса всех пассажиров, равная сумме
$m_2 = 60 \text{ кг}$	масс каждого пассажира в отдельности:
$m_3 - ?$	

$$M = m_1 + m_2 + m_3.$$



Следовательно,  $m_3 = \frac{P}{g} - m_1 - m_2$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$m_3 = \frac{1850 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} - 50 \text{ кг} - 60 \text{ кг} = 75 \text{ кг}.$$

О т в е т:  $m_3 = 75 \text{ кг}$ .

**5.** К пружине динамометра подвешен груз массой 0,3 кг, при этом пружина удлинилась на 6 см. Каким будет удлинение пружины, если к динамометру подвесить груз массой 0,5 кг?

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$m_1 = 0,3 \text{ кг}$	0,06 м	Растяжение пружины прекращается, когда сила упругости, возникающая в ней, уравнивается силой тяжести, действующей на груз:
$\Delta l_1 = 6 \text{ см}$		
$m_2 = 0,5 \text{ кг}$		
$\Delta l_2 = ?$		

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяж}}; F_{\text{тяж}} = mg, \text{ а } F_{\text{упр}} = k\Delta l - \text{ по закону Гука.}$$

Отсюда следует, что  $k = \frac{mg}{\Delta l}$ . Приравнявая  $k$ , полу-

$$\text{чим: } \frac{m_1}{\Delta l_1} g = \frac{m_2}{\Delta l_2} g.$$

$$\text{Следовательно, } \Delta l_2 = \frac{m_2}{m_1} \Delta l_1.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$\Delta l_2 = \frac{0,5 \text{ кг}}{0,3 \text{ кг}} 0,06 \text{ м} = 0,1 \text{ м}.$$

О т в е т:  $\Delta l_2 = 0,1 \text{ м}$ .

## Равномерное прямолинейное движение

### Первый уровень

**1.** Автомобиль движется со скоростью 15 м/с. Выразите эту скорость в км/ч, дм/мин.

**2.** Для определения скорости течения воды в реку пущен поплавок, который за 50 с проходит расстояние 60 м между двумя вехами. Принимая скорость поплавка равной скорости течения, определите скорость течения воды.

**3.** Самолет пролетает 100 км за 5 мин. Определите скорость самолета в м/с и км/ч.

**4.** Что имеет большую скорость: самолет, пролетающий за час 1200 км, или пуля винтовки, вылетающая со скоростью 760 м/с?

**5.** За сколько минут плывущий по реке плот пройдет расстояние 150 м, если скорость движения 0,5 м/с?

**6.** Расстояние между двумя населенными пунктами 120 км. Автобус преодолевает это расстояние, двигаясь со средней скоростью 40 км/ч, а автомобиль – со средней скоростью 60 км/ч. На сколько часов пассажиры автобуса находятся в пути больше, чем пассажиры автомобиля?

**7.** С некоторого момента времени парашютист стал спускаться равномерно со скоростью 5 м/с. Двигаясь с такой скоростью, за 5 мин он достиг поверхности Земли. Какой путь преодолел парашютист за это время?

**8.** Автобус в течение первого часа двигался со средней скоростью 60 км/ч, а в течение второго часа – 80 км/ч. На сколько километров больше составил путь автобуса за второй час движения, чем за первый?

**9.** Пешеход за минуту делает 100 шагов. Определите скорость движения пешехода, считая длину шага равной 80 см.

**10.** Автомобиль двигался со скоростью 40 км/ч в течение 30 мин, а следующие 0,5 ч со скоростью 60 км/ч. Какой путь прошел автомобиль за все время движения?

**11.** Мотоцикл за первые 2 ч проехал 90 км, а следующие 3 ч двигался со скоростью 50 км/ч. Какой была скорость мотоцикла на первом участке пути? Какой путь он прошел за все время движения?

**12.** Поезд в течение 1 ч шел со скоростью 20 м/с, затем еще 3 ч со скоростью 36 км/ч, а длина последнего участка пути составила 20 км. Какой путь прошел поезд?

**13.** Один велосипедист проехал некоторый путь за 3 с, двигаясь со скоростью 6 м/с, другой – этот же путь за 9 с. Какова скорость второго велосипедиста?

**14.** Молодой бамбук за сутки может вырасти на 86,4 см. На сколько сантиметров он может вырасти за 1 ч?

**15.** Расход воды в канале в секунду составляет  $0,27 \text{ м}^3$ . Ширина канала  $1,5 \text{ м}$ , глубина  $0,6 \text{ м}$ . Определите скорость воды в канале.

**16.** Катер движется вниз по течению реки. Скорость катера в стоячей воде  $3 \text{ м/с}$ , скорость течения реки  $1 \text{ м/с}$ . Какой путь преодолает катер за  $20 \text{ мин}$  движения?

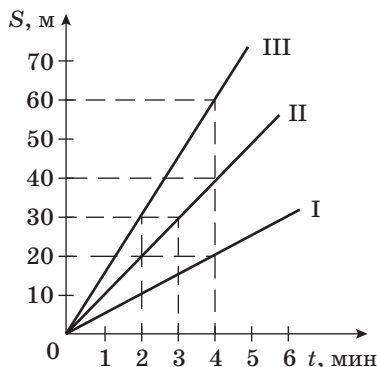
**17.** Моторная лодка движется по реке против течения. Собственная скорость лодки  $4 \text{ м/с}$ , скорость воды  $1,5 \text{ м/с}$ . Какое время понадобится лодке на преодоление расстояния  $9 \text{ км}$ ?

## Второй уровень

**18.** Скорость катера относительно воды  $3 \text{ м/с}$ , а скорость течения  $2 \text{ м/с}$ . Во сколько раз отличаются пути, пройденные катером за  $1 \text{ ч}$  по течению и против течения?

**19.** За какое время поезд пройдет туннель длиной  $200 \text{ м}$ , если длина поезда  $100 \text{ м}$ , а его скорость  $36 \text{ км/ч}$ ?

**20.** На рисунке представлен график зависимости пройденного пути от времени для трех тел. Чему равна скорость третьего тела? Определите, во сколько раз скорость второго тела больше, чем первого.



**21.** Автомобиль движется со скоростью  $54 \text{ км/ч}$ . Ширина дороги равна  $6 \text{ м}$ . Скорость пешехода, переходящего через дорогу,  $1 \text{ м/с}$ . На каком минимальном расстоянии от автомобиля пешеход может начать движение?

**22.** Сколько времени пассажир, стоящий у окна поезда, который идет со скоростью  $54 \text{ км/ч}$ , будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого  $36 \text{ км/ч}$ , а длина  $250 \text{ м}$ ?

**23.** Колонна движется по шоссе со скоростью  $10 \text{ м/с}$ , растянувшись на расстояние  $2 \text{ км}$ . Из хвоста колонны выезжает мотоциклист со скоростью  $20 \text{ м/с}$  и движется к голове колонны. За какое время мотоциклист достигнет головы колонны?

**24.** По прямолинейной дороге навстречу друг другу равномерно движутся два автомобиля: один со скоростью  $90 \text{ км/ч}$ , другой со скоростью  $72 \text{ км/ч}$ . Автомобили встретились у заправочной станции и, не останавливаясь, продолжили свое движение. Определите расстояние между автомобилями через  $3 \text{ мин}$  после встречи.

**25.** Из двух населенных пунктов, расстояние между которыми  $120 \text{ км}$ , одновременно навстречу друг другу выехали два автомобиля с постоянными скоростями  $90$  и  $110 \text{ км/ч}$ . Через какое время автомобили встретятся и какой путь пройдет каждый из них?

**26.** Какое время потребуется для того, чтобы пройти  $1 \text{ км}$  на катере туда и обратно: а) по реке; б) по озеру? Скорость катера относительно воды  $8 \text{ км/ч}$ , скорость течения  $2 \text{ км/ч}$ .

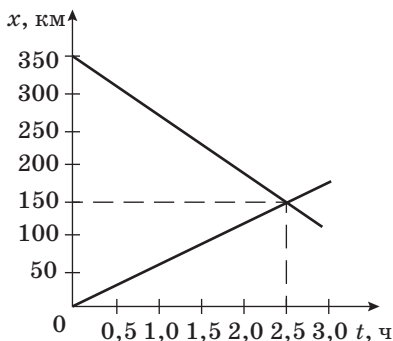
**27.** Вагон поезда, движущегося со скоростью  $36 \text{ км/ч}$ , был пробит пулей, летевшей перпендикулярно движению вагона. Одно отверстие в стенке вагона смещено относительно другого на  $3 \text{ см}$ . Ширина вагона  $2,7 \text{ м}$ . Какова скорость движения пули?

**28.** По дороге, расположенной параллельно железнодорожному пути, движется велосипедист со скоростью  $9 \text{ км/ч}$ . В некоторый момент его догоняет движущийся равномерно поезд длиной  $120 \text{ м}$  и обгоняет его за  $6 \text{ с}$ . Какую скорость имел поезд?

**29.** Спортсменка, которая обычно пробегала дистанцию со средней скоростью  $5 \text{ м/с}$ , после тренировок стала ту же дистанцию пробегать со средней скоростью  $6 \text{ м/с}$ . Из-за чего время прохождения дистанции сократилось на  $50 \text{ с}$ . Найдите длину дистанции.

### Третий уровень

**30.** Опишите движение двух автомобилей, представленное графиками зависимости координаты от времени. Найдите расстояние между автомобилями в момент начала движения, скорость каждого автомобиля, время, через которое они встретились, путь, пройденный каждым автомобилем до встречи.



**31.** Из одного города в другой вышел пешеход. Когда он прошел 27 км, вслед за ним выехал автомобиль со скоростью в 10 раз большей, чем у пешехода. Второго города они достигли одновременно. Чему равно расстояние между городами?

**32.** Из пункта *A* в пункт *B* выехал велосипедист с постоянной скоростью 20 км/ч. Спустя 15 мин из пункта *B* в пункт *A* выехал второй велосипедист с постоянной скоростью 20 км/ч. Расстояние между пунктами 55 км. Через сколько времени после выхода второго велосипедиста они встретятся?

**33.** Расстояние между городом и дачным поселком 80 км. Из города в направлении поселка выехал автомобиль со скоростью 50 км/ч. Одновременно из поселка в том же направлении, что и автомобиль, выезжает мотоцикл со скоростью 30 км/ч. На каком расстоянии от города автомобиль догонит мотоцикл?

**34.** Толя и Оля одновременно вышли навстречу друг другу из двух поселков, расстояние между которыми 5 км. Толя шел со скоростью 5,6 км/ч, Оля – со скоро-

стью  $5,4$  км/ч. Между ними бегал щенок со скоростью  $2$  м/с. Щенок бегал до тех пор, пока дети не встретились. Какой путь пробежал щенок от момента выхода детей до момента их встречи?

**35.** Автомобиль, двигаясь равномерно со скоростью  $30$  км/ч, проехал половину пути до места назначения. С какой скоростью должен двигаться автомобиль на оставшемся участке, чтобы за такое же время доехать до места назначения и вернуться туда, откуда он выехал?

**36.** Автомобилист, двигаясь равномерно со скоростью  $20$  м/с, проехал половину пути до места назначения за  $1,25$  ч. С какой скоростью он должен продолжить равномерное движение, чтобы за  $3$  ч успеть достигнуть цели и вернуться обратно?

**37.** Автобус,двигающийся со скоростью  $50$  км/ч, простоял перед закрытым железнодорожным переездом  $1,5$  мин. С какой скоростью он должен продолжить движение, чтобы не выбиться из расписания, если расстояние от переезда до ближайшей остановки на маршруте  $3,75$  км?

**38.** Расстояние между пристанями  $144$  км. Сколько часов потребуется теплоходу для совершения рейса между пристанями туда и обратно, если скорость теплохода в стоячей воде  $18$  км/ч, а скорость течения  $3$  м/с?

**39.** Катер проходит расстояние между двумя населенными пунктами по реке вниз по течению за  $8$  ч, обратно за  $12$  ч. За сколько часов катер прошел бы то же расстояние в стоячей воде?

**40.** Теплоход идет от Нижнего Новгорода до Астрахани  $5$  суток, а обратно  $7$  суток. Как долго будет плыть плот от Нижнего Новгорода до Астрахани?

**41.** Расстояние между двумя населенными пунктами, находящимися на берегу реки, равно  $10$  км. Против течения катер проходит это расстояние за  $0,25$  ч. Собственная скорость катера  $60$  км/ч. За какое время он пройдет это расстояние по течению?

**42.** Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира за  $1$  мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за  $3$  мин. Сколько времени

будет подниматься идущий пассажир по движущемуся эскалатору?

**43.** Спуск пассажира, идущего по движущейся лестнице эскалатора, занимает 15 с. Спуск же пассажира, стоящего на ленте работающего эскалатора, занимает 24 с. Сколько времени будет спускаться пассажир, идущий по ленте неработающего эскалатора?

**44.** Эскалатор метро спускает идущего по нему человека за 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, то спустится за 45 с. Сколько времени спускается человек, стоящий на эскалаторе?

**45.** Два человека одновременно вступают на эскалатор с противоположных сторон и движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями 2 м/с относительно эскалатора. На каком расстоянии от входа на эскалатор они встретятся (входом считаем ту сторону, где направление движения эскалатора совпадает с направлением движения человека)? Длина эскалатора 100 м, его скорость 1,5 м/с.

**46.** Из одного города в другой вышел пешеход. Когда он прошел 27 км, вслед за ним выехал автомобиль со скоростью в 10 раз большей, чем у пешехода. Второго города они достигли одновременно. Чему равно расстояние между городами?

### Четвертый уровень

**47.** Автобус и мотоцикл находятся на расстоянии 20 км друг от друга. Если они будут двигаться в одном направлении, то мотоцикл догонит автобус через 1 ч. Если будут двигаться навстречу друг другу с теми же скоростями, то встретятся через 10 мин. Каковы скорости мотоцикла и автобуса?

**48.** Теплоход, длина которого 300 м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью  $v_t$ . Катер, имеющий скорость 90 км/ч, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода и обратно за 37,5 с. Определите скорость теплохода.

**49.** Рыбак, плывя на лодке вверх по реке, уронил под мостом в воду багор. Через 1 ч он это обнаружил и, повернув назад, догнал багор на расстоянии 6 км от мо-

ста. Какова скорость течения реки, если рыбак двигался вверх и вниз по течению реки с одинаковой скоростью относительно воды?

**50.** По прямой реке с постоянной скоростью 5 м/с плывет баржа длиной 100 м. Матрос, стоящий на корме, начинает ходить по барже от кормы к носу и обратно. Вперед он идет с постоянной относительно баржи скоростью 1 м/с, а назад – с постоянной относительно баржи скоростью 2 м/с. Какой путь прошагает матрос относительно берега реки, если пройдет по барже туда и обратно 10 раз?

**51.** Из пункта  $M$  в пункт  $K$  через интервалы времени 10 мин выезжает по одному автобусу. Расстояние между пунктами  $M$  и  $K$  равно 60 км. Скорость каждого автобуса 60 км/ч. Постройте график зависимости координаты от времени для каждого автобуса. Определите по этим графикам, сколько автобусов встретит в пути пассажир, который выезжает на автомобиле из пункта  $K$  в пункт  $M$  одновременно с одним из автобусов, отправляющихся из пункта  $M$ . Автомобиль движется со скоростью 60 км/ч.

## **Средняя скорость неравномерного движения**

### **Первый уровень**

**52.** Средняя скорость поезда на некотором участке пути составила 60 км/ч. Какова длина этого участка, если на его прохождение ушло 2 ч?

**53.** Автомобиль проходит по проселочной дороге 50 км за 4 ч, а оставшиеся 100 км по шоссе – за 1 ч. Определите среднюю скорость автомобиля.

**54.** Вычислите среднюю скорость движения человека, если на прохождение первой части пути он затратил 20 мин, на прохождение второй – 40 мин, а общий путь, пройденный человеком, составил 5 км.

**55.** Автобус за первые 30 мин прошел путь 25 км, затем 5 мин стоял у переезда, а за следующие 25 мин прошел еще 30 км. Найдите среднюю скорость автобуса на всем пути.



## Второй уровень

**56.** Мотоциклист за первые 2 ч проехал 90 км, а следующие 3 ч он двигался со скоростью 50 км/ч. Какова средняя скорость на всем пути?

**57.** В течение первых 5 ч поезд двигался со скоростью 60 км/ч, а затем в течение 4 ч – со скоростью 15 км/ч. Найдите среднюю скорость поезда за все время движения.

**58.** Первые 2 с после начала отсчета времени тело движется со скоростью 5 м/с, а затем в течение 3 с – со скоростью 7 м/с. Определите, чему равна средняя скорость тела.

**59.** Трактор двигался 1 мин со скоростью 2,25 км/ч, 1 мин – со скоростью 3,60 км/ч и 1 мин со скоростью 5,18 км/ч. Определите среднюю скорость за все время движения.

**60.** Автомобиль первые 100 м прошел со скоростью 18 км/ч, а следующие 200 м – за 10 с. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути?

**61.** Трамвай первые 10 с двигался со скоростью 5 м/с, а следующие 500 м со скоростью 10 м/с. Определите среднюю скорость трамвая на всем пути.

**62.** Велосипедист, проехав 4 км со скоростью 12 км/ч, остановился и отдыхал в течение 40 мин. Оставшиеся 8 км пути он проехал со скоростью 8 км/ч. Найдите среднюю скорость велосипедиста на всем пути.

**63.** Поезд шел между двумя станциями со скоростью 72 км/ч. В пути он сделал две остановки по 20 мин. Общее время в пути составило 2 ч. Определите величину средней скорости поезда.

## Третий уровень

**64.** Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 20 м/с, а вторую половину – со скоростью 30 м/с. Найдите среднюю скорость на всем пути.

**65.** Автомобиль доставил груз из пункта А в пункт В, перемещаясь в среднем со скоростью 40 км/ч. Возвращаясь обратно, автомобиль двигался со средней скоростью 60 км/ч. Чему равна средняя скорость на всем пути?

**66.** Три четверти пути автомобиль проехал со скоростью  $20 \text{ м/с}$ , а оставшуюся часть – со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Какова средняя скорость на всем пути?

**67.** Велосипедист ехал из одного города в другой. Первую половину времени он ехал со скоростью  $12 \text{ км/ч}$ , а вторую половину времени шел пешком со скоростью  $4 \text{ км/ч}$ . Определите среднюю скорость движения велосипедиста.

**68.** Катер прошел первую половину пути со средней скоростью в 3 раза большей, чем вторую. Средняя скорость на всем пути составила  $6 \text{ км/ч}$ . Какова средняя скорость катера на первой половине пути?

**69.** Поезд прошел путь в  $200 \text{ км}$ . В течение первого часа он двигался со скоростью  $100 \text{ км/ч}$ , затем сделал остановку на  $30 \text{ мин}$ . Оставшуюся часть пути он шел со скоростью  $40 \text{ км/ч}$ . Какова средняя скорость движения поезда?

**70.** Первую половину пути поезд прошел со скоростью в  $1,5$  раза большей той скорости, с которой поезд прошел вторую половину пути. Средняя скорость движения поезда на всем пути составила  $43,5 \text{ км/ч}$ . С какими скоростями двигался поезд на первой и второй половинах пути?

### Четвертый уровень

**71.** Из пункта  $A$  в пункт  $B$  вниз по течению отправляется катер. Дойдя до пункта  $B$ , он мгновенно разворачивается и возвращается в пункт  $A$ . Скорость течения реки  $3 \text{ км/ч}$ . Определите среднюю скорость катера за все время движения, если известно, что на путь из  $A$  в  $B$  катер затратил в 2 раза меньше времени, чем на обратный путь. Скорость катера относительно воды не изменяется.

**72.** Катер, двигаясь без остановок, поднялся вверх по реке на некоторое расстояние, а затем повернул назад и вернулся в пункт отправления. Скорость катера в стоячей воде  $4 \text{ м/с}$ . Определите скорость течения реки, если известно, что средняя скорость движения составила  $\frac{15}{16}$  от скорости катера в стоячей воде.

**73.** Первую половину пути велосипедист проехал со скоростью 36 км/ч. Средняя скорость на всем пути оказалась равной 24 км/ч. С какой скоростью велосипедист проехал оставшуюся часть пути?

**74.** Катер прошел первую половину пути со средней скоростью в 3 раза большей, чем вторую. Средняя скорость на всем пути составила 6 км/ч. Какова средняя скорость катера на первой половине пути?

**75.** Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 60 км/ч. Оставшуюся часть пути он половину времени ехал со скоростью 35 км/ч, а последний участок – со скоростью 45 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

**76.** Найдите среднюю скорость самолета, если известно, что первую треть пути он летел со скоростью 700 км/ч, вторую треть пути – со скоростью 500 км/ч, а последнюю часть пути со скоростью, вдвое большей средней скорости на первых двух участках пути.

**77.** Автомобиль едет все время по прямой. В первый час движения его скорость была 40 км/ч. В течение второго часа он прибавил скорость и ехал равномерно, и средняя скорость за первые 2 ч составила 60 км/ч. Потом он снова прибавил скорость, и средняя скорость за первые 3 ч оказалась 70 км/ч. Найдите средние скорости движения на первой и второй половинах пути.

**78.** Пешеход треть всего пути бежал со скоростью 9 км/ч, треть всего времени шел со скоростью 4 км/ч, а оставшуюся часть пути прошел со скоростью, равной средней скорости на всем пути. Найдите среднюю скорость.

## **Масса тела. Плотность вещества**

### **Первый уровень**

**79.** Определите плотность металла, если деталь массой 1400 г, изготовленная из него, имеет объем 200 см<sup>3</sup>.

**80.** Деревянный брусок объемом 300 см<sup>3</sup> имеет массу 120 г. Найдите плотность дерева.

**81.** Определите массу стальной детали, если ее объем 50 дм<sup>3</sup>.

**82.** Канистра объемом 100 л заполнена молоком. Какова масса молока в канистре?

**83.** Найдите объем слитка золота массой 386 г.

**84.** Какова вместимость канистры, если в нее можно налить 3,55 кг бензина?

**85.** Объем медного шара 2 дм<sup>3</sup>, а его масса 6 кг. Определите, сплошной это шар или полый.

**86.** Имеет ли пустоты деталь из алюминия, если ее масса 3 кг, а объем 2 дм<sup>3</sup>? Если имеет, то найдите объем пустоты.

## Второй уровень

**87.** В два одинаковых стакана наливают воду и керосин так, что стаканы заполнены полностью. Масса какой жидкости больше и во сколько раз?

**88.** Во сколько раз масса 5 л воды больше, чем масса такого же объема керосина?

**89.** Во сколько раз объем кубика, сделанного из алюминия, больше, чем объем кубика такой же массы, сделанного из олова?

**90.** В сосуде под поршнем находится газ. Поршень переместили так, что объем газа уменьшился в 3 раза. Как при этом изменилась плотность газа?

**91.** Для промывки медной детали массой 17,8 кг ее опустили в бак с керосином. Определите массу керосина, вытесненного этой деталью.

**92.** В мензурку налито 23 мл воды. После того как в мензурку опустили деталь массой 6,9 г, уровень воды повысился до 26 мл. Определите плотность вещества, из которого сделана деталь.

**93.** В пустую мензурку массой 240 г налили жидкость объемом 75 см<sup>3</sup>. Масса мензурки с жидкостью 300 г. Жидкость какой плотности налили в мензурку?

**94.** Определите массу ледяного бруска длиной 0,5 м, высотой 0,4 м и шириной 0,2 м.

**95.** Определите плотность металлического бруска массой 0,78 кг, если его длина 0,5 м, ширина 20 мм, высота 1 м.

**96.** Определите массу мраморной колонны высотой 4 м и площадью основания 0,5 м<sup>2</sup>.

**97.** Какая масса никеля выделится на поверхности изделия площадью  $120 \text{ см}^2$  в процессе электролиза при толщине покрытия  $0,03 \text{ мм}$ ?

**98.** Кузов грузовой машины заполнен песком, масса которого  $3 \text{ т}$ . Какую площадь можно засыпать этим песком так, чтобы толщина покрытия составляла  $2,5 \text{ см}$ ?

**99.** Какую массу песка вывезли  $10$  железнодорожных платформ вместимостью  $50 \text{ м}^3$ ?

**100.** В карьере добыто  $5000 \text{ м}^3$  песка. Сколько железнодорожных платформ грузоподъемностью  $65 \text{ т}$  потребуется, чтобы перевезти этот песок?

**101.** Сколько кирпичей можно погрузить на трехтонную машину, если объем одного кирпича  $2 \text{ дм}^3$ ?

**102.** Найдите массу чугунного баллона с водой, если объем чугуна, из которого сделан баллон,  $0,5 \text{ дм}^3$ , а вместимость баллона  $2 \text{ л}$ .

**103.** Найдите грузоподъемность плота, если он способен перевезти два слитка железа длиной  $1,5 \text{ м}$ , шириной  $50 \text{ см}$  и высотой  $30 \text{ см}$ .

**104.** На сколько килограмм увеличится общая масса автомашины, если на нее погрузить  $200$  кирпичей размером  $250 \times 120 \times 60 \text{ мм}$ ?

**105.** Грузоподъемность лифта равна  $2 \text{ т}$ . Сколько листов железа можно погрузить на лифт, если длина каждого листа  $2,5 \text{ м}$ , ширина  $60 \text{ см}$ , толщина  $4 \text{ мм}$ ?

**106.** Общая масса семи одинаковых листов кровельного железа равна  $40 \text{ кг}$ . Длина одного листа  $1,5 \text{ м}$ , ширина  $1 \text{ м}$ . Какова толщина одного листа?

**107.** Деревянная деталь отливки имеет массу  $4 \text{ кг}$ . Какова масса латунной отливки?

### Третий уровень

**108.** В сосуд с горизонтальным дном и вертикальными стенками налита вода. Площадь основания внутренней части сосуда  $25 \text{ см}^2$ . Металлический цилиндр с площадью основания  $10 \text{ см}^2$  ставят торцом на дно сосуда. При этом уровень воды составляет  $10 \text{ см}$ , а верхний конец цилиндра выступает из воды. Определите массу воды в сосуде.

**109.** Имеются чугунный шар и шар из легкого неизвестного сплава. Масса чугунного шара в 1,25 раза больше массы шара из неизвестного сплава. Объем чугунного шара в 2 раза меньше объема второго шара. Какова плотность неизвестного сплава?

**110.** Найдите объем стекла, из которого изготовлена банка, если масса этой банки с керосином 1 кг, а вместимость банки 1 л.

**111.** Сосуд объемом 1 л заполнен на  $\frac{2}{3}$  водой. Когда в него погрузили кусок меди, уровень воды поднялся и часть ее объемом 100 мл вылилась через край. Найдите массу куска меди.

**112.** Масса сплошного куба, сделанного из некоторого вещества, 8 кг. Какую массу будет иметь этот куб, если длину его ребра уменьшить в 2 раза?

**113.** Какая масса нефти доставляется за 30 мин по трубопроводу площадью поперечного сечения  $250 \text{ см}^2$  при скорости течения 1 м/с?

**114.** Для накачивания керосина в бак используется насос производительностью 20 кг в минуту. Определите время, необходимое для наполнения бака керосином, если бак имеет форму прямоугольного параллелепипеда, причем его длина 2 м, ширина 150 см, высота 1800 мм.

**115.** На сколько масса кабины трактора, сделанная из пластмассы, меньше той же по размеру стальной кабины, имеющей массу 200 кг?

**116.** При одинаковых объемах кусок железа имеет массу на 12,75 кг большую, чем кусок алюминия. Определите массу кусков железа и алюминия.

**117.** Стальной и алюминиевый стержни имеют массы 2 кг каждый и площади поперечных сечений  $4 \text{ см}^2$  каждый. Какой из стержней длиннее и на сколько?

**118.** Деталь из сплава чугуна с железом имеет объем  $1 \text{ дм}^3$ . Чугуна в ней 5 кг, железа – 2 кг. Найдите объем пустот этой детали.

**119.** Бочка объемом 50 л доверху заполняется засаливаемыми на зиму огурцами. Плотность вещества огурцов  $1100 \text{ кг/м}^3$ . Средняя плотность огурцов в бочке  $660 \text{ кг/м}^3$ . Сколько литров рассола надо приготовить для засолки?

**120.** Ученик измерил плотность деревянного бруска, покрытого краской, и она оказалась равной  $600 \text{ кг/м}^3$ . Но на самом деле брусок состоит из двух частей, равных по массе, плотность одной из которых в 2 раза больше плотности другой. Найдите плотности обеих частей бруска. Массой краски можно пренебречь.

### Четвертый уровень

**121.** Для получения латуни, сплава меди и цинка израсходовали 8,9 кг меди и 17,8 кг цинка. Какова плотность полученного сплава?

**122.** Лаборант получил смесь двух растворов соли, слив в один сосуд 180 мл первого раствора плотностью  $1200 \text{ кг/м}^3$  и 120 мл раствора, плотность которого забыл измерить. Плотность смеси оказалась равной  $1150 \text{ кг/м}^3$ . Какой была плотность второго раствора?

**123.** Эталон массы 1 кг изготовлен из сплава, состоящего на 90% из платины и на 10% из иридия. Определите плотность сплава, считая объем сплава равным сумме объемов составных частей.

**124.** Кусок кварца, содержащий небольшой самородок золота, имеет массу 100 г, а его плотность  $8 \text{ г/см}^3$ . Определите массу золота, содержащегося в кварце.

**125.** Из двух металлов изготовили сплав массой 12 кг. Плотность первого металла  $4000 \text{ кг/м}^3$ , второго —  $8 \text{ г/см}^3$ , а плотность сплава оказалась равной  $6000 \text{ кг/м}^3$ . Каковы массы металлов, входящих в сплав?

**126.** Шар из сплава алюминия с железом имеет массу 3 кг. Найдите объем этого шара, если железа в нем в 2 раза больше алюминия.

**127.** Одинаковые объемы меди, железа и свинца сплавляли. Какова масса полученного образца, если масса железа 2 кг?

**128.** Масса канистры, полностью заполненной бензином, 27 кг. Масса канистры, полностью заполненной водой, 29 кг. Какова масса пустой канистры?

**129.** Масса пробирки с водой составляет 50 г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с куском металла массой 12 г, составляет 60,5 г. Определите плотность металла, помещенного в пробирку.

## Сила тяжести. Вес

### Первый уровень

**130.** Люстра массой  $1,5$  кг подвешена к потолку. Определите силу тяжести, действующую на люстру, и вес люстры.

**131.** Трос выдерживает силовую нагрузку  $35$  кН. Разорвется ли трос, если с его помощью поднимать равномерно груз массой  $3$  т?

**132.** Тело притягивается к Земле с силой  $20$  Н. Какова масса этого тела?

**133.** Мяч, притягиваясь к Земле, давит на горизонтальную опору силой  $5$  Н. Какова масса мяча?

**134.** Масса первого тела  $3$  кг, второго –  $6$  кг. Во сколько раз вес первого тела меньше, чем второго?

**135.** Объем точильного бруска  $150$  см<sup>3</sup>. Плотность точильного камня  $2200$  кг/м<sup>3</sup>. Определите вес бруска.

**136.** Три тела, притягивающиеся к Земле силами, равными  $19,6$ ,  $39,2$  и  $9,8$  Н соответственно, последовательно связаны нитями по вертикали. Каков общий вес этих тел?

**137.** Папа, масса которого  $80$  кг, держит на плечах сына массой  $20$  кг. С какой силой папа давит на Землю?

### Второй уровень

**138.** Два шарика одинакового объема сделаны из разного материала: первый из меди, второй из мрамора. Во сколько раз вес первого шарика больше, чем второго?

**139.** Башенный кран равномерно поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной  $5$  м и сечением  $0,01$  м<sup>2</sup>. С какой силой действует балка на трос?

**140.** Мраморная колонна имеет высоту  $5$  м, а площадь ее основания  $0,4$  м<sup>2</sup>. С какой силой она давит на Землю?

**141.** Определите силу тяжести и вес деревянного бруска, размер которого  $2 \times 0,3 \times 0,1$  м.

**142.** Каков вес нефти, перевезенной в  $40$  железнодорожных цистернах, если вместимость каждой  $50$  м<sup>3</sup>?

**143.** Спортсмен массой  $70$  кг держит на поднятой руке гирию весом  $50$  Н. С какой силой он давит на Землю?



**144.** Вес пустой десятилитровой канистры 12 Н. Каким будет вес этой же канистры, наполненной бензином?

**145.** Вес четырех пассажиров лифта 2400 Н. Какова масса четвертого пассажира, если у первого она 50 кг, у второго – 60 кг, а у третьего – 55 кг?

### Третий уровень

**146.** Найдите вес десяти алюминиевых кубиков с ребром 20 см.

**147.** Пластика, имеющая форму квадрата со стороной 50 см, притягивается к Земле с силой, равной 50 Н. Какова плотность материала, из которого сделана эта пластинка, если ее толщина 4 мм?

**148.** Два куба с ребрами 20 см и 30 см сделаны из одного материала. Во сколько раз сила притяжения второго кубика больше, чем первого?

**149.** В ведро весом 20 Н налили 10 л воды. Какой стала общая масса ведра с водой?

**150.** Определите объем бензина, налитого в канистру, если вес пустой канистры 12 Н, а вместе с бензином – 97,2 Н.

**151.** На сколько уменьшится вес автомобиля после прохождения 300 км пути, если на 100 км пути его двигатель расходует 10 л бензина?

**152.** Из алюминия и железа сделаны два тела одинакового объема. Найдите силу притяжения алюминиевого тела к Земле, если масса железного 7,8 кг.

**153.** К динамометру подвешен стакан, заполненный водой до краев. Вес стакана с водой равен 3 Н. На дно стакана опускают камень массой 100 г, который полностью погружается в воду. Определите новое показание динамометра. Плотность камня  $2500 \text{ кг/м}^3$ .

## Сила упругости. Закон Гука

### Первый уровень

**154.** Какую силу надо приложить, чтобы пружину жесткостью 100 Н/м растянуть на 3 см?

**155.** Найдите жесткость пружины, которая под действием силы 5 Н удлинилась на 10 см.

**156.** Динамометр, к пружине которого подвешен груз, показывает силу 2 Н. Определите удлинение пружины, если ее коэффициент жесткости 40 Н/м.

**157.** Тело массой 1 кг висит на пружине, растягивая ее на 1 см. Определите коэффициент жесткости пружины.

**158.** Груз какой массы надо подвесить к динамометру, жесткость пружины которого 40 Н/м, чтобы удлинение пружины составило 2,5 см?

**159.** Шарик массой 100 г висит на резиновом шнуре, жесткость которого 1 Н/см. Определите величину растяжения шнура.

**160.** Длина недеформированной пружины 20 см, ее жесткость 10 Н/м. Какой станет длина пружины, если ее растянуть с силой 1 Н?

**161.** Длина деформированной пружины 40 см, ее жесткость 20 Н/м. Определите длину недеформированной пружины, если деформация произошла под действием силы 2 Н.

## Второй уровень

**162.** Для сжатия на 2 см буферной пружины железнодорожного вагона требуется сила 60 кН. Какая сила потребуется для сжатия этой пружины на 5 см?

**163.** Чтобы растянуть пружину на 4 см, к ней необходимо приложить силу 8 Н. Какую силу нужно приложить к этой же пружине, чтобы сжать ее на 3 см?

**164.** Две пружины растягивают одинаковыми силами  $F$ . Жесткость первой пружины в 1,5 раза больше жесткости второй пружины. Чему равно удлинение первой пружины, если удлинение второй пружины оказалось равным 6 см?

**165.** С какой силой растянута пружина, к которой подвешен брусок из латуни размером  $10 \times 8 \times 5$  см? Какова жесткость пружины, если известно, что она растянута на 3,4 см?

**166.** К пружине динамометра подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Каким будет удлинение пружины, если к динамометру подвесить груз массой 0,4 кг?

## Третий уровень

**167.** К потолку подвешена легкая пружина с маленьким шариком массой  $100\text{ г}$ . К нему прикреплена вторая легкая пружина с еще одним таким же шариком. Длины недеформированных пружин равны  $10\text{ см}$  и  $20\text{ см}$ , а жесткости пружин  $200\text{ Н/м}$  и  $100\text{ Н/м}$  соответственно. Найдите расстояние от потолка до нижнего шарика.

**168.** Пружина динамометра под действием силы  $1\text{ Н}$  удлинилась на  $2\text{ мм}$ . Если к этому динамометру подвесить медный шар, то пружина удлинится на  $5\text{ мм}$ . Чему равен объем шара?

## Равнодействующая сила

### Первый уровень

**169.** На тело действуют две силы в одном направлении. Найдите результирующую силу, если первая сила равна  $7\text{ Н}$ , вторая –  $6\text{ Н}$ .

**170.** Сила тяги автомобиля  $3100\text{ Н}$ , сила сопротивления движению  $1200\text{ Н}$ . Найдите равнодействующую этих сил.

**171.** На тело действуют две силы в противоположных направлениях. Результирующая сила равна  $10\text{ Н}$ . Чему равна величина второй силы, если одна из сил  $15\text{ Н}$ ?

**172.** На тросе висит груз массой  $1\text{ т}$ . Изобразите силы, действующие на груз, в выбранном вами масштабе. Определите равнодействующую силу.

**173.** Сила тяги стартовой ракеты вертикально вверх равна  $400\text{ кН}$ , а сила тяжести, действующая на ракету,  $100\text{ кН}$ . Определите равнодействующую этих сил.

### Второй уровень

**174.** Парашютист массой  $70\text{ кг}$  прыгнул с самолета. Когда он раскрыл парашют, на него начала действовать сила сопротивления воздуха, равная  $600\text{ Н}$ . Изобразите силы, действующие на парашютиста. Найдите равнодействующую силу.

**175.** Мальчик весом  $400\text{ Н}$  держит гирию массой  $10\text{ кг}$ . Определите силу, с которой он давит на землю.

**176.** На тело массой 3 кг, расположенное на горизонтальной поверхности, действует сила 20 Н, направленная вертикально вверх. С какой силой тело давит на поверхность?

**177.** На тело вдоль одной прямой действуют три силы 1, 2 и 5 Н. Определите, чему может быть равна равнодействующая этих сил при различных вариантах их направления?

**178.** На тело вдоль одной прямой действуют три силы: 5, 2 и 4 Н. Определите, как должны быть направлены силы, чтобы их равнодействующая составляла 3 Н. Сделайте рисунок, изобразив силы в выбранном вами масштабе.

**179.** Сила тяги локомотива массой 2500 т составляет 125 кН. Найдите результирующую силу, действующую на локомотив в горизонтальной плоскости, если сила сопротивления движению составляет 0,005 веса состава.

### Третий уровень

**180.** На динамометре висит гирька массой 100 г. Снизу к ней прикреплен второй динамометр, другой конец которого жестко закреплен. Показание нижнего динамометра – 5 Н. Какая сила приложена к верхнему динамометру?

## ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

### Основные понятия, соотношения, формулы

*Давление ( $p$ )* – физическая величина, характеризующая действие одного тела на поверхность другого и равная отношению силы давления ( $F$ ) к площади поверхности ( $S$ ):

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

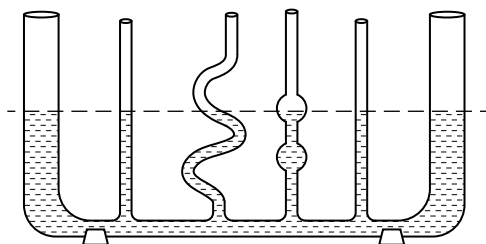
**Закон Паскаля:** давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.

**Гидростатическое давление** прямо пропорционально высоте столба жидкости ( $h$ ), оказывающего давление, и плотности жидкости ( $\rho$ ):

$$p = \rho gh.$$

**Сообщающиеся сосуды** – это два или несколько сосудов, соединенных между собой.

В **сообщающихся сосудах** любой формы и сечения поверхности однородной жидкости устанавливаются на одном уровне (при условии, что давление воздуха над жидкостью одинаково) (см. рисунок).



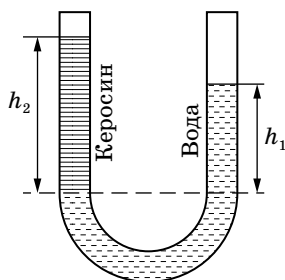
При равенстве давлений высота столба жидкости с большей плотностью будет меньше высоты столба жидкости с меньшей плотностью (см. рисунок).

**Атмосферное давление** возникает вследствие действия веса всех слоев воздушной оболочки, окружающей Землю, друг на друга.

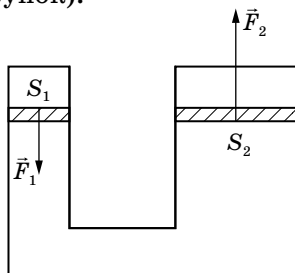
**Атмосферное давление** уменьшается с высотой над поверхностью Земли из-за уменьшения высоты столба атмосферы, оказывающего давление, и уменьшения плотности воздуха.

Атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0 °С, называется **нормальным атмосферным давлением**.

При небольших подъемах (в среднем на каждые 12 м подъема) давление уменьшается на 1 мм рт. ст. (или на 133 Па).



**Гидравлическая машина** – это механизм, действие которого основано на законах движения и равновесия жидкостей. Гидравлическую машину, служащую для прессования (сдавливания), называют **гидравлическим прессом** (см. рисунок).



Для **гидравлического пресса** из закона Паскаля можно вывести следующее соотношение:

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

**Выталкивающая сила (сила Архимеда)** – это сила воздействия жидкости или газа на погруженные в них тела, направленная вертикально вверх.

Сила, выталкивающая целиком погруженное в жидкость или газ тело, равна весу жидкости или газа, взятого в объеме этого тела.

**Выталкивающая сила** ( $F_{\text{выт}}$ ) равна произведению плотности жидкости ( $\rho_{\text{ж}}$ ) на ускорение свободного падения ( $g$ ) и объем погруженного тела ( $V$ ):

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g V.$$

Тело, погруженное в среду (жидкость или газ):

- **тонет**, если плотность вещества тела больше плотности среды ( $\rho_{\text{т}} > \rho_{\text{ср}}$ );
- **плавает внутри**, если  $\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{ср}}$ ;
- **всплывает** и остается на поверхности, если  $\rho_{\text{т}} < \rho_{\text{ср}}$ .

Вес воды, вытесняемой подводной частью судна, равен весу судна с грузом в воздухе или силе тяжести, действующей на судно с грузом.

Вес воды, вытесняемой судном при погружении до ватерлинии, равный силе тяжести, действующей на судно с грузом, называется **водоизмещением судна**.

## Примеры решения задач

**1.** Мальчик массой 50 кг стоит на лыжах. Длина каждой лыжи 1,5 м, ширина 10 см. Какое давление оказывает мальчик на снег? Сравните его с давлением, которое производит мальчик, стоящий без лыж, если площадь подошв его ботинок 300 см<sup>2</sup>.

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$m = 60 \text{ кг}$		Давление, которое оказывает мальчик, можно найти по фор-
$a = 1,5 \text{ м}$		муле: $p = \frac{F}{S}$ , где $F$ – сила давле-
$b = 10 \text{ см}$	0,1 м	ния, $S$ – площадь опоры.
$S_2 = 300 \text{ см}^2$	0,03 м <sup>2</sup>	
$p_1 - ?$		
$p_2 - ?$		

Сила давления равна весу мальчика:

$$F = P = mg = 60 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 600 \text{ Н}.$$

Площадь лыж равна:  $S_1 = 2ab = 2 \cdot 1,5 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,3 \text{ м}^2$ .

Тогда получим:  $p_1 = \frac{600 \text{ Н}}{0,3 \text{ м}^2} = 2000 \text{ Н} = 2 \text{ кН}$ ,

$$p_2 = \frac{600 \text{ Н}}{0,03 \text{ м}^2} = 20\,000 \text{ Н} = 20 \text{ кН}.$$

О т в е т:  $p_1 = 2 \text{ кН}$ ;  $p_2 = 20 \text{ кН}$ ; мальчик, стоящий без лыж, оказывает давление в 10 раз большее, чем на лыжах.

**2.** В сосуд, имеющий форму цилиндра с площадью дна 0,1 м<sup>2</sup>, налили воду. Определите массу воды, если ее давление на боковую стенку сосуда на расстоянии 0,1 м от дна равно 250 Па.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$S = 0,1 \text{ м}^2$	Давление, которое оказывает вода, можно найти по формуле: $p = \rho gh$ , где
$a = 0,1 \text{ м}$	$h$ – высота жидкости.
$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$	Отсюда следует, что $h = \frac{p}{\rho g}$ .
$p = 250 \text{ Па}$	
$m - ?$	

Подставив числовые значения, получим:

$$h = \frac{250 \text{ Па}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,025 \text{ м}.$$

Массу воды можно найти по формуле:

$$m = \rho V = \rho S(a + h).$$

Подставив числовые значения, получим:

$$m = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,1 \text{ м}^2 \cdot (0,1 \text{ м} + 0,025 \text{ м}) = 12,5 \text{ кг}.$$

О т в е т:  $m = 12,5 \text{ кг}$ .

**3.** Какова разница в высоте уровня воды в сообщающихся сосудах (см. рисунок), если в одно колено поверх воды налили керосин высотой 15 см?

Д а н о:

$$h_2 = 15 \text{ см}$$

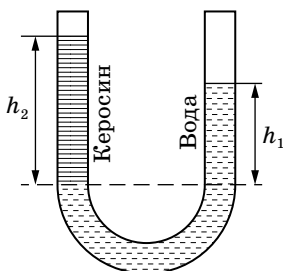
$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

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

$$h_1 - ?$$

С И

$$0,15 \text{ м}$$



Р е ш е н и е:

Столбы жидкостей высотами  $h_1$  и  $h_2$  уравнивают друг друга и производят одинаковое давление на уровне пунктирной линии:  $p_1 = p_2$ , где  $p_1 = \rho_{\text{в}} \cdot gh_1$  — давление столба воды;  $p_2 = \rho_{\text{к}} \cdot gh_2$  — давление столба керосина.

Приравняем и получим:  $\rho_{\text{в}} \cdot gh_1 = \rho_{\text{к}} \cdot gh_2$ .

Отсюда следует, что  $h_1 = \frac{\rho_{\text{к}} h_2}{\rho_{\text{в}}}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$h_1 = \frac{0,15 \text{ м} \cdot 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,12 \text{ м} = 12 \text{ см}.$$

О т в е т:  $h_1 = 12 \text{ см}$ .

**4.** На какой высоте летит планер, если барометр в кабине летчика показывает 100 635 Па, а на поверхности Земли давление нормальное?

Д а н о:

$$p = 100 \text{ 635 Па}$$

$$p_0 = 101 \text{ 300 Па}$$

$$h - ?$$

Р е ш е н и е:

Известно, что на каждые 12 м подъема давление уменьшается на 133 Па.

Найдем разность давлений:

$$\Delta p = p_0 - p = 101 \text{ 300} - 100 \text{ 635} = 665 \text{ Па}.$$



Составим пропорцию и получим:

$$h = \frac{665 \text{ Па} \cdot 12 \text{ м}}{133 \text{ Па}} = 60 \text{ м}.$$

О т в е т:  $h = 60 \text{ м}$ .

**5.** Площадь меньшего поршня гидравлического прес-са  $15 \text{ см}^2$ . На него действует сила  $300 \text{ Н}$ . Площадь боль-шого поршня  $200 \text{ см}^2$ . Какая сила действует на больший поршень?

Д а н о:

$$S_1 = 15 \text{ см}^2$$

$$S_2 = 200 \text{ см}^2$$

$$F_1 = 300 \text{ Н}$$

$$F_2 - ?$$

Р е ш е н и е:

Для гидравлического прес-са справедливо

$$\text{соотношение: } \frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

$$\text{Отсюда следует, что } F_2 = \frac{S_2 F_1}{S_1}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$F_2 = \frac{300 \text{ Н} \cdot 200 \text{ см}^2}{15 \text{ см}^2} = 4000 \text{ Н} = 4 \text{ кН}.$$

О т в е т:  $F_2 = 4 \text{ кН}$ .

**6.** Тело весом  $88 \text{ Н}$  весит в воде  $78 \text{ Н}$ , а в керосине –  $80 \text{ Н}$ . Определите плотность керосина.

Д а н о:

$$P_0 = 88 \text{ Н}$$

$$P_{\text{в}} = 78 \text{ Н}$$

$$P_{\text{к}} = 80 \text{ Н}$$

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

$$\rho_{\text{к}} - ?$$

Р е ш е н и е:

При погружении тела в воду его вес уменьшается на величину архимедовой силы:

$$F_{\text{А}} = P_0 - P_{\text{в}} = 88 \text{ Н} - 78 \text{ Н} = 10 \text{ Н}.$$

Зная архимедову силу, можно опреде-  
лить объем тела:  $V = \frac{F_{\text{А}}}{g \rho_{\text{в}}}.$

Подставив числовые значения, получим:

$$V = \frac{10 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,001 \text{ м}^3.$$

При погружении этого тела в керосин архимедова сила будет равна:

$$F_{\text{А}} = P_0 - P_{\text{к}} = 88 \text{ Н} - 80 \text{ Н} = 8 \text{ Н}.$$

Из формулы для определения архимедовой силы:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{F_{\text{А}}}{Vg}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$\rho_k = \frac{8 \text{ Н}}{0,001 \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

О т в е т:  $\rho_k = 800 \text{ кг/м}^3$ .

## Давление твердых тел

### Первый уровень

**181.** На опору площадью  $0,6 \text{ м}^2$  действует сила  $1 \text{ кН}$ , направленная перпендикулярно этой опоре. Определите оказываемое этой силой давление.

**182.** Рассчитайте, какую силу надо приложить к шляпке гвоздя, чтобы оказать давление, равное  $100 \text{ МПа}$ , если площадь острия  $0,1 \text{ мм}^2$ .

**183.** Человек оказывает на пол давление  $15 \text{ кПа}$ . Площадь его подошв  $0,04 \text{ м}^2$ . Определите его вес.

**184.** Какой должна быть площадь опоры груза весом  $400 \text{ Н}$ , чтобы он оказывал на землю давление  $2 \text{ кПа}$ ?

**185.** Ширина лезвия лопаты  $20 \text{ см}$ , толщина  $3 \text{ мм}$ . Человек нажимает на лопату с силой  $30 \text{ Н}$ . Определите давление лопаты на почву.

### Второй уровень

**186.** Брусok массой  $2 \text{ кг}$  оказывает на горизонтальную подставку давление  $400 \text{ Па}$ . Определите площадь соприкосновения бруска с подставкой.

**187.** На опору какой площади надо поместить груз массой  $1 \text{ т}$ , чтобы он оказывал на землю давление  $10 \text{ кПа}$ ?

**188.** Масса мальчика  $50 \text{ кг}$ . Сможет ли он пройти по льду, выдерживающему давление  $30 \text{ кПа}$ , если площадь его ступни  $25 \text{ см}^2$ ?

**189.** Масса стола  $2 \text{ кг}$ . Определите его давление на пол, если площадь каждой из четырех его ножек  $4 \text{ см}^2$ .

**190.** Двухосный прицеп с грузом имеет массу  $2,5 \text{ т}$ . Определите давление, оказываемое прицепом на дорогу, если площадь соприкосновения каждого колеса с дорогой равна  $125 \text{ см}^2$ .

**191.** Какой должна быть площадь поверхности одной лыжи, чтобы человек массой 75 кг не проваливался в снег ниже определенной глубины от его поверхности, в случае если на эту глубину он проваливается при давлении 3 кПа?

**192.** Площадь дна кастрюли равна 1300 см<sup>2</sup>. Вычислите, на сколько увеличится давление кастрюли на стол, если в нее налили воду объемом 3,9 л.

**193.** Лыжа длиной 2 м имеет ширину 5 см. Какое давление оказывает человек на снег, стоя на двух лыжах, если его масса 70 кг?

### Третий уровень

**194.** Как изменится давление, оказываемое грузом на горизонтальную поверхность, если его массу увеличить в 2 раза, а площадь опоры в 3 раза уменьшить?

**195.** На сколько процентов возрастет давление человека массой 75 кг на пол, если он возьмет в руки груз массой 6 кг?

**196.** Масса пустой трехлитровой канистры 370 г. Какое давление будет оказывать канистра на горизонтальную поверхность, если ее заполнить бензином? Площадь дна 400 см<sup>2</sup>.

**197.** Колонна объемом 6 м<sup>3</sup>, площадью основания 1,5 м<sup>2</sup> оказывает давление 104 кПа. Найдите плотность вещества, из которого сделана колонна.

**198.** Бетонная плита длиной 2 м и шириной 1,5 м оказывает на грунт давление 3 кПа. Определите массу плиты.

**199.** Какое давление оказывает на горизонтальную опору железный куб, ребро которого равно 1 м?

**200.** Какое давление производит на фундамент кирпичная стена высотой 20 м?

**201.** Тело массой 50 кг стоит на треноге массой 10 кг. Площадь основания каждой опоры 20 см<sup>2</sup>. Найдите давление, оказываемое треногой на пол.

**202.** Кровельное железо выдерживает давление 9 кПа. Найдите толщину снега, который может покрыть кровлю, не разрушив ее. Плотность снега считать равной плотности льда.

**203.** Сколько кирпичей можно погрузить на трехтонную машину, чтобы давление, производимое машиной на грунт, было равно 10 МПа? Площадь соприкосновения каждого колеса с грунтом составляет  $120 \text{ см}^2$ . Объем одного кирпича считать равным  $2 \text{ дм}^3$ , а его плотность  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

### Четвертый уровень

**204.** Брусек массой 2 кг имеет форму параллелепипеда. Лежа на одной из граней, он оказывает давление 1 кПа, лежа на другой – давление 2 кПа, стоя на третьей – 4 кПа. Каковы размеры бруска?

**205.** На столе стоит цинковый куб с полостью внутри. Длина ребра куба равна 50 см. Давление, оказываемое кубом на пол, равно 600 Па. Какую часть объема занимает полость?

**206.** На столе лежал восковой куб. Давление, оказываемое им на стол, составляло 100 Па. Сверху на воск положили стальной куб, ребро которого в 3 раза больше ребра воскового куба. Воск расплющился, и площадь его контакта со столом увеличилась в 2 раза. Чему стало равно давление на стол?

**207.** На столе стоит кубик, площадь грани которого составляет  $25 \text{ см}^2$ . Его масса 90 г. На него ставят тело неправильной формы. Площадь его контакта с кубиком составляет  $16 \text{ см}^2$ . Сверху ставят еще один кубик со стороной 3 см. Площадь контакта этого кубика с телом неправильной формы составляет  $9 \text{ см}^2$ . Известно, что все давления в местах соприкосновения тел друг с другом и со столом равны между собой. Найдите массу тела неправильной формы и массу верхнего кубика.

## Давление жидкости

### Первый уровень

**208.** В сосуд высотой 15 см до краев налита вода. Определите величину давления воды на дно стакана.

**209.** На какую глубину должен быть погружен батискаф в море, чтобы давление воды на его поверхность стало равным 6190 кПа?

**210.** Определите плотность жидкости, которая оказывает на дно сосуда давление 4 кПа при высоте столба жидкости 0,5 м.

**211.** В ведро налили керосин, высота уровня которого 0,5 м. Чему равно давление керосина на дно? Во сколько раз увеличится давление на дно, если в ведро до того же уровня была бы налита вода?

**212.** Во сколько раз давление столба масла высотой 10 м больше, чем давление столба воды высотой 5 м?

## Второй уровень

**213.** Имеются два совершенно одинаковых цилиндрических сосуда. В один из них налили 0,5 кг воды, в другой – 0,5 кг керосина. Чему равно отношение давлений воды и керосина на дно?

**214.** В мензурке находится вода, высота столба которой 10 см. Какой высоты столб масла надо налить в такую же мензурку, чтобы он производил давление в 3 раза большее?

**215.** Плоскодонная баржа получила пробоину в дне площадью 200 см<sup>2</sup>. С какой силой нужно давить на пластырь, который закрывает отверстие, чтобы сдержать напор воды на глубине 1,8 м? Вес пластыря не учитывать.

**216.** Вычислите силу гидростатического давления на дно бассейна, если его площадь 120 м<sup>2</sup>, а глубина 1,5 м.

**217.** В аквариум длиной 30 см и шириной 20 см налита вода до высоты 25 см. Определите силу давления на дно аквариума.

**218.** Брусok размером 0,5 × 0,4 × 0,1 м плавает в баке с водой. Высота столба воды до верхней грани составляет 0,6 м. Вычислите, с какой силой вода давит на верхнюю и нижнюю грани.

**219.** Определите давление в водоеме на глубине 5 м. Атмосферное давление считать равным 100 кПа.

**220.** На какой глубине давление в воде больше атмосферного в 10 раз? Атмосферное давление 100 кПа.

## Третий уровень

**221.** На первом этаже высотного здания давление воды в водопроводе 300 кПа. Определите давление воды

на пятом этаже. Высота каждого этажа равна 3 м. Начиная с какого этажа вода не будет течь из крана?

**222.** Аквариум наполнен доверху водой. С какой средней силой давит вода на стенку аквариума длиной 50 см и высотой 30 см?

**223.** Какой жидкостью заполнен бак, имеющий форму куба со стороной 20 см, если средняя сила давления на боковую грань равна 40 Н?

**224.** Аквариум имеет форму куба со стороной 60 см. До какой высоты следует налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно?

**225.** В цилиндрический сосуд налиты три несмешивающиеся жидкости: ртуть, вода и керосин. Определите общее давление, которое оказывают на дно три жидкости, если объемы всех жидкостей равны, а верхний уровень керосина находится на высоте 12 см от дна сосуда.

**226.** Прямоугольный сосуд вместимостью 2 л наполнен наполовину водой, а наполовину керосином. Найдите давление на дно сосуда, если оно имеет форму квадрата со стороной 10 см.

**227.** В цилиндрическое ведро с площадью дна  $0,1 \text{ м}^2$  налита вода. Найдите массу воды, если ее давление на боковую стенку ведра на расстоянии 0,1 м от дна равно 196 Па.

**228.** В цилиндрический сосуд с площадью основания  $0,2 \text{ м}^2$  налита вода, занимающая объем 24 л. Каково давление воды на стенку сосуда на высоте 10 см от дна?

**229.** В стакан налиты две несмешивающиеся жидкости – вода и сверху бензин. Высота каждого слоя 4 см. Найдите давление жидкости на высоте 1 см от дна сосуда.

**230.** Сосуд в форме куба с ребром 36 см заполнен водой и керосином. Масса воды равна массе керосина. Определите давление на дно сосуда.

**231.** Стекланный сплошной куб, ребро которого равно 12 см, лежит на дне открытого аквариума, наполненного водой. Найдите силу, с которой куб давит на дно аквариума в случае, когда куб плотно прилегает ко дну. Высота столба воды над кубом равна 30 см.

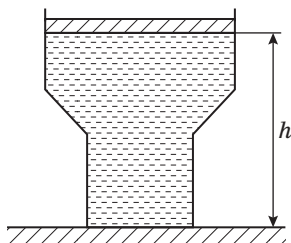
**232.** С какой силой действует вода на прямоугольную плотину высотой 75 м и шириной 120 м, когда водохранилище заполнено на  $\frac{2}{3}$ ?

### Четвертый уровень

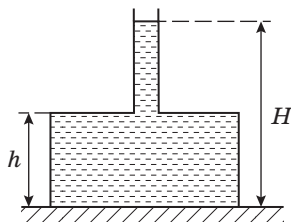
**233.** Сила давления воды на дно прямоугольного аквариума равна 60 Н. На меньшую из боковых стенок, ширина которой 20 см, вода давит с силой 10 Н. Какова сила давления воды на большую из боковых стенок?

**234.** Бассейн шириной 10 м разделен перегородкой. С одной стороны от перегородки уровень воды относительно дна 2 м, с другой стороны – 1 м. Найдите результирующую силу гидростатического давления воды на перегородку.

**235.** Сосуд с водой имеет форму, изображенную на рисунке. Площадь дна сосуда  $100 \text{ см}^2$ , площадь поршня  $200 \text{ см}^2$ . Сила давления, с которой вода действует на поршень, равна 100 Н. Чему равна сила давления воды на дно, если высота столба воды равна 50 см?



**236.** В дне цилиндрической кастрюли площадью  $520 \text{ см}^2$  просверлили отверстие площадью  $20 \text{ см}^2$  и вставили в него пластмассовую трубку (см. рисунок). Масса кастрюли 500 г, высота 25 см. Кастрюля стоит на ровном листе резины дном вверх. Сверху в трубку наливают воду. До какой высоты  $H$  можно налить воду, чтобы она не вытекала снизу?



До какой высоты  $H$  можно налить воду, чтобы она не вытекала снизу?

**237.** В полусферический колокол, плотно лежащий на столе, наливают через отверстие сверху воду. Когда вода доходит до отверстия, приподнимается колокол и она начинает вытекать снизу. Найдите массу колокола, если его радиус равен 20 см. (Объем шара –  $\frac{4}{3}\pi R^3$ , площадь круга –  $\pi R^2$ .)

## Сообщающиеся сосуды

### Первый уровень

**238.** Два одинаковых сосуда с вертикальными стенками соединены в нижней части тонкой трубкой с краном. При закрытом кране один сосуд наполнили жидкостью до уровня 1 м, после чего кран открыли. Какой станет высота столба жидкости в каждом сосуде?

**239.** Столбом воды какой высоты можно уравновесить в сообщающихся сосудах столб керосина высотой 12 см?

**240.** Столб воды в сообщающихся сосудах высотой 17,2 см уравнивает столб дизельного топлива высотой 20 см. Определите плотность дизельного топлива.

**241.** В сообщающиеся сосуды налита ртуть, поверх которой в одном из них находится вода. Разность уровней ртути 20 мм. Определите высоту столба воды.

**242.** В сообщающиеся сосуды налита вода. В один из сосудов долили керосин так, что разность уровней воды в сосудах стала равна 1,6 см. Найдите высоту столба керосина.

### Второй уровень

**243.** Мензурка с площадью дна  $10 \text{ см}^2$  при помощи тонкого шланга сообщается с мензуркой с площадью дна  $5 \text{ см}^2$ . Определите высоту столба воды в широкой мензурке, если в систему налито 0,6 л воды.

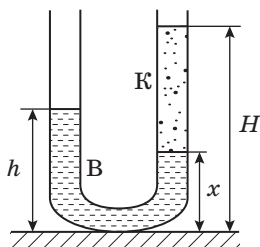
**244.** В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой 0,48 м, в другой – столб керосина высотой 0,2 м. Определите разность уровней ртути в сосудах.

**245.** В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в оба сосуда налили керосин, высота столба которого составила 48 см в одном сосуде и 31 см – в другом. Определите разность уровней ртути в сосудах.

**246.** U-образная трубка частично заполнена водой. Какой высоты столб керосина нужно налить в одно из колен, чтобы разность уровней керосина и воды в разных коленах трубки была равна 1 см?

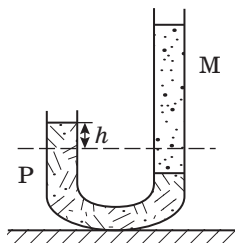


**247.** В U-образную трубку с вертикальными прямыми коленями налиты керосин и вода (см. рисунок). На рисунке  $x = 10$  см,  $H = 30$  см. Определите высоту  $h$  столба воды в левом колене.

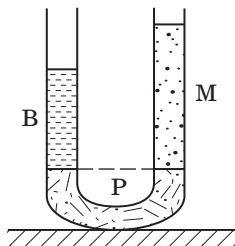


### Третий уровень

**248.** U-образная трубка, одно колено которой длиннее другого, наполнена до некоторой высоты ртутью. В более длинную часть трубки наливают масло. В результате чего ртуть в короткой трубке поднимается на  $h = 1,5$  см относительно первоначального уровня (см. рисунок). Определите высоту столба масла.



**249.** В сообщающихся сосудах находятся ртуть, вода и масло (см. рисунок). Ртуть находится на одном уровне в обоих сосудах. Площадь сечения сосудов  $3 \text{ см}^2$ , высота столба воды  $10$  см. Определите массу масла, находящегося в сосуде.

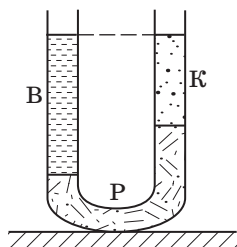


**250.** В сообщающихся сосудах находится ртуть. Площадь сечения одного сосуда в 2 раза больше, чем другого. В узкий сосуд наливают столб воды высотой  $1,02$  м. На сколько поднимется ртуть в широком сосуде?

**251.** В сообщающихся сосудах разной площади сечения находится ртуть. После того как в более узкий сосуд налили столб масла высотой  $60$  см, уровень ртути в широком сосуде повысился относительно первоначального положения на  $0,7$  см. Определите отношение площади сечения большего сосуда к площади сечения меньшего.

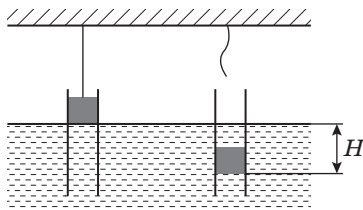
**252.** В сообщающиеся сосуды, площади поперечного сечения которых относятся как  $1:2$ , налита вода. В узкий сосуд поверх воды долили столб керосина высотой  $30$  см. На сколько сантиметров повысится уровень воды в широком сосуде?

**253.** U-образная трубка заполнена ртутью, водой и керосином (см. рисунок). Верхние уровни воды и керосина лежат на одной горизонтали. Зная, что разность уровней ртути 25 мм, найдите высоту столба воды.



**254.** В сообщающиеся сосуды с водой площадью сечения  $1,5 \text{ см}^2$  долили: в левый –  $30 \text{ см}^3$  масла, в правый –  $22,5 \text{ см}^3$  керосина. Определите разность уровней воды в трубках.

**255.** В сосуд с водой опущена трубка квадратного сечения. В трубке с помощью нити удерживается стальной кубик (см. рисунок), ребро которого 1 см. На какой глубине  $H$  установится кубик, если нить оборвется? Трение и зазор между трубкой и кубиком отсутствуют.



**256.** В два сообщающихся сосуда площадью поперечного сечения  $2 \text{ см}^2$  каждый залили ртуть до некоторого уровня. Затем в левый сосуд долили 50 г воды, а в правый – 25 г воды. После этого в левый сосуд добавили 30 г масла. Определите разность уровней ртути в сосудах.

**257.** В сообщающихся сосудах с вертикальными стенками и площадью сечения  $20 \text{ см}^2$  находится вода. В один из сосудов наливают масло массой 180 г, при этом вода остается в обоих сосудах и не перемешивается с маслом. Определите разность уровней жидкостей в сосудах.

### Четвертый уровень

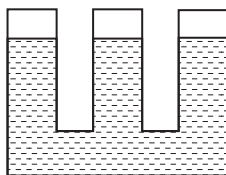
**258.** В воде плавает в вертикальном положении труба. Высота выступающей из воды части трубы 5 см. Внутри трубы наливают масло. Какой длины должна

быть труба для того, чтобы ее можно было целиком заполнить маслом?

**259.** В сосуд с водой вставлена трубка сечением  $2 \text{ см}^2$ . В трубку налили масло массой  $72 \text{ г}$ . Найдите разность уровней масла и воды.

**260.** U-образная, вертикально расположенная трубка частично заполнена жидкостью так, что расстояние от открытых концов трубки до уровня жидкости в коленях трубки равно  $5 \text{ см}$ . Какой максимальной толщины слой более легкой жидкости можно налить в одно из колен трубки, чтобы жидкость из трубки не выливалась? Отношение величин плотностей жидкостей равно  $1:2$ . Жидкости не смешиваются.

**261.** Три одинаковых сообщающихся сосуда частично заполнены водой (см. рисунок). Когда в левый сосуд налили слой керосина высотой  $20 \text{ см}$ , а в правый – высотой  $25 \text{ см}$ , то уровень воды в среднем сосуде повысился. На сколько сантиметров повысился уровень воды в среднем сосуде?



## Атмосферное давление

### Первый уровень

**262.** Какое значение атмосферного давления больше –  $100 \text{ кПа}$  или  $700 \text{ мм рт. ст.}$ ?

**263.** Рассчитайте силу, с которой воздух давит на поверхность стола площадью  $2 \text{ м}^2$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ .

**264.** С какой силой давит воздух на ладонь площадью  $50 \text{ см}^2$  при давлении атмосферы  $750 \text{ мм рт. ст.}$ ?

**265.** Рассчитайте силу, с которой воздух давит на крышу дома, если ширина крыши  $20 \text{ м}$ , длина  $50 \text{ м}$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ .

**266.** На какую высоту поднялся бы керосин за поршнем насоса при атмосферном давлении  $750 \text{ мм рт. ст.}$ ?

**267.** На сколько отличается давление столба керосина высотой 2 м от атмосферного давления? Атмосферное давление считать равным 101 300 Па.

**268.** Во сколько раз высота столба жидкости в водяном барометре больше высоты столба жидкости в ртутном барометре при одном и том же атмосферном давлении?

**269.** Какой будет высота столба воды в водяном барометре при давлении 740 мм рт. ст.?

## Второй уровень

**270.** На какой глубине в воде давление больше атмосферного в 3 раза? Атмосферное давление  $10^5$  Па.

**271.** Во сколько раз давление на глубине 70 м больше, чем давление на глубине 10 м? Атмосферное давление  $10^5$  Па.

**272.** Рассчитайте давление атмосферы в шахте на глубине 840 м, если на поверхности Земли давление 101 300 Па. При подъеме вверх на 12 м давление падает на 1 мм рт. ст.

**273.** На какой высоте летит самолет, если барометр в кабине летчика показывает 100 641 Па, а на поверхности Земли – 101 300 Па? При подъеме вверх на 12 м давление падает на 1 мм рт. ст.

**274.** Определите глубину шахты, если на ее дне барометр показывает 109 297 Па, а на поверхности Земли – 103 965 Па. При подъеме вверх на 12 м давление падает на 1 мм рт. ст.

**275.** На первом этаже дома барометр показывает давление 101 080 Па. Определите, на каком этаже прибор показывает 100 681 Па, если расстояние между этажами равно 3,5 м. На каждые 12 м подъема давление уменьшается на 1 мм рт. ст.

## Третий уровень

**276.** Определите максимальное давление под крышкой скороварки, если диаметр круглого отверстия предохранительного клапана 5 мм, масса грузика, закрывающего клапан, 60 г. Атмосферное давление считать равным 101 000 Па.

## Гидравлический пресс

### Первый уровень

**277.** Какой выигрыш в силе можно получить на гидравлической машине, у которой площадь поперечного сечения малого поршня  $2 \text{ дм}^2$ , а большего поршня –  $50 \text{ дм}^2$ ?

**278.** Гидравлический пресс дает выигрыш в силе в 12 раз. Какая сила будет действовать на больший поршень, если к малому поршню приложить силу  $50 \text{ Н}$ ?

**279.** Площадь малого поршня гидравлической машины  $5 \text{ см}^2$ , на него действует сила  $100 \text{ Н}$ . Каково давление воды на большой поршень?

**280.** В гидравлической машине на малый поршень произвели давление  $20 \text{ кПа}$ . Какая сила будет действовать на большой поршень, если его площадь  $20 \text{ см}^2$ ?

**281.** Площадь малого поршня гидравлического пресса  $4 \text{ см}^2$ , а большого –  $180 \text{ см}^2$ . С какой силой нужно действовать на малый поршень, чтобы большой поршень развивал силу  $18 \text{ кН}$ ?

**282.** На малый поршень гидравлического пресса площадью сечения  $6 \text{ см}^2$  действует сила  $180 \text{ Н}$ . Пресс действует на тело, контактирующее с большим поршнем, силой  $5,4 \text{ кН}$ . Определите площадь большого поршня.

**283.** К малому поршню гидравлического пресса приложена сила  $150 \text{ Н}$ . Какая сила действует на больший поршень, если его площадь в 18 раз больше площади малого поршня?

**284.** Площадь поперечного сечения узкого сосуда гидравлического пресса в 12 раз меньше, чем широкого. На меньший поршень поставили груз весом  $5 \text{ Н}$ . Груз какой массы надо поместить на больший поршень, чтобы давления на поверхность воды в обоих сосудах оказались равными?

**285.** Автомобиль поднимают с помощью гидравлического домкрата (пресса), в котором площадь большого цилиндра  $1 \text{ м}^2$ , а малого –  $100 \text{ см}^2$ . Какую часть от веса автомобиля должна составлять минимальная сила, приложенная к малому поршню, чтобы поднять автомобиль?

**286.** Давление в гидравлической машине  $400 \text{ кПа}$ . На меньший поршень действует сила  $200 \text{ Н}$ . Площадь

большого поршня  $400 \text{ см}^2$ . Определите площадь меньшего поршня и силу, действующую на больший поршень.

**287.** Площадь большого поршня гидравлического пресса  $400 \text{ см}^2$ , малого –  $2 \text{ см}^2$ . Малый поршень опустил-ся на  $20 \text{ см}$  под действием силы  $500 \text{ Н}$ . Определите силу давления на больший поршень и высоту, на которую он поднялся.

**288.** Малый поршень пресса площадью  $4 \text{ см}^2$  под действием силы опустил-ся на  $20 \text{ см}$ . Площадь большого поршня  $16 \text{ см}^2$ . Определите, на какую высоту поднимет-ся груз.

## Второй уровень

**289.** К малому поршню гидравлического пресса приложена сила  $196 \text{ Н}$ , под действием которой за один проход он опустил-ся на  $25 \text{ см}$ , вследствие чего большой поршень поднимается на  $5 \text{ см}$ . Какая сила давления передается при этом на большой поршень?

**290.** Малый поршень гидравлического пресса под действием силы  $500 \text{ Н}$  опустил-ся на  $15 \text{ см}$ . На какую высоту поднялся большой поршень, если на него действует сила  $1,5 \text{ кН}$ ?

**291.** Площадь меньшего поршня гидравлического пресса  $10 \text{ см}^2$ ; на него действует сила  $200 \text{ Н}$ . Площадь большого поршня  $200 \text{ см}^2$ . Какой максимальной массы груз можно поднимать с помощью данного пресса?

**292.** Площадь малого поршня в  $10$  раз меньше площади большого поршня. Какой массы груз надо положить на большой поршень, чтобы уравновесить груз массой  $5 \text{ кг}$  на малом поршне?

**293.** На малый поршень гидравлического пресса действует сила  $50 \text{ Н}$ . Под действием этой силы поршень медленно опускается на  $15 \text{ см}$ . При этом большой поршень поднимается на  $30 \text{ мм}$ . Определите массу груза, лежащего на большом поршне.

**294.** На больший поршень гидравлического подъем-ника, площадь которого  $420 \text{ см}^2$ , положили кусок мрамора объемом  $5 \text{ дм}^3$ . С какой силой надо подействовать на малый поршень площадью  $10 \text{ см}^2$ , чтобы удержать груз?

**295.** Какова площадь большего поршня гидравлического пресса, если на малый поршень производится давление 6 МПа, а на больший поршень помещен груз из латуни объемом  $1,2 \text{ м}^3$ ?

### Третий уровень

**296.** Гидравлический пресс, заполненный водой, имеет поршни сечениями  $100$  и  $10 \text{ см}^2$ . На больший поршень помещают груз массой  $8 \text{ кг}$ . На какую высоту после этого поднимется малый поршень?

**297.** Сообщающиеся сосуды одинакового сечения, по  $20 \text{ см}^2$ , заполнены маслом и закрыты легкими поршнями. На один поршень помещают груз массой  $180 \text{ г}$ . На какую высоту от первоначального положения поднимется поршень в другом сосуде?

**298.** Гидравлический пресс, заполненный водой, имеет цилиндры с поршнями, площади поперечных сечений которых равны  $1000$  и  $500 \text{ см}^2$ . В начальный момент поршни находятся на одном горизонтальном уровне. На поршень большей площади встает человек. При этом поршень опускается на  $0,3 \text{ м}$ . Какова масса человека? Массой поршней пренебречь.

### Четвертый уровень

**299.** Два вертикальных сообщающихся цилиндра заполнены водой и закрыты поршнями, имеющими массы  $M_1 = 1 \text{ кг}$  и  $M_2 = 2 \text{ кг}$ . В положении равновесия первый поршень расположен выше второго на величину  $h = 10 \text{ см}$ . Когда на первый поршень положили гирию массой  $m = 2 \text{ кг}$ , поршни в положении равновесия оказались на одной высоте. Как расположатся поршни, если гирию перенести на второй поршень?

**300.** Два вертикальных сообщающихся цилиндра заполнены водой и закрыты поршнями с массами  $M_1 = 2 \text{ кг}$  и  $M_2 = 3 \text{ кг}$ . Когда на первый поршень положили гирию массой  $m = 1 \text{ кг}$ , то в положении равновесия первый поршень оказался ниже второго на  $h = 10 \text{ см}$ . Когда гирию перенесли на второй поршень, то второй оказался ниже первого на величину  $h = 10 \text{ см}$ . Как поршни расположатся в отсутствие гири?

## Архимедова сила. Плавание судов. Воздухоплавание

### Первый уровень

**301.** Металлический цилиндр объемом  $200 \text{ см}^3$  полностью погружен в воду. Определите архимедову силу, действующую на цилиндр.

**302.** Чему равна архимедова сила, действующая на тело объемом  $2 \text{ м}^3$ , на четверть объема погруженное в воду?

**303.** Вычислите выталкивающую силу, действующую в воде на брусок размером  $4 \times 5 \times 6 \text{ см}$ , при его полном погружении в воду.

**304.** Плавающий на воде деревянный брусок вытесняет воду объемом  $0,85 \text{ м}^3$ . Определите выталкивающую силу.

**305.** На тело, полностью погруженное в бензин, действует выталкивающая сила, равная  $1,4 \text{ Н}$ . Определите объем тела.

**306.** Определите массу деревянного бруска, плавающего в воде, если на него действует архимедова сила, равная  $15 \text{ Н}$ .

**307.** В мензурку с водой поместили не тонущее в воде тело. Уровень воды в мензурке при этом поднялся от деления  $100 \text{ мл}$  до деления  $200 \text{ мл}$ . Определите вес тела.

**308.** Вес лодки в воздухе  $1 \text{ кН}$ . Каков объем погруженной в воду части лодки?

**309.** Тело объемом  $0,08 \text{ м}^3$  плавает на поверхности воды. Какой объем имеет выступающая над водой часть тела, если действующая на него выталкивающая сила равна  $600 \text{ Н}$ ?

### Второй уровень

**310.** Два тела, изготовленные из одного и того же материала, полностью погружены в воду. Во сколько раз отличаются выталкивающие силы, действующие на тела, если масса первого тела в 2 раза больше массы второго?

**311.** Кусок дерева плавает в воде, погружившись на  $0,6$  своего объема. Найдите плотность дерева.



**312.** Тело правильной геометрической формы: длиной 50 см, шириной 20 см и высотой 30 см – плавает в воде, погрузившись в нее на  $\frac{2}{3}$  своего объема. Найдите массу этого тела.

**313.** Льдинка объемом  $800 \text{ см}^3$  плавает в ведре, наполненном водой до самых краев. Каковы объемы надводной и подводной частей льдинки? Что произойдет, если весь лед растает?

**314.** Тонкостенная колба из стекла вместимостью 1,5 л имеет массу 250 г. Определите минимальную массу груза, который надо поместить в колбу, чтобы она потонула в воде.

**315.** Судно, погрузившись в пресную воду до ватерлинии, вытесняет воду объемом  $15\,000 \text{ м}^3$ . Вес судна без груза равен  $5 \cdot 10^6 \text{ Н}$ . Чему равен вес груза?

**316.** Серебряная ложка в воде весит 2 Н. Определите ее объем.

**317.** Посередине большого озера прорубили прорубь. Толщина льда оказалась равной 8 м. Какой минимальной длины должна быть веревка, привязанная к ведру, чтобы зачерпнуть воду?

### Третий уровень

**318.** В некоторой жидкости плавает кубик, длина ребра которого равна 8 см. Кубик выступает над поверхностью жидкости на 1 см. Определите, чему равна плотность жидкости, если плотность материала кубика равна  $700 \text{ кг/м}^3$ .

**319.** В жидкости плавает шар объемом  $400 \text{ см}^3$ , погрузившись в жидкость на  $\frac{3}{8}$  своего объема. Плотность жидкости в 2 раза больше плотности материала шара. Каков объем полости внутри шара?

**320.** Полый железный шар плавает в воде, полностью в нее погрузившись. Чему равна масса шара, если объем полости  $20 \text{ см}^3$ ?

**321.** Рассчитайте подъемную силу шара объемом  $100 \text{ м}^3$ , наполненного водородом. Массой оболочки шара можно пренебречь.

**322.** Однородное тело в воздухе весит 8,4 Н, а в воде — 5 Н. Чему равна плотность вещества, из которого оно сделано?

**323.** Вес тела в воде в 4 раза меньше, чем в воздухе. Чему равна плотность тела?

**324.** Найдите показания динамометра, к которому прикреплен алюминиевый цилиндр массой 540 г, полностью погруженный в керосин.

**325.** Найдите вес алюминиевой детали массой 1 кг, полностью опущенной в воду.

**326.** В сосуд с вертикальными стенками и площадью дна  $75 \text{ см}^2$  налита вода. На сколько сантиметров увеличится уровень воды в сосуде, если в него поместить тело массой 300 г, плотность которого меньше плотности воды?

**327.** В цилиндрический сосуд с водой опустили железную коробку, плавающую на поверхности. Уровень воды в сосуде в результате этого поднялся на 2 см. На сколько опустится уровень воды, если коробка утонет?

**328.** Гирю, подвешенную к динамометру, опускают в воду до тех пор, пока уровень воды в сосуде с вертикальными стенками не поднимется на 5 см. Показания динамометра при этом изменятся на 0,5 Н. Определите площадь дна сосуда.

**329.** Деревянная деталь плавает в воде, погрузившись в воду на  $\frac{2}{3}$  своего объема. Как изменится архимедова сила, действующая на деталь, если ее поместить в керосин? Какую минимальную силу нужно будет приложить, чтобы полностью «утопить» деталь в керосине? Масса детали 400 г.

**330.** При переходе корабля из соленой воды в пресную его осадка немного увеличилась. После того как из трюма корабля выгрузили 600 т груза, осадка приняла прежнее значение. Определите массу корабля с грузом, если плотность соленой воды на 3% больше плотности пресной.

**331.** Какой массы алюминиевый груз следует привязать к деревянному бруску массой 680 г, чтобы, будучи погруженными в воду, они оставались в воде во взвешенном состоянии?

**332.** Плоская льдина толщиной 40 см плавает в воде. Когда на нее поставили груз массой 80 кг, она погрузилась в воду до верхней кромки (полностью). Определите площадь льдины.

**333.** Плот состоит из 12 сухих деревянных брусьев. Длина каждого бруса 4 м, ширина 30 см, толщина 25 см. Груз какой массы можно переправить через водоем с помощью такого плота?

**334.** Однородный куб плавает в ртути, погрузившись на  $\frac{1}{5}$  часть своего объема. Если на него поставить куб такого же размера, то первый куб погрузится на  $\frac{1}{2}$  часть своего объема. Какова плотность материала второго куба?

**335.** В цилиндрический сосуд с площадью дна  $100 \text{ см}^2$  налита вода. На сколько увеличится давление на дно сосуда, если на поверхности воды будет плавать кусок льда массой 300 г?

### Четвертый уровень

**336.** В стакан с водой, уравновешенный на рычажных весах, опустили подвешенный на нити стальной шарик массой 250 г так, чтобы он не касался дна. Определите массу гирьки, с помощью которой можно вновь уравновесить весы.

**337.** Динамометр показывает, что шарик, подвешенный к нему на легкой нити, весит в воздухе 1,84 Н. Когда шарик наполовину погрузили в воду, то динамометр показал вес 1,34 Н. Какова плотность материала шарика?

**338.** Тело, находящееся в исследуемой жидкости, весит 0,71 Н, в воде – 0,66 Н, а в воздухе – 0,86 Н. Найдите плотность жидкости.

**339.** Стекланный шарик весит в воздухе 0,5 Н, в воде – 0,32 Н, а в спирте – 0,35 Н. Определите плотность стекла и спирта.

**340.** Полый шар из алюминия, находясь в воде, растягивает пружину динамометра с силой 0,25 Н, в керосине – с силой 0,32 Н. Определите объем полости.

**341.** Деревянный кубик плавает в воде так, что в воду погружено 90% его объема. Какая часть объема

будет погружена в воду, если поверх воды налить слой керосина, полностью закрывающий кубик?

**342.** Доска толщиной 5 см плавает в воде,грузившись на 70%. Поверх воды наливают слой керосина толщиной в 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью керосина?

**343.** Сплошной однородный шар, полностьюгрузившись, плавает на границе двух несмешивающихся жидкостей. Плотность верхней жидкости  $0,8 \text{ г/см}^3$ , нижней –  $1,2 \text{ г/см}^3$ , материала шара –  $1 \text{ г/см}^3$ . Какая часть объема шара находится в нижней жидкости?

**344.** Масса снаряжения воздушного шара (оболочка, сетка, корзина) составляет 450 кг. Объем шара  $1600 \text{ м}^3$ . Вычислите, какой подъемной силой будет обладать этот шар при наполнении его водородом.

**345.** Сколько человек весом 700 Н каждый может поднять воздушный шар объемом  $800 \text{ м}^3$ , наполненный гелием, если оболочка и балласт весят 5 кН?

**346.** В цилиндрическом сосуде с водой (стенки сосуда вертикальные) плавает деревянная дощечка. Если на нее сверху положить стеклянную пластинку, то дощечка с пластинкой останется на плаву и уровень воды в сосуде увеличится на 2 см. На сколько увеличится уровень воды в сосуде с плавающей дощечкой, если ту же стеклянную пластинку бросить на дно сосуда?

**347.** Сплошной однородный деревянный кубик с длиной ребра 5 см плавает в банке с чистой водой. Длина части вертикального ребра над поверхностью воды равна 23 мм. Этот же кубик опустили в раствор поваренной соли в воде, при этом длина части вертикального ребра над поверхностью жидкости равна 25 мм. Объем раствора равен 1 л. Найдите массу поваренной соли в растворе. Объем раствора считать равным объему чистой воды.

**348.** В вертикальном цилиндрическом сосуде радиусом 10 см находится жидкость. В ней плавает шар радиусом 5 см. Плотность материала шара в 2 раза меньше плотности жидкости. На сколько сантиметров понизится уровень жидкости в сосуде, если шар из нее удалить?

(Объем шара –  $\frac{4}{3}\pi R^3$ , площадь круга –  $\pi R^2$ .)

# РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

## Основные понятия, соотношения, формулы

**Механическая работа** ( $A$ ) – это физическая величина, характеризующая действие одного тела на другое на некотором участке траектории, равная произведению силы ( $F$ ), приложенной к телу, на пройденный им путь ( $s$ ):

$$A = Fs.$$

Работа силы считается **положительной**, если сила направлена так же, как скорость движения, и увеличивает скорость движения.

Работа силы считается **отрицательной**, если сила направлена противоположно скорости движения и уменьшает скорость.

Работа силы равна **нулю**, если сила перпендикулярна направлению движения и не влияет на скорость.

**Механическая мощность** ( $N$ ) – это физическая величина, характеризующая быстроту совершения работы и равная отношению работы ( $A$ ) ко времени ( $t$ ), за которое она совершена:

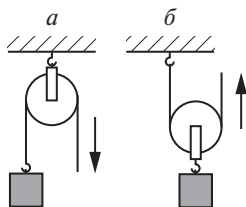
$$N = \frac{A}{t}.$$

**Простые механизмы** – это простейшие орудия труда, позволяющие преобразовать силу воздействия по модулю и/или направлению. К простым механизмам относятся – рычаг, блоки подвижный и неподвижный, наклонная плоскость.

**Рычаг** – это простой механизм, представляющий собой твердое тело, которое может поворачиваться вокруг некоторой точки под действием приложенных сил.

**Блок** – простой механизм, представляющий собой колесо, укрепленное в обойме, с желобом, по которому пропущена веревка, ни один из концов которой не закреплен на колесе или обойме.

**Неподвижный блок** – блок, ось которого закреплена и при вытягивании веревки не перемещается (см. рисунок *a*).



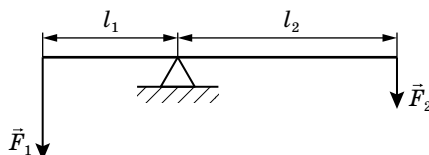
**Подвижный блок** – блок, ось которого перемещается при вытягивании веревки (см. рисунок б).

**Наклонная плоскость** – это простой механизм, представляющий собой твердое тело с поверхностью, наклоненной к горизонту, по которой поднимают и опускают предметы.

**Плечо силы** – физическая величина, характеризующая расположение линии действия силы и равная длине перпендикуляра, опущенного из точки, вокруг которой тело может поворачиваться, на линию действия силы.

Рычаг находится в **равновесии** тогда, когда силы, действующие на него, обратно пропорциональны плечам этих сил (см. рисунок):

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



**Момент силы ( $M$ )** – физическая величина, характеризующая вращающее действие одного тела на другое и равная произведению силы воздействия ( $F$ ) на ее плечо ( $l$ ):

$$M = Fl.$$

Рычаг находится в **равновесии**, если момент силы, вращающей его по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей рычаг против часовой стрелки:

$$M_1 = M_2.$$

**Выигрыш в силе** – физическая величина, характеризующая увеличение силы простым механизмом и равная отношению силы, с которой механизм действует на тело, к силе, с которой механизм приводится в действие.

Неподвижный блок **не дает выигрыша в силе**, т. е. силы, действующие на веревку с двух сторон, равны.

**Выигрыш силы подвижного блока равен двум**, т. е. сила, действующая на ось блока, в 2 раза больше силы, действующей на веревку.

**Золотое правило механики:** при совершении механической работы с помощью простого механизма во сколько раз выигрываем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии.

**Коэффициент полезного действия** ( $\eta$ ) – это физическая величина, описывающая эффективность работы механизма и равная отношению полезной работы механизма по перемещению тела ( $A_{\text{п}}$ ) к полной работе по приведению механизма в действие ( $A_{\text{з}}$ ):

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%.$$

**Механическая энергия** – физическая величина, характеризующая состояние тела, в котором оно может совершить механическую работу над другим телом.

**Потенциальной энергией** называется энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

**Потенциальная энергия** ( $E_{\text{п}}$ ) тела, поднятого над Землей, прямо пропорциональна массе тела ( $m$ ) и высоте подъема над уровнем ( $h$ ), на котором потенциальная энергия принята равной нулю:

$$E_{\text{п}} = mgh.$$

Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения, называется **кинетической энергией**.

**Кинетическая энергия** ( $E_{\text{к}}$ ) тела пропорциональна квадрату скорости ( $v$ ) тела и его массе ( $m$ ):

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}.$$

При взаимодействии тел, в результате которого изменяется скорость обоих тел, кинетическая энергия одного тела уменьшается, а другого увеличивается (**энергия переходит от одного тела к другому**).

Под действием Земли при подъеме потенциальная энергия взаимодействия с Землей увеличивается, а кинетическая уменьшается. При движении вниз – наоборот.

**Закон сохранения механической энергией:** полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной:

$$E_{\text{п1}} + E_{\text{к1}} = E_{\text{п2}} + E_{\text{к2}}.$$

## Примеры решения задач

**1.** Вычислите работу, совершаемую при подъеме бетонной плиты объемом  $3 \text{ м}^3$  на высоту  $20 \text{ м}$ . Плотность бетона  $2300 \text{ кг/м}^3$ .

Дано:	Решение:
$V = 3 \text{ м}^3$	$A = FS$ , где $S = h$ (путь равен высоте подъема); $F$ — сила, которую нужно приложить, чтобы равномерно поднимать плиту вверх. Эта сила по модулю равна силе тяжести: $F = F_{\text{тяж}} = mg$ .
$\rho = 2300 \text{ кг/м}^3$	
$h = 20 \text{ м}$	
$A = ?$	

Массу плиты вычислим, зная ее объем и плотность бетона:  $m = \rho V$ .

Получим:  $A = \rho Vgh = 2300 \text{ кг/м}^3 \cdot 3 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 20 \text{ м} = 1\,380\,000 \text{ Дж} = 1,38 \text{ МДж}$ .

Ответ:  $A = 1,38 \text{ МДж}$ .

**2.** Башенный кран может поднять груз массой  $6 \text{ т}$ . В течение какого времени груз будет поднят на высоту  $20 \text{ м}$ , если для подъема груза данной массы двигатель крана развивает мощность  $30 \text{ кВт}$ ?

Дано:	СИ	Решение:
$m = 6 \text{ т}$	$6000 \text{ кг}$	Из формулы мощности $N = \frac{A}{t}$
$h = 20 \text{ м}$		следует, что $t = \frac{A}{N}$ .
$N = 30 \text{ кВт}$	$30\,000 \text{ Вт}$	
$t = ?$		

Работу, которую совершает башенный кран, можно определить по формуле:  $A = F_{\text{тяж}} h = mgh$ .

Следовательно,  $t = \frac{mgh}{N}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$t = \frac{6000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 20 \text{ м}}{30\,000 \text{ Вт}} = 40 \text{ с}.$$

Ответ:  $t = 40 \text{ с}$ .

**3.** На концах невесомого рычага действуют силы  $30$  и  $75 \text{ Н}$ . Расстояние от точки опоры до меньшей силы равно  $5 \text{ см}$ . Определите длину рычага, если рычаг находится в равновесии.



Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$F_1 = 30 \text{ Н}$		Из условия равновесия рычага сле-
$F_2 = 75 \text{ Н}$		дует, что $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ , т. е. $l_2 = \frac{F_1 l_1}{F_2}$ .
$l_1 = 5 \text{ см}$		Подставив числовые значения, по-
$l - ?$		
		$l = l_1 + l_2 = 0,05 \text{ м} + 0,02 \text{ м} = 0,07 \text{ м} = 7 \text{ см}$ .
		О т в е т: $l = 0,07 \text{ м} = 7 \text{ см}$ .

**4.** Ведро, в которое насыпан песок массой 24 кг, поднимают на шестой этаж строящегося дома при помощи подвижного блока, действуя на веревку силой 150 Н. Вычислите КПД установки.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$m = 24 \text{ кг}$	КПД установки можно найти по формуле:
$F = 150 \text{ Н}$	$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\%$ , где $A_{\text{п}} = mgh$ , а $A_3 = 2Fh$ ,
$\eta - ?$	

так как подвижный блок дает выигрыш в расстоянии в 2 раза.

$$\text{Следовательно, } \eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\% = \frac{mg}{2F} \cdot 100\%.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$\eta = \frac{24 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{300 \text{ Н}} \cdot 100\% = 80\%.$$

О т в е т:  $\eta = 80\%$ .

**5.** Мяч массой 200 г бросили вертикально вверх с высоты 2,4 м над поверхностью Земли с такой скоростью, что кинетическая энергия мяча превосходила его потенциальную энергию в 3 раза. Не учитывая трение, определите механическую энергию в конце полета и скорость, с которой бросили мяч.

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$m = 200 \text{ г}$	0,2 кг	По закону сохранения механической энергии $E_{\text{п1}} + E_{\text{к1}} = E_{\text{п2}} + E_{\text{к2}}$ , но в конце полета скорость мяча равна нулю, следовательно, $E_{\text{к2}} = 0$ .
$h = 2,4 \text{ м}$		Отсюда, учитывая условие задачи:
$E_{\text{к1}} = 3E_{\text{п1}}$		
$E - ?$		
$v - ?$		

$$E_{п2} = E_{п1} + E_{к1} = E_{п1} + 3E_{п1} = 4E_{п1} = 4mgh.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$E_{п2} = 4 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 2,4 \text{ м} = 19,2 \text{ Дж}.$$

По условию задачи  $E_{к1} = 3E_{п1}$ , следовательно,

$$\frac{mv^2}{2} = 3mgh.$$

Отсюда следует, что  $v = \sqrt{6gh}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$v = \sqrt{6 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,4 \text{ м}} = 12 \text{ м/с}.$$

О т в е т:  $E = 19,2 \text{ Дж}$ ,  $v = 12 \text{ м/с}$ .

## Механическая работа

### Первый уровень

**349.** Вычислите работу, произведенную силой 1,5 кН, если расстояние, пройденное телом по направлению действия силы, равно 40 м.

**350.** Работа двигателя автомобиля, прошедшего путь 2 км, равна 50 МДж. Определите силу тяги двигателя.

**351.** На участке какой длины сила 1,5 Н совершает работу 3 Дж?

**352.** На полу стоит ящик массой 20 кг. Какую работу надо произвести, чтобы поднять ящик на высоту кузова автомашины, равную 1,5 м?

**353.** Груз массой 5 кг падает с некоторой высоты. За время полета работа силы тяжести оказалась равной 1 кДж. С какой высоты упало тело?

**354.** Подъемный кран поднимает две плиты массой 1 т каждая. Работа, совершенная краном, оказалась равной 240 кДж. На какую высоту были подняты плиты?

**355.** При равномерном подъеме груза массой 20 т подъемным краном произведена работа 1800 кДж. На какую высоту был поднят груз?

**356.** Под действием двух противоположно направленных сил, равных 5 и 10 Н, первоначально неподвижное тело переместилось на 30 см. Найдите работу равнодействующей силы.

**357.** Во сколько раз работа по перемещению тела на расстояние 8 м под действием силы 25 Н больше работы по перемещению тела на расстояние 20 м под действием силы 5 Н?

**358.** Вертолет поднялся вертикально вверх с постоянной скоростью на высоту 50 м. Двигатель вертолета совершил работу 2,5 МДж. Определите массу вертолета.

## Второй уровень

**359.** Какую работу совершает человек за 1 с при ходьбе, если за 3 ч он делает 15 000 шагов и за каждый шаг совершает работу 30 Дж?

**360.** Лифт, поднимая на шестой этаж 6 человек, совершает работу 84 кДж. На какой высоте находится шестой этаж, если масса одного человека в среднем составляет 70 кг?

**361.** Лошадь везет телегу с постоянной скоростью 0,8 м/с, прикладывая усилие 400 Н. Какую работу совершает при этом лошадь за 1 ч? Силу, приложенную к телеге, можно считать направленной вдоль движения телеги.

**362.** Давление воды в цилиндре нагнетательного насоса 1200 кПа. Чему равна работа при перемещении поршня площадью 400 см<sup>2</sup> на расстояние 50 см?

**363.** Какая работа совершается при подъеме мраморной плиты объемом 2 м<sup>3</sup> на высоту 12 м?

**364.** Мужчина с помощью троса достал из колодца десятилитровое ведро, наполненное водой. Глубина колодца 10 м. Масса пустого ведра 1,5 кг. Чему равна минимальная работа силы упругости троса?

**365.** Шагающий экскаватор выбрасывает за один прием 14 м<sup>3</sup> грунта, поднимая его на высоту 20 м. Вес ковша без грунта 20 кН. Определите работу, совершаемую по подъему грунта и ковша. Плотность грунта 1500 кг/м<sup>3</sup>.

## Третий уровень

**366.** Лежащую на столе линейку длиной 1 м ученик поставил вертикально. Какую работу он совершил, если вес линейки 2 Н?

**367.** Определите работу, совершенную при равномерном скольжении санок массой 20 кг по снегу при их перемещении на 10 м. Сила трения полозьев о снег составляет 0,02 от веса санок.

**368.** Башенный кран поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением  $100 \text{ см}^2$  на высоту 10 м. Какую работу совершает кран?

**369.** Какую работу производит двигатель автомобиля при равномерном движении на пути 0,5 км, если масса автомобиля 2 т, сопротивление воздуха его движению составляет 0,4 от веса автомобиля.

**370.** Шарик массой 80 г, изготовленный из материала плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$ , всплывает в воде с глубины 50 см. Какую работу совершает архимедова сила в процессе всплытия?

**371.** Камень плотностью  $2600 \text{ кг/м}^3$  поднимают в воде. Определите работу по подъему камня на высоту 50 см, если объем камня равен  $10 \text{ см}^3$ . Сопротивлением воды при движении камня пренебречь.

**372.** При подъеме груза, имеющего массу 2 т, с помощью гидравлического пресса затрачена работа 400 Дж. При этом малый поршень сделал 10 ходов, перемещаясь за ход на 10 см. Во сколько раз площадь большего поршня больше площади малого?

### Четвертый уровень

**373.** Чтобы вытащить гвоздь длиной 10 см из бревна, необходимо приложить начальную силу 2 кН. Гвоздь вытащили из бревна. Какая при этом была совершена механическая работа?

**374.** Какую работу нужно совершить, чтобы поднять груз на поверхность Земли при рытье колодца, имеющего глубину 10 м и площадь сечения  $2 \text{ м}^2$ ? Плотность грунта  $2000 \text{ кг/м}^3$ .

**375.** Легкий игрушечный парашют с грузом массой 30 г, опускаясь равномерно и прямолинейно с высоты 3 м, до падения на поверхность Земли прошел путь, равный 5 м, под действием ветра, дующего в горизонтальном направлении. Определите работу силы, с которой ветер действует на парашют, и работу силы тяжести.

## Мощность

### Первый уровень

**376.** При подъеме санок на гору за 16 с была совершена работа 800 Дж. Какая мощность была при этом развита?

**377.** Мощность двигателя швейной машинки 40 Вт. Какую работу он совершает за 6 мин?

**378.** Трактор имеет тяговую мощность 72 кВт. За какое время он может совершить работу, равную 144 МДж, по перемещению прицепа с грузом?

**379.** Какую среднюю мощность развивает человек, поднимающий ведро с водой весом 120 Н из колодца глубиной 20 м за 15 с?

**380.** Автомобиль, двигаясь равномерно, проходит 40 м за 2 с. Мощность двигателя автомобиля 160 кВт. Определите силу тяги, развиваемую двигателем.

**381.** Какую мощность развивает трактор при равномерном движении на первой скорости, равной 3,6 км/ч, если сила тяги трактора 12 кН?

**382.** Под действием постоянной силы 3 Н брусок движется равномерно по горизонтальной поверхности. Сила развивает мощность 6 Вт. Какова скорость бруска?

### Второй уровень

**383.** Самолет имеет четыре двигателя, сила тяги каждого 110 кН. Какова полезная мощность двигателей при скорости самолета 240 м/с?

**384.** Вычислите мощность насоса, подающего ежеминутно 1,5 т воды на высоту 20 м.

**385.** На какую высоту можно поднять с помощью лебедки тело массой 50 кг, если средняя мощность лебедки 1 кВт, а время подъема 2 с? Скорость подъема постоянна.

**386.** При скорости полета 900 км/ч общая мощность четырех двигателей самолета составляет 30 МВт. Найдите силу тяги одного двигателя.

**387.** На самолете Ил-18 были установлены четыре двигателя мощностью 3000 кВт каждый. Скорость самолета равна 650 км/ч. Какова его сила тяги?

**388.** Подъемник за 20 с перемещает груз массой 300 кг на высоту 10 м. Определите мощность подъемника.

**389.** Груз массой 300 кг поднимается с постоянной скоростью на высоту 10 м. При этом подъемный кран развивает мощность 400 Вт. Сколько времени займет подъем груза?

**390.** Какую среднюю мощность развивает спортсмен при подъеме штанги массой 140 кг на высоту 80 см за 0,4 с?

**391.** Определите мощность машины, которая поднимает молот массой 200 кг на высоту 0,75 м 120 раз в минуту.

**392.** Какова мощность водопада, если с высоты 25 м за 15 мин падает 750 т воды?

**393.** Мощность двигателя подъемной машины равна 4 кВт. Груз какой массы она может поднять на высоту 15 м за 2 мин?

### Третий уровень

**394.** Автомобиль массой 2 т движется по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч. Сила сопротивления движению составляет  $\frac{1}{20}$  часть от веса автомобиля. Определите полезную мощность.

**395.** Один мальчик поднял из колодца ведро воды массой 6 кг за 20 с, а другой – ведро воды массой 10 кг за 30 с. Во сколько раз второй мальчик развил большую мощность, чем первый?

**396.** Два подъемных механизма перемещают равномерно вверх грузы одинаковой массы на одну и ту же высоту. Первый это делает за 2 мин, а второй – за 40 с. Во сколько раз мощность второго механизма больше мощности первого?

**397.** Трактор поднимает за 1 ч гравий объемом 240 м<sup>3</sup> на высоту 6 м. Определите мощность двигателя. Плотность гравия 1700 кг/м<sup>3</sup>.

**398.** Определите среднюю мощность насоса, который, преодолевая силу тяжести, поднимает воду объемом 4,5 м<sup>3</sup> на высоту 5 м за 5 мин.

**399.** Сколько времени должен работать насос мощностью 50 кВт, чтобы из шахты глубиной 150 м откачать воду объемом 200 м<sup>3</sup>?

## Простые механизмы

### Первый уровень

**400.** На идеальный рычаг, расположенный горизонтально и имеющий точку опоры, действуют две вертикальные силы – 40 и 10 Н. Меньшее плечо рычага равно 20 см. Найдите длину большего плеча.

**401.** На рычаг действуют две перпендикулярные рычагу силы, плечи которых равны 10 и 30 см. Сила, действующая на короткое плечо, равна 3 Н. Чему должна быть равна сила, действующая на длинное плечо, чтобы рычаг был в равновесии? Массой рычага пренебречь.

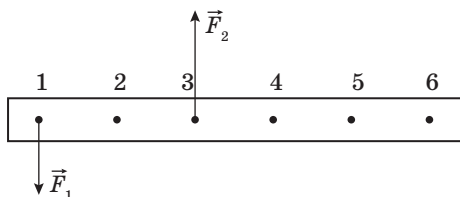
**402.** Рычаг, имеющий точку опоры, находится в равновесии. К середине меньшей части рычага приложена сила 300 Н, а к середине большей – 20 Н. Длина меньшей части 5 см. Определите длину большей. Массой рычага пренебречь.

**403.** Груз какого веса можно поднять с помощью подвижного блока, прикладывая силу 200 Н?

**404.** Груз подняли на высоту 3,5 м с помощью подвижного блока. Определите, на какую длину при этом вытянется свободный конец веревки.

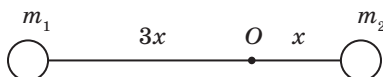
**405.** С помощью подвижного блока рабочий поднимает контейнер на высоту 2 м, прилагая к свободному концу веревки силу 600 Н. Какую работу он совершил?

**406.** На рисунке изображен невесомый стержень. В точках 1 и 3 к стержню приложены силы  $F_1 = 100$  Н и  $F_2 = 300$  Н. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?

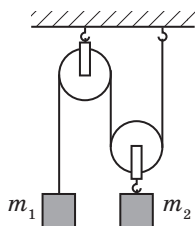


**407.** Два тела, закрепленные на концах невесомого стержня, могут вращаться относительно горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$ . Расстояние от оси вра-

щения до первого тела равно  $3x$ , а до второго —  $x$  (см. рисунок). Во сколько раз масса второго тела должна быть больше массы первого, чтобы стержень находился в равновесии?



**408.** Два груза подвешены с помощью системы неподвижных блоков и невесомой нити (см. рисунок). Масса второго груза 5 кг. Какова масса первого груза, если система находится в равновесии?



## Второй уровень

**409.** Какой груз может поднять мальчик массой 45 кг, пользуясь одним подвижным и одним неподвижным блоком?

**410.** Груз массой 100 кг поднимают с постоянной скоростью рычагом, длина плеча которого равна 0,2 м. Найдите длину другого плеча, если на него действуют силой 200 Н, направленной перпендикулярно рычагу. Массой рычага пренебречь.

**411.** К концам горизонтально расположенного рычага подвешены два груза массами 2 и 5 кг. Длина большего плеча 50 см. Какова длина всего рычага? Массой рычага пренебречь.

**412.** К концам однородного стержня длиной 1 м приложены вертикальные силы 20 и 80 Н. Точка опоры стержня расположена так, что стержень горизонтален. Определите длины плеч. Стержень считать невесомым.

**413.** Два груза уравновешены на концах рычага, плечи которого 50 и 70 см. Найдите вес большего груза, если сила давления рычага на опору 72 Н. Весом рычага пренебречь.

**414.** Определите работу, которую совершит человек при подъеме груза на высоту 3 м с помощью подвижного блока, если к свободному концу веревки прикладывается сила 300 Н.



**415.** При помощи подвижного блока в течение 0,5 мин равномерно поднимают ящик с кирпичами на высоту 12 м, действуя силой 320 Н. Какова мощность, развиваемая при подъеме ящика?

**416.** Бочку вкатили по наклонной плоскости длиной 10 м и высотой 2 м, прикладывая силу 50 Н вдоль наклонной плоскости. Какова масса бочки? Трением качения пренебречь.

**417.** Вычислите работу, произведенную при подъеме тяжелого ящика на высоту 12 см с помощью рычага, одно плечо которого в 10 раз длиннее другого, если сила, действующая на длинное плечо, равна 150 Н.

### Третий уровень

**418.** На однородной доске длиной 4 м и массой 30 кг качаются два мальчика массами 30 и 40 кг. На каком расстоянии от центра доски должна находиться точка опоры, если мальчики сидят на ее концах?

**419.** Мраморную плиту массой 50 кг равномерно поднимают из воды с глубины 2 м на поверхность с помощью подвижного блока. Определите силу, необходимую для подъема плиты, и совершенную при подъеме работу.

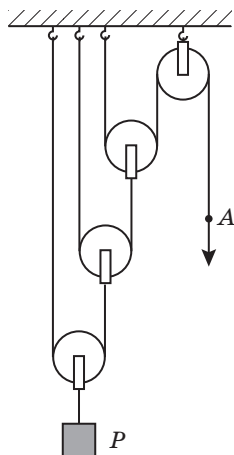
**420.** На столе, перпендикулярно его краю, лежит однородный стержень массой 600 г так, что  $\frac{2}{3}$  его длины находится за краем стола. Какую минимальную силу надо приложить к концу стержня, чтобы удержать его в горизонтальном положении?

**421.** Однородная линейка массой 60 г лежит на столе перпендикулярно его краю так, что ее конец свешивается на  $\frac{1}{3}$  длины. Какую минимальную силу нужно приложить к этому концу, чтобы противоположный конец линейки начал подниматься.

**422.** Однородный стержень с прикрепленным на одном из его концов грузом массой 1,1 кг находится в равновесии в горизонтальном положении на острой опоре, расположенной на расстоянии  $\frac{1}{4}$  длины стержня от груза. Найдите массу стержня.

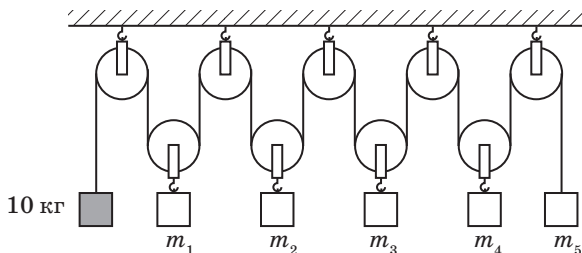
## Четвертый уровень

**423.** Груз весит  $P = 100$  Н. Определите, какую силу надо приложить к концу веревки в точке  $A$  (см. рисунок), чтобы равномерно поднять груз на некоторую высоту. Трение и вес блоков не учитывать.



**424.** Составной стержень представляет собой два цилиндра разной длины и одинакового сечения, прижатых друг к другу торцами. Изготовлены цилиндры из материалов с плотностями  $\rho_1 = \rho$  и  $\rho_2 = 2\rho$ . Оказалось, что стержень будет находиться в равновесии в горизонтальном положении, если его подвесить на нити, закрепленной на месте стыка. Определите отношение масс цилиндров.

**425.** Система состоит из подвижных и неподвижных блоков, грузов и легкой нерастяжимой нити. Трение в системе отсутствует. Масса крайнего груза 10 кг. Найдите массы остальных грузов, если система находится в равновесии (см. рисунок).



**426.** Однородный стержень длиной 1 м и массой 12 кг подвешен на расстоянии 20 см от одного из его концов. С какой силой будет давить стержень на руку, если, взявшись за короткий конец, удерживать его в горизонтальном положении?

**427.** На столе перпендикулярно его краю лежит однородная линейка длиной 75 см. Часть линейки свешивается со стола. К концу этой части линейки подвешен

груз, масса которого в 2 раза больше массы линейки. Найдите длину свешивающейся части линейки, если вся система находится в равновесии.

**428.** К коромыслу равноплечих весов подвешены два груза одинаковой массы. Если каждый из грузов поместить в жидкости: первый – с плотностью  $1000 \text{ кг/м}^3$ , второй –  $800 \text{ кг/м}^3$ , то сохранится равновесие. Найдите отношение плотностей грузов. Считать, что грузы полностью погружены в жидкость.

**429.** Однородный куб плавает в воде, погружившись на  $\frac{3}{4}$  своего объема. Если с помощью тонкой нити прикрепить центр верхней грани куба к плечу рычага длиной 8 см и уравновесить его гирей массой 36 г, прикрепленной к другому плечу рычага длиной 4 см, то куб будет погружен только на  $\frac{2}{3}$  своего объема. Найдите длину ребра куба.

## Коэффициент полезного действия

### Первый уровень

**430.** Наклонную плоскость используют для подъема груза на некоторую высоту. Полезная работа оказалась равной 500 Дж. Затраченная работа – 625 Дж. Определите КПД наклонной плоскости.

**431.** Определите полезную работу, произведенную при подъеме груза с помощью системы блоков, если затраченная работа составила 12 кДж, а КПД механизма 90%.

**432.** С помощью рычага подняли груз весом 1 кН на высоту 8 см. Какая при этом была совершена работа, если КПД рычага 80%?

**433.** Вычислите работу, необходимую для подъема на высоту 10 м груза весом 250 Н с помощью ворота, КПД которого 80%.

### Второй уровень

**434.** Ведро с песком массой 24,5 кг поднимают при помощи неподвижного блока на высоту 10 м, действуя на веревку силой 250 Н. Вычислите КПД установки.

**435.** С помощью неподвижного блока груз массой 50 кг поднимают на высоту 3 м. Определите совершенную при этом работу, если КПД блока равен 96%.

**436.** С помощью неподвижного блока поднимают груз на высоту 13 м. При подъеме совершается работа 20,7 кДж. КПД простого механизма 94,2%. Чему равна масса поднимаемого груза?

**437.** Определите КПД рычага, с помощью которого груз весом 600 Н был поднят на высоту 1 м. При этом длинное плечо рычага, к которому приложена сила 350 Н, опустилось на 1,8 м.

**438.** Вычислите КПД рычага, с помощью которого груз массой 245 кг равномерно поднят на высоту 6 см. В процессе подъема к длинному плечу рычага была приложена сила 500 Н, а точка приложения этой силы опустилась на 0,3 м.

**439.** Двигатель подъемного крана мощностью 6 кВт поднимает груз массой 6 т на высоту 8 м. Определите время подъема груза, если КПД установки равен 80%.

**440.** По наклонному помосту длиной 4,5 м и высотой 1,5 м втянули ящик весом 300 Н. Сила тяги при движении ящика составила 120 Н. Найдите КПД установки.

**441.** При равномерном перемещении груза массой 15 кг по наклонной плоскости динамометр, привязанный к грузу, показал силу 40 Н. Вычислите КПД наклонной плоскости, если ее длина 1,8 м, а высота 30 см.

### Третий уровень

**442.** Электродвигатель мощностью 10 кВт соединен ременной передачей с насосом, который за 30 мин подает воду в объеме 60 м<sup>3</sup> на высоту 24 м в резервуар. Определите КПД всей установки.

**443.** Какой объем воды можно поднять из колодца глубиной 36 м в течение 1 ч, если мощность электродвигателя насоса равна 4,9 кВт, а КПД установки 70%?

**444.** Бак для воды находится на высоте 12 м. Какой мощности должен быть двигатель насоса, если нужно в 1 мин подавать 1,8 м<sup>3</sup> воды, а КПД насоса равен 75%?

**445.** При помощи подвижного блока равномерно поднимают груз, прикладывая к концу веревки силу 100 Н.

Масса груза 16,5 кг. Найдите полезную работу, затраченную работу и КПД установки, если высота подъема 4 м.

**446.** С помощью системы подвижного и неподвижного блоков ученик поднимает груз весом 50 Н на высоту 50 см, прикладывая к концу веревки силу 35 Н. Вычислите КПД системы блоков.

**447.** С помощью системы «подвижный – неподвижный блок» равномерно был поднят груз массой 16 кг на высоту 4 м. Определите силу, приложенную к другому концу веревки при подъеме груза, если КПД установки 80%.

**448.** Ящик с гвоздями, масса которого 54 кг, поднимают на пятый этаж строящегося здания при помощи подвижного блока, действуя на трос силой 360 Н. Вычислите КПД установки.

**449.** Мотор подъемного крана мощностью 1500 Вт поднимает груз со скоростью 0,05 м/с. Груз какой массы он может поднимать при данной скорости, если его КПД 80%?

**450.** Подъемный кран поднимает груз массой 5 т. Мощность двигателя 15 кВт. Коэффициент полезного действия крана 80%. Определите скорость подъема груза.

**451.** Груз весом 100 Н находится на конце короткого плеча рычага длиной 16 см. Для поднятия этого груза к длинному плечу рычага, равному 80 см, приложена сила 25 Н. Определите КПД механизма.

**452.** Подъемный кран за 7 ч поднимает строительные материалы массой 3000 т на высоту 10 м. Какова мощность двигателя крана, если его КПД равен 60%?

**453.** Из колодца поднято ведро с водой. Масса ведра 2 кг, оно вмещает 8 л воды. Определите КПД этого процесса.

## **Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения и превращения механической энергии**

### **Первый уровень**

**454.** Тело массой 2 кг поднято над землей на высоту 10 м. Определите потенциальную энергию тела.

**455.** Какова масса человека, если на высоте 30 м он обладает потенциальной энергией 29 кДж?

**456.** Подъемный кран поднимает вертикально вверх груз весом 1 кН на высоту 5 м. Какую потенциальную энергию приобретает груз?

**457.** С некоторой высоты со скоростью 20 м/с брошен камень массой 200 г. Какую кинетическую энергию ему сообщили?

**458.** Автомобиль массой 2000 кг движется равномерно по мосту на высоте 5 м над землей. Скорость автомобиля 4 м/с. Чему равна полная механическая энергия автомобиля?

**459.** Мальчик подсчитал, что на некотором участке пути потенциальная энергия свободно падающего мяча массой 50 г уменьшилась на 2 Дж. Какой длины путь имел в виду мальчик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**460.** Тело массой 2 кг брошено вертикально вверх. Через некоторое время кинетическая энергия камня стала равна 9 Дж. Какую скорость имело тело в этот момент?

**461.** Молот копра для забивания свай имеет массу 600 кг и при работе поднимается на высоту 12 м. Определите кинетическую энергию молота в момент удара о сваю при его свободном падении. Сопротивление воздуха не учитывать.

**462.** Один молот имеет массу 100 кг и находится над деталью на высоте 6 м. На какую высоту надо поднять другой молот, масса которого 300 кг, чтобы он обладал относительно этой детали такой же потенциальной энергией, что и первый?

**463.** Найдите изменение кинетической энергии поезда массой 800 т при увеличении его скорости от 36 до 54 км/ч.

**464.** Тело массой 1 кг падает с высоты 1 м. На сколько изменилась его потенциальная энергия, когда оно оказалось на высоте 30 см?

**465.** При свободных колебаниях груза на нити максимальное значение потенциальной энергии равно 3,8 Дж. Чему равно максимальное значение кинетической энергии, если силами сопротивления пренебречь?

**466.** Шарику, подвешенному на нити и находящемуся в положении равновесия, сообщили горизонтальную скорость  $12 \text{ м/с}$ . На какую высоту поднимется шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**467.** В конце спуска с горы санки массой  $80 \text{ кг}$  обладали кинетической энергией  $1 \text{ кДж}$ . Какова высота горы? Силами сопротивления пренебречь.

## Второй уровень

**468.** Камень массой  $0,5 \text{ кг}$ , соскользнув по наклонной плоскости с высоты  $3 \text{ м}$ , у основания приобрел скорость  $6 \text{ м/с}$ . На сколько изменилась полная механическая энергия камня?

**469.** До какой высоты поднимется мяч весом  $4 \text{ Н}$ , если ему при бросании вверх сообщена кинетическая энергия  $80 \text{ Дж}$ ?

**470.** На высоте  $10 \text{ м}$  находится алюминиевый кубик с ребром  $10 \text{ см}$ . Вычислите запас его потенциальной энергии.

**471.** В процессе движения кинетическая энергия тела увеличилась в  $4$  раза. Во сколько раз возросла его скорость?

**472.** Молот массой  $5,2 \text{ кг}$  падает на деталь с высоты  $80 \text{ см}$ . На сколько увеличится внутренняя энергия детали, если на ее нагревание идет  $25\%$  механической энергии?

**473.** С балкона высотой  $20 \text{ м}$  упал на землю мяч массой  $0,2 \text{ кг}$ . В процессе движения из-за сопротивления воздуха мяч потерял  $20\%$  своей энергии. Определите кинетическую энергию мяча перед ударом о землю.

**474.** Тело свободно падает на землю с высоты  $80 \text{ м}$ . Какова его скорость при ударе о землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**475.** Мальчик стреляет из лука вертикально вверх. Какова начальная скорость стрелы, если она взлетела на высоту  $20 \text{ м}$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**476.** Груз массой  $100 \text{ г}$  свободно падает с высоты  $10 \text{ м}$  из состояния покоя. Какова кинетическая энергия на высоте  $6 \text{ м}$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**477.** Вертолет массой  $2000 \text{ кг}$  находится на высоте  $20 \text{ м}$ . На какой высоте его потенциальная энергия возрастет на  $600 \text{ кДж}$ ?

### Третий уровень

**478.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью 25 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет в 2 раза меньше потенциальной?

**479.** На книжной полке находятся два учебника. Масса одного из них 150 г, другого – 300 г. Во сколько раз потенциальная энергия второго учебника больше, чем первого?

**480.** Камень падает с высоты 12 м. Какова его скорость в момент падения на крышу дома, высота которого 4 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**481.** Камень массой 5 кг свободно падает с высоты 10 м и имеет в момент удара о землю скорость 12 м/с. Чему равно изменение механической энергии? Чему равна средняя сила сопротивления воздуха?

**482.** Скорость свободно падающего тела массой 4 кг на некотором участке пути увеличилась с 2 до 8 м/с. Найдите работу силы тяжести на этом пути.

**483.** Баскетбольный мяч массой 0,8 кг летит со скоростью 10 м/с. Игрок ловит мяч и за время, равное 0,1 с, останавливает его. Какую среднюю мощность развивает игрок?



# 8 КЛАСС

---

## ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### Основные понятия, соотношения, формулы

**Внутренняя энергия** – это кинетическая энергия молекул тела и потенциальная энергия их взаимодействия. Внутренняя энергия изменяется при изменении температуры тела (скорости движения молекул) и изменении размеров тела (расстояния между молекулами).

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: *совершением работы* и *теплопередачей*.

**Теплопередача** – это вид взаимодействия между телами, имеющими разную температуру, при их непосредственном контакте или на расстоянии, в результате чего изменяется внутренняя энергия тел (переносится от более нагретого тела к менее нагретому).

**Количество теплоты** – физическая величина, характеризующая теплопередачу и равная изменению внутренней энергии тела в результате этой теплопередачи.

**Количество теплоты ( $Q$ )**, необходимое для нагревания тела или выделяемое им при охлаждении, прямо пропорционально массе тела ( $m$ ) и изменению его температуры ( $t$ ):

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где  $c$  – **удельная теплоемкость тела**;  $m$  – его масса;  $t_2$  – конечная температура тела;  $t_1$  – начальная температура тела.

Если между телами происходит теплообмен, то внутренняя энергия всех нагреваемых тел увеличивается на столько, на сколько уменьшается внутренняя энергия остывающих тел. При этом суммарная энергия изолированной системы остается неизменной. Суммарное количество теплоты, которое выделяется в теплоизолированной системе, равно суммарному количеству теплоты, которое в этой системе поглощается:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n - \text{уравнение теплового баланса.}$$

Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива, прямо пропорционально массе топлива ( $m$ ):

$$Q = qm,$$

где коэффициент пропорциональности  $q$  – *удельная теплота сгорания топлива*.

**Плавление** – процесс перехода твердого кристаллического вещества в жидкость в результате увеличения внутренней энергии любым способом, происходящий при температуре плавления данного вещества.

**Кристаллизация** – процесс перехода жидкости в кристаллическое состояние в результате теплопередачи, происходящий при температуре плавления.

Количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела и кристаллизации жидкости, прямо пропорционально массе тела ( $m$ ):

$$Q = \pm \lambda m,$$

где коэффициент пропорциональности  $\lambda$  – *удельная теплота плавления*.

**Испарение** – процесс превращения жидкости в пар, происходящий с поверхности жидкости.

**Кипение** – процесс превращения жидкости в пар, происходящий по всему объему жидкости при определенной температуре.

**Конденсация** – процесс превращения пара в жидкость.

Количество теплоты, необходимое для превращения в пар жидкости, взятой при температуре кипения, и конденсации пара, прямо пропорционально массе жидкости ( $m$ ):

$$Q = \pm Lm,$$

где коэффициент пропорциональности  $L$  – *удельная теплота парообразования*.

## Примеры решения задач

1. Сколько нужно добавить холодной воды при температуре  $10^\circ\text{C}$  в 50 кг воды, имеющей температуру  $100^\circ\text{C}$ , для получения смеси температурой  $40^\circ\text{C}$ ?

Д а н о:

$t_2 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$m_1 = 50\text{ кг}$

$t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{см}} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

$m_2 = ?$

Р е ш е н и е:

Горячая вода остыла от  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\text{см}}$ , при этом она отдала количество теплоты, равное:  $Q_1 = cm_1(t_1 - t_{\text{см}})$ .

Холодная вода нагрелась от  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\text{см}}$  и получила количество теплоты, равное:  $Q_2 = cm_2(t_{\text{см}} - t_2)$ .

Запишем уравнение теплового баланса:  $Q_1 = Q_2$ , и получим:  $cm_1(t_1 - t_{\text{см}}) = cm_2(t_{\text{см}} - t_2)$ .

$$\text{Значит, } m_2 = \frac{m_1(t_1 - t_{\text{см}})}{(t_{\text{см}} - t_2)}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$m_2 = \frac{50\text{ кг} \cdot (100\text{ }^{\circ}\text{C} - 40\text{ }^{\circ}\text{C})}{40\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 100\text{ кг}.$$

О т в е т:  $m_2 = 100\text{ кг}$ .

**2.** На сколько градусов можно нагреть воду массой 23 кг при сжигании керосина массой 21 г, если считать, что теплота, выделившаяся при сгорании, целиком пошла на нагревание воды?

Д а н о:

$m_1 = 23\text{ кг}$

$c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$

$m_2 = 21\text{ г}$

$q = 4,6 \cdot 10^7\text{ Дж}/\text{кг}$

$\Delta t = ?$

СИ

$0,021\text{ кг}$

Р е ш е н и е:

При сжигании керосина выделяется количество теплоты, равное:  $Q_2 = qm_2$ .

На нагревание воды тратится количество теплоты, равное:  $Q_1 = cm_1\Delta t$ .

По условию задачи  $Q_1 = Q_2$ , следовательно,  $cm_1\Delta t = qm_2$ , т. е.  $\Delta t = \frac{qm_2}{cm_1}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$\Delta t = \frac{4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,021\text{ кг}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 23\text{ кг}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

О т в е т:  $\Delta t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**3.** На приготовление в полярных условиях питьевой воды из льда, взятого при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , потребовалось  $4450\text{ кДж}$ . Какова масса льда, если температура воды должна быть равна  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Д а н о:

$$t_1 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 4450\text{ кДж}$$

$$c_{\text{льда}} = 2100\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

$$c_{\text{воды}} = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 34 \cdot 10^4\text{ Дж/кг}$$

$m - ?$

Р е ш е н и е:

Для приготовления воды нужно осуществить три процесса.

1) Нагреть лед от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; при этом нужно затратить количество теплоты, равное:  $Q_1 = c_{\text{льда}} m(t_2 - t_1)$ .

2) Расплавить лед; при этом нужно затратить количество теплоты, равное:  $Q_2 = \lambda_{\text{льда}} m$ .

3) Нагреть получившуюся воду от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , затратив при этом количество теплоты, равное:  $Q_3 = c_{\text{воды}} m(t_3 - t_2)$ .

Так как  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , то  $Q = c_{\text{льда}} m(t_2 - t_1) + \lambda_{\text{льда}} m + c_{\text{воды}} m(t_3 - t_2)$ .

$$\text{Значит, } m = \frac{Q}{c_{\text{льда}}(t_2 - t_1) + \lambda_{\text{льда}} + c_{\text{воды}}(t_3 - t_2)}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$m = \frac{4\,450\,000\text{ Дж}}{\left[ 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 20\text{ }^{\circ}\text{C} + 340\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 15\text{ }^{\circ}\text{C} \right]} = 10\text{ кг}.$$

О т в е т:  $m = 10\text{ кг}$ .

**4.** Для нагревания от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до температуры кипения и полного испарения воды потребовалось  $544\text{ кДж}$ . С каким количеством воды был проведен процесс? ( $c_{\text{воды}} = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ,  $L_{\text{воды}} = 2,3 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$ .)

Д а н о:

$$t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 544\text{ кДж}$$

$$c_{\text{воды}} = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

$$L_{\text{воды}} = 2,3 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$$

$m - ?$

Р е ш е н и е:

По условию задачи произошло два процесса.

1) Нагревание воды от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; при этом нужно затратить количество теплоты, равное:  $Q_1 = c_{\text{воды}} m(t_2 - t_1)$ .

2) Полное испарение воды; при этом нужно затратить количество теплоты, равное  $Q_2 = L_{\text{воды}} m$ .

Так как  $Q = Q_1 + Q_2$ , то  $Q = c_{\text{воды}} m(t_2 - t_1) + L_{\text{воды}} m$ .

$$\text{Значит, } m = \frac{Q}{c_{\text{воды}}(t_2 - t_1) + L_{\text{воды}}}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$m = \frac{544\,000 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 100^\circ\text{C} + 2\,300\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 0,2 \text{ кг}.$$

О т в е т:  $m = 0,2 \text{ кг}$ .

## Нагревание, охлаждение

### Первый уровень

1. Чтобы нагреть 50 г латуни на  $20^\circ\text{C}$ , требуется 400 Дж. Какова удельная теплоемкость латуни?

2. Рассчитайте, какое количество теплоты отдаст кирпичная печь, сложенная из 300 кирпичей, при остывании от  $70^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$ . Масса одного кирпича 5 кг.

3. Размер комнаты  $120 \text{ м}^3$ . Какое количество теплоты потребуется для нагревания воздуха в комнате от  $15^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$ ? Плотность воздуха  $1,3 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоемкость  $1000 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ .

4. Какое количество теплоты теряет вода в бассейне площадью  $70 \text{ м}^2$  и глубиной 1,5 м при охлаждении ее на  $2^\circ\text{C}$ ?

5. Какое количество теплоты пойдет на нагревание воды от  $15^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$  в бассейне, длина которого 100 м, ширина 6 м, а глубина 2 м?

6. Для нагревания 100 г свинца от  $15^\circ\text{C}$  до  $35^\circ\text{C}$  надо сообщить 260 Дж теплоты. Найдите удельную теплоемкость свинца.

7. Кусок льда массой 0,8 кг нагревают от  $-30^\circ\text{C}$  до  $-10^\circ\text{C}$ . При этом затрачено количество теплоты 33,6 кДж. Определите удельную теплоемкость льда.

8. На нагревание 15 л воды было затрачено 315 кДж энергии. На сколько градусов нагрелась вода?

9. Медному бруску массой 200 г, имевшему температуру  $20^\circ\text{C}$ , сообщили 8 кДж энергии. Какой стала температура бруска?

**10.** При охлаждении медного паяльника до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  выделилось  $30,4\text{ кДж}$  энергии. До какой температуры был нагрет паяльник, если его масса  $200\text{ г}$ ?

### Второй уровень

**11.** Какое количество теплоты отдаст кирпичная печь, сложенная из  $300$  кирпичей, при остывании с  $70$  до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Масса одного кирпича  $5\text{ кг}$ . Удельная теплоемкость кирпича  $880\text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

**12.** Одна и та же масса воды нагрета в одном случае на  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в другом – на  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз во втором случае израсходовано энергии больше, чем в первом?

**13.** В алюминиевой кастрюле массой  $800\text{ г}$  нагрели  $5\text{ кг}$  воды от  $20$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты получила кастрюля с водой?

**14.** В алюминиевом чайнике массой  $300\text{ г}$  нагревают  $2\text{ л}$  воды от  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения. Какое количество теплоты затрачено на нагревание?

**15.** Какое количество теплоты потребуется для нагревания смеси из  $300\text{ г}$  воды и  $50\text{ г}$  спирта от  $20$  до  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**16.** На сколько градусов можно нагреть  $10\text{ л}$  воды, если ей сообщить столько же энергии, сколько выделится при охлаждении  $10\text{ кг}$  льда от  $0$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**17.** На нагревание кирпича массой  $4\text{ кг}$  на  $63\text{ }^{\circ}\text{C}$  затрачено такое же количество теплоты, как и на нагревание воды той же массы на  $13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость кирпича.

**18.** С какой высоты должна упасть капля, чтобы при ударе о землю она нагрелась на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**19.** На какую высоту можно было бы поднять груз массой  $2\text{ т}$ , если бы удалось полностью использовать энергию, освободившуюся при остывании стакана воды от температуры  $100$  до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Объем стакана  $250\text{ см}^3$ .

### Третий уровень

**20.** Свинцовая пуля, встретив препятствие, затормозила в нем и нагрелась на  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите скорость пули в момент соприкосновения с препятствием, если на нагревание пули было затрачено  $30\%$  ее кинетической энергии.

**21.** Сколько раз должен упасть на стальную болванку массой 30 кг шеститонный паровой молот с высоты 2 м, чтобы она нагрелась на  $117,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? На нагревание болванки затрачено 60% кинетической энергии молота.

**22.** При обработке детали слесарь совершил 48 движений стальным напильником, прикладывая силу 40 Н и перемещая напильник на 8 см при каждом движении. На сколько градусов повысилась температура напильника, если он имеет массу 100 г, а на увеличение его внутренней энергии пошло 50% совершенной работы?

**23.** Стальной осколок, падая с высоты 500 м, имел у поверхности скорость 50 м/с. На сколько повысилась температура осколка, если считать, что вся работа сопротивления воздуха пошла на его нагревание?

**24.** С какой высоты должна падать вода, чтобы при ударе о землю она нагрелась до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Начальная температура воды  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На нагрев идет 50% механической энергии.

**25.** Для нагревания смеси медных и стальных опилок общей массой 200 г от  $20$  до  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$  потребовалось  $17,6\text{ кДж}$  теплоты. Какова масса медных опилок в смеси?

**26.** В батарею водяного отопления вода поступает при температуре  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  по трубе сечением  $500\text{ мм}^2$  со скоростью 1,2 см/с, а выходит из батареи, имея температуру  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько теплоты получает отапливаемое помещение в течение суток?

**27.** Установка, выделяющая тепловую мощность 50 кВт, охлаждается проточной водой, текущей по спиральной трубе площадью сечения  $177\text{ мм}^2$ . При установившемся режиме проточная вода нагревается на  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите скорость течения воды.

## **Уравнение теплового баланса (нагревание, охлаждение)**

### **Второй уровень**

**28.** В стакан, содержащий 200 г кипятка, опустили серебряную ложку массой 150 г, имеющую температуру  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура воды понизилась от этого до  $97\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость серебра.

**29.** Какова масса стальной детали, нагретой предварительно до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , если при опускании ее в сосуд, содержащий  $18,6\text{ л}$  воды при  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вода нагрелась до  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Испарением и потерями тепла пренебречь.

**30.** Паровой котел содержит  $40\text{ м}^3$  воды при температуре  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой объем воды при  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  был добавлен, если установилась температура  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**31.** В сосуде смешали воду температурой  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  с водой температурой  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Через некоторое время в сосуде установилась температура  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найдите отношение массы холодной воды к массе горячей.

### Третий уровень

**32.** В ванной смешали  $50\text{ л}$  воды температурой  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $30\text{ л}$  воды температурой  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру воды в ванне, если потерями тепла пренебречь.

**33.** Смешали  $6\text{ кг}$  воды при  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $4\text{ кг}$  воды при  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $20\text{ кг}$  воды при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру смеси.

**34.** В калориметр, содержащий  $270\text{ г}$  воды при  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , опустили кусок алюминия массой  $200\text{ г}$ , нагретый до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура теплового равновесия  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость алюминия. Теплоемкость калориметра  $42\text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ .

**35.** Для измерения температуры в воду, имеющую массу  $66\text{ г}$ , погрузили термометр, который показал  $32,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какова действительная температура воды, если теплоемкость термометра равна  $1,8\text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ , а перед погружением в воду он показывал температуру помещения, равную  $17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**36.** В калориметре с теплоемкостью  $1,67\text{ кДж/}^{\circ}\text{C}$  находится  $1\text{ кг}$  переохлажденной воды при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре, если в него влить  $170\text{ г}$  воды, перегретой до  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**37.** Два одинаковых сосуда содержат воду: в одном масса воды  $0,1\text{ кг}$  при температуре  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в другом —  $0,5\text{ кг}$  при  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В сосуды налили одинаковое количество ртути. После установления теплового равновесия в обоих сосудах оказалось, что температура воды в них одна и та же и равна  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найдите теплоемкость сосудов.



## Четвертый уровень

**38.** Определите температуру воды в сосуде, если в него налили одну кружку воды при температуре  $40^{\circ}\text{C}$ , четыре кружки воды при температуре  $30^{\circ}\text{C}$  и пять кружек воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Потери теплоты не учитывать.

**39.** Смешали 24 л воды при  $12^{\circ}\text{C}$  и 40 л воды при  $80^{\circ}\text{C}$ . Определите установившуюся температуру, если во время смешивания тепловые потери составили 420 кДж.

**40.** Смешали 60 кг воды при  $90^{\circ}\text{C}$  и 150 кг воды при  $23^{\circ}\text{C}$ , причем 0,15 части тепла, отданного горячей водой, пошло на нагревание окружающей среды. Определите конечную температуру воды.

**41.** В стеклянный сосуд, имеющий массу 120 г и температуру  $20^{\circ}\text{C}$ , налили горячую воду, масса которой 200 г и температура  $100^{\circ}\text{C}$ . Спустя 5 мин температура сосуда с водой стала равна  $40^{\circ}\text{C}$ . Теряемое в единицу времени количество теплоты постоянно. Какое количество теплоты терялось в единицу времени?

**42.** Для подготовки бассейна вместимостью 600 л смешали холодную воду температурой  $10^{\circ}\text{C}$  с горячей водой температурой  $60^{\circ}\text{C}$ . Какие объемы холодной и горячей воды надо взять, чтобы установилась температура  $40^{\circ}\text{C}$ ? Начальная температура материала бассейна  $20^{\circ}\text{C}$ , его масса 1 т, удельная теплоемкость материала бассейна  $500 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .

**43.** В железном калориметре массой 0,1 кг находится 0,5 кг воды при температуре  $15^{\circ}\text{C}$ . В калориметр бросают свинец и алюминий общей массой 0,15 кг и температурой  $100^{\circ}\text{C}$ . В результате температура воды поднимается до  $17^{\circ}\text{C}$ . Определите массы алюминия и свинца.

**44.** В термос с горячей водой, температура которой  $40^{\circ}\text{C}$ , опускают бутылочку с детским питанием. Она нагревается до  $36^{\circ}\text{C}$ , а вода в термосе остывает до этой же температуры. Эту бутылочку вынимают и в термос опускают другую точно такую же бутылочку. До какой температуры она нагреется? До погружения в термос обе бутылочки имели температуру  $18^{\circ}\text{C}$ .

**45.** После опускания в сосуд с водой, имеющей температуру  $10^{\circ}\text{C}$ , металлического тела, нагретого до  $100^{\circ}\text{C}$ ,

там установилась общая температура  $40^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до  $100^{\circ}\text{C}$ ? Потерями теплоты на нагревание сосуда пренебречь.

**46.** Нагретое до  $100^{\circ}\text{C}$  тело опустили в сосуд с водой, при этом температура воды повысилась от  $20$  до  $30^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура воды, если в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до  $80^{\circ}\text{C}$ ? Теплоемкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь.

**47.** В калориметр налили ложку горячей воды, после чего его температура возросла на  $5^{\circ}\text{C}$ . После того как добавили вторую ложку горячей воды, температура возросла на  $3^{\circ}\text{C}$ . На сколько градусов увеличится температура калориметра, если в него добавить третью ложку горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**48.** Имеются два теплоизолированных сосуда. В первом сосуде находится  $5$  л воды при температуре  $60^{\circ}\text{C}$ , во втором —  $1$  л воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Часть воды перелили из первого сосуда во второй. После установления теплового равновесия во второй сосуд из первого отлили столько воды, чтобы объемы воды в сосудах стали равны первоначальным объемам. После этих операций температура воды в первом сосуде стала равна  $59^{\circ}\text{C}$ . Сколько воды перелили из первого сосуда во второй и обратно?

## Сгорание топлива

### Первый уровень

**49.** Какое количество теплоты выделится при полном сгорании  $2$  т каменного угля?

**50.** Какую массу антрацита надо сжечь, чтобы получить  $90$  МДж энергии?

**51.** Вычислите удельную теплоту сгорания керосина, если при полном сгорании  $200$  г выделилось  $9,2$  МДж энергии.

**52.** Определите количество теплоты, выделяющееся при сгорании  $2$  л бензина.

**53.** Какое количество теплоты выделится при сгорании топливной смеси, состоящей из  $4$  кг сухой древесины и  $2$  кг древесного угля?

## Второй уровень

**54.** Смешали 1,5 л бензина и 0,5 л керосина. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании полученного топлива?

**55.** Во сколько раз больше выделится теплоты при полном сгорании водорода массой 1 кг, чем при сгорании 2 л бензина?

**56.** Определите массу природного газа, которым можно заменить 0,9 г водорода, чтобы получить такое же количество теплоты, что и при сжигании водорода.

**57.** Сколько антрацита надо сжечь, чтобы получить столько же энергии, сколько ее выделяется при сгорании бензина объемом 6 м<sup>3</sup>?

**58.** На сколько градусов изменится температура воды объемом 100 л, если считать, что вся теплота, выделяемая при сжигании древесного угля массой 0,5 кг, пойдет на нагревание воды?

**59.** Сколько спирта надо сжечь, чтобы изменить температуру воды массой 2 кг от 14 до 50 °С, если вся теплота, выделенная спиртом, пойдет на нагревание воды?

**60.** Сколько нужно сухих дров, чтобы получить столько теплоты, сколько необходимо для нагревания 200 л воды на 60 °С?

**61.** Топливная смесь приготовлена из сухих древесных опилок, торфа и каменного угля, массы которых взяты в отношении 6:3:1. Какое количество тепла выделится при сгорании 1 кг такой смеси, если удельные теплоты сгорания взятых горючих веществ равны  $10^7$  Дж/кг;  $1,4 \cdot 10^7$  Дж/кг;  $3 \cdot 10^7$  Дж/кг?

**62.** На спиртовке нагрели 175 г воды от 15 до 75 °С. При этом было израсходовано 5 г спирта. Какое количество теплоты пошло на нагревание воды, а какое количество теплоты было отдано окружающей среде?

## Третий уровень

**63.** Найдите КПД тракторного двигателя, который развивает мощность 110 кВт и расходует в час 28 кг дизельного топлива.

**64.** При нагревании на спиртовке 224 г воды от 15 до 75 °С сожгли 5 г спирта. Определите КПД спиртовки.

**65.** Определите КПД нагревательной установки, если для нагревания 100 кг воды от 10 °С до кипения требуется 8 кг сухих дров.

**66.** Рассчитайте коэффициент полезного действия плавильной печи, в которой для нагревания 0,5 т алюминия от 9 °С до температуры плавления 659 °С было израсходовано 70 кг каменного угля.

**67.** В баллон горелки влито 0,47 кг керосина. Какое количество воды, взятой при температуре 20 °С, можно вскипятить, если сжечь весь керосин? КПД горелки 40%.

**68.** Чтобы нагреть 1,8 кг воды от 18 °С до кипения на горелке с КПД 25% потребовалось 92 г горючего. Какова удельная теплота сгорания горючего?

**69.** Сколько граммов керосина нужно сжечь, чтобы довести до кипения 4 л воды, если начальная температура воды 20 °С, а 25% энергии затрачено непроизводительно?

**70.** Плывая вниз по течению реки, теплоход прошел расстояние 135 км со скоростью 27 км/ч и при этом сжег 843 кг дизельного топлива. КПД силовой установки теплохода 25%. Найдите полезную мощность силовой установки.

**71.** Автомобиль расходует бензин объемом 13 л на пути 100 км. Определите развиваемую автомобилем полезную мощность, если скорость его 90 км/ч, КПД двигателя равен 24%.

**72.** Снегоход-буксировщик оснащен двигателем мощностью 4,4 кВт с КПД 32,7%. Сколько литров бензина расходует в среднем за 1 ч работы снегохода?

**73.** Определите, какая часть энергии расходует на нагревание воды спиртовкой, если для нагревания 100 г воды от 20 до 90 °С сожгли 5 г спирта.

**74.** Судно развивает мощность 1500 кВт при КПД 30%. Найдите расход дизельного топлива на 1 км пути при скорости 72 км/ч.

**75.** Реактивный самолет имеет четыре двигателя, каждый из которых развивает силу тяги 30 кН. КПД двигателя 25%. Определите расход керосина на перелет длиной 4000 км.

**76.** Двигатель реактивного самолета при перелете на расстояние 4310 км развивает среднюю силу тяги

80 кН. Сколько керосина будет израсходовано за полет, если КПД двигателя 25%?

### Четвертый уровень

77. Чему равна средняя сила сопротивления воды движению парохода, если он в течение трех суток при средней скорости 10 км/ч потратил 6,5 т угля? КПД судового двигателя 10%.

78. На сколько километров пути хватит автомобилю 40 л бензина, если масса автомобиля 3,6 т, сила сопротивления движению составляет 0,05 веса, а КПД равен 18%?

## Плавление, кристаллизация

### Первый уровень

79. Какое количество теплоты требуется для того, чтобы расплавить 2 кг олова, взятого при температуре плавления?

80. Какую массу цинка, взятого при температуре 420 °С, можно расплавить, сообщив ему 360 кДж тепла?

81. Сколько тепла выделится при кристаллизации 5 л воды, взятой при 0 °С?

82. Определите удельную теплоту плавления цинка, если для плавления 100 г вещества, взятого при температуре плавления, потребовалось 10,2 кДж теплоты.

83. Определите количество теплоты, необходимое для плавления куба, вырезанного из льда. Ребро куба 1 м, температура 0 °С.

### Второй уровень

84. Какой объем воды можно получить, если к большой глыбе льда, имеющей температуру 0 °С, подвести 680 МДж тепла?

85. Сколько теплоты выделится при отвердевании 2 кг цинка, взятого при температуре плавления, и дальнейшем его охлаждении до 30 °С?

86. На плавление 2 кг льда, взятого при 0 °С, потребовалось в 2 раза больше энергии, чем на нагревание некоторой массы свинца на 100 °С. Определите массу свинца.

**87.** Какая масса воды должна кристаллизоваться, чтобы в результате этого процесса выделилось такое же количество теплоты, что и при кристаллизации 8 кг свинца?

**88.** Какое количество теплоты надо сообщить 2 кг льда, взятого при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ , чтобы полностью его растопить?

**89.** Свинцовую пластину размером  $2 \times 5 \times 10$  см нагрели до плавления и расплавили. Сколько энергии выделится при отвердевании и охлаждении до  $27^{\circ}\text{C}$  этого свинца?

**90.** Лед массой 2 кг при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  внесли в комнату, после чего лед растаял, а образовавшаяся вода нагрелась до  $18^{\circ}\text{C}$ . Сколько теплоты для этого потребовалось?

**91.** Какое количество теплоты потребуется для нагревания и плавления в железной коробке 100 г олова, если их начальная температура  $32^{\circ}\text{C}$ ? Масса коробки 30 г.

**92.** Для приготовления пищи полярники используют воду, полученную из расплавленного льда. Какое количество теплоты потребуется для того, чтобы из 20 кг льда, взятого при  $-10^{\circ}\text{C}$ , получить воду при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ ? Потерями тепла пренебречь.

**93.** Свинцовая деталь массой 100 г охлаждается от  $427^{\circ}\text{C}$  до температуры плавления, отвердевает и охлаждается до  $27^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты передает деталь окружающим телам?

**94.** Хватит ли энергии, выделившейся в результате охлаждения 10 кг воды на  $50^{\circ}\text{C}$  и дальнейшей ее кристаллизации, на плавление 5 кг свинца, взятого при температуре плавления?

### Третий уровень

**95.** Сколько литров спирта можно нагреть на  $2^{\circ}\text{C}$  за счет энергии, выделившейся в результате охлаждения и кристаллизации 2 кг воды с начальной температурой  $30^{\circ}\text{C}$ ?

**96.** При морозе  $-10^{\circ}\text{C}$  каждый квадратный метр поверхности пруда отдает находящемуся над ним воздуху 180 кДж тепла в час. Какова толщина образовавшегося

за сутки ледяного покрова, если температура воды у поверхности пруда  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**97.** Для того чтобы превратить некоторое количество льда, взятого при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в воду температурой  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  требуется  $655\text{ кДж}$  энергии. Чему равна масса льда?

**98.** В ведре находится смесь воды со льдом массой  $10\text{ кг}$ . Ведро внесли в комнату. Лед растаял за  $50\text{ мин}$ , а в следующие  $10\text{ мин}$  вода в ведре нагрелась на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите, какая масса льда находилась в ведре, когда его внесли в комнату.

**99.** Сосуд, в котором находится вода массой  $100\text{ г}$  при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , внесли в комнату. Через  $15\text{ мин}$  температура воды поднялась до  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Когда же в сосуде при той же температуре находилось  $200\text{ г}$  льда, то он растаял за  $20\text{ ч}$ . Определите удельную теплоту плавления льда. Теплоемкость воды считать известной.

**100.** Тигель с оловом нагревают таким образом, что количество теплоты, ежесекундно подводимое к тиглю, постоянно. За  $5\text{ мин}$  температура олова поднялась от  $10$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какое время необходимо, чтобы нагреть олово от  $50$  до  $232\text{ }^{\circ}\text{C}$  и полностью его расплавить?

**101.** С какой высоты должен упасть кусок свинца, чтобы при ударе о поверхность Земли он расплавился? Начальная температура свинца  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на нагревание и плавление свинца идет  $70\%$  его механической энергии. Температура плавления свинца  $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**102.** В тающую льдину попадает пуля, летящая со скоростью  $1000\text{ м/с}$ . Масса пули  $10\text{ г}$ . Считая, что половина энергии пули пошла на раздробление льда, а другая половина — на его плавление, найдите массу растаявшего льда.

**103.** С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она полностью расплавилась? Считать, что  $80\%$  кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергию дробинки, а температура дробинки до удара была  $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**104.** Какое количество снега, имеющего температуру  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , растает под колесами автомобиля, если он буксует в течение  $30\text{ с}$ ? Мощность автомобиля  $20\text{ кВт}$ , а на буксовку уходит  $80\%$  всей мощности двигателя.

**105.** С какой наименьшей скоростью должна лететь льдина при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чтобы при резком торможении она расплавилась? На плавление льдины идет 50% ее кинетической энергии.

**106.** Определите, какую массу керосина надо сжечь на горелке с КПД 25%, чтобы из 2 кг льда, взятого при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , получить воду при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**107.** Сколько стали, взятой при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно расплавить в печи с КПД 50%, сжигая 2 т каменного угля?

**108.** Какое количество льда, взятого при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно растопить на горелке с КПД 40%, если сжечь 1 л керосина?

**109.** Сколько дров надо сжечь в печке с КПД 40%, чтобы получить из 200 г снега, взятого при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , воду при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

### Четвертый уровень

**110.** При охлаждении 50 кг жидкого олова, взятого при температуре  $232\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выделилось 4,62 МДж теплоты. Определите конечную температуру олова после охлаждения.

**111.** Кусок свинца, имеющий массу 1 кг, расплавился наполовину при сообщении ему 54,5 кДж энергии. Какова начальная температура свинца?

**112.** В сосуде находится лед. Для нагревания сосуда вместе со льдом от  $-3$  до  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  требуется некоторое количество теплоты. Для дальнейшего нагревания от  $-1$  до  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  требуется количество теплоты в 20 раз большее. Определите массу льда в сосуде до нагревания. Теплоемкость сосуда  $600\text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ .

**113.** Лед массой 1 кг с начальной температурой  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  равномерно нагревают до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При этом сообщают ему каждую минуту 8400 Дж теплоты. Начертите график зависимости температуры от времени для этого процесса.

**114.** В калориметре в воде плавает кусок льда массой 0,1 кг, в который вмерзла свинцовая дробинка массой 5 г. Какое минимальное количество тепла надо затратить, чтобы дробинка начала тонуть? Температура воды в калориметре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



## Уравнение теплового баланса (плавление, кристаллизация)

### Второй уровень

**115.** Железная заготовка, охлаждаясь от  $800$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , растопила лед массой  $3\text{ кг}$ , взятый при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите, чему равна масса заготовки. Потерями тепла пренебречь.

**116.** В калориметр, заполненный льдом при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , помещают кусок железа массой  $340\text{ г}$ . Определите, какое количество льда растает к моменту установления теплового равновесия, если температура железа в момент его опускания в калориметр была  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**117.** В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в сосуде была равна  $340\text{ г}$ , а в конце процесса таяния масса воды увеличилась на  $84\text{ г}$ . Какой была первоначальная температура воды в калориметре?

**118.** Определите минимальный объем льда, взятого при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , который должен быть добавлен в воду, масса которой  $170\text{ г}$ , а температура  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чтобы понизить ее температуру до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**119.** В массивном куске льда, находящемся при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сделано углубление, в которое влили  $100\text{ г}$  воды при температуре  $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая масса воды окажется в углублении, когда вода остынет? Теплообменом с воздухом пренебречь.

### Третий уровень

**120.** В калориметре находится лед при температуре  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой была масса льда, если после добавления в калориметр  $4\text{ кг}$  воды, имеющей температуру  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и в калориметре оказалась только вода?

**121.** В калориметре находится  $1\text{ кг}$  льда при  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Туда добавили  $2\text{ кг}$  воды. Какой была температура воды, если в калориметре стало  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и весь лед растаял?

**122.** В сосуд с водой массой 5 кг при 30 °С бросают кусочки льда при 0 °С. Определите массу льда, если температура смеси стала 10 °С.

**123.** Сколько нужно килограммов льда, чтобы охладить воду в ванне от 17 до 7 °С? Объем воды 100 л. Температура льда 0 °С.

**124.** В калориметр, содержащий 250 г воды при температуре 15 °С, брошено 20 г мокрого снега. Температура в калориметре понизилась на 5 °С. Сколько воды было в снеге? Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**125.** В углубление, сделанное во льду, влили свинец. Сколько было влито свинца, если он остыл до температуры 0 °С и при этом растопил лед массой 270 г? Начальная температура льда 0 °С, свинца 400 °С.

**126.** В калориметре находятся лед и вода при 0 °С. Масса льда и воды одинакова и равна 500 г. В калориметр вливают воду массой 1 кг при температуре 50 °С. Какая температура установится в калориметре после теплообмена?

**127.** В воду массой 5 кг при температуре 40 °С опустили 1 кг льда, имеющего температуру 0 °С. Какой будет температура полученной воды после теплообмена?

**128.** В колбе находится 600 г воды при 80 °С. Какое количество льда при –15 °С нужно добавить в воду, чтобы окончательная температура смеси стала 50 °С?

**129.** Кусок льда массой 750 г поместили в калориметр с водой. Масса воды 2,5 кг, начальная температура 5 °С. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на 64 г. Определите начальную температуру льда.

**130.** До какой температуры следует нагреть железный кубик, чтобы он полностью погрузился в лед? Начальная температура льда 0 °С.

**131.** При изготовлении дроби расплавленный свинец, имеющий температуру 327 °С, выливают в воду. Какое количество дроби было изготовлено, если 3 л воды нагрелись при этом от 25 до 47 °С? Потери тепла составили 25%.

**132.** В термосе находится 0,5 кг льда при температуре –15 °С. Сколько воды при 20 °С надо добавить в термос, чтобы температура стала равной –5 °С?

## Четвертый уровень

**133.** В сосуд, содержащий 10 кг льда при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влили 3 кг воды при  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в сосуде после теплообмена? Сколько воды будет в сосуде?

**134.** В термос с водой поместили лед при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Масса воды 400 г, масса льда 100 г, начальная температура воды  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите окончательную температуру, установившуюся в термосе.

**135.** В воду массой 2 кг при температуре  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  положили кусок льда массой 1 кг, температура которого  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в сосуде? Какой станет масса льда?

## Парообразование, конденсация

### Первый уровень

**136.** Какое количество теплоты необходимо для превращения в пар 100 г кипящей воды?

**137.** Сколько теплоты выделится при конденсации 2 кг водяного пара при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**138.** Определите удельную теплоту парообразования эфира, если при конденсации 50 г эфира, взятого при температуре  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выделилось 20 кДж тепла.

**139.** Какую массу спирта можно испарить при подведении к телу 27 кДж тепла? Температура спирта  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Второй уровень

**140.** Сколько льда, взятого при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , расплавится, если ему сообщить такое количество теплоты, которое выделится при конденсации водяного пара, масса которого равна 8 кг, а температура  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  при нормальном атмосферном давлении?

**141.** Можно ли полностью испарить 3 л спирта, взятого при температуре кипения, сообщив ему 1,8 МДж тепла?

**142.** При конденсации водяного пара массой 0,1 кг, взятого при температуре кипения, выделилось столько же энергии, как и при конденсации паров спирта, взятых при температуре кипения. Определите массу спирта.

**143.** К сосудам, наполненным водой и спиртом при температуре кипения, подводят одинаковое количество теплоты. Во сколько раз масса испарившегося спирта больше массы испарившейся в результате этого воды?

**144.** Сколько спирта, взятого при температуре кипения, можно испарить, затратив на это 70% энергии, выделившейся при конденсации 1 кг водяного пара, взятого при 100 °С?

**145.** Какое количество теплоты выделится при конденсации водяного пара массой 10 кг, взятого при температуре 100 °С, и охлаждении образовавшейся воды до 20 °С?

**146.** Какое количество теплоты выделится при конденсации 10 г паров эфира, взятого при температуре 35 °С, и его дальнейшем охлаждении до 15 °С?

**147.** Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы 200 г воды с начальной температурой 40 °С довести до кипения и 10 г воды превратить в пар?

**148.** На сколько больше требуется энергии для испарения 2,5 кг воды, взятой при температуре кипения, чем для испарения 2,5 кг спирта с начальной температурой 78 °С?

**149.** К 10 л воды при температуре 50 °С подвели 6,9 МДж тепла, в результате чего часть воды испарилась. Определите массу оставшейся воды.

**150.** Какую массу воды, находящейся при температуре 30 °С, можно испарить, затратив 100 кДж энергии?

### Третий уровень

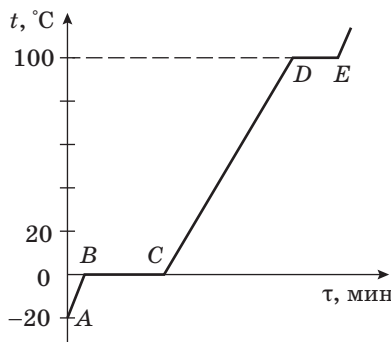
**151.** Какое количество теплоты необходимо, чтобы из льда массой 2 кг, взятого при температуре -10 °С, получить пар при 100 °С?

**152.** Для определения удельной теплоты парообразования ученик на электроплитке нагрел воду, причем оказалось, что на нагревание ее от 10 до 100 °С потребовалось 18 мин, а для превращения 0,2 части ее массы в пар – 23 мин. Какова удельная теплота парообразования воды по данным опыта?

**153.** На нагреватель поставили открытый сосуд с водой. Через 40 мин после начала кипения в сосуд

добавили воду, масса которой равна массе выкипевшей за это время воды. При неизменных условиях нагрева вода в сосуде снова закипела спустя 3 мин. Какова первоначальная температура добавленной воды?

**154.** Рассчитайте количество теплоты, необходимое для процессов, соответствующих участкам  $A-E$  графика, приняв массу льда равной 500 г. Назовите эти процессы (см. рисунок).



**155.** На печь поставили кастрюлю с 3 л воды при 100 °C. Сколько каменного угля надо сжечь, чтобы испарить всю воду? КПД печи 45%.

**156.** Какое количество природного газа надо сжечь, чтобы 4 кг льда при -10 °C обратить в пар с температурой 100 °C? КПД нагревателя 60%.

## Уравнение теплового баланса (парообразование, конденсация)

### Второй уровень

**157.** Из теплоизолированного сосуда, почти полностью заполненного водой при температуре 0 °C, медленно откачивают водяной пар. Найдите массу льда, образовавшегося в сосуде к моменту, когда через насос прошло 10 г пара при 0 °C.

**158.** Сколько килограммов стоградусного пара потребуется для нагревания стальной детали массой 60 кг от 10 до 100 °C?

**159.** Приготовление пищи в кастрюле-скороварке ведется при  $108\text{ }^{\circ}\text{C}$  и повышенном давлении. Какая часть воды испарится после того, как произойдет разгерметизация скороварки?

**160.** Какую массу стоградусного пара надо впустить в сосуд с 46 л воды, чтобы в сосуде после теплообмена оказалась вода при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Начальная температура воды  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Третий уровень

**161.** Сколько килограммов стоградусного пара требуется для нагревания стального изделия массой 150 кг от  $20$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**162.** В сосуд с водой, имеющей температуру  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впустили 1 кг стоградусного пара. Через некоторое время в сосуде установилась температура  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите массу воды, первоначально находившейся в сосуде.

**163.** В сосуд с водой, имеющей температуру  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впустили 2 кг водяного пара при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Через некоторое время в сосуде установилась температура  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько воды оказалось в сосуде?

**164.** В сосуд, содержащий 2,8 л воды при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , бросают кусок стали массой 3 кг, нагретый до  $460\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вода нагревается до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а часть ее обращается в пар. Найдите массу воды, обратившейся в пар. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

**165.** В сосуд, содержащий 1,5 кг воды при  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впускают 200 г водяного пара при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая общая температура установится после конденсации пара?

**166.** Сколько килограммов стоградусного пара требуется для нагревания бетонной плиты массой 200 кг от  $10$  до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**167.** В теплоизолированном сосуде содержится смесь из 2 кг льда и 10 кг воды при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В сосуд подают водяной пар при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В результате теплообмена в сосуде оказалась вода при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите массу пара.

**168.** Струя водяного стоградусного пара соприкасается с куском льда массой 10 кг при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая установится температура после того, как лед растает, если масса израсходованного пара равна 2 кг?

**169.** В сосуде находится смесь из 300 г воды и 100 г льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Сколько стоградусного пара необходимо впустить в сосуд, чтобы окончательная температура смеси была равна  $12^{\circ}\text{C}$ ?

**170.** В сосуд, содержащий 2 л воды и некоторое количество льда при  $0^{\circ}\text{C}$ , было введено 0,4 кг водяного пара при  $100^{\circ}\text{C}$ , в результате чего весь лед растаял, и вода в сосуде нагрелась до  $70^{\circ}\text{C}$ . Определите массу находящегося в сосуде льда.

**171.** Водяной пар при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  впускают в калориметр, в котором находится лед при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Найдите отношение массы льда к массе пара, если в равновесном состоянии в калориметре оказалась вода при  $50^{\circ}\text{C}$ .

**172.** Какое количество стоградусного водяного пара потребуется для того, чтобы 5 кг льда, взятого при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ , превратить в воду при  $10^{\circ}\text{C}$ ?

**173.** В калориметр, содержащий 500 г воды при  $10^{\circ}\text{C}$ , бросили кусок льда массой 240 г и температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  и ввели 20 г пара при  $100^{\circ}\text{C}$ . После установления в калориметре теплового равновесия оказалось, что не растаяла  $\frac{1}{5}$  часть внесенного в калориметр льда. По этим данным определите удельную теплоемкость воды.

**174.** В сосуде, из которого быстро откачивают воздух, находится вода при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . В результате интенсивного испарения происходит замораживание воды. Какая часть воды испарилась?

### Четвертый уровень

**175.** В сосуд, содержащий лед массой 300 г при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , впустили водяной пар массой 200 г с температурой  $100^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру, установившуюся в системе. Потерями тепла пренебречь.

**176.** В калориметр, где находится 1 кг льда при  $-40^{\circ}\text{C}$ , впустили пар массой 1 кг с температурой  $120^{\circ}\text{C}$ . Определите установившуюся температуру.

**177.** Два одинаковых кусочка льда летят навстречу друг другу с равными скоростями и при ударе превращаются в пар. Оцените минимально возможные скорости льдинок перед ударом, если их температура равна  $-12^{\circ}\text{C}$ .

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

## Основные понятия, соотношения, формулы

**Проводники** – тела, через которые электрические заряды могут переходить от заряженного тела к незаряженному.

**Электрический ток** – упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.

**Сила тока** ( $I$ ) – физическая величина, характеризующая скорость прохождения электрического заряда через поперечное сечение проводника и равная отношению электрического заряда ( $q$ ) ко времени его прохождения ( $t$ ):

$$I = \frac{q}{t}.$$

**Напряжение** ( $U$ ) – физическая величина, характеризующая электрическое поле, равная отношению работы ( $A$ ), которую совершает электрическое поле при перемещении заряда из одной точки в другую, к прошедшему электрическому заряду ( $q$ ):

$$U = \frac{A}{q}.$$

**Электрическое сопротивление** ( $R$ ) – физическая величина, определяющая свойство материала проводить электрический ток, прямо пропорциональная длине проводника ( $l$ ) и обратно пропорциональная площади поперечного сечения ( $S$ ):

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

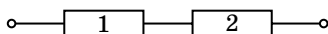
коэффициент пропорциональности  $\rho$  – **удельное сопротивление вещества**.

**Закон Ома:** сила тока ( $I$ ) в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка ( $U$ ) и обратно пропорциональна его сопротивлению ( $R$ ):

$$I = \frac{U}{R}.$$

**Последовательное соединение проводников** – соединение проводников без разветвлений, когда конец одного проводника соединен с началом другого проводника (см. рисунок).

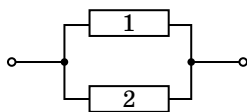




Последовательное соединение проводников отличается следующими индивидуальными особенностями:

- сила тока на всех участках цепи будет одинаковой:  $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2$ ;
- общее напряжение цепи составляет сумму напряжений на каждом участке:  $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$ ;
- общее сопротивление включает в себя сопротивление каждого отдельного проводника:  $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2$ .

**Параллельное соединение проводников** – соединение, при котором все проводники подключаются к одной и той же паре точек (см. рисунок).



Параллельное соединение проводников отличается следующими индивидуальными особенностями:

- общая сила тока равна сумме токов, протекающих по всем участкам:  $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2$ ;
- общее напряжение цепи равно напряжению на каждом участке:  $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$ ;
- для общего сопротивления справедливо следующее соотношение:  $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ .

**Работа электрического тока** ( $A$ ) – физическая величина, характеризующая действие электрического тока на участке цепи, равная произведению напряжения ( $U$ ) на концах этого участка на силу тока ( $I$ ) и время ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:

$$A = UIt.$$

**Мощность электрического тока** ( $P$ ) – физическая величина, характеризующая скорость совершения работы электрическим током:

$$P = UI.$$

**Закон Джоуля – Ленца**: количество теплоты ( $Q$ ), выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока ( $I$ ) на сопротивление проводника ( $R$ ) и время ( $t$ ):

$$Q = I^2 R t.$$

## Примеры решения задач

1. Определите массу алюминиевого провода длиной 100 м, если его сопротивление 20 Ом.

Дано:

$$l = 100 \text{ м}$$

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$\rho_{\text{ал}} = 0,028 \text{ Ом} \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho^* = 2700 \text{ кг/м}^3$$

$$m - ?$$

Решение:

Из формулы электрического сопротивления  $R = \rho \frac{l}{S}$  определим площадь поперечного сечения провода:  $S = \frac{\rho_{\text{ал}} l}{R}$ .

$$\text{Так как } m = \rho^* V = \rho^* l S, \text{ то } m = \frac{\rho^* l^2 \rho_{\text{ал}}}{R}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$m = \frac{2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 100^2 \text{ м}^2 \cdot 0,028 \text{ Ом} \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}}{20 \text{ Ом}} = 0,0378 \text{ кг} = 37,8 \text{ г}.$$

$$\text{Ответ: } m = 0,0378 \text{ кг} = 37,8 \text{ г}.$$

2. Найдите общее сопротивление цепи, изображенной на рисунке, если  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = R_5 = R_6 = 6 \text{ Ом}$ .

Дано:

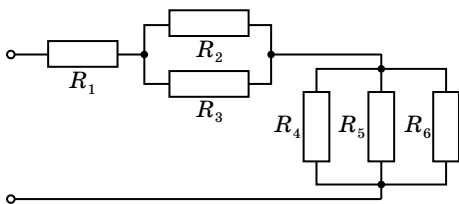
$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_4 = R_5 = R_6 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общ}} - ?$$



Решение:

1) Так как резисторы  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  соединены параллельно, то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$\frac{1}{R_{456}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{6 \text{ Ом}} + \frac{1}{6 \text{ Ом}} + \frac{1}{6 \text{ Ом}} = \frac{3}{6 \text{ Ом}}.$$

$$\text{Получим: } R_{456} = 2 \text{ Ом}.$$

2) Так как резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  соединены параллельно, то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4 \text{ Ом}} + \frac{1}{12 \text{ Ом}} = \frac{4}{12 \text{ Ом}}.$$

Получим:  $R_{23} = 3 \text{ Ом}$ .

3) Так как резисторы  $R_1$ ,  $R_{23}$ ,  $R_{456}$  соединены последовательно, то их общее сопротивление можно определить по формуле:  $R_{\text{общ}} = R_1 + R_{23} + R_{456}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$R_{\text{общ}} = 5 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом} = 10 \text{ Ом}.$$

О т в е т:  $R_{\text{общ}} = 10 \text{ Ом}$ .

**3.** Найдите распределение токов и напряжений в цепи, изображенной на рисунке, если амперметр показывает 6 А.

Д а н о:

$$R_1 = 3 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

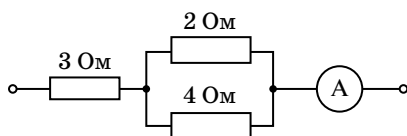
$$R_3 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{общ}} = 5 \text{ А}$$

$$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$$

$$U_1 - ? \quad U_2 - ? \quad U_3 - ?$$

$$U_{\text{общ}} - ?$$



Р е ш е н и е:

1) Так как резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  соединены параллельно, то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4 \text{ Ом}} + \frac{1}{4 \text{ Ом}} = \frac{2}{4 \text{ Ом}}.$$

Получим:  $R_{23} = 2 \text{ Ом}$ .

2) Так как резисторы  $R_1$ ,  $R_{23}$  соединены последовательно, то их общее сопротивление можно определить по формуле:  $R_{\text{общ}} = R_1 + R_{23} = 3 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом} = 5 \text{ Ом}$ . Получим:  $R_{\text{общ}} = 5 \text{ Ом}$ .

$$3) \text{ По закону Ома } I_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}}.$$

Отсюда следует, что

$$U_{\text{общ}} = I_{\text{общ}} \cdot R_{\text{общ}} = 5 \text{ А} \cdot 5 \text{ Ом} = 25 \text{ В}.$$

4) Через амперметр и резистор  $R_1$  течет одинаковый ток, поэтому  $I_1 = I_{\text{общ}} = 5 \text{ А}$ .

5) Из закона Ома получим, что

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 5 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 15 \text{ В}.$$

$$6) U_{\text{общ}} = U_1 + U_{23}, \text{ значит,}$$

$$U_{23} = U_{\text{общ}} - U_1 = 25 \text{ В} - 15 \text{ В} = 10 \text{ В}.$$

7) Так как резисторы  $R_2, R_3$  соединены параллельно, получим:  $U_{23} = U_2 = U_3 = 10 \text{ В}$ .

8) Из закона Ома получим, что

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{10 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 2,5 \text{ А}; I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{10 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 2,5 \text{ А}.$$

Отвeт:  $I_1 = 5 \text{ А}; I_2 = I_3 = 2,5 \text{ А}; U_1 = 15 \text{ В}; U_2 = U_3 = 10 \text{ В}; U_{\text{общ}} = 25 \text{ В}$ .

**4.** Два резистора сопротивлением 3 и 6 Ом включены в цепь параллельно. В первом течет ток силой 2 А. Какое количество теплоты выделится обоими резисторами за 10 с?

Дано:  
 $R_1 = 3 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 6 \text{ Ом}$   
 $I_1 = 2 \text{ А}$   
 $t = 10 \text{ с}$

Решение:

1) Из закона Ома получим, что  $U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$ .

2) Так как резисторы  $R_1, R_2$  соединены параллельно, то  $U_1 = U_2$ .

3) Из закона Ома получим, что

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6 \text{ В}}{6 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$$

4) По закону Джоуля – Ленца  $Q = I^2 R t$ .

Значит,  $Q_1 = I_1^2 R_1 t = (2 \text{ А})^2 \cdot 3 \text{ Ом} \cdot 10 \text{ с} = 120 \text{ Дж}$ ,

$Q_2 = I_2^2 R_2 t = (1 \text{ А})^2 \cdot 6 \text{ Ом} \cdot 10 \text{ с} = 60 \text{ Дж}$ .

Отвeт:  $Q_1 = 120 \text{ Дж}; Q_2 = 60 \text{ Дж}$ .

## Сопrotивление проводника

### Первый уровень

**178.** Рассчитайте сопротивление алюминиевого провода длиной 10 м и площадью сечения 0,6 мм<sup>2</sup>.

**179.** Каким должно быть сечение железной проволоки, чтобы ее сопротивление составляло 20 Ом при длине 200 м?

**180.** Обмотка реостата сопротивлением 84 Ом выполнена из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм<sup>2</sup>. Определите длину проволоки.

**181.** На катушку намотан 1 м провода с площадью поперечного сечения 5 мм<sup>2</sup>. Найдите удельное сопротивление сплава, из которого изготовлен провод, если сопротивление катушки 2 кОм.

**182.** Из никелиновой ленты шириной 0,5 см и толщиной 0,5 мм надо изготовить сопротивление, равное 0,2 Ом. Сколько метров ленты потребуется для этого?

**183.** Медная проволока обладает сопротивлением 6 Ом. Каким сопротивлением будет обладать медная проволока, у которой в 2 раза больше длина?

**184.** Вольфрамовая проволока имеет сопротивление 60 Ом. Каким сопротивлением обладала бы эта проволока, если бы ее площадь сечения была меньше в 4 раза?

**185.** Железная проволока имеет некоторые размеры и обладает сопротивлением 100 Ом. Каким будет сопротивление железной проволоки, длина которой в 2 раза меньше исходной, а площадь сечения в 2 раза больше?

**186.** Две металлические проволоки одинаковой длины и одинаковой площади поперечного сечения имеют сопротивления 500 Ом и 5,5 кОм. Во сколько раз отличаются удельные сопротивления этих металлов?

## Второй уровень

**187.** Имеются две проволоки одинаковой длины, изготовленные из одного материала. Площадь поперечного сечения первой проволоки 0,2 см<sup>2</sup>, а второй – 5 мм<sup>2</sup>. Сопротивление какой проволоки больше и во сколько раз?

**188.** Имеются два одинаковых проводника, однако один из них в 8 раз длиннее другого, а второй имеет вдвое большую площадь поперечного сечения. Какой из проводников обладает большим сопротивлением? Во сколько раз?

**189.** Каким должно быть сечение стальной проволоки некоторой длины, чтобы ее сопротивление было равно сопротивлению алюминиевой проволоки длиной в 2 раза большей и сечением 0,75 мм<sup>2</sup>?

**190.** Провод длиной 20 м и сечением 4 мм<sup>2</sup> обладает сопротивлением 2,5 Ом. Найдите сопротивление провода из того же материала, но длиной 35 м и сечением 5 мм<sup>2</sup>.

**191.** Масса 1 км контактного провода на пригородных электрифицированных железных дорогах составляет 890 кг. Каково сопротивление этого провода? Провод медный.

**192.** Какую массу меди следует израсходовать на электропровод длиной 5 км, чтобы его сопротивление было 5 Ом?

### Третий уровень

**193.** Резистор сопротивлением 38 Ом изготовлен из меди массой 11,2 г. Найдите длину проволоки и площадь сечения.

**194.** Найдите вес меди, необходимой для изготовления проволоки сопротивлением 1,72 Ом и сечением  $0,5 \text{ мм}^2$ .

**195.** Две железные проволоки имеют одинаковый вес, но площадь сечения первой проволоки в 2 раза больше, чем второй. Найдите отношение сопротивления второй проволоки к сопротивлению первой.

**196.** После протягивания через волочильный станок длина стальной проволоки увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление этой проволоки, если до обработки ее сопротивление равнялось 20 Ом?

**197.** Провод имеет площадь поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$  и сопротивление 10 Ом. К веществу провода добавляют в 2 раза большее количество вещества и изготавливают новый провод, имеющий площадь поперечного сечения  $0,5 \text{ мм}^2$ . Найдите сопротивление нового провода.

**198.** Во сколько раз масса медного проводника меньше массы алюминиевого, если они имеют одинаковые сопротивления и одинаковые площади поперечного сечения?

**199.** Масса меди, необходимой для изготовления проволоки сопротивлением 1,72 Ом, равна массе железа, израсходованного на изготовление проволоки такой же длины. Каково сопротивление железной проволоки?

**200.** На сколько масса медной проволоки сопротивлением 2,44 Ом и сечением  $0,5 \text{ мм}^2$  больше массы алюминиевой проволоки такого же сопротивления и сечения?

**201.** Две проволоки – медная и алюминиевая – имеют одинаковую массу. Длина медной проволоки в 10 раз больше длины алюминиевой. Во сколько раз сопротивление медной проволоки больше сопротивления алюминиевой? Плотность меди в 3,3 раза больше плотности алюминия, а удельное сопротивление в 1,65 раза меньше.

## Соединение проводников

### Первый уровень

**202.** Имеются шесть проводников сопротивлениями: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 Ом, соединенных последовательно. Найдите общее сопротивление цепи.

**203.** Пять одинаковых резисторов соединены параллельно. Чему равно общее сопротивление, если сопротивление одного резистора 4 Ом?

**204.** Два проводника сопротивлениями 3 и 9 Ом соединены параллельно. Найдите общее сопротивление проводников.

**205.** Два резистора сопротивлениями 4 и 12 Ом соединены параллельно. Чему равно общее сопротивление этого участка?

**206.** Для получения сопротивления 10 Ом использовали резисторы сопротивлением 2 Ом. Сколько последовательно соединенных резисторов использовали?

**207.** Сколько одинаковых резисторов по 20 Ом надо соединить параллельно, чтобы получить участок цепи сопротивлением 4 Ом?

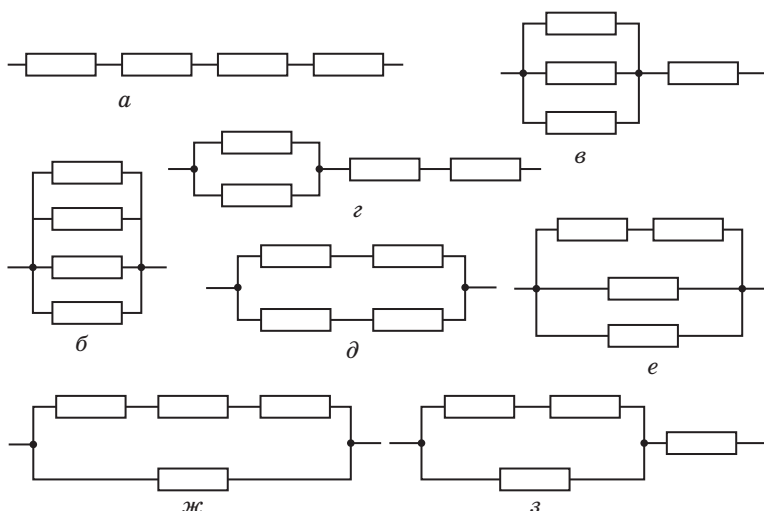
**208.** При параллельном соединении семи одинаковых резисторов общее сопротивление цепи оказалось равным 1,3 Ом. Определите сопротивление одного резистора.

### Второй уровень

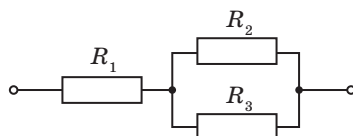
**209.** Три одинаковых резистора в первом случае соединили последовательно, а во втором – параллельно. Во сколько раз общее сопротивление при последовательном соединении резисторов больше, чем при их параллельном соединении?

**210.** Шнур, используемый для подводки тока к телефону, для гибкости делают из многих тонких медных проволочек. Рассчитайте сопротивление провода длиной 3 м, состоящего из 20 проволочек площадью сечения  $0,05 \text{ мм}^2$  каждая.

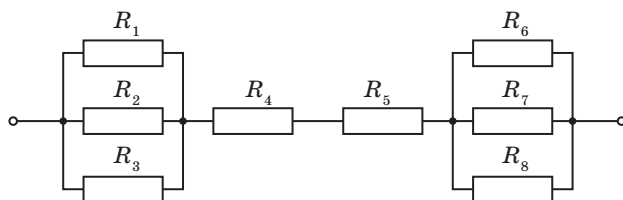
**211.** Четыре одинаковых резистора, сопротивление каждого из которых 2 Ом, соединены различными способами. Определите общее сопротивление участков цепи (см. рисунок).



**212.** Соединение трех резисторов изображено на рисунке. Значения сопротивлений резисторов  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ . Чему равно сопротивление этого участка цепи?



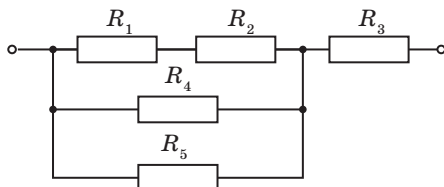
**213.** Определите общее сопротивление цепи, изображенной на рисунке. Сопротивления резисторов:  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = R_7 = R_8 = 30 \text{ Ом}$ .



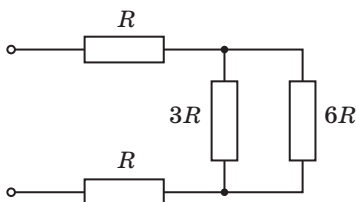
**214.** Какие сопротивления можно получить, имея в распоряжении три резистора по  $6 \text{ кОм}$ ?



**215.** Найдите общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 12 \text{ Ом}$ .



**216.** Рассчитайте общее сопротивление цепи, представленной на рисунке, если  $R = 2 \text{ Ом}$ .

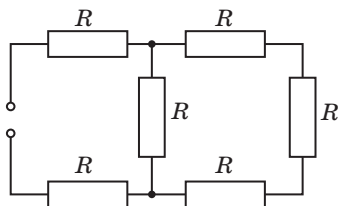


**217.** Из одинаковых резисторов по  $10 \text{ Ом}$  требуется составить цепь сопротивлением  $6 \text{ Ом}$ . Какое наименьшее количество резисторов для этого потребуется? Нарисуйте схему электрической цепи.

**218.** Какое минимальное количество резисторов сопротивлением  $20 \text{ Ом}$  каждый следует взять и как их соединить, чтобы получить цепь сопротивлением  $15 \text{ Ом}$ ?

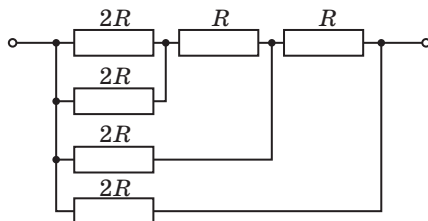
### Третий уровень

**219.** Цепь собрана из шести одинаковых резисторов сопротивлением  $R = 21 \text{ Ом}$  каждый (см. рисунок). Найдите общее сопротивление цепи.

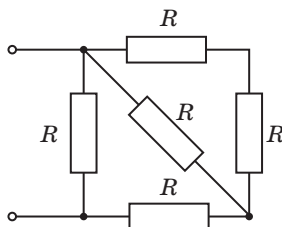


**220.** Проволока имеет сопротивление 36 Ом. Когда ее разрезали на несколько равных частей и соединили эти части параллельно, то получилось сопротивление 1 Ом. На сколько частей разрезали проволоку?

**221.** Рассчитайте общее сопротивление схемы, если  $R = 5$  Ом (см. рисунок).

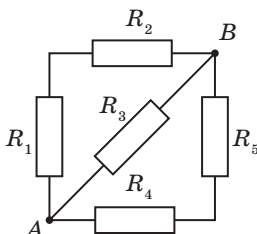


**222.** Определите общее сопротивление схемы, если сопротивление каждого резистора  $R = 3$  Ом (см. рисунок).

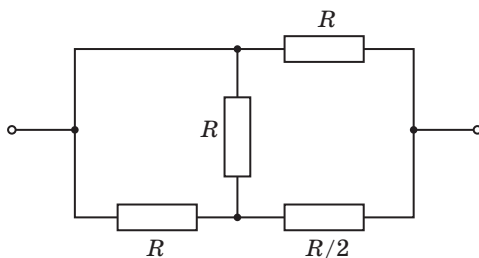


**223.** Как следует соединить четыре резистора сопротивлением 20 Ом каждый, чтобы получить цепь сопротивлением 12 Ом?

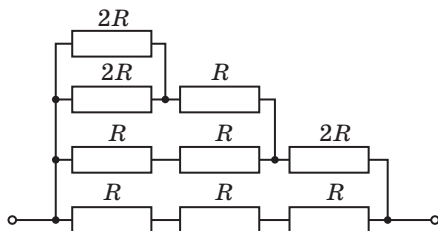
**224.** Четыре проводника соединены по схеме, приведенной на рисунке. Определите общее сопротивление схемы между точками A и B, если  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 5$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 2$  Ом,  $R_5 = 4$  Ом.



**225.** Найдите электрическое сопротивление цепи, если  $R = 4 \text{ Ом}$  (см. рисунок).

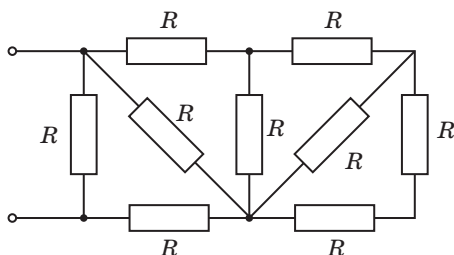


**226.** Определите общее сопротивление схемы, если  $R = 8 \text{ Ом}$  (см. рисунок).

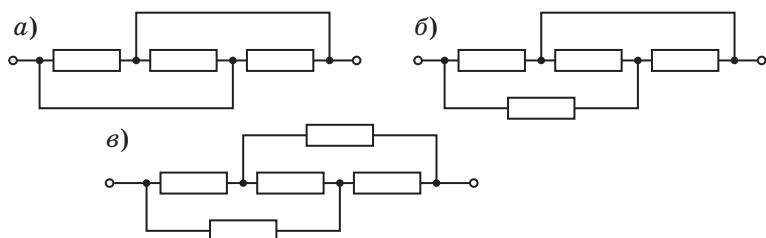


### Четвертый уровень

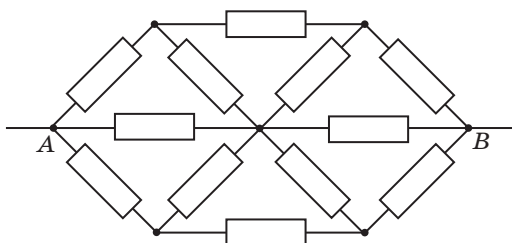
**227.** Найдите общее сопротивление схемы, если  $R = 5,5 \text{ Ом}$  (см. рисунок).



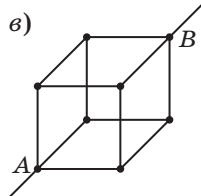
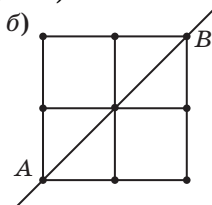
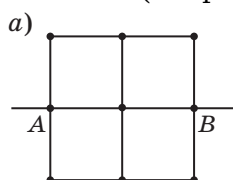
**228.** Сопротивление каждого из резисторов, включенных в цепи, равно  $30 \text{ Ом}$  (см. рисунок). Определите сопротивление этих цепей. Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.



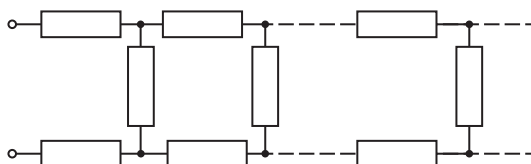
**229.** Найдите сопротивление шестиугольника, изображенного на рисунке, если он включен в цепь между точками  $A$  и  $B$ . Сопротивление каждого резистора  $5\text{ Ом}$ .



**230.** Определите сопротивление проволочных каркасов между точками  $A$  и  $B$ , если сопротивление одного звена  $6\text{ Ом}$  (см. рисунок).



**231.** Цепь составлена из бесконечного числа ячеек, состоящих из трех одинаковых резисторов (см. рисунок). Сопротивление каждого резистора  $5\text{ Ом}$ . Найдите сопротивление этой бесконечной цепи.



## **Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи**

### **Первый уровень**

**232.** Определите силу тока в электрической лампе, если через нее за 10 мин проходит электрический заряд, равный 300 Кл.

**233.** Какой электрический заряд протекает за 5 мин через амперметр при силе тока в цепи 0,5 А?

**234.** На участке цепи при прохождении электрического заряда в 25 Кл совершена работа 500 Дж. Чему равно напряжение на этом участке?

**235.** Напряжение на концах проводника 220 В. Какая будет совершена работа при прохождении по проводнику электрического заряда величиной 10 Кл?

**236.** Какой ток пройдет через резистор сопротивлением 2,4 Ом, если на него подать напряжение 3,6 В?

**237.** При каком сопротивлении реостата через него будет проходить ток 2 А при напряжении 24 В?

**238.** Каково напряжение на лампочке, включенной в елочную гирлянду, если ее сопротивление 20 Ом и через нее протекает ток 0,5 А?

**239.** Два резистора сопротивлениями 2 и 3 Ом соединены последовательно и подключены к сети с напряжением 120 В. Определите силу тока в цепи.

### **Второй уровень**

**240.** Определите силу тока на участке цепи, состоящей из константановой проволоки длиной 20 м и сечением 1 мм<sup>2</sup>, если напряжение на концах этого участка 40 В.

**241.** По медному проводнику длиной 40 м и площадью сечения 2 мм<sup>2</sup> протекает ток 5 А. Чему равно напряжение на концах проводника?

**242.** По участку цепи, состоящему из двух параллельно соединенных резисторов сопротивлениями 2 и 3 Ом, проходит ток 3 А. Определите напряжение на концах участка цепи.

**243.** В цепь включены последовательно три резистора с сопротивлениями 30, 40 и 90 Ом. При прохождении тока по цепи напряжение на втором резисторе оказалось

равным 30 В. Определите ток, проходящий через резисторы, и напряжение на первом и третьем резисторах.

**244.** Через поперечное сечение проводника за 1 с проходит  $6 \cdot 10^{19}$  электронов. Какова сила тока в проводнике? Заряд электрона считать равным  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**245.** Какой заряд пройдет по проводнику сопротивлением 10 Ом за время 20 с, если к его концам приложено напряжение 12 В?

**246.** Два резистора сопротивлениями 2 и 4 Ом соединены последовательно. Напряжение на первом резисторе 8 В. Чему равно напряжение на втором резисторе?

**247.** Два проводника, сопротивления которых 3 и 6 Ом, соединены параллельно. Определите силу тока в первом проводнике, если во втором проводнике сила тока 2 А.

**248.** Два разных проводника, соединенных параллельно, подключили к источнику тока. При измерении силы тока в проводниках амперметр в одном случае показал 0,8 А, а в другом – 0,4 А. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников?

**249.** Если проводник подключить к источнику тока с напряжением 36 В, то через него будет проходить ток 2 А. Определите, какой ток будет проходить через этот же проводник, если его подключить к источнику напряжением 18 В.

**250.** Два проводника по очереди подключают к источнику напряжением 12 В. В первом случае сила тока в проводнике оказалась равной 1 А, во втором – 0,5 А. На сколько отличаются сопротивления проводников?

**251.** К лампе сопротивлением 5 Ом последовательно присоединен реостат сопротивлением 7,5 Ом. Определите ток в лампе, если напряжение на зажимах генератора 127 В, а проводка выполнена медным проводом длиной 20 м и сечением  $17 \text{ мм}^2$ .

**252.** Гирлянда из 10 одинаковых лампочек, соединенных параллельно, включена в сеть напряжением 220 В и потребляет ток 2,5 А. Определите сопротивление одной лампочки.

**253.** Три проводника сопротивлением 12, 9 и 3 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах цепи 120 В. Найдите напряжение на первом проводнике.

**254.** Медный и никромовый проводники длиной по 10 м и сечением по  $0,8 \text{ мм}^2$  соединены последовательно. Определите напряжение на каждом проводнике, если по ним идет ток 2 А.

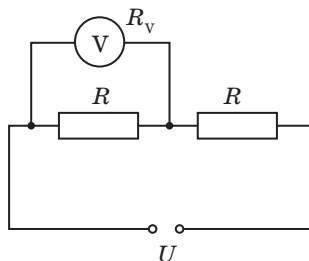
**255.** Сила тока, проходящего по медному проводу длиной 100 м и площадью сечения  $0,5 \text{ мм}^2$ , равна 1 А. Определите напряжение на проводнике.

### Третий уровень

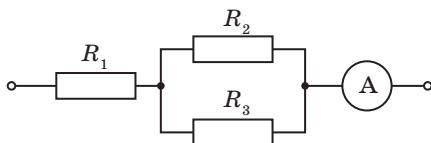
**256.** При включении в электрическую цепь проводника диаметром 0,5 мм и длиной 4,5 м разность потенциалов на его концах оказалась 1,2 В при силе тока 1 А. Чему равно удельное сопротивление материала проводника?

**257.** Проводники сопротивлениями 1 и 5 Ом соединены параллельно. Определите ток в первом проводнике, если в неразветвленной части сила тока 15 А.

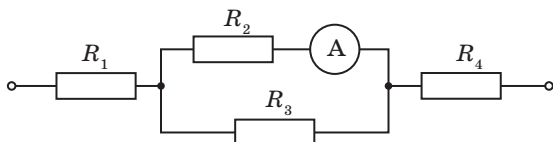
**258.** К концам цепи, составленной из двух последовательно соединенных сопротивлений  $R = 60 \text{ Ом}$  каждое, подводится напряжение  $U = 110 \text{ В}$  (см. рисунок). Что покажет вольтметр, подключенный к одному из сопротивлений, если внутреннее сопротивление вольтметра  $R_V = 300 \text{ Ом}$ ?



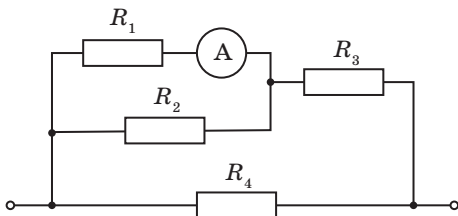
**259.** Найдите значения тока и напряжения на сопротивлениях  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ , если амперметр показывает ток 3 А (см. рисунок).



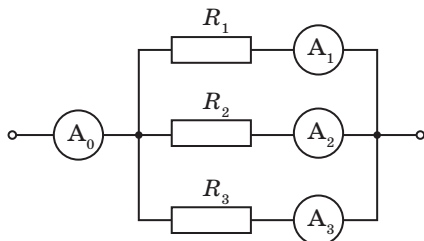
**260.** Определите, какой ток проходит через амперметр в цепи, изображенной на рисунке, если напряжение на концах цепи 15 В,  $R_1 = 6$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 10$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом.



**261.** На рисунке изображена схема смешанного соединения четырех резисторов. Найдите значения тока, проходящего через каждый резистор, и напряжения на них, если показание амперметра 1 А,  $R_1 = 8$  Ом,  $R_2 = 8$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 10$  Ом.



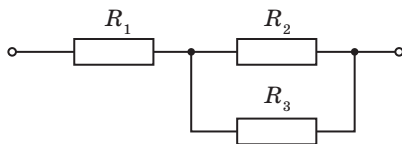
**262.** В электрической цепи (см. рисунок) известно, что амперметр  $A_0$  показывает 5 мА, амперметр  $A_3$  показывает 1 мА; значения сопротивлений  $R_1 = 3$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом. Найдите показание амперметра  $A_2$ .



**263.** Резисторы  $R_2 = 200$  Ом и  $R_3 = 500$  Ом соединены параллельно, последовательно с ними включен резистор  $R_1 = 100$  Ом. При подключении этой цепи к источнику

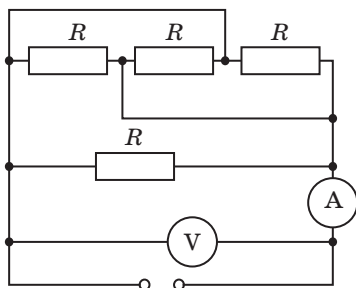


тока за 10 с через третий резистор прошел заряд 0,5 Кл. Определите напряжение на концах цепи (см. рисунок).

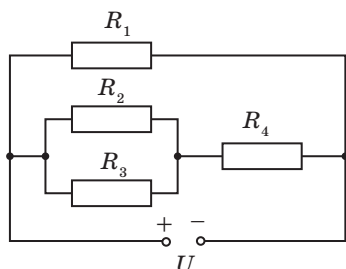


**264.** Кабель состоит из двух стальных жил площадью поперечного сечения  $S_1 = 0,6 \text{ мм}^2$  каждая и четырех медных жил площадью поперечного сечения  $S_2 = 0,85 \text{ мм}^2$  каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока  $I = 0,1 \text{ А}$ ?

**265.** Сопротивления всех резисторов в цепи, схема которой приведена на рисунке, одинаковы и равны 40 Ом. Показание вольтметра 12 В. Каково показание амперметра?

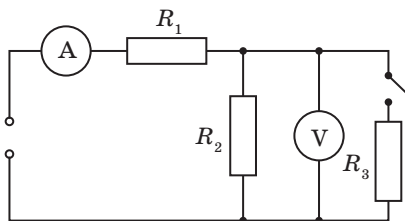


**266.** В схеме (см. рисунок) сопротивления резисторов:  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ . Найдите значения тока, протекающего через каждый резистор, если напряжение на концах цепи  $U = 24 \text{ В}$ .

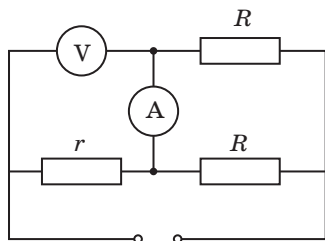


### Четвертый уровень

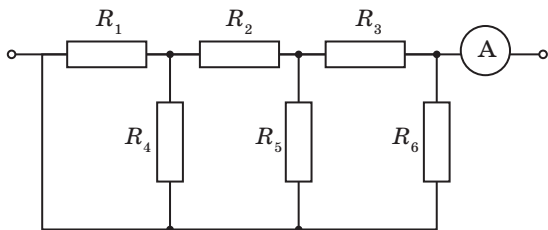
**267.** В электрической цепи, изображенной на рисунке, напряжение на ее концах равно 100 В, а  $R_3 = 20 \text{ Ом}$ . При разомкнутом ключе амперметр показывает 2 А, а вольтметр – 40 В. Какими будут показания амперметра и вольтметра после замыкания ключа?



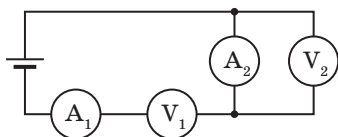
**268.** Определите показания приборов, если напряжение на концах цепи 45 В, а сопротивления, используемые в схеме:  $R = 50 \text{ Ом}$ ,  $r = 20 \text{ Ом}$ . Амперметр и вольтметр идеальные (см. рисунок).



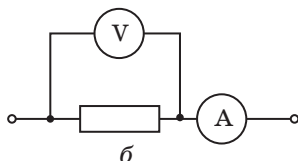
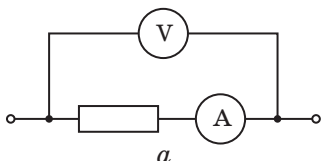
**269.** Что будет показывать амперметр, если в цепь (см. рисунок) подать напряжение 6 В? Сопротивления резисторов:  $R_1 = R_4 = R_6 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 9 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 4 \text{ Ом}$ .



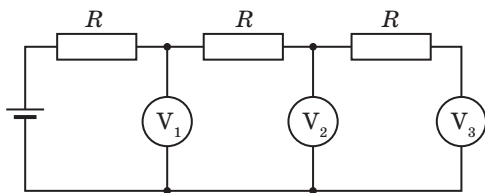
**270.** В схему включены два микроамперметра и два одинаковых вольтметра (см. рисунок). Показания амперметров: первого –  $100 \text{ мкА}$ , второго –  $99 \text{ мкА}$ . Первый вольтметр показывает  $10 \text{ В}$ . Найдите показания второго вольтметра.



**271.** Сопротивление резистора измеряют по двум электрическим схемам (см. рисунок). В схеме *а* показание вольтметра  $190 \text{ В}$ , амперметра –  $1,9 \text{ А}$ ; в схеме *б* показание вольтметра  $170 \text{ В}$ , амперметра –  $2 \text{ А}$ . Используя эти результаты, найдите сопротивление резистора. Напряжение на концы каждой схемы подается одинаковое.



**272.** Цепь собрана из одинаковых резисторов и одинаковых вольтметров (см. рисунок). Показания первого вольтметра  $10 \text{ В}$ , третьего –  $8 \text{ В}$ . Найдите показания второго вольтметра.



**273.** В сеть напряжением  $24 \text{ В}$  подключили два последовательно соединенных резистора. При этом сила тока стала  $0,6 \text{ А}$ . Когда резисторы подключили параллельно, то суммарная сила тока стала  $3,2 \text{ А}$ . Определите сопротивление резисторов.

## Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца

### Первый уровень

**274.** По нити накала лампочки карманного фонаря протекает ток  $0,3\text{ А}$ . Напряжение на полюсах батарейки  $4,5\text{ В}$ . Какую работу совершает ток за  $2\text{ мин}$ ? Какова его мощность?

**275.** Какое количество теплоты выделится в проводнике за  $30\text{ с}$  при напряжении  $220\text{ В}$  и силе тока  $0,1\text{ А}$ ?

**276.** Определите сопротивление электрического паяльника мощностью  $300\text{ Вт}$ , включенного в сеть напряжением  $220\text{ В}$ .

**277.** В электроплитке при силе тока  $5\text{ А}$  за  $3\text{ мин}$  выделилось  $1080\text{ кДж}$  тепла. Рассчитайте сопротивление плитки.

**278.** За какое время на сопротивлении выделится  $880\text{ Дж}$  тепла, если падение напряжения на нем  $220\text{ В}$  и сила тока  $0,5\text{ А}$ ?

**279.** Определите работу тока, совершенную за  $30\text{ мин}$  электроплиткой мощностью  $660\text{ Вт}$ .

**280.** Нагревательный элемент сопротивлением  $15\text{ Ом}$  подключен к источнику с напряжением  $120\text{ В}$ . Определите время, в течение которого на нагревательном элементе выделится  $1200\text{ кДж}$  теплоты.

**281.** В бытовой электроплитке, рассчитанной на напряжение  $220\text{ В}$ , имеются две спирали, сопротивление каждой из которых в рабочем режиме  $80,7\text{ Ом}$ . С помощью переключателя в сеть можно включать одну спираль, две спирали последовательно и две – параллельно. Найдите мощность в каждом случае.

**282.** При пропускании тока  $1,5\text{ А}$  через резистор сопротивлением  $80\text{ Ом}$  на нем выделяется тепло. Определите количество тепла, выделяющееся в единицу времени.

### Второй уровень

**283.** По проводнику, к концам которого приложено напряжение  $120\text{ В}$ , прошел заряд в  $500\text{ Кл}$ . Сколько теплоты выделилось в проводнике?

**284.** При подключении резистора к цепи постоянного тока через него прошел заряд, равный 1500 Кл, и на нем выделилось количество теплоты, равное 60 кДж. Определите напряжение в сети.

**285.** Два проводника сопротивлениями 4 и 7 Ом соединены параллельно. В первом проводнике выделилось 280 Дж энергии. Сколько энергии выделилось в это же время во втором проводнике?

**286.** Какое количество теплоты за 1 мин выделится в 1 м никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения  $0,4 \text{ мм}^2$ , если ток в проволоке равен 4 А?

**287.** Электронагреватель, рассчитанный на напряжение 220 В, включается в сеть напряжением 55 В. Определите, во сколько раз уменьшится мощность электроплитки.

**288.** Мощность электроплитки, включенной в сеть напряжением 220 В, равна 440 Вт. Считая сопротивление плитки постоянным, найдите ее мощность при включении в сеть напряжением 110 В.

**289.** По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошел заряд в 30 Кл. Вычислите работу тока за это время.

**290.** Две лампы сопротивлением 240 Ом каждая соединены параллельно и включены в сеть напряжением 220 В. Определите работу тока за 1 ч горения ламп.

**291.** Три лампы сопротивлением 240 Ом каждая соединены параллельно и включены в сеть напряжением 120 В. Определите мощность, потребляемую всеми лампами, и работу тока (в кВт·ч) за 8 ч.

**292.** В жилом доме одновременно включены 50 ламп по 40 Вт, 80 ламп по 60 Вт и 10 ламп по 100 Вт. Определите силу тока во внешней цепи, если напряжение в сети 220 В.

**293.** Спираль утюга мощностью 1 кВт изготовлена из нихромовой проволоки сечением  $0,1 \text{ мм}^2$ . Утюг включается в сеть напряжением 220 В. Определите длину проволоки.

**294.** Две лампы имеют одинаковую мощность. Одна из них рассчитана на напряжение 220 В, а другая – на 127 В. Во сколько раз отличаются сопротивления ламп?

## Третий уровень

**295.** Электрогрелка имеет две одинаковые секции. Во сколько раз быстрее будет нагревать эта грелка некоторую массу воды от 10 до 100 °С при последовательном включении секции, нежели при параллельном их соединении?

**296.** Электрическую лампу мощностью 60 Вт, рассчитанную на напряжение 120 В, надо питать от сети напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник площадью поперечного сечения 0,55 мм<sup>2</sup> надо включить последовательно с лампой?

**297.** Перегоревшую спираль электрического утюга мощностью 300 Вт укоротили на одну четверть. Какой при этом стала мощность?

**298.** Электрическая лампа мощностью 60 Вт опущена в прозрачный калориметр, содержащий 600 г воды. За 5 мин вода в калориметре нагрелась на 4 °С. Какую часть энергии, потребляемую лампой, калориметр пропускает наружу в виде излучения? Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**299.** Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В и потребляет ток 20 А. Определите, чему равен КПД установки в процентах, если груз массой 1 т кран равномерно поднимает на высоту 19 м за 50 с.

**300.** Определите величину тока в шести электродвигателях, установленных на электровозе, если напряжение на линии 3000 В, а механическая мощность каждого двигателя 350 кВт. КПД равен 92%.

**301.** Лифт массой 900 кг поднимается с постоянной скоростью 0,4 м/с. КПД мотора 90%, напряжение на его зажимах 400 В. Определите силу тока, потребляемую мотором.

**302.** Электровоз движется со скоростью 36 км/ч и развивает силу тяги 4500 Н. Определите, какой силы ток потребляет двигатель электровоза, если напряжение на его зажимах 500 В. КПД равен 90%.

**303.** Определите КПД электрического кипятильника мощностью 600 Вт, если в нем закипает вода массой 2 кг за 25 мин. Начальная температура воды 20 °С.

**304.** В электрическом чайнике за 8 мин нагревается 2,5 л воды от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения. Определите сопротивление спирали чайника, если напряжение в сети 220 В, а КПД чайника 85%.

**305.** Какой длины надо взять никелевую проволоку сечением  $0,84\text{ мм}^2$ , чтобы изготовить нагреватель на 220 В, при помощи которого можно было бы нагреть 2 кг воды от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения за 10 мин при КПД 80%?

**306.** Какую массу бензина нужно сжечь на тепловой электростанции, чтобы по телевизору мощностью 250 Вт посмотреть фильм продолжительностью 1,5 ч? КПД электростанции 35%.

**307.** Сколько времени будут нагреваться 2 л воды от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кипения в электрическом чайнике мощностью 600 Вт, если его КПД составляет 80%?

**308.** Электрокипятильник со спиралью сопротивлением 160 Ом поместили в сосуд, содержащий 0,5 кг воды при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и включили в сеть напряжением 220 В. Через 20 мин кипятильник выключили. Сколько воды выкипело, если КПД спирали 80%?

**309.** Две лампы накаливания мощностью 100 и 80 Вт рассчитаны на напряжение 120 В. Какую мощность будет потреблять каждая лампа, если их включить в сеть напряжением 120 В последовательно?

**310.** К концам свинцовой проволоки длиной 1 м приложили напряжение 10 В. Какое время пройдет с начала пропускания тока до момента, когда свинец начнет плавиться? Начальная температура проволоки  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Четвертый уровень

**311.** У электрического самовара два нагревательных элемента. Если включить первый из них, то полный самовар закипит через время  $t_1 = 30$  мин, если второй – то через  $t_2 = 15$  мин. Через какое время закипит самовар, если элементы включить: а) последовательно, б) параллельно?

**312.** Три проводника, сопротивления которых 2, 3 и 4 Ом, соединены так, что общее сопротивление цепи оказалось 2 Ом. Какова мощность проводника сопротив-

лением  $3\text{ Ом}$ , если по проводнику сопротивлением  $4\text{ Ом}$  идет ток  $2\text{ А}$ ?

**313.** Два сопротивления подключают к источнику тока сначала параллельно, а затем последовательно. При параллельном подключении сила тока в неразветвленной части цепи равна  $4\text{ А}$ , во внешней цепи выделилась мощность  $144\text{ Вт}$ . При последовательном соединении выделилась мощность  $36\text{ Вт}$  при силе тока  $1\text{ А}$ . Найдите значения этих сопротивлений.

**314.** Электрочайник закипает через  $15\text{ мин}$  после включения в сеть. Нагревательный элемент намотан из проволоки длиной  $6\text{ м}$ . Какой длины должна быть проволока нагревательного элемента, чтобы тот же чайник закипел через  $10\text{ мин}$ ?

**315.** В электрическом самоваре мощностью  $600\text{ Вт}$  и электрическом чайнике мощностью  $300\text{ Вт}$  при включении в сеть напряжением  $220\text{ В}$ , на которое они рассчитаны, вода закипает одновременно через  $20\text{ мин}$ . Через сколько времени закипит вода в самоваре и чайнике, если их соединить последовательно и включить в сеть напряжением  $220\text{ В}$ ?

## СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### Основные понятия, соотношения, формулы

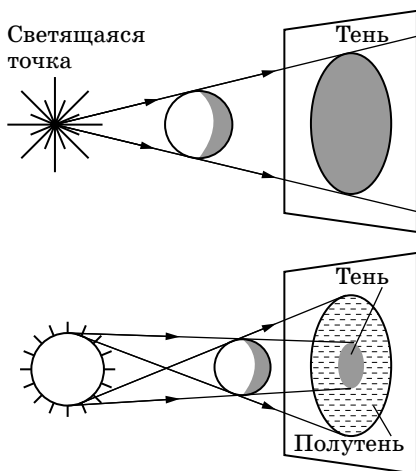
*Точечный источник света* – это светящееся тело, размеры которого намного меньше расстояния, на котором мы оцениваем его действие.

*Световой луч* – это линия, вдоль которой распространяется энергия от источника света.

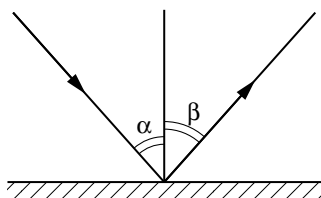
*Закон прямолинейного распространения света:* в прозрачных однородных средах свет распространяется по прямым линиям.

При освещении непрозрачного предмета точечным источником света за предметом образуется *область тени*, в которую не попадает свет от источника. Если же источник света является протяженным, то за предметом образуются *области тени* и *полутени* (см. рисунок).



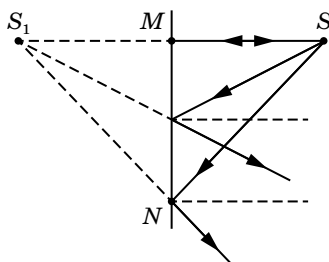


**Закон отражения света:** лучи падающий и отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным к границе раздела двух сред в точке падения луча. Угол падения  $\alpha$  равен углу отражения  $\beta$  (см. рисунок).



**Плоское зеркало** – плоская поверхность, зеркально отражающая свет.

**Мнимое изображение источника** – точка пересечения продолжения световых лучей от источника. Точка  $S_1$  – мнимое изображение источника  $S$  (см. рисунок).



**Действительное изображение источника** – это точка пересечения световых лучей от источника.

**Изображение точечного источника в плоском зеркале** – это точка, симметричная источнику относительно плоскости зеркала.

**Свойства мнимого изображения в плоском зеркале:**

- является прямым (не перевернутым);

- является равным по размерам предмету;
- каждая точка предмета соответствует только одной точке изображения;
- «право» и «лево» меняются местами.

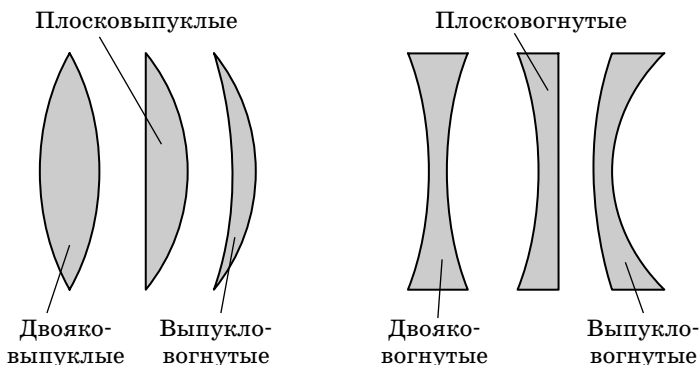
**Закон преломления света:**

лучи падающий, преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости (см. рисунок). Отношение синуса угла падения  $\alpha$  к синусу угла преломления  $\beta$  есть величина постоянная для двух сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21},$$

где  $n_{21}$  — **относительный показатель преломления** второй среды по отношению к первой.

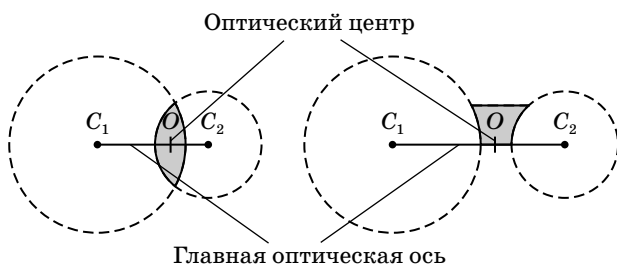
**Линза** — прозрачное тело, ограниченное хотя бы с одной стороны сферической поверхностью (см. рисунок).



**Тонкая линза** — линза, диаметр которой много меньше радиусов ограничивающих ее сферических поверхностей.

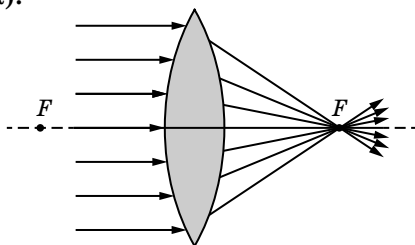
**Главная оптическая ось** — прямая, проходящая через центры обеих сферических поверхностей линзы.

**Оптический центр линзы** — точка, находящаяся на пересечении главной оптической оси и перпендикулярной этой оси главной плоскости линзы (см. рисунок).



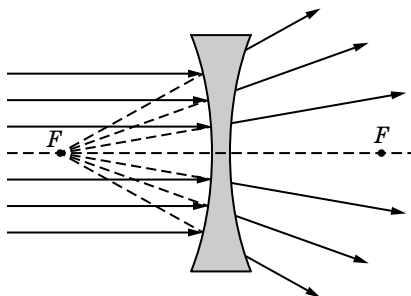
**Собирающая линза** – это линза, которая преобразует падающий на нее параллельный пучок света в сходящийся.

**Главный фокус собирающей линзы** – точка ( $F$ ), в которой пересекаются после преломления в линзе лучи, падающие на нее параллельно главной оптической оси (см. рисунок).



**Рассеивающая линза** – это линза, которая преобразует падающий на нее параллельный пучок света в расходящийся.

**Главный фокус рассеивающей линзы** – точка ( $F$ ), в которой пересекаются продолжения выходящих из линзы лучей после преломления в ней падающего параллельно главной оптической оси пучка света (см. рисунок).



**Фокусное расстояние ( $F$ )** – расстояние от главного фокуса линзы до ее оптического центра. Фокусное расстояние *собирающей* линзы *положительно*, а *рассеивающей* – *отрицательно*.

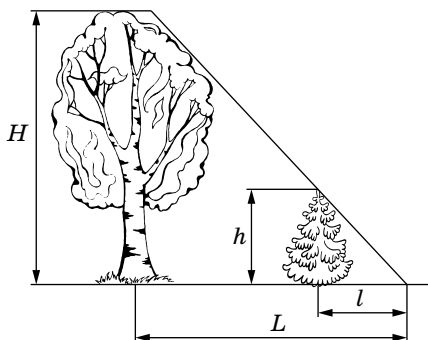
**Оптическая сила линзы ( $D$ )** – физическая величина, характеризующая оптические свойства линзы и равная обратной величине ее фокусного расстояния ( $F$ ):

$$D = \frac{1}{F}.$$

## Примеры решения задач

1. В солнечный день длина тени на земле от ели высотой 1,8 м равна 90 см, а от березы – 10 м. Какова высота березы?

Дано:	СИ
$h = 1,8 \text{ м}$	
$l = 90 \text{ см}$	0,9 м
$L = 10 \text{ м}$	
$H - ?$	



Решение:

Решение задачи связано с подобием треугольников (см. рисунок).

$$\frac{H}{h} = \frac{L}{l}. \text{ Отсюда следует, что } H = h \frac{L}{l}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$H = 1,8 \text{ м} \cdot \frac{10 \text{ м}}{0,9 \text{ м}} = 20 \text{ м}.$$

Ответ:  $H = 20 \text{ м}$ .

2. Перед вертикально поставленным плоским зеркалом на расстоянии 1,5 м стоят мальчик и девочка. Как изменится расстояние между девочкой и изображением мальчика, если мальчик приблизится к плоскости зеркала на 1 м?

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$a = 1,5 \text{ м}$	Так как изображение девочки в зеркале симметрично ей, то оно находится на таком же расстоянии от поверхности зеркала.
$b = 1 \text{ м}$	
$\Delta x - ?$	

Поэтому первоначальное расстояние между девочкой и изображением мальчика равно:  $x_1 = 2a = 3 \text{ м}$ .

После того как мальчик приблизился к зеркалу на 1 м, расстояние между ним и зеркалом, а следовательно, между зеркалом и его изображением стало:  $a_2 = a - b = 0,5 \text{ м}$ .

Значит, расстояние между девочкой и новым изображением мальчика стало:  $x_2 = a + a_2 = 2 \text{ м}$ .

$$\Delta x = x_1 - x_2 = 3 \text{ м} - 2 \text{ м} = 1 \text{ м}.$$

О т в е т:  $\Delta x = 1 \text{ м}$ .

**3.** Преломленный луч составляет с отраженным угол  $90^\circ$ . Найдите показатель преломления, если синус угла падения равен 0,8.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$\alpha + \beta = 90^\circ$	Так как угол падения равен углу отражения, то закон преломления имеет вид
$\sin \alpha = 0,8$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ , т. е. $\sin \beta = \sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$ .
$n - ?$	

Так как  $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ , то  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$ .

В итоге получим:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{0,8}{\sqrt{1 - 0,64}} \approx 1,33.$$

О т в е т:  $n \approx 1,33$ .

**4.** У первого микроскопа оптическая сила объектива равна 500 дптр, а у второго микроскопа фокусное расстояние равно 1,25 мм. Какой микроскоп «сильнее»?

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$D_1 = 500 \text{ дптр}$	$1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$D_2 = \frac{1}{F_2} = \frac{1}{1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}} =$
$F_2 = 1,25 \text{ мм}$		$= 800 \text{ дптр}.$
$\frac{D_2}{D_1} - ?$		Следовательно, $D_2 > D_1$
		в 1,6 раза.

О т в е т: второй микроскоп «сильнее» первого в 1,6 раза.

## Прямолинейное распространение света

### Второй уровень

**316.** К потолку комнаты высотой 6 м прикреплена светящаяся лампа — панно в виде круга диаметром 2 м. На высоте 3 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный квадрат со стороной 2 м. Центр панно и центр квадрата лежат на одной вертикали. Определите минимальный размер тени на полу.

**317.** Источник света находится над круглой непрозрачной пластинкой на расстоянии 1 м от нее. Расстояние от пластинки до экрана 0,8 м, а диаметр тени от пластинки на экране 2,7 м. Определите радиус пластинки.

**318.** Диаметр источника света 20 см, расстояние от него до экрана 2 м. На каком наименьшем расстоянии от экрана нужно поместить мяч диаметром 8 см, чтобы он не отбрасывал тени на экран, а давал только полутень? Прямая, проходящая через центры источника и мяча, перпендикулярна плоскости экрана.

**319.** Определите, на какой высоте  $H$  находится лампа над горизонтальной поверхностью стола, если тень от вертикально поставленного на стол карандаша высотой 15 см оказалась равной 10 см? Расстояние от основания карандаша до основания перпендикуляра, опущенного из центра лампы на поверхность стола, равно 90 см.

**320.** Солнце стоит над горизонтом на высоте  $45^\circ$ . Определите длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 1 м.

**321.** В солнечный день высота тени от отвесно поставленной метровой линейки равна 50 см, а от дерева — 6 м. Какова высота дерева?

### Третий уровень

**322.** Колышек высотой 1 м, поставленный вертикально вблизи уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 0,8 м. Если перенести колышек на 1 м дальше от фонаря, то он будет отбрасывать тень длиной 1,25 м. На какой высоте подвешен фонарь?

## Четвертый уровень

**323.** Электрическая лампочка помещена в матовый стеклянный шар радиусом 20 см и подвешена на высоте 5 м над полом. Под лампой на высоте 1 м от пола держат мяч радиусом 10 см. Найдите радиусы тени и полутени, отбрасываемые мячом. Оси симметрии мяча и шара совпадают.

**324.** Человек, рост которого 1,7 м, идет со скоростью 1 м/с по направлению к уличному фонарю. В некоторый момент времени длина тени была 1,8 м, а спустя 2 с ее длина стала 1,3 м. На какой высоте висит фонарь?

**325.** Палка, стоящая вертикально на горизонтальной площадке, освещаемой солнечным светом, имеет высоту 1,2 м и отбрасывает тень длиной 0,9 м. Палку начинают медленно наклонять в направлении отбрасываемой тени так, что ее нижний конец не сдвигается с места. Длина тени при этом до определенного момента увеличивается, а потом начинает уменьшаться. Чему равна максимальная длина тени палки?

## Отражение света. Плоское зеркало

### Первый уровень

**326.** Луч света падает на плоское зеркало под углом  $15^\circ$ . Определите угол между падающим лучом и отраженным.

**327.** Угол падения света на плоское зеркало составляет  $30^\circ$ . Чему равен угол между отраженным лучом и плоскостью зеркала?

**328.** На плоское зеркало падает свет. Угол между падающим лучом и отраженным составляет  $40^\circ$ . Чему равен угол между падающим лучом и зеркалом?

**329.** Угол падения луча на плоское зеркало уменьшили на  $6^\circ$ . На сколько уменьшился угол между падающим и отраженным лучами?

**330.** Луч падает на зеркало перпендикулярно. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если зеркало повернуть на угол  $15^\circ$ ?

**331.** Мальчик движется по направлению к плоскому зеркалу. За некоторое время он приблизился к зеркалу

на 40 см. На сколько метров за это же время уменьшится расстояние между мальчиком и его изображением в зеркале?

**332.** Человек стоит перед вертикальным зеркалом на расстоянии 70 см от него. Чему равно расстояние между человеком и его изображением в зеркале?

**333.** Расстояние между предметом и плоским зеркалом составляло 60 см. Предмет переместили на 20 см ближе к зеркалу. Каким стало расстояние между предметом и его изображением в зеркале?

## Второй уровень

**334.** Перед зеркалом поставлена настольная лампа. На сколько увеличится расстояние между лампой и ее изображением, если зеркало отодвинуть от лампы на 5 см?

**335.** Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение? Предмет остается неподвижным.

**336.** На противоположных стенах напротив друг друга находятся два параллельных зеркала. Человек смотрит в одно из них. Определите расстояние между двумя ближайшими изображениями человека в этих зеркалах. Расстояние между зеркалами 4 м.

**337.** Плоское зеркало движется со скоростью 1,5 см/с, направленной перпендикулярно плоскости зеркала. С какой по модулю и направлению скоростью должен двигаться точечный источник, чтобы его изображение в зеркале оставалось неподвижным?

**338.** Девочка приближается к зеркалу (перпендикулярно его поверхности) со скоростью 0,5 м/с. С какой скоростью изображение девочки приближается к ней?

**339.** Котенок бежит по направлению к плоскому зеркалу со скоростью 1 м/с. Чему будет равно расстояние между котенком и его изображением в зеркале через 3 с, если вначале котенок находился на расстоянии 5 м от зеркала?

**340.** Солнечный луч составляет с поверхностью Земли угол  $40^\circ$ . Под каким углом к горизонту следует



положить плоское зеркало, чтобы солнечный луч попал на дно колодца?

**341.** Солнечный луч, проходящий через отверстие в ставне, составляет с поверхностью стола угол  $48^\circ$ . Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить положение луча на горизонтальное?

**342.** Под каким углом к поверхности парты надо расположить плоское зеркало, чтобы получить изображение книги, лежащей на парте, в вертикальной плоскости? Поверхность парты составляет с горизонтом угол  $20^\circ$ .

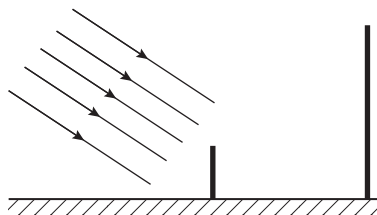
**343.** Параллельный пучок света распространяется горизонтально. Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы отраженный пучок распространялся вертикально?

**344.** Какой наименьшей высоты должно быть вертикальное зеркало, чтобы человек мог, не изменяя положения головы, видеть себя в полный рост? Рост человека составляет 1,7 м.

**345.** Определите угол между двумя плоскими зеркалами, если точечный источник света и два его изображения находятся в вершинах равностороннего треугольника.

**346.** Два плоских зеркала образуют двугранный угол  $60^\circ$ . На одно из зеркал под углом  $10^\circ$  падает луч света и, отразившись, попадает на второе зеркало. Под каким углом свет отражается от второго зеркала?

**347.** На карандаш высотой 15 см, стоящий на плоском зеркале (см. рисунок), падает параллельный пучок лучей. Определите размер геометрической тени на экране, расположенном перпендикулярно зеркалу.



**348.** Круглый бассейн радиусом 5 м залит до краев водой. Над центром бассейна на высоте 3 м от поверхно-

сти воды висит лампа. На какое расстояние от края бассейна может отойти человек, рост которого 1,8 м, чтобы все еще видеть отражение лампы в воде?

**349.** Человек, рост которого 1,75 м, находится на расстоянии 6 м от столба высотой 7 м. На каком расстоянии от себя человек должен положить на землю горизонтальное плоское зеркало, чтобы видеть в нем изображение верхушки столба?

**350.** Человек ростом 1,8 м видит верхушку столба высотой 5,4 м в небольшом зеркальце, лежащем горизонтально на земле на расстоянии 1 м от человека. Постройте ход лучей и определите, на каком расстоянии от столба стоит человек.

**351.** Человек ростом 1,8 м видит Луну по направлению, составляющему угол  $60^\circ$  с горизонтом. На каком расстоянии от себя человек должен положить на землю зеркальце, чтобы в нем увидеть отражение Луны?

### Третий уровень

**352.** На плоское зеркало падает луч под углом  $25^\circ$ . На какой угол повернется отраженный луч, если зеркало повернуть вокруг точки падения луча на  $10^\circ$ ?

**353.** Два плоских зеркала располагаются под углом друг к другу, и между ними помещается точечный источник света. Расстояние от этого источника до одного зеркала 3 см, до другого – 4 см. Расстояние между первыми изображениями источника света в зеркалах 5 см. Найдите угол между зеркалами.

**354.** Посередине между двумя плоскими зеркалами, параллельными друг другу, помещен точечный источник света. С какими одинаковыми скоростями должны двигаться оба зеркала, оставаясь параллельными друг другу, чтобы первые мнимые изображения источников в зеркалах сближались со скоростью 5 м/с?

### Четвертый уровень

**355.** Горизонтальное плоское зеркало движется вертикально вверх с постоянной скоростью 2 см/с. Муха ползет по потолку комнаты со скоростью 3 см/с. Найдите скорость движения изображения мухи в зеркале.

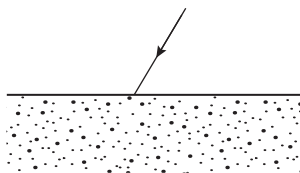
## Преломление света

### Первый уровень

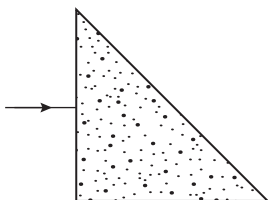
**356.** Определите абсолютный показатель преломления света в слюде, если при угле падения  $54^\circ$  угол преломления света равен  $30^\circ$ .

**357.** Под каким углом луч должен упасть на поверхность воды, чтобы угол преломления оказался  $30^\circ$ ?

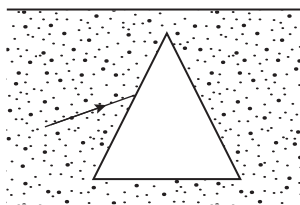
**358.** На плоскопараллельную стеклянную пластину падает из воздуха луч света (см. рисунок). Нарисуйте схематически дальнейший ход этого луча.



**359.** Луч света падает на трехгранную стеклянную призму перпендикулярно ее грани (см. рисунок). Постройте схематически дальнейший ход луча.



**360.** В стеклянной пластине имеется воздушная полость в форме трехгранной призмы (см. рисунок). На одну из граней стекла падает световой луч. Каким будет дальнейший ход луча?



## Второй уровень

**361.** Луч света падает на поверхность раздела двух прозрачных сред под углом  $35^\circ$  и преломляется под углом  $25^\circ$ . Чему будет равен угол падения, если угол преломления станет  $30^\circ$ ?

**362.** При угле падения  $60^\circ$  угол преломления  $40^\circ$ . Определите угол преломления в этой же среде, если световой пучок направить под углом падения  $30^\circ$ .

**363.** Луч падает на поверхность воды под углом  $40^\circ$ . Под каким углом он должен упасть на поверхность стекла, чтобы угол преломления остался таким же?

**364.** Преломленный луч света составляет с отраженным лучом угол  $90^\circ$ . Найдите относительный показатель преломления, если луч падает на плоскую границу двух сред под углом  $53^\circ$ .

**365.** На плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом  $60^\circ$  падают два параллельных луча света, расстояние между которыми 3 см. Найдите расстояние между точками, в которых эти лучи выходят из пластинки.

**366.** Солнечные лучи падают на горизонтальное дно озера под углом  $30^\circ$ . Под каким углом солнечные лучи падают на поверхность воды?

## Третий уровень

**367.** Водолаз видит солнце под углом  $60^\circ$  к поверхности воды. Какова настоящая высота солнца над горизонтом (угол между падающим лучом и горизонтом)?

**368.** На дне водоема глубиной 50 см лежит небольшой камень. Мальчик хочет попасть в него концом палки. Прицелившись, мальчик держит палку в воздухе под углом  $45^\circ$  к поверхности воды. На каком расстоянии от камня воткнется палка в дно водоема?

## Четвертый уровень

**369.** Столб вбит в дно реки так, что часть столба высотой 1 м возвышается над водой. Найдите длину тени столба на поверхности воды и на дне реки, если высота солнца над горизонтом  $30^\circ$ , а глубина реки 2 м.

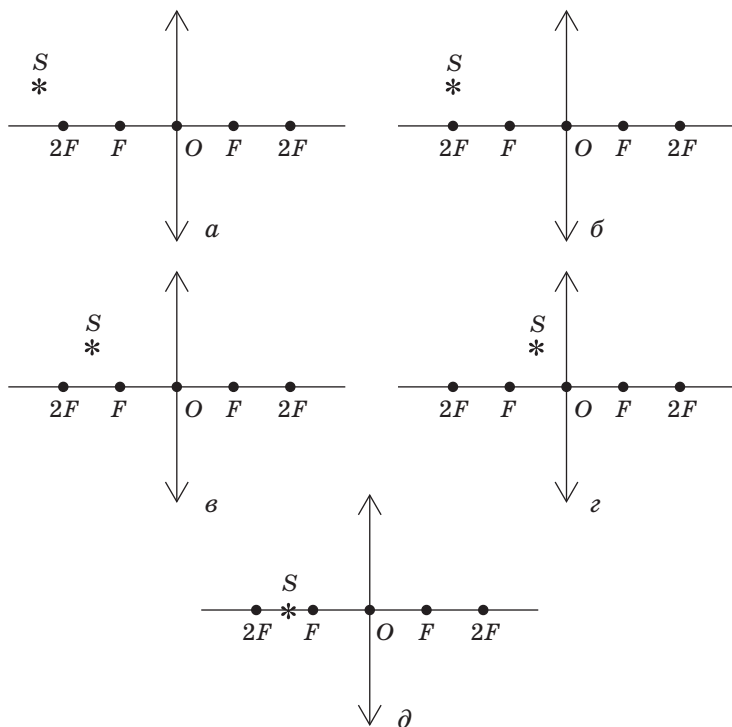
**370.** Широкий непрозрачный сосуд доверху наполнен жидкостью с показателем преломления 1,25. Поверхность жидкости закрыли тонкой непрозрачной пластинкой, в которой есть отверстие радиусом 2 см. Определите диаметр светового пятна на дне сосуда, если он освещается рассеянным светом облачного неба, идущим со всех направлений. Толщина слоя жидкости 6 см.

**371.** На столе лежит лист бумаги. Луч света, падающий на бумагу под углом  $45^\circ$ , образует на нем светлое пятно. На сколько сместится это пятно, если на бумагу положить стеклянную пластину толщиной 2 см?

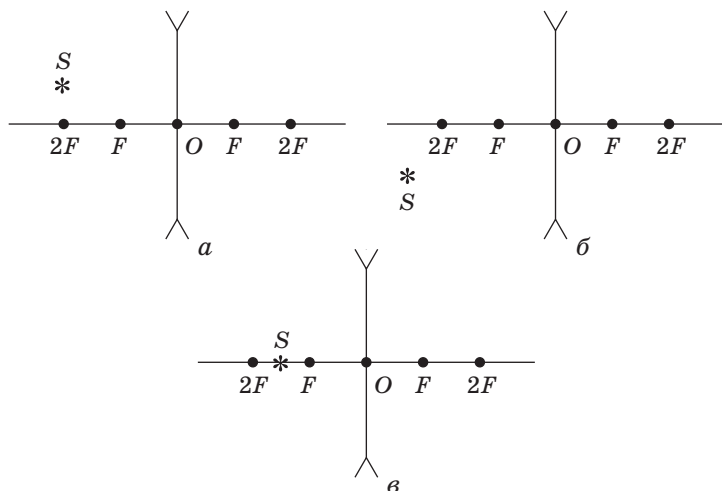
## Линзы

### Первый уровень

**372.** Постройте изображение светящейся точки  $S$  в собирающей линзе для следующих случаев:



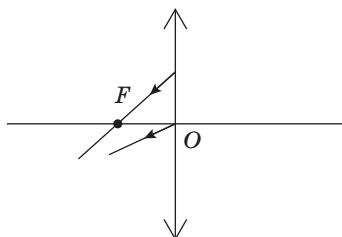
**373.** Постройте изображение точечного источника света  $S$  в рассеивающей линзе для следующих случаев:



**374.** Оптическая сила линзы равна  $+2$  дптр. Какая это линза? Чему равно фокусное расстояние линзы?

**375.** Фокусное расстояние рассеивающей линзы  $2,5$  м. Чему равна оптическая сила линзы?

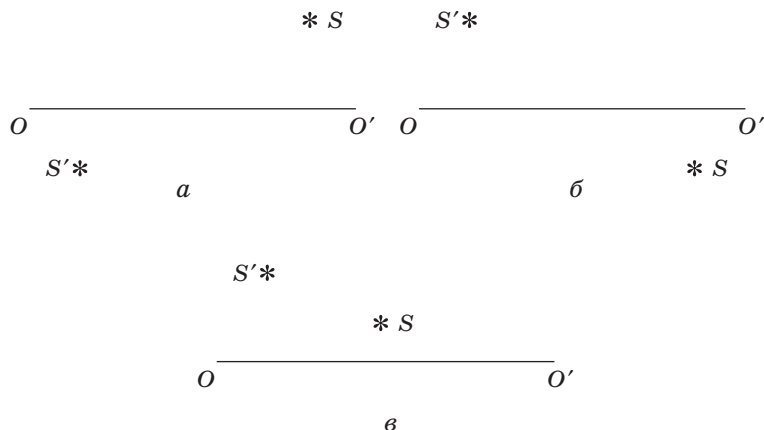
**376.** На рисунке показан ход лучей после преломления в линзе. Построением покажите положение светящейся точки  $S$  и ее изображения  $S'$ .



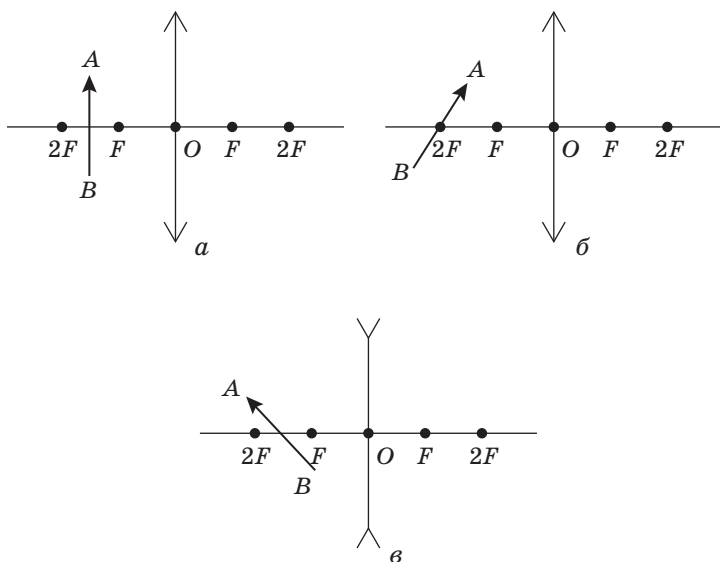
## Второй уровень

**377.** Во сколько раз фокусное расстояние собирающей линзы с оптической силой  $1,5$  дптр больше фокусного расстояния линзы с оптической силой  $6$  дптр?

**378.** На каждом рисунке показано положение главной оптической оси  $OO'$  тонких собирающих линз и положение точечных источников света  $S$  и их изображений  $S'$ . Сделайте недостающие построения и найдите положения линзы и фокусов для каждого случая.

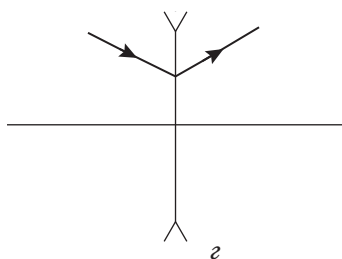
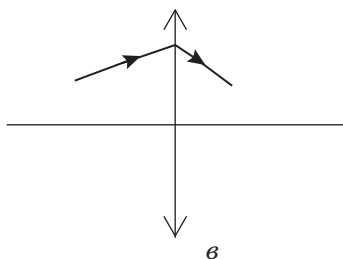
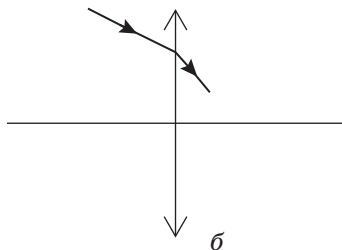
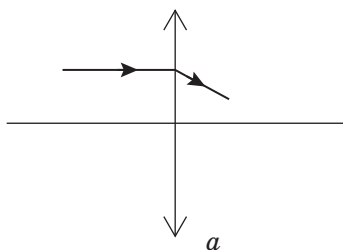


**379.** Постройте изображение предмета  $AB$  для каждого случая, указанного на рисунке.



### Третий уровень

**380.** На каждом рисунке показан ход световых лучей до и после преломления в линзе. Найдите построением положение фокуса линзы для каждого случая.





# 9 КЛАСС

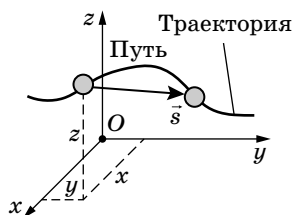
## КИНЕМАТИКА

### Основные понятия, соотношения, формулы

**Механическое движение** – это изменение положение тела в пространстве с течением времени относительно других тел.

**Система отсчета** – совокупность тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и прибора для измерения времени.

**Траектория** – это линия, каждая точка которой изображает положение движущегося тела в определенный момент времени (см. рисунок).



**Пройденный путь** – это физическая величина, характеризующая изменение положения тела и равная длине траектории между начальным и конечным положениями.

**Перемещение** – это физическая величина, характеризующая изменение положения тела и равная вектору, соединяющему начальное и конечное положения тела.

**Координата тела ( $x$ )** в любой момент времени равна сумме начальной координаты и проекции перемещения:

$$x = x_0 + s_x.$$

**Уравнение зависимости пути от времени для равномерного движения** – это уравнение прямой пропорциональности:

$$s = vt,$$

где коэффициент пропорциональности – это модуль скорости движения  $v$ .

**Уравнение зависимости координаты от времени (уравнение равномерного движения)** – это уравнение линейной зависимости:

$$x = x_0 + v_x t,$$

где коэффициент пропорциональности – это проекция скорости движения, а постоянное слагаемое – это начальная координата.

**Ускорение ( $a$ )** – физическая величина, характеризующая скорость изменения мгновенной скорости и равная отношению изменения скорости ( $v$ ) к промежутку времени ( $t$ ), за которое это изменение произошло:

$$a = \frac{v - v_0}{t}.$$

При прямолинейном движении **проекция ускорения** на выбранное направление (например, ось  $OX$ ) определяется соотношением:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}.$$

**Прямолинейное равноускоренное движение** – это такой вид движения, при котором ускорение тела остается постоянным ( $a = \text{const}$ ).

**Уравнение зависимости проекции перемещения от времени для равноускоренного движения** – это уравнение квадратичной зависимости:

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2},$$

где коэффициент при  $t^2$  – это проекция ускорения движения  $a_x$ , а коэффициент при  $t$  – это проекция начальной скорости  $v_{0x}$ .

**Уравнение зависимости координаты от времени для равноускоренного движения (уравнение равноускоренного движения)** – это уравнение квадратичной зависимости:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2},$$

где постоянное слагаемое – это начальная координата тела  $x_0$ .

**Уравнение зависимости проекции скорости от времени для равноускоренного движения** – это уравнение линейной зависимости:

$$v_x = v_{0x} + a_x t,$$

где коэффициент пропорциональности  $a_x$  – это проекция ускорения движения, а постоянное слагаемое  $v_{0x}$  – это проекция начальной скорости.

## Примеры решения задач

**1.** Два автомобиля одновременно выезжают из городов  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми 390 км, и движутся равномерно и прямолинейно по трассе со скоростями 60 и 70 км/ч навстречу друг другу. Через какое время и на каком расстоянии от города  $A$  они встретятся? Решите задачу аналитическим и графическим методом.

Дано:

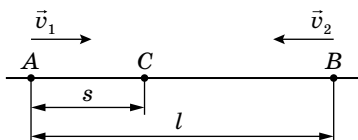
$$l = 390 \text{ км}$$

$$v_1 = 60 \text{ км/ч}$$

$$v_2 = 70 \text{ км/ч}$$

$$t - ?$$

$$s - ?$$



Решение:

Рассмотрим модель ситуации, описанной в задаче (см. рисунок). В качестве тела отсчета выберем Землю. Направим ось  $x$  по линии, соединяющей города  $A$  и  $B$ , в сторону города  $B$ , а начало координат поместим в точку  $A$ .

Время будем отсчитывать от общего для обоих автомобилей момента начала движения. Тогда уравнения движения автомобилей будут иметь вид:  $x_1 = x_{01} + v_1 t$  и  $x_2 = x_{02} - v_2 t$ , где  $x_1$  и  $x_2$  – координаты автомобилей в произвольный момент времени;  $x_{01} = 0$ ,  $x_{02} = l$  – начальные координаты автомобилей.

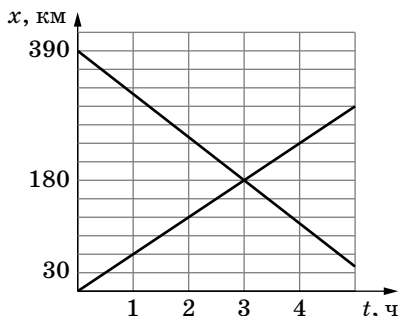
В точке  $C$ , в которой автомобили встретятся, координаты будут одинаковы:  $x_1 = x_2$ .

Следовательно,  $v_1 t = l - v_2 t$ , т. е.  $t = \frac{l}{v_1 + v_2} = 3 \text{ ч.}$

Место встречи автомобилей находится на расстоянии:  $S = x_1 = v_1 t = 180 \text{ км.}$

Для графического метода решения данной задачи построим графики уравнений движения автомобилей:  $x_1 = 60t$  и  $x_2 = 390 - 70t$ .

Выберем для времени единицу 1 ч, а для координаты – 30 км (см. рисунок).



Время и место встречи определяем по положению точки пересечения графиков. Координаты этой точки:  $t = 3$  ч,  $x = 180$  км.

Ответ:  $t = 3$  ч,  $S = 180$  км.

**2.** Автомобиль, двигаясь равноускорено, через 5 с после начала движения достиг скорости 36 км/ч. Какой путь прошел автомобиль за третью секунду движения?

Дано:	СИ	Решение:
$t_5 = 5$ с	10 м/с	Уравнение зависимости скорости от времени: $v = v_0 + at$ .
$v_5 = 36$ км/ч		Но так как $v_0 = 0$ , то получим:
$v_0 = 0$		
$t_{23} = 1$ с		
$s_{23} - ?$		$a = \frac{v_5}{t_5} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2$ .

Путь за третью секунду равен разности путей, пройденных за 3 с и за 2 с:

$$s_{23} = s_3 - s_2 = \frac{at_3^2}{2} - \frac{at_2^2}{2} = \frac{a}{2}(t_3^2 - t_2^2).$$

Подставив числовые значения, получим:

$$s_{23} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2} \cdot [(9 \text{ с})^2 - (4 \text{ с})^2] = 5 \text{ м}.$$

Ответ:  $s_{23} = 5$  м.

## Путь, перемещение, координаты движущегося тела

### Первый уровень

1. Мяч отпустили с высоты 2 м, а после отскока он поднялся на высоту 1,5 м. Чему равны путь и модуль перемещения мяча?

2. Мяч с высоты 1 м над поверхностью земли был подброшен вертикально вверх еще на 2 м и упал на землю. Найдите путь и перемещение мяча.

3. Велосипедист проехал по велотреку длиной 250 м 10 кругов. Чему равно перемещение велосипедиста?

4. Человек обошел круглое озеро диаметром 1 км. Определите путь, пройденный человеком, и модуль перемещения.

5. Спортсмен дважды пробежал дистанцию 400 м по дорожке стадиона и вернулся к месту старта. Чему равны путь, пройденный спортсменом, и модуль его перемещения?

6. Камень бросили из окна второго этажа с высоты 4 м, и он упал на землю на расстоянии 3 м от стены дома. Чему равен модуль перемещения камня?

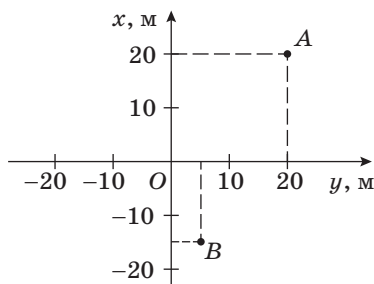
7. Спортсмен во время тренировки пробежал 100 м на восток, а затем, повернувшись, на север еще 100 м. Найдите путь и модуль перемещения спортсмена.

8. Начальное положение тела соответствует координатам  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 2$  м; конечное положение:  $x = 4$  м,  $y = 0$ . Сделайте построение и найдите модуль перемещения и значения проекций на координатные оси.

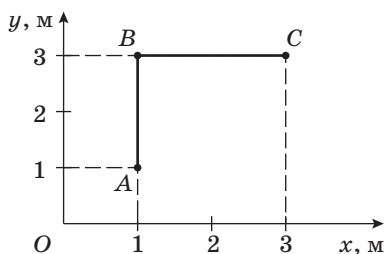
9. Тело переместилось из точки с координатами  $x_0 = -1$  м,  $y_0 = 1$  м в точку с координатами  $x = 3$  м,  $y = -2$  м. Сделайте построение, найдите проекции вектора перемещения на координатные оси и его модуль.

### Второй уровень

10. В начальный момент времени тело находилось в точке А, через некоторое время оказалось в точке В (см. рисунок). Найдите начальные и конечные координаты тела, модуль перемещения и проекции перемещения на оси  $Ox$  и  $Oy$ .



**11.** На рисунке показана траектория движения материальной точки. Ее начальное положение – точка A, конечное – точка C. Найдите проекции перемещения точки на координатные оси, модуль перемещения и путь, пройденный точкой.



**12.** Автомобиль прошел путь 20 км, двигаясь на север, затем ему пришлось свернуть на восток и пройти еще 30 км, после чего он снова повернул на север и достиг конечного пункта, пройдя еще 10 км. Найдите путь и модуль перемещения этого автомобиля.

**13.** Человек прошел по проспекту 240 м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении еще 70 м. Во сколько раз путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?

**14.** Тело движется по окружности радиусом 2 м. Через некоторое время его перемещение по модулю оказалось равным диаметру. Какой путь прошло тело?

**15.** Материальная точка движется по окружности радиусом 3 м. Чему равны путь и модуль перемещения через  $\frac{1}{6}$  оборота?

**16.** Автомобиль преодолел подъем длиной 200 м с углом наклона к горизонту  $30^\circ$ . Найдите значения проекции перемещения автомобиля на координатные оси, если ось  $Ox$  направлена горизонтально, а ось  $Oy$  – вертикально.

**17.** Самолет взлетает с аэродрома под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью 60 м/с. Какое перемещение он совершит за 10 с полета? Какой высоты достигнет?

**18.** Катер прошел из пункта  $A$  по озеру 5 км, затем развернулся и двигался под углом  $30^\circ$  к первоначальной траектории до тех пор, пока направление к пункту  $A$  не стало составлять угол  $90^\circ$  с направлением его движения. Каково перемещение катера? Какой путь он прошел?

**19.** В момент времени 1 с тело находилось в точке пространства с координатами  $x_0 = -2$  м,  $y_0 = 2$  м. К моменту времени 3 с тело переместилось в точку с координатами  $x = 3$  м,  $y = -3$  м. Определите скорость движения тела, если оно двигалось равномерно и прямолинейно.

**20.** Движение двух велосипедистов задано уравнениями:  $x_1 = 5t$ ,  $x_2 = 150 - 10t$ . Найдите время и место встречи. Постройте графики зависимости  $x(t)$ .

**21.** Радиолокатор ГАИ засек координаты машины  $x_1 = 60$  м;  $y_1 = 100$  м. Через 2 с координаты машины изменились:  $x_2 = 100$  м;  $y_2 = 80$  м. Превысил ли водитель машины допустимую скорость 60 км/ч?

## Прямолинейное равноускоренное движение

### Первый уровень

**22.** Какой путь прошел вагон поезда за 15 с, двигаясь с ускорением  $0,3$  м/с<sup>2</sup>, если его начальная скорость была 1 м/с?

**23.** Гору длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением  $0,4$  м/с<sup>2</sup>. Чему равна скорость лыжника в начале пути?

**24.** Автомобиль начинает движение из состояния покоя с постоянным ускорением. За первые 10 с он проходит путь 150 м. Чему равно ускорение автомобиля?

**25.** Движение тела описывается уравнением  $x = -5 + 6t - 18t^2$ . Опишите движение этого тела. Запишите уравнение зависимости скорости от времени.

**26.** Автомобиль, двигаясь равноускоренно с начальной скоростью 5 м/с, прошел за первую секунду путь 6 м. Найдите ускорение автомобиля.

**27.** Автомобиль двигался со скоростью 54 км/ч, а затем тормозил в течение 7 с, двигаясь с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. Какой путь прошел автомобиль в процессе торможения?

**28.** Трамвай, двигаясь равномерно со скоростью 15 м/с, начинает торможение. Чему равен тормозной путь трамвая, если он остановился через 10 с?

**29.** С каким ускорением двигался автомобиль, если на пути 1 км его скорость возросла от 36 до 72 км/ч?

**30.** Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в земляной вал и проникает в него на 40 см. С каким ускорением двигалась пуля?

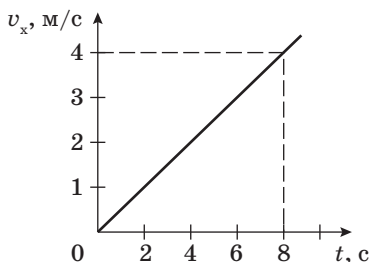
**31.** Через 30 с после начала движения космическая ракета достигла скорости 1,8 км/с. С каким ускорением двигалась ракета?

**32.** Мотоцикл начал свое движение с ускорением 0,3 м/с<sup>2</sup>. Какую скорость он разовьет через 15 с после начала движения?

**33.** Автомобиль, двигаясь с ускорением 0,6 м/с<sup>2</sup>, через 10 с достиг скорости 36 км/ч. Какой была начальная скорость автомобиля?

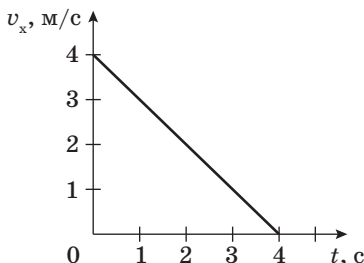
**34.** Тело движется прямолинейно с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. Как изменится его скорость за 2 с?

**35.** По графику зависимости проекции скорости от времени (см. рисунок) определите ускорение, с которым движется тело, и перемещение тела за 8 с.





**36.** По графику зависимости проекции скорости от времени (см. рисунок) определите модуль ускорения, с которым движется тело, и перемещение тела за 4 с.



### Второй уровень

**37.** Поезд длиной 90 м движется равноускоренно из состояния покоя. Головная часть поезда проходит мимо путевого обходчика, находящегося на расстоянии 130 м от точки начала движения поезда, со скоростью 25 м/с. Какова скорость последнего вагона, когда он проходит мимо обходчика?

**38.** Локомотив находился на расстоянии 400 м от светофора и имел скорость 72 км/ч, когда началось торможение. Определите положение локомотива относительно светофора через 1 мин после начала движения, если он двигался с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ .

**39.** От поезда, движущегося со скоростью 20 м/с, отцепляют последний вагон, который останавливается через 10 с. Определите расстояние между поездом и вагоном в этот момент. Движение вагона считать равнозамедленным.

**40.** Кабина лифта поднимается в течение первых 7 с равноускоренно и достигает скорости 4 м/с. С этой скоростью она движется следующие 8 с, а последние 3 с — равнозамедленно. Определите перемещение кабины лифта за все время движения.

**41.** Двигаясь равноускоренно вдоль прямой, за 20 с тело прошло путь 6 м. В процессе движения скорость тела возросла в 5 раз. Определите начальную скорость тела.

**42.** Шарик, скатываясь по наклонной плоскости из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см. Какой путь он пройдет за первые 3 с?

**43.** Шайба скользит до остановки 5 м, если ей сообщить начальную скорость 2 м/с. Какой путь пройдет до остановки шайба, если ей сообщить начальную скорость 4 м/с? Ускорение шайбы постоянно.

**44.** В конце уклона лыжник развил скорость 8 м/с. Найдите начальную скорость лыжника и ускорение, с которым он двигался, если весь уклон длиной в 100 м он прошел за 20 с.

**45.** Участок длиной 500 м автомобиль прошел с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. Определите время прохождения этого участка, если начальная скорость составляла 5 м/с.

**46.** Материальная точка, двигаясь равноускоренно по прямой, за некоторое время увеличила скорость в 3 раза, пройдя путь 20 м с ускорением 5 м/с<sup>2</sup>. Найдите это время.

**47.** К концу первой секунды равнозамедленного движения модуль скорости тела равен 2 м/с, а к концу второй – 1 м/с. Определите модуль ускорения тела.

**48.** Тело, имея начальную скорость 1 м/с, двигалось равноускоренно и приобрело, пройдя некоторый путь, скорость 7 м/с. Какой была скорость тела в середине этого пути?

**49.** Движение двух автомобилей описывается следующими уравнениями:  $x_1 = 2t + 0,2t^2$  и  $x_2 = 80 - 4t$ . Определите, когда и где произойдет встреча автомобилей. Найдите расстояние между ними через 5 с после начала движения.

**50.** Два автомобиля выезжают из одного пункта в одном направлении. Первый автомобиль выезжает на 20 с раньше второго. Оба автомобиля движутся с одинаковыми ускорениями, равными 0,4 м/с<sup>2</sup>. Через сколько времени, считая от начала движения первого автомобиля, расстояние между ними станет равным 240 м?

**51.** Поезд движется прямолинейно в гору со средней скоростью 10 м/с. Чему равна начальная скорость движения, если конечная скорость 5 м/с? С каким по модулю ускорением поезд двигался, если подъем длился 1 мин?

**52.** Материальная точка движется вдоль координатной оси  $Ox$  со скоростью, которая меняется по закону  $v_x(t) = 10 + 2t$ . Найдите среднюю скорость на пути, пройденном за время от 0 до 10 с.

### Третий уровень

**53.** Двигаясь прямолинейно и равноускоренно, поезд преодолел участок склона со средней скоростью 15 м/с, увеличив на этом участке мгновенную скорость на 11 м/с. Вычислите мгновенную скорость, с которой поезд двигался на середине склона.

**54.** Мимо наблюдателя, стоящего на платформе, проходит поезд. Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя за 1 с, второй – за 1,5 с. Найдите ускорение поезда, считая его движение равнопеременным. Длина каждого вагона 12 м.

**55.** Электропоезд из состояния покоя начинает двигаться с постоянным ускорением. Найдите отношение расстояний, пройденных за последовательные и равные промежутки времени.

**56.** Тело, двигаясь равноускоренно, проходит за первую секунду 1 м, за вторую секунду 2 м, за третью секунду 3 м. Определите ускорение и начальную скорость тела.

**57.** При равноускоренном движении тело проходит в первые два равных последовательных промежутка времени по 4 с каждый пути 24 м и 64 м. Определите начальную скорость и ускорение движения.

**58.** При равноускоренном движении по прямой с нулевой начальной скоростью тело за первую секунду прошло 2 м, а за последнюю секунду – 14 м. Вычислите время движения тела.

**59.** Самолет затрачивает на разбег при взлете 24 с. Рассчитайте длину разбега самолета и скорость в момент отрыва, если на середине длины разбега он имел скорость 30 м/с.

**60.** Поезд, трогаясь из состояния покоя, движется равноускоренно. На первом километре скорость поезда возросла на 10 м/с. На сколько возрастет скорость на втором километре пути?

**61.** Автомобиль трогается с места и первый километр пути проходит с ускорением  $a_1$ , а второй – с ускорением  $a_2$ . При этом на первом километре его скорость возросла на 10 м/с, а на втором – на 5 м/с. Во сколько раз ускорение на втором участке пути больше, чем на первом?

**62.** Путь разбит на равные отрезки. Автомобиль начинает двигаться равноускоренно и проходит первый отрезок за 1 с. За какой промежуток времени автомобиль пройдет девятый отрезок пути?

**63.** Тело, двигаясь равноускоренно с ускорением 2 м/с<sup>2</sup> без начальной скорости, в последнюю секунду своего движения прошло  $\frac{1}{3}$  пути. Определите путь и время движения тела.

**64.** В течение 6 с тело движется равнозамедленно, причем в начале шестой секунды его скорость 2 м/с, а в конце – равна нулю. Какова длина пути, пройденного телом?

**65.** За первую секунду равнозамедленного движения автомобиль прошел половину тормозного пути. Определите полное время торможения.

### Четвертый уровень

**66.** По наклонной доске пустили шарик снизу вверх. На расстоянии 30 см от низа доски шарик оказался дважды: через 1 с и через 2 с после начала движения. Определите начальную скорость и ускорение движения шарика, считая его постоянным.

**67.** За пятую секунду равнозамедленного движения тело проходит путь 5 см и останавливается. Какой путь тело проходит за вторую секунду этого движения?

**68.** Тело, которому была сообщена начальная скорость 10 м/с, движется после этого с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>, направленным противоположно начальной скорости. Определите путь, пройденный телом за 8 с от начала движения.

**69.** Вдоль оси  $Ox$  движется тело. Проекция скорости на ось зависит от времени по закону  $v_x = 40 - 20t$ . Какова длина пути, пройденного телом за первые 30 с движения?

**70.** Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью 72 км/ч за 20 мин. Разгон и торможение длились 4 мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость при равномерном движении?

**71.** Пассажир первого вагона поезда длиной 80 м прогуливается по перрону. Когда он был рядом с последним вагоном, поезд начал движение с ускорением  $0,02 \text{ м/с}^2$ . Пассажир сразу же побежал со скоростью 3 м/с. Через какое минимальное время пассажир догонит свой вагон?

**72.** Тело в течение времени  $t$  двигалось с постоянной скоростью 5 м/с. Затем его скорость равномерно возрастала так, что в момент времени  $2t$  она стала равной 10 м/с. Вычислите среднюю скорость тела на первой половине пути. Движение считать прямолинейным.

## ДИНАМИКА

### Основные понятия, соотношения, формулы

**Первый закон Ньютона:** существуют такие системы отсчета, относительно которых тела сохраняют свою скорость неизменной, если на них не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

**Инерциальная система отсчета (ИСО)** – система отсчета, в которой тело покоится или движется равномерно и прямолинейно, если на него не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

**Сила** – векторная физическая величина, характеризующая такое действие одного тела на другое, которое приводит к изменению скорости движения тела или его деформации.

**Масса ( $m$ )** – физическая величина, характеризующая инертность тел и равная произведению массы эталона на отношение ускорения эталона к ускорению тела при их взаимодействии:

$$m_{\text{т}} = m_{\text{эт}} \frac{a_{\text{эт}}}{a_{\text{т}}}.$$

**Инертность** – свойство тел, состоящее в том, что скорость любого тела нельзя изменить мгновенно: на него должно действовать другое тело в течение некоторого промежутка времени.

**Второй закон Ньютона:** в ИСО ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

**Третий закон Ньютона:** два тела взаимодействуют друг с другом с силами:

- равными по модулю;
- противоположными по направлению;
- лежащими на одной прямой;
- имеющими одну природу,

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

**Сила тяжести** ( $F_{\text{тяж}}$ ) – это сила, характеризующая притяжение тел к Земле и направленная к центру Земли.

Сила тяжести прямо пропорциональна массе тела ( $m$ ):

$$F_{\text{тяж}} = mg,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  вблизи поверхности Земли.

**Сила упругости** ( $F_{\text{упр}}$ ) – это сила, характеризующая упругое взаимодействие тел и направленная противоположно деформации тела.

Сила упругости прямо пропорциональна удлинению тела ( $\Delta l$ ):

$$F_{\text{упр}} = k\Delta l,$$

где  $k$  – жесткость тела.

**Вес тела** ( $P$ ) – это сила упругости, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на горизонтальную опору или вертикальный подвес.

Вес тела равен силе тяжести, если тело и опора движутся с постоянной скоростью или покоятся:

$$P = F_{\text{тяж}}.$$

**Сила сухого трения** ( $F_{\text{тр}}$ ) – это сила взаимодействия твердых тел при их движении или попытке движения по поверхностям друг друга, направленная вдоль поверхности соприкосновения тел противоположно

направлению движения или попытке движения. Тела должны давить друг на друга.

**Сила трения скольжения** прямо пропорциональна силе давления (или силе упругости опоры):

$$F_{\text{тр}} = \mu F_{\text{давл}},$$

где  $\mu$  – коэффициент трения.

**Сила трения покоя** равна силе тяги, которая пытается вывести тело из состояния покоя:

$$F_{\text{тр.п}} = F_{\text{тяги}}.$$

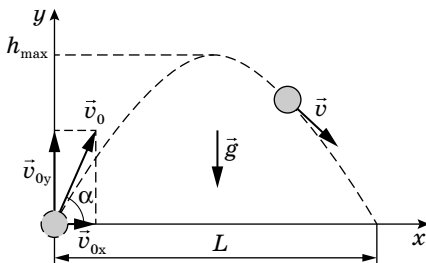
**Максимальная сила трения покоя** прямо пропорциональна силе давления (или силе упругости опоры):

$$F_{\text{тр.п max}} = \mu F_{\text{давл}}.$$

**Свободное падение** – это движение под действием силы тяжести.

**Свободное падение** является равноускоренным движением. Ускорение свободного падения одинаково для тел разной массы и вблизи поверхности Земли (на уровне моря) примерно равно  $9,8 \text{ м/с}^2$ .

**Движение тела, брошенного под углом к горизонту**, можно рассматривать как совокупность двух независимых движений: вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рисунок).



Движение тела в горизонтальном направлении будет равномерным:

$$x = x_0 + v_{0x}t.$$

Движение в вертикальном направлении будет равноускоренным, с ускорением свободного падения  $g$ :

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}.$$

**Время полета** определяется по формуле:

$$t_{\pi} = 2 \frac{v_0}{g} \sin \alpha.$$

**Дальность полета** определяется по формуле:

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha.$$

**Максимальная высота подъема тела** определяется по формуле:

$$h_{\max} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}.$$

**Движение по окружности** – это такой вид движения, при котором траектория тела в выбранной системе отсчета представляет собой окружность.

Изменение положения тела при движении по окружности определяется двумя величинами: **углом  $\varphi$  поворота** радиуса между начальным и конечным положениями и **пройденным путем ( $s$ )** (см. рисунок). Эти величины связаны соотношением:

$$\varphi = \frac{s}{R}.$$

**Мгновенная скорость тела** в каждой точке направлена по касательной к окружности, а **ускорение** при постоянной по модулю скорости – по радиусу к ее центру.

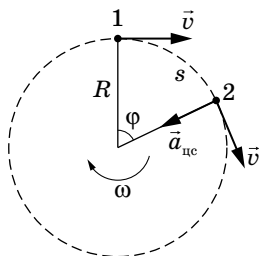
**Угловая скорость ( $\omega$ )** – физическая величина, характеризующая изменение угла поворота с течением времени и равная отношению угла поворота ( $\varphi$ ) к промежутку времени ( $t$ ), за который этот поворот произошел:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

Движение тела по окружности называют **равномерным**, если его угловая скорость не изменяется с течением времени ( $\omega = \text{const}$ ).

Модуль скорости равномерно движущегося по окружности тела не изменяется с течением времени и равен:

$$v = \omega R.$$





**Центростремительное ускорение** ( $a_{\text{цс}}$ ) – физическая величина, характеризующая изменение направления мгновенной скорости при движении по окружности и равное:

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

**Период вращения** ( $T$ ) – это физическая величина, характеризующая повторяемость движения и равная отношению времени вращения ( $t$ ) к числу оборотов ( $N$ ) за это время:

$$T = \frac{t}{N}.$$

**Частота вращения** ( $\nu$ ) – это физическая величина, характеризующая повторяемость движения и равная отношению числа оборотов ( $N$ ) ко времени вращения ( $t$ ):

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

Частота и период вращения связаны соотношением:

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

**Закон всемирного тяготения:** сила всемирного тяготения прямо пропорциональна произведению масс тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{Mm}{R^2}.$$

Коэффициент пропорциональности – **гравитационная постоянная**:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

При движении тела по окружности вокруг другого тела массой  $M$  под действием силы гравитационного притяжения со стороны этого тела модуль скорости движущегося тела и период его вращения можно определить по формулам:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}; T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{R^3}{GM}}.$$

**Первая космическая скорость** ( $v_1$ ) – модуль минимальной скорости, которую надо сообщить телу, чтобы оно двигалось вокруг планеты по круговой орбите вбли-

зи ее поверхности только под действием силы гравитационного притяжения:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}.$$

Модуль первой космической скорости для Земли:  
 $v_I \approx 7,9$  км/с.

**Вторая космическая скорость** ( $v_{II}$ ) – модуль минимальной скорости, которую надо сообщить телу, чтобы оно, преодолев гравитационное притяжение планеты, улетело в космос.

Модуль второй космической скорости для Земли:

$$v_{II} = \sqrt{2}v_I \approx 11,2 \text{ км/с}.$$

## Примеры решения задач

1. Определите модуль силы  $F$ , которую нужно приложить к деревянному бруску массой 2 кг под углом  $45^\circ$  к вертикали, чтобы он двигался вдоль вертикальной стены с ускорением  $0,2$  м/с<sup>2</sup>. Коэффициент трения между бруском и стеной равен  $0,5$ .

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

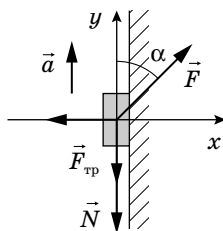
$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = 0,5$$

$$F - ?$$



Решение:

На брусок действуют силы:  $\vec{N}$ ,  $\vec{F}$ ,  $\vec{F}_{\text{тр}}$ ,  $m\vec{g}$  (см. рисунок).

Тогда по второму закону Ньютона

$$\vec{a} = \frac{\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g}}{m}.$$

В проекциях на оси это выражение можно записать следующим образом:

$$\text{на } Ox: F \sin \alpha - N = 0;$$

$$\text{на } Oy: F \cos \alpha - mg - F_{\text{тр}} = ma.$$

Так как  $F_{\text{тр}} = N$ , но  $N = F \sin \alpha$ , то  $F_{\text{тр}} = F \sin \alpha$ .

С учетом этого выражения получим:

$$F \cos \alpha - mg - F \sin \alpha = ma.$$

$$\text{Следовательно, } F = \frac{m(a + g)}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$F = \frac{2 \text{ кг} \cdot \left( 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot (1 - 0,5)} \approx 57 \text{ Н}.$$

О т в е т:  $F \approx 57 \text{ Н}$ .

**2.** Капля падает без начальной скорости с высоты 100 м. За какое время капля проходит последний метр своего пути?

Д а н о:

$$v_0 = 0$$

$$H = 100 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$t_{\text{п}} = ?$$

Р е ш е н и е:

Уравнение высоты тела, брошенного без начальной скорости, имеет вид:

$$H = \frac{gt^2}{2}.$$

Время падения тела с этой высоты равно:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

Расстояние  $(H - 1)$  тело пролетает за время, равное:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(H - 1)}{g}}.$$

Время прохождения последнего метра пути равно:

$$t_{\text{п}} = t - t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2(H - 1)}{g}}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ м}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} - \sqrt{\frac{2 \cdot 99 \text{ м}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} \approx 0,023 \text{ с}.$$

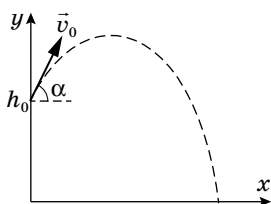
О т в е т:  $t_{\text{п}} \approx 0,023 \text{ с}$ .

**3.** Из окна, находящегося на высоте 5,6 м, бросают камень под углом  $45^\circ$  к горизонту. Камень упал на расстоянии 14 м от стены дома (см. рисунок). С какой скоростью был брошен камень? Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Дано:  
 $h_0 = 5,6 \text{ м}$   
 $\alpha = 45^\circ$   
 $s = 14 \text{ м}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   


---

 $v_0 - ?$



Решение:

Запишем зависимость координат камня от времени:

$$1) x = x_0 + v_{0x}t; \quad 2) y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}.$$

Преобразуем эти уравнения:

$$1) x = (v_0 \cos \alpha)t; \quad 2) y = h_0 + (v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2}.$$

В момент падения камня на поверхность Земли его координаты были: 1)  $x = s$ ; 2)  $y = 0$ .

Тогда получим:

$$1) s = (v_0 \cos \alpha)t_{\pi}; \quad 2) 0 = h_0 + (v_0 \sin \alpha)t_{\pi} - \frac{gt_{\pi}^2}{2}.$$

$$\text{Решив систему уравнений} \begin{cases} s = (v_0 \cos \alpha)t_{\pi}, \\ 0 = h_0 + (v_0 \sin \alpha)t_{\pi} - \frac{gt_{\pi}^2}{2}, \end{cases}$$

$$\text{получим: } v_0 = \sqrt{\frac{gs^2}{2(\cos \alpha)^2 \cdot (h_0 + s \tan \alpha)}} = 10 \text{ м/с}.$$

Ответ:  $v_0 = 10 \text{ м/с}$ .

4. Вычислите ускорение свободного падения тела, находящегося на расстоянии 100 км от поверхности Земли. Радиус Земли принять равным 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли  $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Дано:  
 $H = 100 \text{ км}$   
 $R = 6400 \text{ км}$   
 $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$   


---

 $g - ?$

СИ  
 $1 \cdot 10^5 \text{ м}$   
 $6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$

Решение:  
 Можно считать, что на тело действует только сила тяготения Земли, равная:

$$F = G \frac{Mm}{R^2},$$

где  $M$  – масса Земли.

Если пренебречь суточным вращением Земли, то эта сила есть сила тяжести, модуль которой равен:  $F = mg$ .

Отсюда следует, что  $g = G \frac{Mm}{(R+H)^2}$ . На поверхности

Земли (при  $H = 0$ ):  $g_0 = G \frac{Mm}{R^2}$ .

После почленного деления этих двух уравнений получим:  $\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+H)^2}$ . Следовательно,  $g = g_0 \frac{R^2}{(R+H)^2}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{(6,4 \cdot 10^6 \text{ м})^2}{(6,4 \cdot 10^6 \text{ м} + 1 \cdot 10^5 \text{ м})^2} \approx 9,65 \text{ м/с}^2.$$

О т в е т:  $g \approx 9,65 \text{ м/с}^2$ .

**5.** Конькобежец движется на треке по окружности радиусом 30 м с постоянной по модулю скоростью 15 м/с. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?

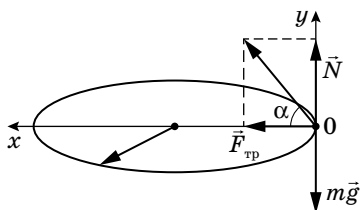
Д а н о:

$$R = 30 \text{ м}$$

$$v = 15 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha - ?$$



Р е ш е н и е:

На конькобежца действуют силы: тяжести  $m\vec{g}$ , реакции опоры  $\vec{N}$  и трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  (см. рисунок). Их равнодействующая обеспечивает конькобежцу центростремительное ускорение. Следовательно, по второму закону

$$\text{Ньютона } \vec{a}_{\text{цс}} = \frac{\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}}{m}.$$

В системе отсчета, связанной с Землей, выберем координатные оси так, как показано на рисунке. Запишем уравнения для проекций векторов:

$$F_{\text{тр}} = ma_{\text{цс}}; \quad (1)$$

$$N - mg = 0. \quad (2)$$

Конькобежец сохранит равновесие при выполнении двух условий:

- его центр тяжести должен находиться при движении на одном горизонтальном уровне;

- результирующая силы  $\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$  должна проходить через его центр тяжести.

Из рисунка видно, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{F_{\text{тр}}} \cdot (3)$$

Из уравнения (2) находим, что

$$N = mg. (4)$$

Из уравнения (1) с учетом того, что  $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R}$ , выразим силу трения:

$$F_{\text{тр}} = \frac{mv^2}{R}. (5)$$

Подставляя соотношения (4) и (5) в выражение (3), получим:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{Rg}{v^2}$ . Значит,  $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{Rg}{v^2}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{30 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{225 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 53.$$

О т в е т:  $\alpha \approx 53$ .

**6.** Определите первую космическую скорость для Марса, если его масса составляет  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг, а средний радиус – 3390 км.

Д а н о:

$$M = 6,4 \cdot 10^{23} \text{ кг}$$

$$R = 3390 \text{ км}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$v_1 - ?$$

СИ

$$3,39 \cdot 10^6 \text{ м}$$

Р е ш е н и е:

Первую космическую скорость можем найти из выражения:  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$v_1 = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,4 \cdot 10^{23}}{3,39 \cdot 10^6}} \approx 3,55 \text{ км/с.}$$

О т в е т:  $v_1 \approx 3,55 \text{ км/с.}$

## Законы Ньютона

### Первый уровень

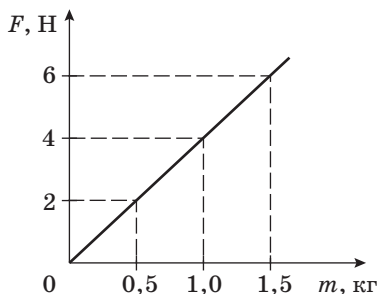
**73.** С каким ускорением двигался при разбеге реактивный самолет массой 6 т, если сила тяги двигателей 9 кН? Силой сопротивления пренебречь.

**74.** Буксирным тросом перемещают автомобиль массой 2 т по прямолинейному участку дороги с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Определите силу, сообщающую автомобилю ускорение.

**75.** Под действием силы 8 Н тело движется с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Найдите массу тела.

**76.** Скорость автомобиля изменяется по закону  $v_x = 0,5t$ . Найдите результирующую силу, действующую на него, если масса автомобиля 1 т.

**77.** На рисунке представлен график зависимости равнодействующей силы, приложенной к телу, от массы тела. Пользуясь графиком, определите ускорение тела.



**78.** Тело массой 4 кг под действием некоторой силы приобретает ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ . Какое ускорение приобретет тело массой 10 кг под действием такой же силы?

**79.** При действии на тело силы 12 Н оно приобретает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ . Какую силу надо приложить к этому телу, чтобы оно приобрело ускорение  $0,2 \text{ м/с}^2$ ?

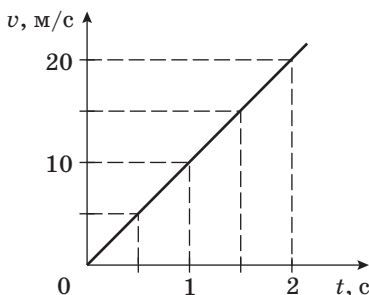
### Второй уровень

**80.** Тело массой 6 кг начинает двигаться под действием постоянной силы 20 Н. Какую скорость оно приобретет через 3 с?

**81.** Поезд массой 500 т после начала торможения останавливается под действием силы трения 0,1 МН через 1 мин. Какую скорость имел поезд до начала торможения?

**82.** Под действием некоторой силы скорость тела массой 20 кг за 20 с изменилась от 5 до 15 м/с. Определите величину силы.

**83.** С балкона дома выпал мячик для настольного тенниса массой 2,5 г. На рисунке представлен график зависимости скорости движения мячика от времени. Пользуясь графиком, определите равнодействующую силу, приложенную к мячику.



**84.** Тележка массой 10 кг под действием силы 40 Н пришла в движение. Какой путь она пройдет за 1 с? Силой сопротивления пренебречь.

**85.** Постоянная сила приводит тело массой 6 кг в движение. Чему равна величина этой силы, если за первую секунду своего движения тело прошло путь 15 м?

**86.** Сколько времени действовала на тело массой 2 кг постоянная сила 40 Н, если скорость тела увеличилась на 2 м/с?

**87.** Автомобиль массой 2 т, двигавшийся со скоростью 36 км/ч, останавливается, пройдя после начала торможения путь 25 м. Определите величину тормозящей силы.

**88.** Тело массой 10 кг передвигают вдоль гладкой горизонтальной поверхности, действуя на него силой 40 Н, направленной под углом  $60^\circ$  к горизонту. Найдите ускорение тела.



**89.** Поезд, масса которого 4000 т, проезжая мимо светофора со скоростью 36 км/ч, начал торможение. Сила трения постоянна и равна 20 кН. На каком расстоянии от светофора находился поезд через 1 мин после начала торможения?

**90.** Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начинает движение с ускорением  $0,3 \text{ м/с}^2$ . После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Какую массу груза принял автомобиль? Сопротивлением движению пренебечь.

**91.** Сила 50 Н сообщает телу ускорение  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Какая сила сообщит этому телу ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ ?

**92.** Парашютист массой 60 кг совершил прыжок с воздушного шара и при скорости 30 м/с раскрыл парашют. Через какое время скорость парашютиста достигнет величины 5 м/с, если средняя сила сопротивления воздуха составляет 650 Н?

**93.** Брусок массой 400 г, прикрепленный к динамометру, двигают равномерно по горизонтальной поверхности. При таком движении динамометр показывает силу, равную 1 Н. Во второй раз брусок двигали по той же поверхности, но с ускорением. В этом случае динамометр показывал силу 2 Н. Каким было ускорение?

### Третий уровень

**94.** Тело массой 3 кг падает в воздухе с ускорением  $8 \text{ м/с}^2$ . Определите силу сопротивления воздуха.

**95.** Тело массой 0,1 кг, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с, достигло высшей точки подъема через 2,5 с. Определите среднее значение силы сопротивления воздуха.

**96.** На нити, выдерживающей натяжение 20 Н, поднимают груз массой 1 кг из состояния покоя вертикально вверх. Считая движение равноускоренным, найдите предельную высоту, на которую можно поднять груз за 1 с так, чтобы нить не оборвалась.

**97.** Некоторая сила сообщает телу массой 3 кг ускорение  $a_1$ . Эта же сила сообщает телу массой 2 кг ускорение  $a_2$ . Телу какой массы эта сила сможет сообщить ускорение  $a_1 + a_2$ ?

**98.** С каким ускорением поднимается груз на веревке, если ее натяжение увеличилось вдвое по сравнению с натяжением, создаваемым неподвижным грузом?

**99.** К телу массой 10 кг подвешено на невесомой веревке тело массой 5 кг. Вся система движется ускоренно вверх под действием силы 300 Н, приложенной к первому телу. Найдите силу натяжения веревки.

**100.** Веревка выдерживает груз 110 кг при вертикальном подъеме его с некоторым ускорением и груз массой 690 кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какова максимальная масса груза, который можно поднимать на этой веревке с постоянной скоростью?

**101.** Два тела массами 50 и 100 г связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. С какой силой можно тянуть первое тело, чтобы нить, способная выдержать силу натяжения 5 Н, не оборвалась?

**102.** Два тела массами 100 и 200 г, связанные нитью, лежат на гладком горизонтальном столе. Найдите силу натяжения нити и ускорение грузов, если к первому телу приложена горизонтальная сила 5 Н, а ко второму – 14 Н, направленная в противоположную сторону.

**103.** Два тела массами 80 и 100 г прикреплены к концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Какие ускорения приобретут тела, если их отпустить?

**104.** Две гири неравной массы висят на концах нити, перекинутой через невесомый блок. Более легкая гиря расположена на 2 м ниже более тяжелой. Если предоставить гирям возможность двигаться под действием силы тяжести, то через 2 с они будут на одной высоте. Определите отношение масс гирь.

### Четвертый уровень

**105.** Тело, брошенное вертикально вверх, возвратилось в точку бросания. Определите отношение времени спуска ко времени подъема, если масса тела равна 0,5 кг, а сила сопротивления 3 Н.

**106.** Два рыбака тянут к берегу лодку, действуя на нее с постоянными силами. Если бы ее тянул лишь первый рыбак, она подошла бы к берегу со скоростью

0,3 м/с, если бы ее тянул только второй – со скоростью 0,4 м/с. С какой скоростью подойдет лодка к берегу, когда ее потянут оба рыбака? Сопротивление воды не учитывать. Во всех случаях лодка проходит одинаковый путь в направлении действия сил.

**107.** К покоящемуся на горизонтальной поверхности телу приложена равномерно возрастающая сила, направленная под углом  $30^\circ$  к горизонту. Определите модуль ускорения тела в момент отрыва от поверхности.

**108.** Автомобиль трогается с места с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . При скорости  $50 \text{ км/ч}$  ускорение автомобиля стало равным  $1 \text{ м/с}^2$ . С какой установившейся скоростью будет двигаться автомобиль, если сила сопротивления движению пропорциональна скорости? Силу тяги двигателя при движении считать постоянной.

## Вес тела. Сила упругости. Сила трения

### Второй уровень

**109.** Чему равен вес летчика-космонавта массой  $80 \text{ кг}$  при старте ракеты с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением  $15 \text{ м/с}^2$ ?

**110.** Груз массой  $150 \text{ кг}$  лежит на дне кабины движущегося вниз лифта и давит на дно с силой  $1800 \text{ Н}$ . Определите модуль и направление ускорения лифта.

**111.** Тело массой  $2 \text{ кг}$  движется по горизонтальной поверхности с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$  под действием горизонтальной силы. Найдите величину этой силы, если коэффициент трения между телом и поверхностью  $0,2$ .

**112.** Какой наибольшей массы сани с грузом можно равномерно перемещать по горизонтальной дороге, прикладывая силу тяги  $500 \text{ Н}$ ? Коэффициент трения  $0,1$ .

**113.** Определите коэффициент трения между бруском массой  $3 \text{ кг}$  и горизонтальной плоскостью, если в результате действия горизонтальной силы  $3,6 \text{ Н}$  он приобретает ускорение  $0,2 \text{ м/с}^2$ .

**114.** К находящемуся на горизонтальной плоскости бруску массой  $10 \text{ кг}$  приложена сила  $15 \text{ Н}$ , направленная горизонтально. Определите ускорение тела, если коэффициент трения равен  $0,1$ .

**115.** Груз массой 50 кг прижимают к вертикальной стенке силой 100 Н. Какая необходима сила, чтобы равномерно тянуть груз вертикально вверх? Коэффициент трения 0,3.

**116.** Пружина жесткостью 100 Н/м с грузом 100 г прикрепена к потолку лифта, движущегося с ускорением. Определите величину ускорения лифта, если удлинение пружины составляет 0,8 см.

**117.** Тело массой 0,4 кг равномерно тянут по горизонтальной поверхности с помощью пружины, расположенной параллельно поверхности. Найдите жесткость пружины, если она растянулась на 0,8 см. Коэффициент трения 0,4.

### Третий уровень

**118.** Под действием горизонтальной силы 12 Н тело движется по шероховатой поверхности по закону  $x = 5 + t^2$ . Определите массу тела, если коэффициент трения тела о поверхность 0,1.

**119.** Подъем груза массой 75 кг с помощью каната на высоту 15 м продолжался 3 с. Определите вес груза, если подъем происходил с постоянным ускорением.

**120.** Динамометр вместе с прикрепленным к нему грузом сначала поднимают вертикально вверх, затем опускают. В обоих случаях движение происходит с ускорением 6 м/с<sup>2</sup>. Чему равна масса груза, если разность показаний динамометра равна 24 Н? Массой динамометра пренебречь.

**121.** Брусok массой 0,3 кг прижимают к вертикальной стене силой 3 Н, направленной перпендикулярно стене. Коэффициент трения скольжения бруска по стене 0,8. Найдите ускорение бруска.

**122.** Два тела одинаковой массы соединены невесомой пружиной жесткостью 200 Н/м. Тела находятся на гладкой горизонтальной поверхности. К одному из тел приложена горизонтальная сила 20 Н. Определите удлинение пружины.

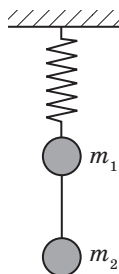
**123.** Деревянный брусok массой 2 кг тянут по деревянной доске, расположенной горизонтально, с ускорением 1 м/с<sup>2</sup> с помощью пружины жесткостью 200 Н/м.

Коэффициент трения равен 0,3. Найдите удлинение пружины.

**124.** Грузовик взял на буксир легковой автомобиль массой 2 т и, двигаясь равноускоренно, за 50 с проехал 400 м. На сколько при этом удлинился трос, соединяющий автомобили, если его жесткость  $2 \cdot 10^6$  Н/м? Трением пренебречь.

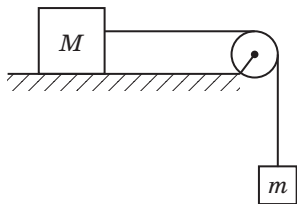
**125.** Груз массой 1 кг начинает подниматься вертикально вверх при помощи троса. В течение 2 с равноускоренного движения груз поднялся на высоту 5 м. Определите удлинение троса, если его коэффициент упругости 400 Н/м. Деформацию считать упругой. Массой троса и сопротивлением среды пренебречь.

**126.** К нижнему концу легкой пружины (см. рисунок) подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний  $m_1$  массой 0,2 кг и нижний  $m_2$  массой 0,1 кг. Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?



**127.** Два бруска массами  $M$  и  $m$  (см. рисунок) связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения скольжения между бруском массой  $M$  и столом равен 0,2. При каком отношении масс  $\frac{M}{m}$  бруски

будут скользить с ускорением в 10 раз меньшим ускорения свободного падения?



**128.** Два мальчика пытаются сдвинуть с места ящик массой 60 кг, толкая его во взаимно перпендикулярных направлениях. Сила, которую прикладывает один из них, равна 240 Н. Какую минимальную силу должен приложить к ящику другой мальчик, чтобы сдвинуть его с места? Коэффициент трения 0,5.

**129.** Тело массой 1 кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы 10 Н, направленной под углом  $30^\circ$  к горизонту. Определите ускорение тела, если коэффициент трения равен 0,6.

**130.** В лифте установлен бак с водой. Высота уровня воды относительно дна бака составляет 1 м. Определите давление воды на дно бака, если лифт движется вверх замедленно с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ .

### Четвертый уровень

**131.** Однородная цепочка длиной 20 см свешивается со стола и удерживается в равновесии силой трения. Найдите коэффициент трения, если известно, что наибольшая длина свисающего со стола конца, при которой цепочка еще не скользит, равна 4 см.

**132.** Санки массой 2 кг тянут за веревку силой 32,56 Н, направленной горизонтально. На санках сидит ребенок массой 20 кг. Коэффициент трения полозьев о снег 0,1. Найдите силу трения, действующую на ребенка.

## Движение тела, брошенного вертикально вверх (вниз)

### Первый уровень

**133.** С некоторой высоты без начальной скорости свободно падает тело. Длительность падения составляет 4 с. С какой высоты упало тело?

**134.** Камень, брошенный вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью 30 м/с, упал обратно на землю. Определите время полета камня.

**135.** Через 2 с после того, как тело было брошено вертикально вверх, оно оказалось на высоте 3 м. Определите начальную скорость тела.

**136.** Мяч брошен вверх со скоростью 20 м/с. На какую максимальную высоту он может подняться?

**137.** С крыши дома высотой 45 м упал кирпич. Какой скоростью он обладал перед ударом о землю?

## Второй уровень

**138.** Два тела брошены вертикально вверх с поверхности Земли. Начальная скорость первого тела в 2 раза больше начальной скорости второго. Найдите отношение высот максимального подъема этих тел.

**139.** Тело свободно падает с высоты 20 м. На какой высоте скорость тела равна половине максимальной скорости?

**140.** Одно тело бросили с высоты 10 м вертикально вверх, другое с высоты 20 м отпустили без начальной скорости. Определите начальную скорость первого тела, если тела упали на землю одновременно.

**141.** Над колодцем глубиной 10 м бросают вертикально вверх камень с начальной скоростью 14 м/с. Через сколько времени камень достигнет дна колодца?

**142.** С высоты 2,4 м вертикально вниз брошен предмет со скоростью 1 м/с. Через какое время он достигнет поверхности Земли?

**143.** Какой путь пройдет свободно падающее тело за шестую секунду своего падения, если его начальная скорость равна нулю?

**144.** Камень, брошенный вертикально вверх, на некоторой высоте оказался 2 раза: через 1 с и через 3 с после старта. Определите начальную скорость камня.

## Третий уровень

**145.** С высокой башни вертикально вниз бросили два камня с интервалом времени 2 с. Определите расстояние между камнями через 3 с после бросания второго камня, если начальные скорости камней одинаковы и равны 2 м/с.

**146.** Тело свободно падает с высоты 80 м. Какой путь оно пройдет в последнюю секунду своего падения?

**147.** С высоты 1000 м падает тело без начальной скорости. Одновременно с высоты 1100 м падает другое тело с некоторой начальной скоростью. Оба тела достигают земли в один и тот же момент времени. Найдите начальную скорость второго тела.

**148.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Найдите длину пути, пройденного телом за 5 с.

**149.** Два тела запущены одновременно навстречу друг другу с одинаковыми скоростями. Одно запущено вертикально вверх с поверхности Земли, а другое – вертикально вниз с высоты 30 м. Найдите эти скорости, если известно, что к моменту встречи одно из тел пролетело треть высоты.

**150.** Вертолет поднимается вверх со скоростью 10 м/с. На высоте 100 м из него выпадает предмет. Через сколько времени предмет упадет на землю?

**151.** Нырятьщик прыгает со скалы высотой 20 м и погружается на глубину 10 м. Сколько времени он двигался в воде до полной остановки? Движение в воде считать равнозамедленным.

**152.** Определите время равноускоренного движения снаряда в вертикальном стволе орудия, если снаряд достигает после выстрела высоты 4,5 км. Длина ствола 3 м.

**153.** Ракета, запущенная вертикально вверх, во время работы двигателя имела постоянное ускорение  $50 \text{ м/с}^2$ . Спустя 1 мин после старта двигатель ракеты отключился. Через какое время после отключения двигателя ракета упала на землю?

**154.** Тяжелый шарик, свободно падая с некоторой высоты, на середине пути пробил стеклянную пластинку и потерял половину своей скорости. Во сколько раз уменьшилась скорость падения на землю этого шарика?

**155.** Камень, свободно падающий с некоторой высоты без начальной скорости, за 1 с после начала движения проходит путь в 5 раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

**156.** Свободно падающее тело прошло последние 30 м за 0,5 с. С какой высоты падало тело?

**157.** Тело, свободно падающее с высоты 7,8 м, первый участок пути от начала движения проходит за время  $t$ , а такой же участок в конце – за время  $0,5t$ . Найдите значение  $t$ .

**158.** Ракета для фейерверка на высоте 100 м разрывается в воздухе на два осколка. Скорость первого осколка равна 60 м/с и направлена вертикально вверх, скорость второго осколка – 40 м/с и направлена вертикально



вниз. На каком расстоянии друг от друга окажутся осколки через 0,5 с?

**159.** Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 3 м/с. Когда оно достигло верхней точки полета, из того же пункта с такой же начальной скоростью бросили второе тело. На каком расстоянии от точки бросания тела встретятся?

### Четвертый уровень

**160.** Тело свободно падает с высоты 270 м. Разделите эту высоту на три части так, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

**161.** Камень падает в шахту. Через 6 с слышен стук камня о дно шахты. Определите глубину шахты, если скорость звука составляет 300 м/с.

**162.** Лифт начинает подниматься с ускорением  $2,3 \text{ м/с}^2$ . Когда его скорость достигла 2,4 м/с, с потолка кабины лифта начал падать болт. Чему равны время падения и модуль перемещения болта относительно земли? Высота кабины лифта 2,5 м.

## Движение тела, брошенного горизонтально

### Первый уровень

**163.** Мячик бросили горизонтально со скоростью 6 м/с. Через 2 с он упал на землю. С какой высоты был брошен мячик? Какова его дальность полета?

**164.** Предмет брошен горизонтально с высоты 10 м. Определите время падения предмета.

### Второй уровень

**165.** Вертолет летит горизонтально на высоте 125 м с постоянной скоростью 20 м/с. С вертолета нужно сбросить груз на корабль, движущийся встречным курсом со скоростью 5 м/с. На каком расстоянии от корабля летчик должен сбросить груз?

**166.** Мальчик бросил горизонтально мяч из окна, находящегося на высоте 20 м. Сколько времени летел мяч

до земли? Какова начальная скорость мяча, если дальность полета составила 10 м?

**167.** Тело брошено горизонтально со скоростью 5 м/с на высоте 20 м над землей. Найдите горизонтальную дальность полета.

**168.** Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело?

**169.** Камень, брошенный горизонтально с обрыва высотой 10 м, упал на расстоянии 14 м от точки бросания. Какова начальная скорость камня?

**170.** Какую минимальную скорость должен иметь мяч, брошенный горизонтально с высоты 8 м, чтобы перелететь через препятствие высотой 3 м, расположенное по горизонтали на расстоянии 10 м от точки бросания?

### Третий уровень

**171.** С вершины горы, образующей угол  $60^\circ$  с горизонтом, в горизонтальном направлении брошен камень, который упал на склон горы на расстоянии 20 м от вершины. Определите начальную скорость камня.

**172.** Тело брошено с обрыва в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с. Высота обрыва 20 м. Определите величину перемещения тела за время полета.

**173.** Камень, брошенный горизонтально с вышки, через 3 с упал на землю на расстоянии 60 м от основания вышки. Чему равна конечная скорость камня?

**174.** Скорость камня, брошенного горизонтально, через 1,7 с увеличилась по модулю в 2 раза. Найдите начальную скорость камня.

**175.** С крутого берега реки высотой 20 м бросили горизонтально камень со скоростью 15 м/с. Чему равен модуль скорости камня в момент падения?

**176.** Камень брошен горизонтально. Через 2 с после броска направление его скорости составило угол  $45^\circ$  с горизонтом. Определите начальную скорость камня.

**177.** Камень, брошенный горизонтально с высоты 5 м, упал на землю со скоростью, направленной под углом  $60^\circ$  к горизонту. Определите начальную скорость камня.

**178.** Спортсмен, прыгающий в воду с трамплина высотой 5 м, после разбега развил горизонтально направленную скорость 6 м/с. Каков угол направления скорости к горизонту при достижении спортсменом воды?

**179.** С высоты 5,5 м от земли горизонтально брошен камень так, что он подлетел к земле под углом  $45^\circ$ . Сколько метров он пролетел по горизонтали?

**180.** С вертолета, летящего горизонтально на высоте 125 м со скоростью 72 км/ч, сбросили груз. На какой высоте его скорость будет направлена под углом  $45^\circ$  к горизонту?

### Четвертый уровень

**181.** В мишень, расположенную на расстоянии 50 м, сделано два выстрела в горизонтальном направлении при одинаковой наводке винтовки. Скорость первой пули была равна 320 м/с, второй – 350 м/с. Определите расстояние между отверстиями, оставленными пулями на мишени.

**182.** Из винтовки, установленной горизонтально, производят два выстрела в мишень, расположенную перпендикулярно плоскости стрельбы на расстоянии 100 м. Вследствие неодинаковости зарядов вторая пуля попала на 1,7 см ниже первой. Определите скорость второй пули, если скорость первой пули скорость 700 м/с.

**183.** Два стальных бруска высотой 40 см образуют вертикальную щель шириной 2 см. Перпендикулярно щели подкатывается стальной шарик с горизонтальной скоростью 1 м/с, проваливается в нее и падает на пол, ударившись о стенки несколько раз. Найдите число ударов шарика о стенки щели. Диаметр шарика пренебречь. Удары считать упругими.

## Движение тела, брошенного под углом к горизонту

### Второй уровень

**184.** Мальчик бросает мяч со скоростью 20 м/с под углом  $30^\circ$  к горизонту. Спустя 0,5 с мяч ударяется о стенку. Определите расстояние между мальчиком и стенкой.

**185.** Струя воды вытекает из шланга со скоростью 8 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. На какую максимальную высоту она поднимется?

**186.** Тело брошено с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту так, что проекция начальной скорости на ось  $Ox$  составила 5 м/с, на ось  $Oy$  – 8,7 м/с. С какой скоростью было брошено тело?

**187.** Стрела, выпущенная с горизонтальной поверхности под углом, упала через 4 с полета. Найдите дальность полета стрелы, если через 2 с после выстрела ее скорость стала 50 м/с?

**188.** Из шланга, установленного на земле, бьет под углом  $30^\circ$  к горизонту струя воды, вылетая со скоростью 15 м/с. Определите дальность полета струи.

**189.** Двое играют в мяч, бросая его друг другу под некоторым углом к горизонту. Какой наибольшей высоты достигает мяч во время игры, если от одного игрока к другому он летит 2 с?

**190.** Камень, брошенный с башни вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту, имел начальную скорость 10 м/с. Чему равна высота башни, если камень упал на землю через 3 с?

### Третий уровень

**191.** Камень, брошенный с поверхности Земли под углом к горизонту, находился в полете 3 с. Найдите максимальную высоту, на которую поднялся камень во время полета.

**192.** Тело, брошенное под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью 10 м/с, через некоторое время дважды оказалось на высоте 1 м. Найдите это время.

**193.** Камень, брошенный под углом  $30^\circ$  к горизонту, дважды побывал на одной и той же высоте: спустя 3 и 5 с после начала движения. Найдите начальную скорость камня и эту высоту.

**194.** Камень был брошен под углом  $45^\circ$  к горизонту с высоты 2,1 м и упал на расстоянии 42 м от места бросания по горизонтали. Какова начальная скорость камня?

**195.** Тело, брошенное под углом к горизонту, имеет дальность полета 40 м и максимальную высоту подъема 10 м. Под каким углом к горизонту было брошено тело?

**196.** Тело брошено под некоторым углом к горизонту так, что максимальная высота подъема в 4 раза меньше дальности полета. Определите угол бросания.

**197.** Два тела брошены с поверхности Земли под углами  $60^\circ$  и  $30^\circ$  к горизонту. Определите отношение начальных скоростей, если известно, что тела упали на землю в одном и том же месте.

**198.** Футболист наносит удар по мячу, после чего мяч летит со скоростью  $13 \text{ м/с}$  под углом  $30^\circ$  к горизонту. Попадет ли мяч в ворота, если удар производится с расстояния  $11 \text{ м}$ , а высота ворот  $2,2 \text{ м}$ ?

**199.** Определите дальность полета мяча, брошенного с земли под углом  $45^\circ$  к горизонту, если время полета оказалось равным  $3 \text{ с}$ .

**200.** Найдите дальность полета тела, запущенного с земли со скоростью  $20 \text{ м/с}$  под углом к горизонту, если время полета составило  $3 \text{ с}$ .

**201.** Камень бросили с балкона высотой  $30 \text{ м}$  со скоростью  $20 \text{ м/с}$  под углом  $30^\circ$  к горизонту. Через какое время камень упадет на землю?

**202.** Шарик, брошенный с поверхности Земли со скоростью  $12 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к горизонту, упал на землю на некотором расстоянии от места бросания. С какой высоты над первоначальной точкой бросания надо кинуть шарик в горизонтальном направлении, чтобы при той же начальной скорости он упал на то же место?

**203.** На некоторой высоте одновременно из одной точки брошены два тела под углом  $45^\circ$  к вертикали с одинаковыми по модулю скоростями  $20 \text{ м/с}$ : одно – вверх, другое – вниз. Определите разность высот, на которых окажутся тела через  $2 \text{ с}$ .

### Четвертый уровень

**204.** Из шланга под углом  $30^\circ$  к горизонту бьет струя воды с начальной скоростью  $15 \text{ м/с}$ . Площадь сечения шланга  $1 \text{ см}^2$ . Определите массу воды в струе, находящейся в воздухе.

**205.** С высоты  $20 \text{ м}$  свободно падает стальной шарик. Через  $1 \text{ с}$  после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под уг-

лом  $30^\circ$  к горизонту. На какую высоту над поверхностью Земли поднимется шарик после удара? Удар шарика считать абсолютно упругим.

**206.** Из отверстия шланга, прикрытого пальцем, бьют две струи воды под углами  $60^\circ$  и  $45^\circ$  к горизонту. На каком расстоянии по горизонтали струи пересекутся, если их начальные скорости  $5 \text{ м/с}$ ?

**207.** На плоскости с углом наклона  $30^\circ$  к горизонту бросают мяч под углом  $60^\circ$  к этой плоскости. С какой скоростью надо кинуть мяч, чтобы он попал в цель, расположенную на расстоянии  $10 \text{ м}$  от точки бросания?

**208.** Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Найдите угол между направлением движения шарика и наклонной плоскостью непосредственно перед вторым ударом шарика о плоскость. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ . Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна  $1 \text{ м/с}$ .

**209.** Цель и пушка находятся на одном уровне на расстоянии  $5 \text{ км}$  друг от друга. Через какое время снаряд, вылетевший со скоростью  $240 \text{ м/с}$ , достигнет цели?

**210.** Пожарный направляет струю воды на крышу дома высотой  $20 \text{ м}$ . На каком расстоянии по горизонтали от пожарного падает струя на крышу дома, если максимальная высота подъема струи  $30 \text{ м}$  и из ствола брандспойта она вырывается со скоростью  $25 \text{ м/с}$ ?

## Закон всемирного тяготения

### Первый уровень

**211.** Масса космической станции  $19 \text{ т}$ , масса космонавта в скафандре  $100 \text{ кг}$ . Найдите силу гравитационного взаимодействия между станцией и космонавтом на расстоянии  $100 \text{ м}$ .

**212.** Масса Земли  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ , масса Луны  $7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ , расстояние между их центрами  $384\,000 \text{ км}$ . Определите силу тяготения между Землей и Луной.

**213.** Два шара, находящиеся на расстоянии  $1 \text{ м}$  друг от друга, притягиваются с силами  $33,35 \cdot 10^{-10} \text{ Н}$ . Масса первого шара  $10 \text{ кг}$ . Определите массу второго шара.

**214.** Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых тел, чтобы на расстоянии 1 км они притягивались с силой 1 Н?

**215.** На некоторой планете сила тяжести, действующая на тело массой 4 кг, равна 8 Н. Найдите по этим данным ускорение свободного падения на планете.

**216.** Найдите вес космонавта на Луне, если на Земле его вес 700 Н. Ускорение свободного падения на Земле считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ , на Луне –  $1,7 \text{ м/с}^2$ .

**217.** Оцените массу Земли по ее полярному радиусу 6370 км и ускорению свободного падения на полюсе  $9,83 \text{ м/с}^2$ .

**218.** Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если масса планеты  $64 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ , а радиус 3400 км.

**219.** Каково ускорение свободного падения на высоте, равной двум радиусам Земли? Радиус Земли 6400 км, масса Земли  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ .

**220.** Масса некоторой планеты в 8 раз больше массы Земли, а радиус в 2 раза больше радиуса Земли. Найдите отношение ускорения свободного падения у поверхности планеты к ускорению свободного падения у поверхности Земли.

## Второй уровень

**221.** Человек, находясь на Земле, притягивается к ней силой 750 Н. С какой силой он будет притягиваться к планете, находясь на ее поверхности, если радиус планеты меньше радиуса Земли в 4 раза, а масса меньше массы Земли в 80 раз?

**222.** Определите отношение силы тяжести, действующей на ракету на поверхности Земли, к силе тяжести на высоте, равной радиусу Земли.

**223.** Во сколько раз увеличится сила гравитационного притяжения между двумя телами, если массу одного из тел и расстояние между телами уменьшить в 2 раза?

**224.** Во сколько раз уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми шарами, если вначале шары соприкасаются друг с другом, а затем один из шаров отодвинули на расстояние, равное диаметру шаров?

**225.** Два шара радиусами 20 и 80 см соприкасаются друг с другом. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между шарами, если их раздвинуть на 100 см?

**226.** Определите модуль силы взаимодействия тела массой 2 кг и Земли, если тело удалено от поверхности на расстояние, в 3 раза превышающее радиус планеты. Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

**227.** Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 т на высоте 100 км над поверхностью Земли. Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $9,8 \text{ м/с}^2$ .

### Третий уровень

**228.** На какой высоте над поверхностью Земли ускорение свободного падения в 16 раз меньше, чем на поверхности Земли?

**229.** Определите, на какой высоте от поверхности Земли ускорение свободного падения равно  $5 \text{ м/с}^2$ . Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

**230.** Радиус некоторой планеты в  $\sqrt{2}$  раз меньше радиуса Земли, а ускорение свободного падения на поверхности планеты в 3 раза меньше, чем на поверхности Земли. Во сколько раз масса планеты меньше массы Земли?

**231.** Средняя плотность Венеры  $4900 \text{ кг/м}^3$ , а радиус планеты 6200 км. Найдите ускорение свободного падения на поверхности Венеры.

**232.** Плотность некоторой планеты такая же, как у Земли, а радиус этой планеты в 2 раза меньше, чем у Земли. Найдите значение ускорения свободного падения на поверхности этой планеты. На поверхности Земли ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

### Четвертый уровень

**233.** Расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке прямой (указать расстояние



от центра Земли), соединяющей их центры, тело будет притягиваться к Земле и Луне с одинаковыми силами? Радиус Земли 6400 км.

**234.** Сколько метров пройдет тело, свободно падая без начальной скорости, в течение первых 3 с у поверхности планеты, радиус которой меньше земного на одну треть, а средняя плотность планеты на 10% меньше, чем у Земли? Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

## **Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью**

### **Первый уровень**

**235.** Автомобиль движется на повороте по круговой траектории радиусом 50 м с постоянной по модулю скоростью 10 м/с. Определите ускорение автомобиля.

**236.** Поезд выезжает на закругленный участок пути и проходит 600 м за 30 с, двигаясь с постоянной по модулю скоростью. Определите ускорение поезда, если радиус закругления 1000 м.

**237.** Длина секундной стрелки настенных часов 20 см. С какой скоростью перемещается стрелка по циферблату?

**238.** Луна вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом  $384 \cdot 10^3$  км. Найдите центростремительное ускорение Луны, если время одного полного оборота вокруг Земли составляет 27,3 суток.

**239.** Тело вращается равномерно по окружности радиусом 2 м, совершая один оборот за 6,28 с. Определите ускорение тела.

**240.** Скорость точек рабочей поверхности шлифовального круга 100 м/с. Определите время одного полного оборота круга, если его диаметр 40 см.

**241.** Космонавт проходит тренировку на центрифуге радиусом 18 м. С какой скоростью движется космонавт, если его центростремительное ускорение  $40,5 \text{ м/с}^2$ ?

**242.** Время одного полного оборота диска 0,25 с. Найдите центростремительное ускорение точек, которые находятся на расстоянии 4 см от центра диска.

## Второй уровень

**243.** Велосипедист ехал со скоростью 8 м/с. Сколько полных оборотов совершило колесо диаметром 70 см за 1 мин?

**244.** К барабану, диаметр которого 0,5 м, прикреплен трос. Через 5 с после начала равномерного вращения барабана на него намоталось 10 м троса. Чему равен период вращения барабана?

**245.** Электровоз движется со скоростью 75,6 км/ч. Найдите число оборотов колес электровоза за 10 с, если колеса имеют диаметр 1200 мм.

**246.** Определите скорость точек на поверхности маховика, если за 1 мин он совершает 3000 оборотов, а его радиус равен 40 см.

**247.** Минутная стрелка часов на Спасской башне Кремля имеет длину 3,5 м. На сколько передвинется конец стрелки за 1 мин?

**248.** Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее часовой. Во сколько раз линейная скорость конца минутной стрелки больше скорости конца часовой?

**249.** Одно колесо равномерно вращается, совершая 50 оборотов в секунду. Второе колесо, равномерно вращаясь, делает 500 оборотов за 30 с. Во сколько раз угловая скорость первого колеса больше, чем второго?

**250.** Велосипедист массой 80 кг движется со скоростью 10 м/с по вогнутому мосту, траектория его движения является дугой окружности радиусом 20 м. Определите силу упругости, действующую на велосипедиста в нижней точке моста.

**251.** Автомобиль массой 1 т движется со скоростью 20 м/с по выпуклому мосту, представляющему собой дугу окружности радиусом 100 м. С какой силой давит автомобиль на мост в верхней точке?

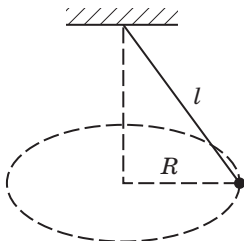
## Третий уровень

**252.** На станке производится сверление отверстия диаметром 20 мм при скорости внешних точек сверла 400 мм/с и подаче 0,5 мм на один оборот сверла. Сколько времени потребуется, чтобы просверлить отверстие в детали глубиной 150 мм?

**253.** Каков радиус вращающегося колеса, если скорость точек его обода равна  $0,5$  м/с, а скорость точек, находящихся на  $4$  см ближе к оси вращения, равна  $0,3$  м/с?

**254.** Два шкива соединены ременной передачей. Ведущий шкив делает  $600$  оборотов в минуту. Ведомый шкив делает  $3000$  оборотов в минуту. Каким должен быть диаметр ведущего шкива, если диаметр ведомого  $10$  см?

**255.** Шарик подвешен на нити длиной  $l = 50$  см. Во сколько раз увеличится сила натяжения нити, если шарик раскрутить по окружности радиусом  $R = 30$  см в горизонтальной плоскости (см. рисунок)?



**256.** Мальчик вращает шарик массой  $50$  г, прикрепленный к нити, в вертикальной плоскости с постоянной скоростью по окружности. Определите разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории.

**257.** Математический маятник имеет массу груза  $1$  кг и длину нити  $20$  см. В момент, когда нить образует угол  $60^\circ$  с вертикалью, скорость груза маятника равна  $1$  м/с. Какова в этот момент сила натяжения нити?

**258.** Велосипедист движется по горизонтальной плоскости, описывая дугу окружности радиусом  $80$  м, с максимально возможной скоростью  $64$  км/ч. Определите коэффициент трения резины о почву.

**259.** На горизонтальной вращающейся платформе на расстоянии  $10$  см от оси вращения лежит груз. Коэффициент трения между грузом и платформой  $0,01$ . При какой скорости вращения платформы груз начнет скользить?

**260.** Шарик массой 100 г, подвешенный на легкой нити, равномерно вращается в горизонтальной плоскости с центростремительным ускорением  $a = 0,75g$  (конический маятник). Найдите силу натяжения нити.

### Четвертый уровень

**261.** Диаметр колеса велосипеда равен 70 см, ведущая зубчатка имеет 48 зубьев, а ведомая – 18 зубьев. С какой скоростью движется велосипедист при частоте вращения педалей 1 оборот в секунду?

**262.** Циркулярная пила имеет диаметр 600 мм. На ось пилы насажен шкив диаметром 300 мм, который приводится во вращение посредством ременной передачи от шкива диаметром 120 мм, насаженного на вал электродвигателя. Какова скорость зубьев пилы, если вал электродвигателя совершает 1200 оборотов в минуту?

**263.** Минутная и часовая стрелки часов стоят на цифре 12. Через какой минимальный промежуток времени они будут направлены в противоположные стороны?

**264.** Две материальные точки одновременно начинают двигаться по окружности из одного положения в противоположных направлениях. Через какое время от начала движения они встретятся, если время одного полного оборота первой точки 3 с, а второй – 6 с?

## Движение искусственных спутников

### Второй уровень

**265.** Вычислите первую космическую скорость у поверхности Луны. Радиус Луны 1760 км. Ускорение свободного падения  $1,6 \text{ м/с}^2$ .

**266.** Чему равна первая космическая скорость для планеты, масса и радиус которой в 3 раза больше, чем у Земли? Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли  $10 \text{ м/с}^2$ .

**267.** Определите первую космическую скорость у поверхности Луны, если радиус Луны 1760 км, а ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше ускорения свободного падения у поверхности Земли.

### Третий уровень

**268.** Ускорение свободного падения на поверхности некоторой планеты  $12,2 \text{ м/с}^2$ , а ее радиус  $8200 \text{ км}$ . Определите скорость спутника, движущегося по круговой орбите вокруг этой планеты на высоте, равной радиусу планеты.

**269.** Космический корабль движется по круговой орбите радиусом  $13\,000 \text{ км}$  около некоторой планеты со скоростью  $10 \text{ км/с}$ . Каково ускорение свободного падения на поверхности этой планеты, если ее радиус  $10\,000 \text{ км}$ ?

**270.** Масса некоторой планеты в  $4,4$  раза больше массы Земли, а ее радиус в  $2$  раза больше радиуса Земли. Во сколько раз первая космическая скорость на этой планете больше, чем на Земле?

**271.** Определите радиус круговой траектории спутника Земли, для которой скорость спутника будет вдвое меньше первой космической скорости на Земле. Радиус Земли  $6400 \text{ км}$ .

**272.** Спутник движется вокруг планеты по орбите радиусом  $6209 \text{ м}$  со скоростью  $40 \text{ км/с}$ . Какова плотность планеты, если ее радиус  $4 \cdot 10^8 \text{ м}$ ?

**273.** Каким должен быть радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, чтобы он все время находился над одной и той же точкой земной поверхности на экваторе? Масса Земли  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ .

**274.** Найдите период обращения спутника, движущегося вокруг Луны вблизи ее поверхности, если средняя плотность Луны  $3300 \text{ кг/м}^3$ .

### Четвертый уровень

**275.** Средняя высота спутника над поверхностью Земли  $1700 \text{ км}$ . Определите его период вращения. Радиус Земли  $6400 \text{ км}$ , ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

**276.** На какой высоте должен вращаться спутник в плоскости экватора, чтобы за земные сутки совершить  $14$  оборотов вокруг Земли? Радиус Земли  $6400 \text{ км}$ , ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ , продолжительность суток  $24 \text{ ч}$ .

# ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

## Основные понятия, соотношения, формулы

**Импульс тела** ( $\vec{p}$ ) – векторная физическая величина, характеризующая возможность движущегося тела изменить скорость другого тела и равная произведению массы тела ( $m$ ) на скорость его движения ( $v$ ):

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

**Закон сохранения импульса:** векторная сумма импульсов замкнутой системы тел до взаимодействия равна векторной сумме импульсов этих тел после их взаимодействия:

$$\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2.$$

**Реактивное движение** – это движение тела, возникающее вследствие отделения от него с некоторой скоростью какой-либо части.

**Закон сохранения и превращения механической энергии:** механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной, если между телами системы действуют только силы тяготения и силы упругости (а сила трения отсутствует):

$$E_{п1} + E_{к1} = E_{п2} + E_{к2}.$$

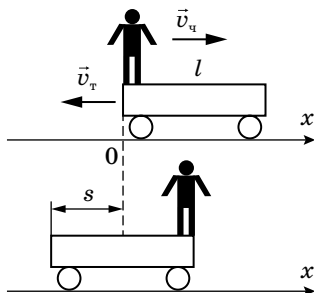
## Примеры решения задач

1. Тележка массой 140 кг и длиной 5 м стоит на гладких рельсах. Человек, масса которого 60 кг, переходит с одного ее конца на другой параллельно рельсам (см. рисунок). На какое расстояние относительно Земли переместится при этом тележка?

Д а н о:  
 $M = 140$  кг  
 $l = 5$  м  
 $m = 60$  кг  


---

 $s = ?$



**Решение:**

Система тел – тележка и человек – замкнутая. В системе отсчета, связанной с Землей, вначале тележка и человек покоились. Следовательно, векторная сумма их импульсов была равна нулю. Как только человек пошел вдоль тележки со скоростью  $\vec{v}_q$  относительно нее, тележка стала двигаться ему навстречу со скоростью  $\vec{v}_T$  относительно Земли. Тогда векторная сумма их импульсов стала равной:  $m(\vec{v}_q + \vec{v}_T) + M\vec{v}_T = 0$ .

Запишем закон сохранения импульса для этой замкнутой системы  $m(\vec{v}_q + \vec{v}_T) + M\vec{v}_T = 0$ .

Запишем это уравнение в проекциях на ось  $OX$ :  $m(v_q - v_T) - Mv_T = 0$ .

Вследствие того что человек и тележка движутся одновременно, можно считать, что  $v_q = \frac{l}{t}$ ,  $v_T = \frac{s}{t}$ . Значит,  $m\frac{l}{t} - m\frac{s}{t} - M\frac{s}{t}$ , тогда получим:  $ml = s(m + M)$ . Следовательно,  $s = \frac{ml}{(m + M)}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$s = \frac{60 \text{ кг} \cdot 5 \text{ м}}{200 \text{ кг}} = 1,5 \text{ м}.$$

Ответ:  $s = 1,5 \text{ м}$ .

**2.** Тело брошено под углом к горизонту с высоты 5 м над поверхностью Земли со скоростью 20 м/с. Чему будет равна его скорость на высоте 17,8 м? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**Дано:**

$$\begin{aligned} h_0 &= 5 \text{ м} \\ v_0 &= 20 \text{ м/с} \\ h_1 &= 17,8 \text{ м} \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ v_1 &= ? \end{aligned}$$

**Решение:**

Запишем закон сохранения энергии для этой ситуации:  $mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2}$ .

Отсюда следует, что  $v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2g(h_1 - h_0)}$ .

Подставив числовые значения, получим:

$$v_1 = \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 12,8 \text{ м}} = 12 \text{ м/с}.$$

Ответ:  $v_1 = 12 \text{ м/с}$ .

## Импульс тела. Закон сохранения импульса

### Первый уровень

**277.** Шарик массой  $0,2$  кг равномерно вращается по окружности со скоростью  $0,8$  м/с. Чему равен модуль импульса шарика?

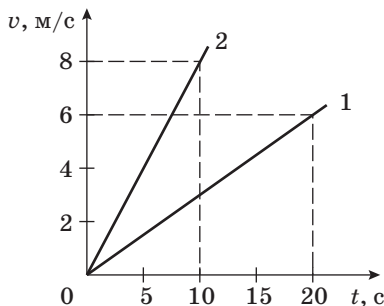
**278.** Определите массу пули, если при скорости движения  $600$  м/с она обладает импульсом  $6$  кг·м/с?

**279.** Скорость автобуса массой  $4$  т на некотором участке пути возросла от  $5$  до  $10$  м/с. Определите изменение импульса автобуса.

**280.** Навстречу друг другу летят два пластилиновых шарика. Модули их импульсов равны соответственно  $0,05$  и  $0,03$  кг·м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Определите импульс слипшихся шариков.

**281.** Пуля массой  $6$  г, летящая горизонтально со скоростью  $300$  м/с, попадает в брусок, лежащий на гладком полу, и пробивает его насквозь. Масса бруска  $500$  г, скорость пули после вылета  $150$  м/с. Определите скорость движения бруска после вылета пули.

**282.** Первый автомобиль имеет массу  $1000$  кг, второй –  $500$  кг. Скорости их движения изменяются в соответствии с графиками (см. рисунок). Найдите отношение импульса второго автомобиля к импульсу первого через  $10$  с после начала движения.



**283.** Тепловоз массой  $130$  т приближается со скоростью  $2$  м/с к неподвижному составу массой  $1170$  т.



С какой скоростью будет двигаться состав после сцепления с тепловозом?

**284.** Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает горизонтально груз массой 5 кг со скоростью 8 м/с, направленной горизонтально. Определите массу конькобежца, если после броска он приобрел скорость, равную 0,5 м/с.

**285.** Два тела массами 400 и 200 г двигались навстречу друг другу и после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 0,8 м/с?

**286.** Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 5 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 300 г, движущимся в том же направлении со скоростью 4 м/с. Найдите скорости шаров после удара.

**287.** Снаряд массой 50 кг, летящий параллельно рельсам со скоростью 400 м/с, попадает в движущуюся платформу с песком и застревает в песке. Масса платформы с песком 20 т. С какой скоростью будет двигаться платформа со снарядом, если она катилась навстречу снаряду со скоростью 2 м/с?

## Второй уровень

**288.** Движение тела массой 100 г описывается уравнением  $x = 2 + 8t - 3t^2$ . Определите модуль импульса тела в момент времени 2 с.

**289.** Шар массой 80 г налетает со скоростью 2 м/с на покоящийся шар массой 40 г. Считая удар абсолютно неупругим и центральным, найдите изменение импульса второго шара при столкновении.

**290.** Шар массой 0,1 кг движется со скоростью 0,5 м/с. После удара о стенку шар стал двигаться в противоположном направлении со скоростью 0,4 м/с. Чему равно изменение импульса шара в результате удара о стенку?

**291.** Автомобиль массой 2 т начинает разгоняться из состояния покоя по горизонтальному пути под действием постоянной силы. Определите величину импульса автомобиля через 10 с после начала движения, если он двигался с ускорением 1,2 м/с<sup>2</sup>.

**292.** Тело массой  $1\text{ кг}$  равномерно вращается по окружности радиусом  $1\text{ м}$  с центростремительным ускорением  $0,25\text{ м/с}^2$ . Определите модуль импульса тела.

**293.** На вагонетку массой  $800\text{ кг}$ , катящуюся по горизонтальному пути со скоростью  $0,2\text{ м/с}$ , насыпали сверху  $200\text{ кг}$  щебня. На сколько уменьшилась скорость вагонетки?

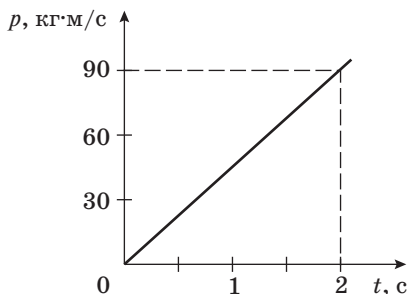
**294.** Снаряд массой  $40\text{ кг}$ , летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $600\text{ м/с}$ , разрывается на две части массами  $30$  и  $10\text{ кг}$ . Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью  $900\text{ м/с}$ . Определите величину и направление скорости меньшей части снаряда.

**295.** Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростями  $3\text{ м/с}$  каждое, после соударения стали двигаться вместе со скоростью  $1,5\text{ м/с}$ . Найдите отношение массы первого тела к массе второго.

**296.** Два человека на роликовых коньках стоят друг против друга. Масса первого человека  $70\text{ кг}$ , второго —  $80\text{ кг}$ . Первый бросает второму груз массой  $10\text{ кг}$  со скоростью  $5\text{ м/с}$ , направленной горизонтально. Определите скорость первого человека после броска и второго после того, как он поймает груз. Трением пренебречь.

**297.** К тележке, которая может двигаться по горизонтالي без трения, прикладывают силу  $6\text{ Н}$ . Определите импульс тележки через  $2\text{ с}$  после начала движения.

**298.** На рисунке изображена зависимость импульса тела при равноускоренном прямолинейном движении от времени. Пользуясь графиком, определите равнодействующую силу, приложенную к телу.



**299.** Тело массой  $0,2$  кг падает с высоты  $1$  м с ускорением  $8 \text{ м/с}^2$ . Чему равен импульс тела к концу падения?

**300.** С балкона высотой  $20$  м упал на землю мяч массой  $0,2$  кг. Из-за сопротивления воздуха скорость мяча у земли оказалась на  $20\%$  меньше скорости тела, свободно падающего с высоты  $20$  м. Найдите импульс мяча в момент падения.

### Третий уровень

**301.** Масса пушки  $900$  кг. Из нее вылетает ядро массой  $10$  кг с начальной скоростью  $200 \text{ м/с}$  относительно земли под углом  $60^\circ$  к горизонту. Какова скорость отката пушки?

**302.** Ракета, масса которой без заряда  $400$  г, при сгорании топлива поднялась на высоту  $125$  м. Масса топлива  $50$  г. Определите скорость выхода газов из ракеты, считая, что сгорание топлива происходит мгновенно.

**303.** Два шарика массами  $2$  и  $3$  г движутся в горизонтальной плоскости со скоростями  $6$  и  $4 \text{ м/с}$  соответственно. Направление движения шариков составляет друг с другом  $90^\circ$ . Чему равен импульс шариков после их неупругого столкновения?

**304.** Человек, стоя на льду, бросает вдоль льда камень массой  $0,5$  кг. За  $2$  с камень прошел до остановки путь  $20$  м. С какой скоростью после броска камня начнет двигаться человек, если его масса  $60$  кг?

**305.** Конькобежец массой  $70$  кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $3$  кг, который летит со скоростью  $8 \text{ м/с}$ . Найдите, на какое расстояние откатится конькобежец, если на него действует сила трения  $14 \text{ Н}$ .

**306.** На краю стола высотой  $1$  м лежит маленький шарик массой  $100$  г. В него попадает пуля массой  $10$  г, которая летит горизонтально со скоростью  $100 \text{ м/с}$ , направленной в центр шарика. Пуля застревает в шарике. На каком расстоянии от стола по горизонтали упадет шарик на землю?

**307.** Лодка длиной  $3$  м стоит в неподвижной воде. При переходе человека с носа на корму лодка сдвину-

лась на 0,75 м. Определите массу человека, если масса лодки 180 кг. Сопротивлением воды движению лодки пренебречь.

**308.** Стоящий на льду человек массой 60 кг ловит мяч массой 0,5 кг, который летит горизонтально со скоростью 20 м/с. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения 0,05?

### Четвертый уровень

**309.** Струя воды сечением 6 см<sup>2</sup> ударяет о стенку под углом 60° к нормали (перпендикуляру к стенке) и упруго отскакивает от стенки. Найдите силу, действующую на стенку, если известно, что скорость течения воды в струе 12 м/с.

**310.** Спортсмен, стоящий на краю плота лицом к нему, решил перепрыгнуть через плот в воду. Какую максимальную ширину плота он может преодолеть в прыжке, если его начальная скорость 35 м/с? Масса плота в 2 раза больше массы спортсмена.

**311.** Снаряд массой 1 кг летел горизонтально со скоростью 200 м/с. На высоте 125 м он разорвался на две части. Меньшая часть снаряда массой 0,3 кг продолжила двигаться в прежнем направлении со скоростью 400 м/с. Найдите расстояние между точками падения осколков.

**312.** С какой силой давит на землю кобра, готовая к прыжку, поднимаясь вертикально вверх с постоянной скоростью  $v$ ? Масса змеи  $m$ , ее длина  $L$ .

## Закон сохранения и превращения механической энергии

### Второй уровень

**313.** На дне шахты глубиной 20 м лежит мяч. С какой минимальной скоростью должен быть брошен мяч со дна шахты, чтобы он вылетел из нее?

**314.** Автомобиль массой 1 т подъезжает со скоростью 20 м/с к подъему высотой 5 м. В конце подъема

его скорость уменьшилась до 6 м/с. Каково изменение механической энергии автомобиля?

**315.** На гладком горизонтальном столе лежит канат длиной 2 м, один из концов которого немного свисает. Определите скорость каната, когда он весь соскользнет со стола. Сила трения отсутствует.

**316.** Однородная веревка длиной 1 м переброшена через блок так, что вначале она находится в равновесии. Ее немного смещают, и она начинает соскальзывать с блока. Найдите скорость веревки в тот момент, когда она полностью соскользнет с блока. Трение не учитывать.

**317.** По горизонтальной поверхности катится без проскальзывания обруч массой 0,5 кг со скоростью 0,6 м/с. Чему равна его кинетическая энергия?

**318.** Камень массой 1 кг бросили с высоты 30 м, сообщив ему начальную скорость 25 м/с. Перед ударом о землю скорость камня составляла 30 м/с. Определите величину механической энергии, перешедшей во внутреннюю в результате действия силы трения.

**319.** С какой скоростью был брошен камень под углом к горизонту, если на высоте 7,5 м его скорость оказалась вдвое меньше скорости в момент бросания? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**320.** Кинетическая энергия некоторого движущегося тела равна 8 Дж, а импульс равен 4 кг·м/с. Определите массу тела.

**321.** Из пушки массой 2 т, не имеющей противооткатного устройства, горизонтально вылетает снаряд массой 5 кг с кинетической энергией  $9 \cdot 10^5$  Дж. Определите скорость, которую получает орудие вследствие отдачи.

**322.** Тело массой 200 г брошено вертикально вниз со скоростью 2 м/с. Определите кинетическую энергию тела через 3 с после начала падения.

**323.** Тело массой 100 г брошено вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. В верхней точке траектории потенциальная энергия тела равна 8 Дж. Определите потенциальную энергию в точке старта.

**324.** Вагон массой 20 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 2 м/с, догоняет вагон массой 40 т, движущийся со скоростью 1 м/с, и сцепляется

с ним. На сколько изменится механическая энергия вагонов после сцепления?

### Третий уровень

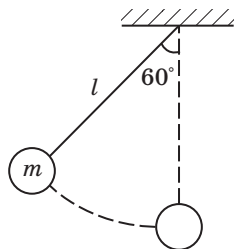
**325.** Покоящийся атом распадается на две части массами  $m_1$  и  $m_2$  с отношениями энергий этих частей  $\frac{1}{4}$ . Определите отношение масс  $\frac{m_1}{m_2}$  получившихся частиц.

**326.** Шар массой 3 кг при скорости 2 м/с испытал абсолютно неупругий удар с покоящимся шаром, масса которого в 2 раза больше. Определите количество теплоты, выделившейся при ударе.

**327.** Тележка движется со скоростью 2 м/с. Масса тележки 100 кг. Когда она проезжает мимо рабочего, тот кладет на нее ящик массой 5 кг. Определите выделившееся при этом количество теплоты.

**328.** Тело массой 50 кг падает с высоты 15 м. Определите величину потенциальной и кинетической энергии через 1 с после начала движения тела.

**329.** Груз массой  $m = 0,2$  кг привязан к нити длиной  $l = 1$  м (см. рисунок). Нить с грузом отвели на угол  $60^\circ$ . Чему равна кинетическая энергия груза при прохождении им положения равновесия?



**330.** Маятник с грузом массой 0,2 кг отводят в горизонтальное положение и отпускают. Определите силу натяжения нити в момент прохождения грузом положения равновесия.

**331.** Вагон, движущийся с некоторой скоростью, сталкивается с другим таким же вагоном, ранее неподвижным. Далее они движутся как одно целое. Какая часть кинетической энергии первого вагона переходит во внутреннюю энергию системы из двух вагонов?

**332.** Шар налетает на покоящийся шар и после абсолютно упругого удара отскакивает в обратном направлении с вдвое меньшей скоростью. Найдите отношение масс первоначально покоившегося и двигавшегося шаров.

**333.** На кольцо намотана нить, один конец которой прикреплен к потолку. Кольцо отпускают, и оно падает, раскручивая нить. Считая, что вся масса кольца распределена по ободу, определите скорость его центра, когда кольцо пролетит расстояние 1 м.

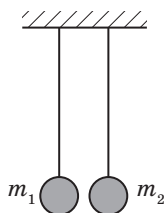
### Четвертый уровень

**334.** Найдите скорости двух шаров после прямого абсолютно упругого удара. Массы шаров 100 и 200 г, скорости до удара 3 и 1 м/с соответственно.

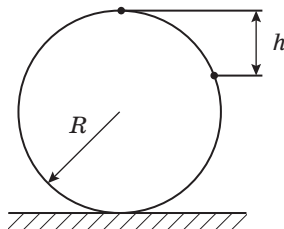
**335.** Шарик скользит по наклонному желобу, переходящему в вертикальную петлю радиусом 1 м. С какой высоты шарик должен начать движение, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли?

**336.** Шар, изготовленный из материала плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>, падает в воду с высоты 9 см. На какую глубину погрузится шарик? Потерями энергии при ударе о воду и сопротивлением воздуха и воды пренебречь.

**337.** Два шарика, массы которых  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 300$  г, подвешены на одинаковых нитях длиной 50 см (см. рисунок). Первый шарик отклоняют от положения равновесия на угол  $90^\circ$  и отпускают. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого удара?



**338.** На вершине гладкой сферы радиусом 50 см лежит небольшое тело (см. рисунок). В некоторый момент времени телу мгновенно сообщают горизонтальную скорость 2 м/с. Пренебрегая смещением тела во время сообщения ему скорости, найдите высоту от вершины сферы до точки, в которой тело оторвется от сферы.



**339.** Шар массой 500 г висит на нити. Расстояние от центра шара до точки подвеса нити 1 м. Горизонтально летящая пуля массой 10 г простреливает шар по центру и вылетает из него со скоростью 10 м/с. Шар

после вылета пули совершает оборот вокруг точки подвеса нити. Сила натяжения нити в верхней точке равна нулю. Найдите скорость пули до попадания в шар.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### Основные понятия, соотношения, формулы

*Механические колебания* – это движение, при котором тело проходит одно и то же положение неоднократно с разной по направлению скоростью.

*Свободные колебания* – это колебания, возникающие после однократного внешнего воздействия на тело.

*Вынужденные колебания* – это колебания, которые совершаются при внешних воздействиях, которые повторяются в течение всего процесса колебаний.

*Амплитуда колебания* ( $A$ ) – это физическая величина, характеризующая размах колебаний и равная максимальному за период смещению тела от среднего положения.

*Период колебаний* ( $T$ ) – это физическая величина, характеризующая повторяемость состояний тела и равная отношению времени колебаний к числу колебаний, совершенных за это время:

$$T = \frac{t}{N}.$$

*Частота колебаний* ( $\nu$ ) – это физическая величина, характеризующая повторяемость состояний тела и равная отношению числа колебаний ко времени, за которое они совершены:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

*Период и частота колебаний* связаны соотношением:

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

*Гармонические колебания* – это колебания, для которых зависимость смещения от времени представляет собой синусоиду (косинусоиду):

$$x = A \sin(\omega t + \varphi).$$



Колебания будут гармоническими, если они происходят под действием только возвращающей силы, которая удовлетворяет двум условиям:

- ее модуль пропорционален смещению тела;
- она направлена в сторону, противоположную смещению.

**Математическим маятником** называют материальную точку, совершающую колебания на невесомой нерастяжимой нити, другой конец которой закреплен.

**Пружинный маятник** (тело на пружине) – это колебательная система, состоящая из маленького тела, прикрепленного к легкой пружине, другой конец которой закреплен.

**Период колебаний математического маятника** зависит от его длины и ускорения свободного падения в месте колебаний:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

**Период колебаний пружинного маятника** зависит от массы тела и жесткости пружины:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

**Механическая волна** – это явление распространения колебаний в среде при возбуждении колебаний какой-то точки среды в результате взаимодействия частиц среды.

**Поперечная волна** – это волна, в которой колебания точек среды происходят в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.

**Продольная волна** – это волна, в которой колебания точек среды происходят в направлении распространения волны.

Скорость распространения в среде механических возмущений называется **скоростью волны**.

**Длина волны** ( $\lambda$ ) – расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний.

Длина волны, частота колебаний точек среды и период колебаний связаны соотношениями:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu},$$

где  $v$  – скорость распространения волны в данной среде.

## Примеры решения задач

**1.** Определите первоначальную длину математического маятника, если известно, что при уменьшении его длины на 5 см период колебаний уменьшился в 1,5 раза.

Д а н о:	СИ	Р е ш е н и е:
$\Delta l = 5 \text{ см}$	$5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	Используя формулу периода колебаний математического маятника, получим уравнения:
$T_1 = 1,5 T_2$		
$l - ?$		

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{(l - \Delta l)}{g}}.$$

Возведя эти уравнения в квадрат и поделив друг на друга, получим:  $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{l}{l - \Delta l}$ .

Подставив в это уравнение условие, что  $T_1 = 1,5 T_2$ , получим:  $\frac{l}{l - \Delta l} = 2,25$ .

Преобразуем это выражение и получим:

$$l = 1,8 \Delta l = 1,8 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 9 \text{ см}.$$

О т в е т:  $l = 9 \text{ см}$ .

**2.** Какой частоте камертона соответствует звуковая волна в воздухе длиной 34 м? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
$\lambda = 34 \text{ м}$	$v = \lambda \nu$ .
$v = 340 \text{ м/с}$	Отсюда следует, что $\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{34} = 10 \text{ Гц}$ .
$\nu - ?$	

О т в е т:  $\nu = 10 \text{ Гц}$ .

## Механические колебания и волны

### Первый уровень

**340.** Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с, если период колебаний 0,01 с?

**341.** Груз на пружине за 1 мин совершает 120 полных колебаний. Определите период и частоту колебаний.

**342.** Материальная точка колеблется с частотой 10 кГц. Определите период и число колебаний, совершенных за 30 с.

**343.** Период колебаний математического маятника равен 0,1 с. При какой частоте внешнего воздействия наступит явление резонанса?

**344.** Маятник установлен в кабине автомобиля, движущегося прямолинейно со скоростью 20 м/с. Определите частоту колебаний маятника, если за время, в течение которого автомобиль проходит 200 м, маятник совершает 27 полных колебаний.

**345.** Грузик на пружине колеблется вдоль прямой с амплитудой 2 см. Период колебаний 2 с. Определите среднюю скорость движения грузика от положения равновесия до максимального отклонения от положения равновесия.

**346.** Имеется математический маятник, длина нити которого равна 2,5 м. Определите, чему равен его период колебания.

**347.** Найдите скорость распространения звука в материале, в котором колебания с периодом 0,01 с создают звуковую волну, имеющую длину 10 м.

**348.** Определите скорость звука в воде, если колебания частотой 200 Гц вызывают звуковую волну длиной 7,175 м.

**349.** Определите длину звуковой волны, соответствующей частоте 440 Гц, при ее распространении в воздухе со скоростью 340 м/с.

**350.** Длина звуковой волны в воздухе 2 м, а ее скорость 340 м/с. Найдите период и частоту колебаний частиц в волне.

## Второй уровень

**351.** Один математический маятник совершает 75 полных колебаний за 5 с, а второй – 18 колебаний за 6 с. Во сколько раз частота колебаний первого маятника больше частоты колебаний второго?

**352.** Период колебаний первого маятника 2 с, второго – 3 с. На сколько колебаний больше совершит первый маятник за 1 мин?

**353.** Точка струны совершает колебания с частотой 1 кГц. Какой путь пройдет эта точка за 2 с, если амплитуда колебаний точки струны 1 мм?

**354.** Математический маятник длиной 99,5 см за 1 мин совершил 30 полных колебаний. Определите по этим данным ускорение свободного падения.

**355.** Математический маятник за 120 с совершил 60 полных колебаний. Найдите длину его нити.

**356.** Определите начальную длину математического маятника, если при уменьшении его длины до 1 м период колебаний уменьшился в 2 раза.

**357.** За какое время звуковая волна длиной 2 м и частотой 165 Гц пройдет расстояние 660 м?

**358.** Охотник находится между наблюдателем и лесом на расстоянии 680 м от леса. Наблюдатель видит вспышку выстрела, после которой слышит звук как бы двух выстрелов. Определите расстояние от наблюдателя до охотника, если второй звук пришел к наблюдателю через 7 с после увиденной вспышки. Скорость звука в воздухе 340 м/с.

**359.** Глубину моря под кораблем измеряют с помощью эхолотатора. В одном месте посланный сигнал возвращается через 2,5 с, в другом – через втрое большее время. На сколько глубина моря во втором месте больше, чем в первом? Скорость звука в воде 1530 м/с.

**360.** Звук взрыва, произведенного в воде вблизи поверхности, приборы, установленные на корабле и принимающие звук по воде, зарегистрировали на 45 с раньше, чем он пришел по воздуху. На каком расстоянии от корабля произошел взрыв? Скорость звука в воздухе 340 м/с, в воде – 1480 м/с.

### Третий уровень

**361.** К потолку подвешены два маятника. За одинаковое время один маятник совершил 10 колебаний, а второй – 7. Какова длина первого маятника, если длина второго 1 м?

**362.** На сколько увеличилась длина нити математического маятника, если период его колебаний, первоначально равный 1,5 с, увеличился в 3 раза?

**363.** Один математический маятник имеет период колебаний 3 с, а другой – 4 с. Каков период колебаний маятника, длина которого равна сумме длин обоих маятников?

**364.** Два маятника, длины которых отличаются на 22 см, совершают в одном и том же месте за некоторое время первый – 30 колебаний, второй – 36 колебаний. Найдите длины маятников.

**365.** Определите первоначальную длину математического маятника, если при уменьшении длины маятника на 5 см частота колебаний увеличилась в 5 раз.

**366.** Расстояние между гребнями волн в море 5 м. При встречном движении катера волна за 1 с ударяет о корпус катера 4 раза, а при попутном – 2 раза. Найдите скорости волн и катера, если известно, что скорость катера больше скорости волн.

### Четвертый уровень

**367.** Часы с маятником длиной 1 м за сутки отстают на 1 ч. На сколько надо укоротить маятник часов, чтобы они показывали точное время?

**368.** Во сколько раз увеличится период колебаний математического маятника, если его поднять с уровня моря на Эверест? Радиус Земли 6400 км. Высота Эвереста над уровнем моря 8,9 км.

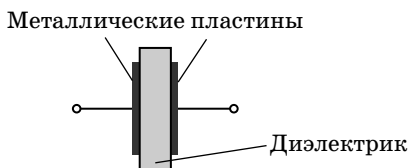
**369.** Период колебания маятника на поверхности Луны в 2,36 раза больше периода колебаний на Земле. Каков радиус Луны, если ее масса в 81 раз меньше массы Земли? Радиус Земли 6400 км.

## КОНДЕНСАТОР

### Основные понятия, соотношения, формулы

*Конденсатор* – устройство, предназначенное для накопления заряда и энергии электрического поля.

Простейший конденсатор состоит из двух одинаковых металлических пластин, которые называются *обкладками* конденсатора, и *диэлектрика* между ними (см. рисунок).



**Емкость конденсатора ( $C$ )** – физическая величина, характеризующая способность конденсатора накопить электрический заряд и равная отношению заряда конденсатора ( $Q$ ) к напряжению между его обкладками ( $U$ ):

$$C = \frac{Q}{U}.$$

Емкость плоского конденсатора зависит только от его геометрических характеристик: площади пластин ( $S$ ) и расстояния между ними ( $d$ ):

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$ .

**Последовательное соединение конденсаторов** – это соединение двух и более конденсаторов в форме цепи, в которой каждый отдельный конденсатор соединяется с другим только в одной точке (см. рисунок).

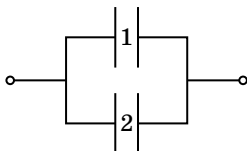


Последовательное соединение конденсаторов отличается следующими индивидуальными особенностями:

- заряды на всех конденсаторах будет одинаковы:  $Q_{\text{общ}} = Q_1 = Q_2$ ;
- общее напряжение на цепи конденсаторов составляет сумму напряжений на каждом отдельном конденсаторе:  $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$ ;
- для общей емкости батареи конденсаторов справедливо следующее соотношение:

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$

**Параллельное соединение конденсаторов** – это соединение, при котором конденсаторы соединяются между собой обоими контактами, в результате к одной точке может быть присоединено несколько конденсаторов (см. рисунок).



Параллельное соединение конденсаторов отличается следующими индивидуальными особенностями:

- общий заряд батареи конденсаторов равен сумме зарядов на каждом отдельном конденсаторе:  
 $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2$ ;
- общее напряжение батареи конденсаторов равно напряжению на каждом отдельном конденсаторе:  
 $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$ ;
- общая емкость батареи конденсаторов равна сумме емкостей конденсаторов, входящих в эту батарею:  $C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$ .

**Энергия электрического поля** ( $W$ ), запасенная в конденсаторе, прямо пропорциональна квадрату напряжения между его обкладками:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}.$$

## Пример решения задач

Три конденсатора емкостями 1, 2 и 3 мкФ соединены последовательно и присоединены к источнику напряжением 220 В. Определите заряд каждого конденсатора.

Д а н о:

$$C_1 = 1 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 2 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 3 \text{ мкФ}$$

$$U_{\text{общ}} = 220 \text{ В}$$

$$Q_1 = ?$$

$$Q_2 = ?$$

$$Q_3 = ?$$

СИ

$$1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Р е ш е н и е:

Так как конденсаторы соединены последовательно, то заряды на всех конденсаторах будет одинаковы:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 = Q_2 = Q_3.$$

$Q_{\text{общ}} = C_{\text{общ}} \cdot U_{\text{общ}}$ , а  $C_{\text{общ}}$  можно найти из соотношения:

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} + \frac{1}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = \frac{11}{6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}.$$

Отсюда следует, что  $C_{\text{общ}} = \frac{6}{11} \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ . Тогда полу-

чим:  $Q_{\text{общ}} = \frac{6}{11} \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 220 \text{ В} = 120 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 120 \text{ мкКл}$ .

О т в е т:  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 120 \text{ мкКл}$ .

## **Электроемкость конденсатора. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора**

### **Первый уровень**

**370.** Электрический заряд на одной пластине конденсатора равен  $+2 \text{ Кл}$ , на другой равен  $-2 \text{ Кл}$ . Напряжение между пластинами  $5000 \text{ В}$ . Чему равна электрическая емкость конденсатора?

**371.** Емкость конденсатора  $200 \text{ мкФ}$ , заряд на пластинах  $0,005 \text{ Кл}$ . Каково напряжение на обкладках?

**372.** Конденсатор емкостью  $0,5 \text{ мкФ}$  зарядили от источника с напряжением  $4 \text{ В}$ . Какой заряд на каждой из пластин конденсатора?

**373.** Конденсаторы емкостью  $2$  и  $5 \text{ мкФ}$  соединены параллельно друг другу. Определите емкость батареи.

**374.** Конденсатор емкостью  $2 \text{ мкФ}$  зарядили от источника с напряжением  $1000 \text{ В}$ . Чему равна энергия, запасенная в конденсаторе?

**375.** Какой электроемкостью обладает конденсатор, если при его зарядке до напряжения  $3 \text{ кВ}$  он приобретает энергию  $13,5 \text{ Дж}$ ?

### **Второй уровень**

**376.** Чему равна емкость конденсатора, если при увеличении его заряда на  $30 \text{ мкКл}$  напряжение между пластинами увеличивается на  $10 \text{ В}$ ?



**377.** Конденсатор один раз подключили к источнику тока с напряжением 20 В, другой раз – 40 В. Как относятся заряды, накопившиеся на обкладке конденсатора, подключаемой к положительной клемме источника во второй раз и в первый?

**378.** Конденсаторы емкостями 5 и 2 мкФ по очереди соединили с клеммами одного и того же источника тока с напряжением 200 В. Как относятся заряды, накопившиеся на обкладках первого конденсатора, к зарядам второго?

**379.** До какого напряжения надо зарядить конденсатор емкостью 2 мкФ, чтобы на нем находился такой же заряд, как и на конденсаторе емкостью 1000 пФ, заряженным до напряжения 30 кВ?

**380.** Два конденсатора емкостью по 4 мкФ соединяют последовательно. Чему равна емкость полученной батареи конденсаторов?

**381.** Три последовательно соединенных конденсатора имеют емкости: 0,25, 0,25 и 0,5 Ф. Найдите емкость батареи конденсаторов.

**382.** Какой должна быть емкость конденсатора, который надо соединить последовательно с конденсатором емкостью 800 пФ, чтобы получить батарею конденсаторов емкостью 160 пФ?

**383.** Определите энергию конденсатора, если его заряд равен 0,03 Кл, а напряжение между обкладками составляет 1 кВ.

**384.** Конденсатор фотовспышки имеет емкость 1000 мкФ и заряжается от батарейки на 6 В. Рассчитайте световую энергию при вспышке, если известно, что она составляет 10% от энергии, запасенной в конденсаторе.

### Третий уровень

**385.** Два конденсатора емкостями 2 и 3 мкФ соединены последовательно, а к внешним их концам параллельно подсоединен третий конденсатор емкостью 0,8 мкФ. Какова емкость всей системы конденсаторов?

**386.** Конденсаторы емкостями 10 и 1,5 мкФ соединены параллельно. Заряд первого конденсатора 2 мкКл. Определите заряд второго конденсатора.

**387.** Два конденсатора, емкости которых 2 и 4 мкФ, соединены последовательно и подключены к источнику с напряжением 75 В. Найдите напряжение на каждом конденсаторе.

**388.** Конденсаторы емкостями 2, 2 и 3 мкФ соединены последовательно и присоединены к источнику с напряжением 12 В. Определите энергию, запасенную батареей конденсаторов.

**389.** При разрядке батареи, состоящей из 20 параллельно подключенных конденсаторов, выделилось 10 Дж тепла. Емкость каждого конденсатора 4 мкФ. Определите напряжение на конденсаторах.

**390.** Конденсатор емкостью 14 мкФ, заряженный до напряжения 3 кВ, разрядили через сопротивление, погруженное в сосуд с водой. На сколько увеличится температура воды, если ее масса 100 г? Теплоемкостью сопротивления и сосуда пренебречь.

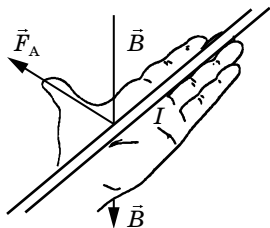
## СИЛА АМПЕРА

### Основные понятия, соотношения, формулы

*Сила Ампера* ( $F_A$ ) – это сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него проводник с током, равная произведению силы тока ( $I$ ) на модуль вектора магнитной индукции ( $B$ ), длину проводника ( $\Delta l$ ) и синус угла между направлением тока и магнитной индукции ( $\alpha$ ):

$$F_A = IB\Delta l \sin \alpha.$$

Направление силы Ампера определяется *правилом левой руки*: если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление тока в проводнике, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый (в плоскости ладони) на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы, действующей на проводник (см. рисунок).



## Пример решения задач

Прямой проводник  $AB$  длиной 20 см и массой 5 г подвешен горизонтально на двух легких нитях в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен горизонтально и перпендикулярно проводнику (см. рисунок). Определите силу и направление тока, который надо пропустить через проводник, чтобы одна из нитей разорвалась. Индукция магнитного поля  $4,9 \cdot 10^{-2}$  Тл. Каждая нить разрывается при нагрузке  $T = 39,2 \cdot 10^{-3}$  Н.

Дано:

$$\Delta l = 20 \text{ см}$$

$$m = 5 \text{ г}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$B = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

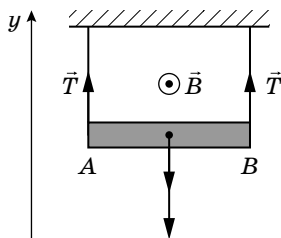
$$T = 39,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$I - ?$$

СИ

$$0,2 \text{ м}$$

$$0,005 \text{ кг}$$



Решение:

На проводник  $AB$  действуют силы  $\vec{T}$ ,  $m\vec{g}$ ,  $\vec{F}_A$ . Сила  $\vec{F}_A$  направлена вниз, так как по условию нить должна разорваться, следовательно, к силе тяжести должна добавиться еще одна сила, для того чтобы преодолеть силы упругости  $\vec{T}$ , действующие со стороны нитей.

Отсюда, применив правило левой руки, определяем, что сила тока будет направлена от  $A$  к  $B$ .

Теперь найдем значение силы тока. Для этого запишем уравнение равновесия:  $2\vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_A = 0$ .

Запишем это уравнение в проекции на ось  $y$ :

$$2T - mg - F_A = 0.$$

$$\text{Так как } F_A = IB\Delta l \sin \alpha, \text{ то } IB\Delta l \sin \alpha = 2T - mg.$$

$$\text{Отсюда следует, что } I = \frac{2T - mg}{B\Delta l \sin \alpha}.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$I = \frac{2 \cdot 39,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} - 0,005 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4,9 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 1} = 3 \text{ А}.$$

Ответ:  $I = 3 \text{ А}$ ; направление тока от  $A$  к  $B$ .

## Сила Ампера

### Первый уровень

**391.** По прямому проводнику длиной 0,8 м протекает ток 2 А. Определите величину силы, действующей на проводник в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл, если силовые линии перпендикулярны проводнику.

**392.** На линейный проводник длиной 1 м, расположенный в магнитном поле с индукцией 0,4 Тл перпендикулярно силовым линиям, действует сила 0,2 Н. Найдите силу тока в проводнике.

**393.** Определите магнитную индукцию поля, в котором на проводник с током 2 А действует сила 0,6 Н. Длина проводника 0,3 м, и расположен он перпендикулярно силовым линиям.

**394.** Найдите длину проводника с током, расположенного в магнитном поле с индукцией 0,7 Тл перпендикулярно линиям индукции. Сила тока в проводнике 2 А, на проводник действует сила 1,4 Н.

### Второй уровень

**395.** Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник с током в однородном магнитном поле, если силу тока в проводнике увеличить в 3 раза, а длину проводника уменьшить в 2 раза?

**396.** В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл находится прямой провод длиной 1 м и массой 100 г. Какой ток надо пропустить по проводнику, чтобы он висел не падая?

### Третий уровень

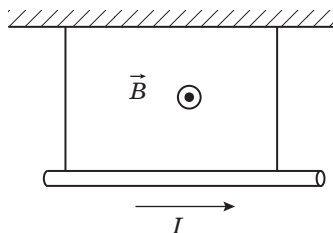
**397.** Прямой проводник, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции, при пропускании по нему тока 0,1 А приобрел ускорение 2 м/с<sup>2</sup>. Площадь сечения проводника 1 мм<sup>2</sup>, плотность материала 2500 кг/м<sup>3</sup>. Чему равна индукция магнитного поля? Силой тяжести пренебречь.

**398.** Проводник длиной 10 см располагается горизонтально и перпендикулярно линиям магнитной

индукции. При напряжении на проводнике 100 В сила Ампера уравнивается силой тяжести. Определите плотность материала, из которого изготовлен проводник, если его удельное сопротивление  $10^{-5}$  Ом  $\cdot$  м, а индукция магнитного поля 1 мТл.

**399.** Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный рельсам. Определите, какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток 50 А. Коэффициент трения стержня о рельсы 0,2. Масса стержня 0,5 кг.

**400.** Прямой проводник длиной 0,2 м и массой  $5 \cdot 10^{-3}$  кг подвешен горизонтально на двух легких нитях (см. рисунок) в однородном магнитном поле, линии магнитной индукции которого горизонтальны и перпендикулярны проводнику. При какой силе тока нити разорвутся? Индукция магнитного поля  $4 \cdot 10^{-3}$  Тл. Каждая нить разрывается при нагрузке  $3,9 \cdot 10^{-2}$  Н.



**401.** Проводник длиной 30 см с силой тока, равной 20 А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл. Линии магнитной индукции перпендикулярны проводнику. Определите работу, которая была совершена внешней силой при перемещении проводника на 25 см в направлении, перпендикулярном магнитному полю.

**402.** В вертикальном однородном магнитном поле на двух тонких нитях подвешен горизонтальный проводник длиной 20 см и массой 20 г. Индукция магнитного поля равна 0,5 Тл. На какой угол от вертикали отклонятся нити, если по проводнику пропустить ток 2 А?

# ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

## Основные понятия, соотношения, формулы

**Атом** состоит из **атомного ядра**, в котором сосредоточен весь положительный заряд атома и практически вся его масса. Вокруг положительно заряженного ядра движутся отрицательно заряженные **электроны**.

**Нуклоны (протоны и нейтроны)** – частицы, из которых состоит атомное ядро.

**Зарядовое число ядра ( $Z$ )** – количество находящихся в ядре протонов.

**Массовое число ядра ( $A$ )** – общее число нуклонов в ядре:

$$A = Z + N,$$

где  $N$  – число нейтронов в ядре.

**Изотопы** – атомы, ядра которых содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. Изотопы обозначают символом элемента периодической системы Менделеева с двумя индексами:  ${}^A_ZX$ .

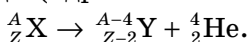
**Радиоактивность** – это самопроизвольное превращение атомных ядер, которое сопровождается испусканием различных частиц (например, электронов, протонов, нейтронов и т. п.).

**Период полураспада ( $T_{\frac{1}{2}}$ )** – это промежуток времени, по истечении которого распадется половина от начального числа ядер.

**Закон радиоактивного распада** показывает, сколько радиоактивных ядер данного изотопа остается к моменту времени  $t$ , если в начальный момент времени их число было равно  $N_0$ :

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{\frac{1}{2}}}}.$$

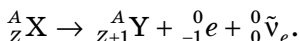
**Альфа-распад** – это превращение одного химического элемента в другой элемент, сопровождаемое испусканием альфа-частицы (ядра атома гелия):



**Правило смещения для альфа-распада:** образующийся в результате альфа-распада химический элемент

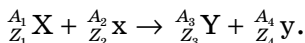
расположен в таблице Д.И. Менделеева на две клетки ближе к ее началу, чем исходный.

**Бета-распад** – это превращение одного химического элемента в другой элемент, сопровождаемое испусканием бета-частицы (электрона) и электронного антинейтрино:



**Правило смещения для бета-распада:** образующийся в результате бета-распада химический элемент расположен в таблице Д.И. Менделеева на одну клетку ближе к ее концу, чем исходный.

**Ядерные реакции** – превращения атомных ядер, вызванные их взаимодействием друг с другом или с налетающими на них частицами:



**Закон сохранения массового числа:** при любой ядерной реакции суммарное массовое число сохраняется:

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4.$$

**Закон сохранения зарядового числа:** при любой ядерной реакции суммарное зарядовое число сохраняется:

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4.$$

## Примеры решения задач

1. При бомбардировке лития  ${}_3^6\text{Li}$  нейтронами образуются альфа-частица и изотоп некоторого элемента. Определите образовавшийся изотоп.

Дано:	Решение:
${}_3^6\text{Li}$	Запишем уравнение указанной ядерной реакции:
${}_0^1n$	${}_3^6\text{Li} + {}_0^1n \rightarrow {}_Z^AY + {}_2^4\text{He}.$
${}_2^4\text{He}$	Из закона сохранения зарядового числа получим
${}_Z^AY - ?$	$3 + 0 = Z + 2.$ Значит, $Z = 1.$

Из закона сохранения массового числа получим  $6 + 1 = A + 4.$  Значит,  $A = 3.$

Следовательно, в результате указанной реакции образуется изотоп  ${}_1^3\text{Y}.$  Это изотоп водорода – тритий  ${}_1^3\text{H}.$

Ответ: изотоп водорода – тритий  ${}_1^3\text{H}.$

**2.** За время 150 с распалось  $\frac{7}{8}$  первоначального числа радиоактивных ядер. Определите период полураспада этого элемента.

Дано:	Решение:
$N = \frac{1}{8}N_0$	Запишем закон радиоактивного распада:
$t = 150 \text{ с}$	$N(t) = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{\frac{1}{2}}}}$
$T_{\frac{1}{2}} - ?$	Если распалось $\frac{7}{8}$ первоначального числа ядер, то осталось $\frac{1}{8}$ .

Значит,  $\frac{1}{8}N_0 = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{\frac{1}{2}}}}$ , т. е.  $2^{-3} = 2^{\frac{-t}{T_{\frac{1}{2}}}}$ . Отсюда следует, что  $3 = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ , тогда  $T_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{3} = \frac{150}{3} = 50 \text{ с}$ .

О т в е т:  $T_{\frac{1}{2}} = 50 \text{ с}$ .

## Строение атома. Ядерные реакции. Период полураспада

### Первый уровень

**403.** Определите число частиц (нуклонов) в ядрах атомов:  $^{45}_{21}\text{Sc}$ ;  $^{122}_{51}\text{Sb}$ ;  $^{133}_{55}\text{Cs}$ .

**404.** Сколько протонов и нейтронов находится в ядре атома палладия  $^{106}_{46}\text{Pd}$ ?

**405.** Найдите число нейтронов в ядрах атомов:  $^{64}_{29}\text{Cu}$ ;  $^{138}_{56}\text{Ba}$ ;  $^{139}_{57}\text{La}$ .

**406.** Сколько протонов содержат ядра следующих элементов:  $^{60}_{27}\text{Co}$ ;  $^{207}_{82}\text{Pb}$ ;  $^{210}_{84}\text{Po}$ ?

**407.** Сколько нейтронов образуется в результате ядерной реакции:  $^{92}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{92}_{43}\text{Tc} + x \cdot {}^1_0\text{n}$ ?

### Второй уровень

**408.** На сколько число нейтронов в ядре галлия  $^{70}_{31}\text{Ga}$  превышает число протонов?

**409.** Во сколько раз число нейтронов в ядре атома трития (изотоп водорода)  $^3_1\text{H}$  больше, чем число протонов?



**410.** На сколько больше нейтронов содержится в ядре атома кислорода  $^{16}_8\text{O}$ , чем в ядре гелия  $^4_2\text{He}$ ?

**411.** Установите, какая частица  $X$  образуется в ядерной реакции:  $^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0n \rightarrow {}^{27}_{12}\text{Mg} + X$ .

**412.** Какой частицей  $X$  осуществляется бомбардировка бора в ядерной реакции:  $X + {}^{11}_5\text{B} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$ ?

**413.** Какой элемент  $X$  получил Резерфорд, искусственно осуществив ядерное превращение:  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + X$ ?

**414.** Допишите ядерную реакцию, протекающую под действием нейтронов:  $^{10}_5\text{B} + {}^1_0n \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ .

**415.** Определите, какой элемент  $X$  получился в результате ядерной реакции, протекающей под действием протонов:  $^{55}_{25}\text{Mn} + {}^1_1\text{H} \rightarrow X + {}^1_0n$ .

**416.** Период полураспада радиоактивного радия составляет 1620 лет. Какая масса вещества останется по истечении этого срока, если первоначально она составляла 2 г?

### Третий уровень

**417.** В какое ядро превратится торий  $^{234}_{90}\text{Th}$  при трех последовательных  $\alpha$ -распадах?

**418.** Какой атом образуется из радиоактивного атома сурьмы  $^{133}_{51}\text{Sb}$  после четырех  $\beta$ -распадов?

**419.** Радиоактивный атом лития  $^8_3\text{Li}$  претерпевает один  $\alpha$ -распад и один  $\beta$ -распад. Какой атом образуется в результате распада?

**420.** Ядро полония  $^{216}_{84}\text{Po}$  образовалось после двух  $\alpha$ -распадов. Из какого ядра получился полоний?

**421.** Радиоактивный образец содержит торий с периодом полураспада, равным 24 суткам. Сколько ядер тория не распадется из каждой 1000?

**422.** Анализ радиоактивного образца с периодом полураспада 1000 лет показал, что  $\frac{3}{4}$  ядер распалось. Определите возраст образца.

**423.** Период полураспада стронция  $^{90}_{38}\text{Sr}$  составляет 29 лет. Через сколько лет произойдет распад  $\frac{7}{8}$  от первоначального числа радиоактивных ядер?

**424.** Через сколько времени останется 25% атомов радиоактивного изотопа хрома  ${}_{24}^{51}\text{Cr}$ , если его период полураспада 27,8 суток?

**425.** Какая часть атомов радиоактивного изотопа кобальта  ${}_{27}^{58}\text{Co}$  распадется в течение 144 суток, если период его полураспада равен 72 суткам?

### Четвертый уровень

**426.** При радиоактивном распаде ядра урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  и конечном превращении его в ядро свинца  ${}_{82}^{198}\text{Pb}$  должно произойти определенное число  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Найдите число  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов.

**427.** Вследствие радиоактивного распада радия  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  получается свинец  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов произошло в этом процессе?

**428.** За одинаковое время распалось 75% ядер одного радиоактивного вещества и 87,5% ядер другого радиоактивного вещества. Определите отношение периода полураспада первого вещества к периоду полураспада второго.

# ОТВЕТЫ

---

## 7 класс

1. 54 км/ч; 90 дм/мин. 2. 1,2 м/с. 3. 333 м/с; 1200 км/ч.  
4. Пуля винтовки. 5. 5 мин. 6. На 1 ч. 7. 1,5 км. 8. На 20 км.  
9. 1,3 м/с. 10. 50 км. 11. 45 км/ч; 240 км. 12. 200 км. 13. 2 м/с.  
14. 3,6 см. 15. 0,3 м/с. 16. 4,8 км. 17. 1 ч. 18. В 5 раз. 19. 30 с.  
20. 0,25 м/с; в 2 раза. 21. 90 м. 22. 10 с. 23. 200 с. 24. 8,1 км.  
25. 0,6 ч; 54 км; 66 км. 26. а) 0,27 ч; б) 0,25 ч. 27. 900 м/с.  
28. 22,5 м/с. 29. 1500 м. 30. 350 км; 60 км/ч; 80 км/ч; 2,5 ч;  
150 км; 200 км. 31. 30 км. 32. 1,25 ч. 33. 200 км. 34. 3,3 км.  
35. 90 км/ч. 36. 25 м/с. 37. 75 км/ч. 38. 25 ч. 39. 9,6 ч. 40. 35 сут.  
41. 7,5 мин. 42. 45 с. 43. 40 с. 44. 90 с. 45. 87,5 м. 46. 30 км.  
47. 70 км/ч; 50 км/ч. 48. 15 м/с. 49. 3 км/ч. 50. 7500 м.  
51. 11. 52. 120 км. 53. 30 км/ч. 54. 5 км/ч. 55. 55 км/ч.  
56. 48 км/ч. 57. 40 км/ч. 58. 6,2 м/с. 59. 3,7 км/ч. 60. 10 м/с.  
61. 9,2 м/с. 62. 6 км/ч. 63. 48 км/ч. 64. 24 м/с. 65. 48 км/ч.  
66. 16 м/с. 67. 8 км/ч. 68. 12 км/ч. 69. 50 км/ч. 70. 54 км/ч;  
36 км/ч. 71. 8 км/ч. 72. 1 м/с. 73. 18 км/ч. 74. 12 км/ч.  
75. 48 км/ч. 76. 700 км/ч. 77. 58 км/ч; 88 км/ч. 78. 6 км/ч.  
79. 7 г/см<sup>3</sup>. 80. 0,4 г/см<sup>3</sup>. 81. 390 кг. 82. 103 кг. 83. 20 см<sup>3</sup>.  
84. 5 л. 85. Полный. 86. Объем пустот 0,9 дм<sup>3</sup>. 87. Масса воды  
больше в 1,25 раза. 88. В 1,25 раза. 89. В 2,7 раза. 90. Уве-  
личилась в 3 раза. 91. 1,6 кг. 92. 2300 кг/м<sup>3</sup>. 93. 800 кг/м<sup>3</sup>.  
94. 36 кг. 95. 7800 кг/м<sup>3</sup>. 96. 5,4 т. 97. 3,2 г. 98. 80 м<sup>2</sup>. 99. 750 т.  
100. 116. 101. 833. 102. 5,5 кг. 103. 3510 кг. 104. На 648 кг.  
105. 42. 106. 0,5 мм. 107. 68 кг. 108. 150 г. 109. 2800 кг/м<sup>3</sup>.  
110. 80 см<sup>3</sup>. 111. 3,1 кг. 112. 1 кг. 113. 36 т. 114. 3,6 ч. 115. На  
169 кг. 116. 19,5 кг; 6,75 кг. 117. Алюминиевый длиннее  
на 1,2 м. 118. 30 см<sup>3</sup>. 119. 20 л. 120. 450 кг/м<sup>3</sup>; 900 кг/м<sup>3</sup>.  
121. 7613 кг/м<sup>3</sup>. 122. 1075 кг/м<sup>3</sup>. 123. 21 587 кг/м<sup>3</sup>. 124. 77,5 г.  
125. 4 кг и 8 кг. 126. 630 см<sup>3</sup>. 127. 7,2 кг. 128. 22 кг.  
129. 8000 кг/м<sup>3</sup>. 130. 15 Н; 15 Н. 131. Не разорвется. 132. 2 кг.  
133. 0,5 кг. 134. В 2 раза. 135. 3,3 Н. 136. 68,6 Н. 137. 1 кН.  
138. В 3,3 раза. 139. 3,9 кН. 140. 54 кН. 141. 300 Н; 300 Н.  
142. 16 МН. 143. 750 Н. 144. 83 Н. 145. 75 кг. 146. 2,16 кН.  
147. 5000 кг/м<sup>3</sup>. 148. В 3,4 раза. 149. 12 кг. 150. 12 л. 151. На  
213 Н. 152. 27 Н. 153. 3,6 Н. 154. 3 Н. 155. 50 Н/м. 156. 5 см.  
157. 1000 Н/м. 158. 0,1 кг. 159. 1 см. 160. 0,3 м. 161. 0,3 м.  
162. 150 кН. 163. 6 Н. 164. 4 см. 165. 34 Н; 1000 Н/м.

166. 10 см. 167. 32 см. 168. 28 см<sup>3</sup>. 169. 13 Н. 170. 1900 Н.  
171. 25 Н. 172. 0. 173. 300 кН. 174. 100 Н. 175. 500 Н.  
176. 10 Н. 177. 2 Н; 4 Н; 6 Н; 8 Н. 179. 0 Н. 180. 6 Н.  
181. 1,7 кПа. 182. 10 Н. 183. 600 Н. 184. 0,2 м<sup>2</sup>. 185. 50 кПа.  
186. 500 см<sup>2</sup>. 187. 1 м<sup>2</sup>. 188. Нет. 189. 12,5 кПа. 190. 0,5 МПа.  
191. 12,5 дм<sup>2</sup>. 192. На 300 Па. 193. 3,5 кПа. 194. Увели-  
чится в 6 раз. 195. На 8%. 196. 625 Па. 197. 2600 кг/м<sup>3</sup>.  
198. 900 кг. 199. 78 кПа. 200. 360 кПа. 201. 100 кПа. 202. 1 м.  
203. 15 000. 204. 0,05 м; 0,1 м; 0,2 м. 205. 0,983. 206. 7571 Па.  
207. 70 г; 90 г. 208. 1,5 кПа. 209. 600 м. 210. 800 кг/м<sup>3</sup>.  
211. 4 кПа; в 1,25 раза. 212. В 1,8 раза. 213. 1. 214. 33 см.  
215. 360 Н. 216. 1,8 МН. 217. 150 Н. 218. 1,2 кН; 1,4 кН.  
219. 150 кПа. 220. 20 м. 221. 180 кПа; с 11-го этажа.  
222. 225 Н. 223. Водой. 224. 0,2 м. 225. 6,16 кПа. 226. 1,8 кПа.  
227. 12 кг. 228. 200 Па. 229. 584 Па. 230. 3,2 кПа. 231. 86,4 Н.  
232. 15 · 10<sup>8</sup> Н. 233. 15 Н. 234. 150 кН. 235. 100 Н.  
236. 0,26 м. 237. 8,4 кг. 238. 0,5 м в каждом. 239. 9,6 см.  
240. 860 кг/м<sup>3</sup>. 241. 27,2 см. 242. 2 см. 243. 40 см. 244. 0,02 м.  
245. 1 см. 246. 5 см. 247. 26 см. 248. 45 см. 249. 30 г.  
250. На 25 мм. 251. 4,7. 252. На 8 см. 253. 1,6 м. 254. 6 см.  
255. 7,8 см. 256. 2 см. 257. 1 см. 258. 50 см. 259. 4 см.  
260. 6,7 см. 261. На 12 см. 262. Первое. 263. 200 кПа.  
264. 500 Н. 265. 100 МН. 266. На 12,5 м. 267. На 85,3 кПа.  
268. В 13,6 раза. 269. 10 м. 270. 20 м. 271. В 4 раза.  
272. 110 631 Па. 273. 60 м. 274. 480 м. 275. На 11-м этаже.  
276. 131,56 кПа. 277. В 25 раз. 278. 600 Н. 279. 200 кПа.  
280. 40 Н. 281. 400 Н. 282. 180 см<sup>2</sup>. 283. 2,7 кН. 284. 6 кг.  
285. 0,01. 286. 5 см<sup>2</sup>; 16 кН. 287. 100 кН; 0,1 см. 288. На 5 см.  
289. 980 Н. 290. На 5 см. 291. 400 кг. 292. 50 кг. 293. 25 кг.  
294. 3 Н. 295. 170 см<sup>2</sup>. 296. На 0,73 м. 297. На 5 см. 298. 90 кг.  
299. Первый выше второго на 25 см. 300. Второй выше пер-  
вого на 1,7 см. 301. 2 Н. 302. 5 кН. 303. 1,2 Н. 304. 8,5 кН.  
305. 200 см<sup>3</sup>. 306. 1,5 кг. 307. 1 Н. 308. 0,1 м<sup>3</sup>. 309. 0,02 м<sup>3</sup>.  
310. В 2 раза. 311. 600 кг/м<sup>3</sup>. 312. 20 кг. 313. 720 см<sup>3</sup>; 80 см<sup>3</sup>;  
уровень воды не изменится. 314. 1,25 кг. 315. 145 МН.  
316. 21 см<sup>3</sup>. 317. 0,8 м. 318. 800 кг/м<sup>3</sup>. 319. 100 см<sup>3</sup>. 320. 23 г.  
321. 1,2 кН. 322. 2470 кг/м<sup>3</sup>. 323. 1333 кг/м<sup>3</sup>. 324. 3,8 Н.  
325. 6,3 Н. 326. На 4 см. 327. На 1,74 см. 328. 10 см<sup>2</sup>.  
329. Не изменится; 0,8 Н. 330. 20 600 т. 331. 1,08 кг. 332. 2 м<sup>2</sup>.  
333. 1800 кг. 334. 4080 кг/м<sup>3</sup>. 335. На 300 Па. 336. 32 г.  
337. 1840 кг/м<sup>3</sup>. 338. 750 кг/м<sup>3</sup>. 339. 2778 кг/м<sup>3</sup>; 833 кг/м<sup>3</sup>.  
340. 13 см<sup>3</sup>. 341. 0,5. 342. На 1,3 см. 343. 0,5. 344. 14,7 кН.  
345. 5. 346. На 5 см. 347. 80 г. 348. На 0,83 см. 349. 60 кДж.  
350. 25 кН. 351. 2 м. 352. 300 Дж. 353. 20 м. 354. 12 м.  
355. На 9 м. 356. 1,5 Дж. 357. В 2 раза. 358. 5 т. 359. 42 Дж.

360. 20 м. 361. 1152 кДж. 362. 24 кДж. 363. 648 кДж.  
 364. 1150 Дж. 365. 4,6 МДж. 366. 1 Дж. 367. 40 Дж.  
 368. 39 кДж. 369. 4 МДж. 370. 0,5 Дж. 371. 0,08 Дж.  
 372. В 50 раз. 373. 100 Дж. 374. 2 МДж. 375.  $\approx 0,5$  Н;  
 $\approx 2$  Дж. 376. 50 Вт. 377. 14,4 кДж. 378. 2000 с. 379. 160 Вт.  
 380. 8 кН. 381. 12 кВт. 382. 2 м/с. 383. 105,6 МВт. 384. 5 кВт.  
 385. На 4 м. 386. 30 кН. 387. 66,5 кН. 388. 1,5 кВт. 389. 75 с.  
 390. 2,8 кВт. 391. 3 кВт. 392. 208 кВт. 393. 3,2 т. 394. 20 кВт.  
 395. В 1,1 раза. 396. В 3 раза. 397. 6,8 кВт. 398. 750 Вт.  
 399. 100 мин. 400. 80 см. 401. 1 Н. 402. 75 см. 403. 400 Н.  
 404. 7 м. 405. 2,4 кДж. 406. В точке 4. 407. В 3 раза. 408. 2,5 кг.  
 409. 90 кг. 410. 1 м. 411. 70 см. 412. 0,8 м; 0,2 м. 413. 42 Н.  
 414. 1,8 кДж. 415. 256 Вт. 416. 25 кг. 417. 180 Дж. 418. 0,2 м.  
 419. 157,4 Н; 630 Дж. 420. 1,5 Н. 421. 0,3 Н. 422. 1,1 кг.  
 423. 12,5 Н. 424. 7:5. 425.  $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 20$  кг;  $m_5 = 10$  кг.  
 426. 180 Н. 427. 12,5 см. 428. 5:4. 429. 6 см. 430. 80%.  
 431. 10,8 кДж. 432. 100 Дж. 433. 3125 Дж. 434. 98%.  
 435. 1,56 кДж. 436. 150 кг. 437. 95%. 438. 98%. 439. 100 с.  
 440. 83%. 441. 62,5%. 442. 80%. 443. 34,3 м<sup>3</sup>. 444. 4,8 кВт.  
 445. 660 Дж; 800 Дж; 82,5%. 446. 71%. 447. 100 Н.  
 448. 75%. 449. 2,4 т. 450. 0,24 м/с. 451. 80%. 452. 20 кВт.  
 453. 80%. 454. 200 Дж. 455. 97 кг. 456. 5 кДж. 457. 40 Дж.  
 458. 116 000 Дж. 459. 4 м. 460. 3 м/с. 461. 72 кДж. 462. На 2 м.  
 463. Увеличилась на 50 МДж. 464. На 7 Дж. 465. 3,8 Дж.  
 466. 7,2 м. 467. 1,25 м. 468. На 6 Дж. 469. До 20 м.  
 470. 270 Дж. 471. В 2 раза. 472. На 10,4 Дж. 473. 32 Дж.  
 474. 40 м/с. 475. 20 м/с. 476. 4 Дж. 477. 50 м. 478. 20,8 м.  
 479. В 2 раза. 480. 12,6 м/с. 481. 140 Дж; 14 Н. 482. 120 Дж.  
 483. 400 Вт.

## 8 класс

1. 400 Дж/кг·°С. 2. 66 МДж. 3. 1,6 МДж. 4. 882 МДж.  
 5. 50,4 ГДж. 6. 130 Дж/кг·°С. 7. 2100 Дж/кг·°С. 8. На 5 °С.  
 9. 120 °С. 10. 400 °С. 11. 66 МДж. 12. В 2,5 раза. 13. 1,7 МДж.  
 14. 729 кДж. 15. 69,3 кДж. 16. 10 °С. 17. 880 Дж/кг·°С.  
 18. 420 м. 19. 4,2 м. 20. 386 м/с. 21. 25 раз. 22. На 1,5 °С.  
 23. На 7,5 °С. 24. 67,2 км. 25. 0,12 кг. 26. 120 МДж.  
 27. 2,7 м/с. 28. 218 Дж/кг·°С. 29. 7,4 кг. 30. 5,2 м<sup>3</sup>.  
 31. 3. 32. 37,5 °С. 33. 30 °С. 34. 840 Дж/кг·°С. 35. 32,5 °С.  
 36. 4 °С. 37. 140 Дж/кг. 38. 26 °С. 39. 56 °С. 40. 40 °С.  
 41. 161 Дж/с. 42. Холодной 192 л; горячей 408 л. 43. Al – 0,039 кг; Pb – 0,111 кг. 44. 32,7 °С. 45. 55 °С. 46. 35,6 °С.  
 47. На 2 °С. 48. 0,14 л. 49. 54 ГДж. 50. 3 кг. 51. 46 МДж/кг.  
 52. 65,3 МДж. 53. 108 МДж. 54. 67,4 МДж. 55. В 1,8 раза.

56. 2,45 г. 57. 6532 кг. 58. На 40,5 °С. 59. 11,2 г. 60. 5 кг.  
61. 13,2 МДж. 62. 44,1 кДж; 90,9 кДж. 63. 33,7%. 64. 42%.  
65. 47%. 66. 15,8%. 67. 25,7 кг. 68. 27 МДж/кг. 69. 39 г.  
70. 0,5 МВт. 71. 25,5 кВт. 72. 1,5 л. 73. 0,22. 74. 6 кг/км.  
75. 42 т. 76. 30 т. 77. 24 кН. 78. На 130,6 км. 79. 118 кДж.  
80. 3 кг. 81. 1,7 МДж. 82. 102 кДж/кг. 83. 306 МДж.  
84. 2 м<sup>3</sup>. 85. 536,4 кДж. 86. 24,3 кг. 87. 0,59 кг. 88. 722 кДж.  
89. 75,7 кДж. 90. 873 кДж. 91. 13,3 кДж. 92. 15,6 МДж.  
93. 8,4 кДж. 94. Да. 95. 233 л. 96. 1,3 см. 97. 1 кг. 98. 1,24 кг.  
99. 340 кДж/кг. 100. 54,8 мин. 101. 10,8 км. 102. 7 г.  
103. 364 м/с. 104. 1,4 кг. 105. 1,17 км/с. 106. 132 г. 107. 32,8 т.  
108. 40,8 кг. 109. 0,5 кг. 110. 87 °С. 111. 27 °С. 112. 87 г.  
114. 20 кДж. 115. 2,8 кг. 116. 9,2 г. 117. 20 °С. 118. 35 см<sup>3</sup>.  
119. 183 г. 120. 0,96 кг. 121. 41,7 °С. 122. 1,1 кг. 123. 11,4 кг.  
124. 7 г. 125. 1,1 кг. 126. 5 °С. 127. 20 °С. 128. 0,13 кг.  
129. -47 °С. 130. 85 °С. 131. 5,8 кг. 132. 24 г. 133. 0 °С; 6,3 кг.  
134. 0 °С. 135. 0,26 кг; 0 °С. 136. 230 кДж. 137. 4,6 МДж.  
138. 0,4 МДж/кг. 139. 30 г. 140. 54 кг. 141. Нет. 142. 2,56 кг.  
143. В 2,56 раза. 144. 1,79 кг. 145. 26,4 МДж. 146. 4,5 кДж.  
147. 73,4 кДж. 148. На 3,5 МДж. 149. 7,9 кг. 150. 38 г.  
151. 6,2 МДж. 152. 2,4 МДж/кг. 153. 59 °С. 154. 1,55 МДж;  
AB – нагревание льда, BC – плавление льда, CD – нагревание  
воды, DE – кипение воды. 155. 5,68 кг. 156. 0,47 кг. 157. 68 г.  
158. 1,2 кг. 159. 0,015. 160. 6,72 кг. 161. 0,9 кг. 162. 31,4 кг.  
163. 32,4 кг. 164. 56 г. 165. 89,4 °С. 166. 2,1 кг. 167. 2 кг.  
168. 40 °С. 169. 20 г. 170. 0,6 кг. 171. 4,56. 172. 750 г.  
173. 4211 Дж/кг·°С. 174. 0,13. 175. 100 °С. 176. 100 °С.  
177.  $2,5 \cdot 10^3$  м/с. 178. 0,47 Ом. 179. 1 мм<sup>2</sup>. 180. 210 м.  
181. 0,01 Ом · м. 182. 1,125 м. 183. 12 Ом. 184. 240 Ом.  
185. 25 Ом. 186. В 11 раз. 187. Второй в 4 раза. 188. Пер-  
вый в 16 раз. 189. 1,34 мм<sup>2</sup>. 190. 3,5 Ом. 191. 0,17 Ом.  
192. 756,5 кг. 193. 53 м; 0,023 мм<sup>2</sup>. 194. 2,25 Н.  
195. 4. 196. 320 Ом. 197. 120 Ом. 198. В 5,4 раза. 199. 8,87 Ом.  
200. На 0,26 кг. 201. В 200 раз. 202. 21 Ом. 203. 0,8 Ом.  
204. 2,25 Ом. 205. 3 Ом. 206. 5. 207. 5. 208. 9,1 Ом.  
209. В 9 раз. 210. 0,051 Ом. 211. а) 8 Ом; б) 0,5 Ом; в) 2,7 Ом;  
г) 5 Ом; д) 2 Ом; е) 0,8 Ом; ж) 1,5 Ом; з) 3,3 Ом. 212. 4 Ом.  
213. 20 Ом. 214. 2 кОм; 3 кОм; 4 кОм; 6 кОм; 9 кОм; 12 кОм;  
18 кОм. 215. 6 Ом. 216. 8 Ом. 217. 4. 218. 4. 219. 57,75 Ом.  
220. На 6. 221. 5 Ом. 222. 1,875 Ом. 224. 2 Ом. 225. 2 Ом.  
226. 12 Ом. 227. 3,4 Ом. 228. а) 10 Ом; б) 18 Ом; в) 30 Ом.  
229. 4 Ом. 230. а) 6 Ом; б) 9 Ом; в) 5 Ом. 231. 13,66 Ом.  
232. 0,5 А. 233. 150 Кл. 234. 20 В. 235. 2,2 кДж. 236. 1,5 А.  
237. 12 Ом. 238. 10 В. 239. 24 А. 240. 4 А. 241. 1,7 В.  
242. 3,6 В. 243. 0,75 А; 22,5 В; 67,5 В. 244. 9,6 А. 245. 24 Кл.

246. 16 В. 247. 4 А. 248. В 2 раза. 249. 1 А. 250. На 12 Ом.  
 251. 10 А. 252. 880 Ом. 253. 60 В. 254. 0,4 В; 27,5 В. 255. 3,4 В.  
 256.  $0,052 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ . 257. 12,5 А. 258. 50 В. 259. 3 А; 2 А;  
 1 А; 12 В; 4 В; 4 В. 260. 0,5 А. 261. 1 А; 1 А; 2 А; 2 А; 8 В;  
 8 В; 12 В; 20 В. 262. 3 мА. 263. 42,5 В. 264. 0,5 В. 265. 1,2 А.  
 266. 2 А; 2,7 А; 1,3 А; 4 А. 267. 2,5 А; 25 В. 268. 20 В; 0,5 А.  
 269. 2 А. 270. 0,1 В. 271. 90 Ом. 272. 8,65 В. 273. 10 Ом;  
 30 Ом. 274. 162 Дж; 1,35 Вт. 275. 660 Дж. 276. 161 Ом.  
 277. 240 Ом. 278. 8 с. 279. 1188 кДж. 280. 1250 с. 281. 600 Вт;  
 300 Вт; 1200 Вт. 282. 180 Дж/с. 283. 60 кДж. 284. 40 В.  
 285. 160 Дж. 286. 960 Дж. 287. В 16 раз. 288. 110 Вт.  
 289. 60 Дж. 290. 1,45 МДж. 291. 180 Вт; 1,44 кВт·ч.  
 292. 35,5 А. 293. 4,4 м. 294. В 3 раза. 295. В 4 раза. 296. 100 м.  
 297. 400 Вт. 298. 0,44. 299. 50%. 300. 761 А. 301. 10 А.  
 302. 100 А. 303. 74,7%. 304. 23,5 Ом. 305. 70,8 м. 306. 84 г.  
 307. 1400 с. 308. 53 г. 309. 20 Вт; 25 Вт. 310. 0,86 с. 311. а)  
 45 мин; б) 10 мин. 312. 48 Вт. 313. 18 Ом; 18 Ом. 314. 4 м.  
 315. 3 ч; 45 мин. 316. 2 м. 317. 0,75 м. 318. 0,8 м. 319. 1,5 м.  
 320. 1 м. 321. 12 м. 322. 3,2 м. 323. 7,5 см; 17,5 см. 324. 8,5 м.  
 325. 1,48 м. 326.  $30^\circ$ . 327.  $60^\circ$ . 328.  $70^\circ$ . 329. На  $12^\circ$ .  
 330.  $30^\circ$ . 331. На 0,8 м. 332. 1,4 м. 333. 80 см. 334. На 10 см.  
 335. В 2 раза. 336. 8 м. 337. В том же направлении; 3 см/с.  
 338. 1 м/с. 339. 4 м. 340.  $65^\circ$ . 341.  $24^\circ$  или  $66^\circ$ . 342.  $30^\circ$   
 или  $55^\circ$ . 343.  $45^\circ$ . 344. 0,85 м. 345.  $120^\circ$ . 346.  $50^\circ$ . 347. 30 см.  
 348. 3 м. 349. 1,2 м. 350. 4 м. 351. 1,2 м. 352.  $20^\circ$ . 353.  $90^\circ$ .  
 354. 1,25 м/с. 355. 5 см/с. 356. 1,6. 357.  $40^\circ$ . 361.  $43^\circ$ . 362.  $22^\circ$ .  
 363.  $48^\circ$ . 364. 1,3. 365. 6 см. 366.  $42^\circ$ . 367.  $48^\circ$ . 368. 18,5 см.  
 369. 1,73 м; 3,47 м. 370. 20 см. 371. На 1 см. 374. Собираю-  
 щая; 0,5 м. 375. -0,4 дптр. 377. В 4 раза.

## 9 класс

1. 3,5 м; 0,5 м. 2. 5 м; 1 м. 3. 0. 4. 3,14 км; 0. 5. 800 м; 0.  
 6. 5 м. 7. 200 м; 141 м. 8. Перемещение 4,47 м; проекции 4 м  
 и -2 м. 9. 4 м, -3 м; 5 м. 10. (20 м; 20 м); (5 м; -15 м);  
 38 м; -15 м; -35 м; 11. 2 м; 2 м; 2,8 м; 4 м. 12. 60 км; 42,4 км.  
 13. В 1,24 раза. 14. 6,28 м. 15. 3,14 м; 3 м. 16. Ох: 100 м; Оу:  
 173,2 м. 17. 600 м; 300 м. 18. 2,5 км; 9,3 км. 19. 3,5 м/с.  
 20. 10 с; в 50 м от точки начала движения 1-го велосипедиста.  
 21. Превысил. 22. 48,75 м. 23. 3 м/с. 24. 3 м/с<sup>2</sup>. 25. Равноза-  
 медленное;  $v_x = 6 - 36t$ . 26. 2 м/с<sup>2</sup>. 27. 56 м. 28. 75 м.  
 29. 0,15 м/с<sup>2</sup>. 30.  $2 \cdot 10^5 \text{ м/с}^2$ . 31. 60 м/с<sup>2</sup>. 32. 4,5 м/с. 33. 4 м/с.  
 34. Возрастает на 4 м/с. 35. 0,5 м/с<sup>2</sup>; 16 м. 36. 1 м/с<sup>2</sup>; 8 м.  
 37. 32,5 м/с. 38. В 100 м перед светофором. 39. 100 м. 40. 52 м.  
 41. 0,1 м/с. 42. 0,9 м. 43. 20 м. 44. 2 м/с; 0,3 м/с<sup>2</sup>. 45. 20 с.

46. 2 с. 47. 1 м/с<sup>2</sup>. 48. 5 м/с. 49. 10 с; в 40 м от точки начала движения 1-го автомобиля; 45 м. 50. 40 с. 51. 15 м/с; 0,17 м/с<sup>2</sup>. 52. 20 м/с. 53. 16 м/с. 54. -3,2 м/с<sup>2</sup>. 55. 1:3:5. 56. 1 м/с<sup>2</sup>; 0,5 м/с. 57. 1 м/с; 2,5 м/с<sup>2</sup>. 58. 4 с. 59. 509 м; 42,4 м/с. 60. На 4,1 м/с. 61. В 1,25 раза. 62. 0,2 с. 63. 30 м; 5,5 с. 64. 36 м. 65. 3,41 с. 66. 45 см/с; 30 см/с<sup>2</sup>. 67. 35 см. 68. 34 м. 69. 7880 м. 70. 80 км/ч. 71. 30 с. 72. 5,1 м/с. 73. 1,5 м/с<sup>2</sup>. 74. 1 кН. 75. 4 кг. 76. 500 Н. 77. 4 м/с<sup>2</sup>. 78. 0,8 м/с<sup>2</sup>. 79. 2,4 Н. 80. 10 м/с. 81. 12 м/с. 82. 10 Н. 83. 25 мН. 84. 2 м. 85. 180 Н. 86. 0,1 с. 87. 4 кН. 88. 2 м/с<sup>2</sup>. 89. 591 м. 90. 2 т. 91. 200 Н. 92. 30 с. 93. 2,5 м/с<sup>2</sup>. 94. 6 Н. 95. 0,6 Н. 96. 5 м. 97. 1,2 кг. 98. 10 м/с<sup>2</sup>. 99. 100 Н. 100. 190 кг. 101. 7,5 Н. 102. 8 Н; 30 м/с<sup>2</sup>. 103. 1,1 м/с<sup>2</sup>. 104. 11:10. 105. 2. 106. 0,5 м/с. 107. 17,3 м/с<sup>2</sup>. 108. 100 км/ч. 109. 2 кН. 110. 2 м/с<sup>2</sup>; вверх. 111. 8 Н. 112. 500 кг. 113. 0,1. 114. 0,5 м/с<sup>2</sup>. 115. 530 Н. 116. 2 м/с<sup>2</sup>. 117. 200 Н/м. 118. 4 кг. 119. 1 кН. 120. 2 кг. 121. 2 м/с<sup>2</sup>. 122. 5 см. 123. 4 см. 124. На 0,32 мм. 125. 3 см. 126. 5 м/с<sup>2</sup>. 127. 3. 128. 180 Н. 129. 6 м/с<sup>2</sup>. 130. 108 кПа. 131. 0,25. 132. 9,6 Н. 133. 80 м. 134. 6 с. 135. 11,5 м/с. 136. 20 м. 137. 30 м/с. 138. 4:1. 139. 15 м. 140. 7,5 м/с. 141. 3,4 с. 142. 0,6 с. 143. 55 м. 144. 20 м/с. 145. 84 м. 146. 35 м. 147. 7 м/с. 148. 65 м. 149. 15 м/с. 150. 5,6 с. 151. 1 с. 152. 0,02 с. 153. 10,5 мин. 154. В 1,26 раза. 155. 3 с. 156. 195 м. 157. 1 с. 158. 50 м. 159. 0,34 м. 160. 30 м; 90 м; 150 м. 161. 151 м. 162. 0,654 с; 0,49 м. 163. 20 м; 12 м. 164. 1,4 с. 165. 125 м. 166. 2 с; 5 м/с. 167. 10 м. 168. 20 м. 169. 9,8 м/с. 170. 10 м/с. 171. 5,4 м/с. 172. 28,3 м. 173. 36 м/с. 174. 9,8 м/с. 175. 25 м/с. 176. 20 м/с. 177. 5,8 м/с. 178. 60°. 179. 11 м. 180. 105 м. 181. 2 см. 182. 648 м/с. 183. 14. 184. 5 м. 185. 2,4 м. 186. 10 м/с. 187. 200 м. 188. 19,5 м. 189. 5 м. 190. 19 м. 191. 11 м. 192. 0,28 с; 0,72 с. 193. 80 м/с; 75 м. 194. 20 м/с. 195. 45°. 196. 45°. 197. 1:1. 198. Попадет. 199. 45 м. 200. 40 м. 201. 3,5 с. 202. 7,2 м. 203. 56,6 м. 204. 2,25 кг. 205. 16,25 м. 206. 1,8 м. 207. 7 м/с. 208. 30°. 209. 24 с. 210. 19,3 м. 211.  $12,7 \cdot 10^{-9}$  Н. 212.  $2 \cdot 10^{20}$  Н. 213. 5 кг. 214.  $1,22 \cdot 10^8$  кг. 215. 2 м/с<sup>2</sup>. 216. 119 Н. 217.  $5,98 \cdot 10^{24}$  кг. 218. 3,7 м/с<sup>2</sup>. 219. 1,08 м/с<sup>2</sup>. 220. 2. 221. 150 Н. 222. 4. 223. В 2 раза. 224. В 4 раза. 225. В 4 раза. 226. 1,25 Н. 227. 9,5 кН. 228. 19 200 км. 229. 2630 км. 230. В 6 раз. 231. 8,5 м/с<sup>2</sup>. 232. 5 м/с<sup>2</sup>. 233. 3456 км. 234. 27 м. 235. 2 м/с<sup>2</sup>. 236. 0,4 м/с<sup>2</sup>. 237. 2 см/с. 238. 2,72 мм/с<sup>2</sup>. 239. 2 м/с<sup>2</sup>. 240. 0,0125 с. 241. 27 м/с. 242. 25 м/с<sup>2</sup>. 243. 218 оборотов. 244. 0,785 с. 245. 55,7 оборота. 246. 125,6 м/с. 247. 0,37 м. 248. В 36 раз. 249. В 3 раза. 250. 1200 Н. 251. 6 кН. 252. 47,1 с. 253. 10 см. 254. 0,5 м.



255. В 1,25 раза. 256. 1 Н. 257. 10 Н. 258. 0,4. 259. 0,1 м/с.  
 260. 1,25 Н. 261. 5,9 м/с. 262. 15 м/с. 263. 32,7 мин. 264. 2 с.  
 265. 1678 м/с. 266. 8 км/с. 267. 1,7 км/с. 268. 7 км/с.  
 269. 13 м/с<sup>2</sup>. 270. В 1,5 раза. 271. 25 600 км. 272. 537 кг/м<sup>3</sup>.  
 273. 42 000 км. 274. 6500 с. 275. 2 ч. 276. 900 км.  
 277. 0,16 кг·м/с. 278. 0,01 кг. 279.  $20 \cdot 10^3$  кг·м/с.  
 280. 0,02 кг·м/с. 281. 1,8 м/с. 282.  $\frac{4}{3}$ . 283. 0,2 м/с. 284. 80 кг.  
 285. 1,6 м/с. 286. 4,4 м/с. 287. 0,98 м/с. 288. 0,4 кг·м/с.  
 289.  $5,3 \cdot 10^{-2}$  кг·м/с. 290. 0,09 кг·м/с. 291.  $24 \cdot 10^3$  кг·м/с.  
 292. 0,5 кг·м/с. 293. На 0,04 м/с. 294. 300 м/с, в противоположном направлении. 295. 3:1. 296. 0,7 м/с; 0,56 м/с.  
 297. 12 кг·м/с. 298. 45 Н. 299. 0,8 кг·м/с. 300. 3,2 кг·м/с.  
 301. 1,1 м/с. 302. 400 м/с. 303.  $17 \cdot 10^{-3}$  кг·м/с. 304. 0,17 м/с.  
 305. 0,29 м. 306. 4 м. 307. 60 кг. 308. 0,03 м. 309. 86,4 Н.  
 310. 1,8 м. 311. 1430 м. 312.  $F = m \left( \frac{V^2}{L} + g \right)$ . 313. 20 м/с.  
 314. 132 кДж. 315. 4,5 м/с. 316. 2,2 м/с. 317. 0,18 Дж.  
 318. 162,5 Дж. 319. 14 м/с. 320. 1 кг. 321. 1,5 м/с.  
 322. 102,4 Дж. 323. 3 Дж. 324. На 6,7 кДж. 325. 4. 326. 4 Дж.  
 327. 9,5 Дж. 328. 2,5 кДж; 5 кДж. 329. 1 Дж. 330. 6 Н. 331.  $\frac{1}{2}$ .  
 332. 3:1. 333. 3,3 м/с. 334. 2,3 м/с; 1,7 м/с. 335. 2,5 м.  
 336. 6 см. 337. 3,1 см. 338. 3,3 см. 339. 360 м/с.  
 340. 500. 341. 0,5 с; 2 Гц. 342.  $10^{-4}$  с;  $3 \cdot 10^5$  колебаний.  
 343. 10 Гц. 344. 2,7 Гц. 345. 4 см/с. 346. 3,12 с. 347. 1000 м/с.  
 348. 1435 м/с. 349. 0,77 м. 350. 6 мс; 170 Гц. 351. В 5 раз.  
 352. На 10. 353. 8 м. 354. 9,8 м/с<sup>2</sup>. 355. 1 м. 356. 4 м. 357. 2 с.  
 358. 1020 м. 359. На 3825 м. 360. 19 863 м. 361. 49 см.  
 362. На 4,5 м. 363. 5 с. 364. 72 см; 50 см. 365. 9 см. 366. 5 м/с;  
 15 м/с. 367. На 8 см. 368. В 1,0014 раза. 369. 1749 км.  
 370. 400 мкФ. 371. 25 В. 372. +2 мкКл; -2 мкКл. 373. 7 мкФ.  
 374. 1 Дж. 375. 3 мкФ. 376. 3 мкФ. 377. 2:1. 378. 5:2.  
 379. 15 В. 380. 2 мкФ. 381. 0,1 Ф. 382. 200 пФ. 383. 15 Дж.  
 384. 1,8 мДж. 385. 2 мкФ. 386. 0,3 Кл. 387. 50 В; 25 В.  
 388. 54 мкДж. 389. 500 В. 390. 0,15 °С. 391. 0,48 Н. 392. 0,5 А.  
 393. 1 Тл. 394. 1 м. 395. В 1,5 раза. 396. 25 А. 397. 0,05 Тл.  
 398.  $10^4$  кг/м<sup>3</sup>. 399. 0,067 Тл. 400. 35 А. 401. 0,6 Дж. 402. 45°.  
 403. 45; 122; 133. 404. 46; 60. 405. 35; 82; 82. 406. 27; 82;  
 84. 407. 2. 408. На 8. 409. В 2 раза. 410. На 6. 411. Протон.  
 412.  $\alpha$ -частица. 413.  ${}^1_1\text{H}$ . 414.  ${}^7_3\text{Li}$ . 415.  ${}^{55}_{26}\text{Fe}$ . 416. 1 г. 417.  ${}^{222}_{84}\text{Po}$ .  
 418.  ${}^{133}_{55}\text{Cs}$ . 419.  ${}^4_2\text{He}$ . 420.  ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ . 421. 250. 422. 2000 лет.  
 423. 87 лет. 424. 55,6 суток. 425. 0,75. 426. 10; 10. 427. 5; 4.  
 428. 3:2.

## Справочный материал

### Плотность некоторых веществ, кг/м<sup>3</sup>

Вещество	Плотность	Вещество	Плотность
Иридий	22 400	Стекло	2 500
Платина	21 500	Кирпич	1 800
Золото	19 300	Песок сухой	1 500
Свинец	11 300	Воск	1 400
Серебро	10 500	Пластмасса	1 200
Никель	8 900	Молоко	1 030
Медь	8 900	Вода морская	1 030
Латунь	8 500	Вода чистая	1 000
Железо	7 800	Лед	900
Сталь	7 800	Масло машинное	900
Олово	7 300	Нефть	800
Цинк	7 100	Керосин	800
Чугун	7 000	Бензин	710
Алюминий	2 700	Сухое дерево	500
Мрамор	2 700	Воздух	1,29
Кварц	2 650	Водород	0,09

### Удельная теплоемкость некоторых веществ, Дж/(кг·°С)

Свинец твердый	140	Чугун	540	Водяной пар	220
Свинец жидкий	170	Стекло	840	Эфир	2350
Олово	230	Кирпич	880	Спирт	2500
Медь	400	Бетон	880	Вода	4200
Железо	460	Алюминий	920		
Сталь	500	Лед	2100		

### Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива, $10^6$ Дж/кг

Сухая древесина	10	Антрацит	30	Природный газ	44
Спирт	27	Древесный уголь	34	Бензин, керосин	46
Каменный уголь	27	Дизельное топливо	42	Водород	120

### Температура плавления некоторых веществ, °С

Лед	0	Свинец	327	Сталь	1500
Олово	232	Цинк	420		

### Удельная теплота плавления (кристаллизации) некоторых веществ, $10^3$ Дж/кг

Свинец	25	Сталь	84	Лед	340
Олово	59	Цинк	120		

### Температура кипения некоторых веществ, 0 °С

Эфир	35	Спирт	78	Вода	100
------	----	-------	----	------	-----

### Удельная теплота парообразования некоторых веществ, $10^6$ Дж/кг

Эфир	0,4	Спирт	0,9	Вода	2,3
------	-----	-------	-----	------	-----

### Удельное сопротивление некоторых веществ, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

Медь	0,017	Железо, сталь	0,10	Константан	0,50
Алюминий	0,028	Никелин	0,41	Нихром	1,1

### Преломление света

Вода	1,3	Стекло	1,5
------	-----	--------	-----

## Список литературы

1. *Бабаев В.С.* Кинематика, динамика, работа, мощность, энергия. Сборник разноуровневых задач по физике. СПб.: Сага; Азбука-классика, 2005.

2. *Болсун А.И., Галякевич Б.К.* Физика в экзаменационных вопросах и ответах. 2-е изд., испр. М.: Айрис-пресс, 2007.

3. *Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А.* 1001 задача по физике с решением. Харьков: ИМП «Рубикон», 2002.

4. *Гольдфарб Н.Н.* Сборник вопросов и задач по физике: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1993.

5. Задачник по физике / С.Н. Белолипецкий, О.С. Еркович, В.А. Казанцева, Т.С. Цвецинская. М.: Физматлит, 2005.

6. *Кондратьев А.С., Уздин В.М.* Физика. Сборник задач. М.: Физматлит, 2005.

7. *Лукашик В.И.* Сборник вопросов и задач по физике: Учеб. пособие для учащихся 6–7 кл. ср. шк. М.: Просвещение, 1988.

8. *Лукашик В.И.* Физическая олимпиада в 6–7 классах средней школы: Пособие для учащихся. М.: Просвещение, 1987.

9. *Марон А.Е., Марон Е.А.* Физика. 7 класс. М.: Дрофа, 2008.

10. *Парфенова Н.А., Фомина М.В.* Сборник задач по физике. М.: Мир, 1997.

11. *Рымкевич А.П.* Сборник задач по физике для 8–10 классов средней школы. 11-е изд. М.: Просвещение, 1987.

12. Сборник задач по физике / Под ред. С.М. Козела. М.: Наука, 1990.

13. *Славов А.В., Спивак В.С., Цуканов В.В.* Сборник задач по физике. М.: Изд-во МЭИ, 2004.

14. *Тренин А.Е., Никеров В.А.* Готовимся к экзамену по физике. М.: Айрис-пресс, 2005.

15. Тысяча и одна задача по физике. Варианты письменных профильных тестирований / А.А. Абрамов и др. М.: МИЭТ, 2003.

16. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы / Авт.-сост. Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суворов и др. М.: Дрофа, 2000.

17. Физика: Сборник задач / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев. М.: Альянс-В, 2002.

18. Физика: Школьный курс / В.А. Орлов, Г.Г. Никифоров и др. М.: АСТ-ПРЕСС, 2000.

19. *Черноуцан А.И.* Физика. Задачи с ответами и решениями: Учебное пособие. М.: Книжный дом «Университет», 2001.

## Содержание

Предисловие. . . . .	3
----------------------	---

### 7 КЛАСС

#### **Взаимодействие тел**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	4
Примеры решения задач . . . . .	5
Равномерное прямолинейное движение. . . . .	8
Средняя скорость неравномерного движения . . . . .	15
Масса тела. Плотность вещества . . . . .	18
Сила тяжести. Вес . . . . .	23
Сила упругости. Закон Гука . . . . .	24
Равнодействующая сила . . . . .	26

#### **Давление твердых тел, жидкостей и газов**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	27
Примеры решения задач . . . . .	30
Давление твердых тел . . . . .	33
Давление жидкости . . . . .	35
Сообщающиеся сосуды . . . . .	39
Атмосферное давление . . . . .	42
Гидравлический пресс . . . . .	44
Архимедова сила. Плавание судов. Воздухоплавание. . . . .	47

#### **Работа и мощность. Энергия**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	52
Примеры решения задач . . . . .	55
Механическая работа . . . . .	57
Мощность . . . . .	60
Простые механизмы . . . . .	62
Коэффициент полезного действия . . . . .	66
Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения и превращения механической энергии. . . . .	68

### 8 КЛАСС

#### **Тепловые явления**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	72
Примеры решения задач . . . . .	73

Нагревание, охлаждение . . . . .	76
Уравнение теплового баланса (нагревание, охлаждение) . . .	78
Сгорание топлива . . . . .	81
Плавление, кристаллизация . . . . .	84
Уравнение теплового баланса (плавление, кристаллизация) . . . . .	88
Парообразование, конденсация . . . . .	90
Уравнение теплового баланса (парообразование, конденсация) . . . . .	92

### **Электрические явления**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	95
Примеры решения задач . . . . .	97
Сопротивление проводника . . . . .	99
Соединение проводников . . . . .	102
Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. . . .	108
Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца . . . . .	115

### **Световые явления**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	119
Примеры решения задач . . . . .	123
Прямолинейное распространение света . . . . .	125
Отражение света. Плоское зеркало . . . . .	126
Преломление света. . . . .	130
Линзы . . . . .	132

## **9 КЛАСС**

### **Кинематика**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	136
Примеры решения задач . . . . .	138
Путь, перемещение, координаты движущегося тела . . . .	140
Прямолинейное равноускоренное движение . . . . .	142

### **Динамика**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	148
Примеры решения задач . . . . .	153
Законы Ньютона . . . . .	158
Вес тела. Сила упругости. Сила трения . . . . .	162
Движение тела, брошенного вертикально вверх (вниз) . . .	165
Движение тела, брошенного горизонтально . . . . .	168
Движение тела, брошенного под углом к горизонту . . . .	170
Закон всемирного тяготения . . . . .	173
Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью . . . . .	176
Движение искусственных спутников . . . . .	179

### **Законы сохранения в механике**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	181
--	-----

Примеры решения задач . . . . .	181
Импульс тела. Закон сохранения импульса . . . . .	183
Закон сохранения и превращения механической энергии . . . . .	187

### **Механические колебания и волны**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	191
Примеры решения задач . . . . .	193
Механические колебания и волны . . . . .	193

### **Конденсатор**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	196
Пример решения задач . . . . .	198
Емкость конденсатора. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора . . . . .	199

### **Сила Ампера**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	201
Пример решения задач . . . . .	202
Сила Ампера . . . . .	203

### **Физика атома и атомного ядра**

Основные понятия, соотношения, формулы . . . . .	205
Примеры решения задач . . . . .	206
Строение атома. Ядерные реакции. Период полураспада . . . . .	207

## **ОТВЕТЫ**

7 класс . . . . .	210
8 класс . . . . .	212
9 класс . . . . .	214
Справочный материал . . . . .	217
Список литературы . . . . .	219



*Минимальные системные требования определяются соответствующими требованиями программ Adobe Reader версии не ниже 11-й либо Adobe Digital Editions версии не ниже 4.5 для платформ Windows, Mac OS, Android и iOS; экран 10"*

Учебное электронное издание

*Авторы-составители:*

**Московкина Елена Геннадьевна**

**Волков Владимир Анатольевич**

## **СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

### **7–9 классы**

Выпускающий редактор *Юлия Антонова*

Научный редактор *Сергей Лозовенко*

Дизайн обложки *Екатерины Бедриной*

Верстка *Дмитрия Сахарова*

Подписано к использованию 11.02.2021.

Формат 12,0×19,5 см.

Гарнитура SchoolBook.

ООО «ВАКО».

109369, РФ, Москва, Новочеркасский бульвар, д. 47, кв. 25.

Сайт: <https://www.vaco.ru>