

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я72  
КТК 444  
К 28

**Касаткина И. Л.**

**К 28**      Физика : новый репетитор для подготовки к ОГЭ /  
И. Л. Касаткина. — Ростовн/Д : Феникс, 2020. — 335,  
[1] с. : ил. — (Без репетитора).

ISBN 978-5-222-32445-5

Учебное пособие предназначено для качественной подготовки выпускников 9 классов к основному государственному экзамену (ОГЭ). Оно включает в себя краткую теорию и формулы по всем разделам курса физики с 7 по 9 классы. В конце каждого раздела содержатся задания, аналогичные тем, что предлагались на прошедших ОГЭ и имеются в соответствующих контрольно-измерительных материалах (КИМах). К ним даны ответы с подробным объяснением.

Пособие окажет большую помощь учащимся при подготовке к ОГЭ, а также к контрольным работам в процессе учебы. Оно будет полезно учителям и репетиторам.

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я72

ISBN 978-5-222-32445-5

© Касаткина И.Л., 2019  
© Оформление: ООО «Феникс», 2019  
© В оформлении обложки использованы  
иллюстрации по лицензии Shutterstock.com

# ВСТУПЛЕНИЕ

Основной государственный экзамен (ОГЭ) по физике предназначен для итоговой оценки знаний выпускников 9 класса, желающих продолжить обучение в 10 и 11 классах профильных школ, лицеев и гимназий с углубленным изучением естественных и физико-математических дисциплин.

Экзаменационные работы последних лет включают в себя 26 заданий разной трудности. На часть заданий достаточно дать краткий ответ в виде цифры, соответствующей номеру правильного ответа, или последовательности цифр. Если вы случайно записали в ответ не ту цифру, ее можно зачеркнуть и рядом написать правильную. К последним заданиям под номерами 22–26 нужно дать подробный ответ с указанием применяемых законов и объяснением формул. Одно из заданий будет экспериментальным, когда следует произвести опыт, используя лабораторные приборы, записать произведенные измерения и произвести необходимые вычисления.

Выполняйте вычисления на черновике, а потом, проверив их, заносите на чистовой лист. Черновик экзаменаторы проверять не будут.

Все справочные величины и константы, которые могут понадобиться для ответов на вопросы и решения задач, будут приведены в самом начале вашего варианта.

В зависимости от сложности задания правильный ответ на него оценивается одним, двумя, тремя или четырьмя первичными баллами. Неправильный ответ дает нулевой балл. Максимальный первичный балл за правильные ответы ко всем заданиям равен 40. Суммарный первичный балл переводится в 100-балльную шкалу.

На выполнение всей работы отводится 3 часа. Учащимся в процессе выполнения работы разрешается пользоваться непрограммируемым калькулятором.

Данное пособие включает в себя краткую теорию по разделам «Механические явления», «Тепловые явления», «Элек-

тромагнитные явления» и «Геометрическая оптика. Волновая и квантовая оптика. Физика атома». К каждому разделу даны 3 варианта, включающих по 26 заданий разной сложности для проверки понимания физических понятий, явлений и законов и применения их на практике. Здесь оценивается умение читать графики зависимости величин, характеризующих физический процесс, применять законы и формулы для расчета требуемых величин, определять по фотографии прибора измеряемую величину с учетом погрешности, планировать самостоятельно физический опыт и описать его проведение. В ряде заданий дано описание технического объекта и заданы вопросы о физическом явлении, на котором основано его действие.

После всех заданий предложены две проверочные работы со смешанными заданиями из всех 4 разделов, а затем даны подробные правильные ответы на все задания, включая и самые сложные.

В конце пособия имеется ПРИЛОЖЕНИЕ, в котором приведены сокращения в названиях единиц измерений, основные и дополнительные единицы СИ и показан перевод некоторых внесистемных единиц в единицы СИ.

Не факт, что именно эти задания встретятся вам на предстоящем ОГЭ, хотя вероятность этого достаточно велика. Но уже то, что вы будете готовы к встрече с подобными вопросами и задачами, существенно повысит ваши возможности. И если, поработав с этим пособием, вы сумеете потом решить любую из его задач и ответить на любой вопрос, никуда не подглядывая, вы сделаете большой шаг по пути к успешной сдаче этой непростой работы.

*Желаем вам высоких баллов на ОГЭ!*

# РАЗДЕЛ 1

---

---

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

### 1. Физические тела и физические величины. Измерение физических величин и погрешности измерений

Окружающий нас мир материален. *Материя* — это все, что есть в мире. Различают два вида материи: *вещество* и *поле*.

В физике любой предмет называется *физическим телом*. Все физические тела состоят из *веществ*. Железо, углерод, вода, кислород — все это различные вещества.

Там, где нет частиц вещества, например в вакууме, материя все равно присутствует в виде поля — гравитационного, электрического, магнитного.

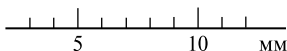
Любые изменения, происходящие с окружающими нас физическими телами или веществами, из которых они состоят, называются *явлениями*. Если при этом само вещество сохраняется, то такие явления называются *физическими*. Например, при таянии льда само вещество — вода — сохраняется, хотя вещество изменяет свои свойства: было твердым, стало жидким. Поэтому таяние льда — это физическое явление.

В физике при изучении различных физических явлений необходимо производить измерение *физических величин* — длину, температуру, массу, силу и т. п. Большинство физических величин имеет *единицу измерения* — метр, градус, килограмм, ньютон и т. п.

Все страны договорились применять Международную систему единиц СИ. Основные единицы СИ в механике — это единица времени секунда (с), единица длины метр (м) и единица массы килограмм (кг). Все другие единицы физических величин в механике — ньютон, джоуль, ватт — являются неосновными, или производными от основных.

Встречаются физические величины, не имеющие единиц измерения или безразмерные — число колебаний, количество предметов и т. п.

При измерении физических величин используют различные приборы, имеющие шкалу делений. Наименьшее расстояние между двумя соседними делениями является *ценой деления* шкалы. Например, на рис. 1 цена деления линейки равна  $\frac{10-5}{5}$  мм = 1 мм.



**Рис. 1**

При любых измерениях неизбежны погрешности. Наибольшая погрешность равна цене деления шкалы прибора. Если не указана погрешность измерений, то ее следует считать равной половине цены деления шкалы прибора. Например, если при измерении длина тела оказалась равной 10 см, цена деления 1 мм и сказано, что за погрешность следует принять цену деления, то результат измерения можно записать так: длина  $l = (10 \pm 0,1)$  см. А если не указана погрешность или сказано, что она составляет половину цены деления, то запишем так:  $l = (10 \pm 0,05)$  см.

## 2. Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение

*Механическим движением* называется изменение положения тела в пространстве с течением времени.

Если размерами тела можно пренебречь, то тела принимают за материальную точку.

*Материальная точка* — тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи.

Положение тела в пространстве определяют при помощи системы отсчета.

*Система отсчета* — совокупность системы координат  $OX, OY$ , тела  $O$ , принятого за начало отсчета, и часов (рис. 2).

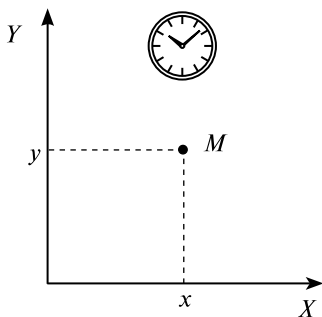


Рис. 2

*Траектория* — линия, по которой движется тело. Траектория бывает прямолинейной и криволинейной.

*Путь  $S$*  — длина траектории. Путь — скалярная положительная величина.

Единица пути в СИ — м (метр).

*Перемещение  $\vec{S}$*  — вектор, соединяющий начальное положение тела 1 с конечным положением 2 и направленный к конечному положению (рис. 3).

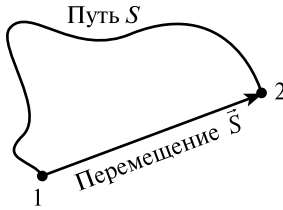


Рис. 3

Пусть за начало отсчета принята точка  $O$ , а линия  $OX$  есть ось координат (рис. 4). В начальный момент времени движущаяся вдоль оси координат материальная точка имела начальную координату  $x_0$ , а через время  $t$  ее координата стала  $x$ . Пройденный за это время путь

$$S = x - x_0. \quad (1)$$

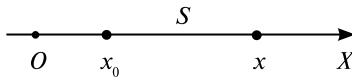


Рис. 4

При решении задач с векторными величинами мы переходим к их проекциям на выбранные направления. Если направление вектора совпадает с направлением оси координат, то его проекция на эту ось будет положительной (рис. 5, а), а если направление вектора противоположно направлению оси координат, то его проекция отрицательна (рис. 5, б).

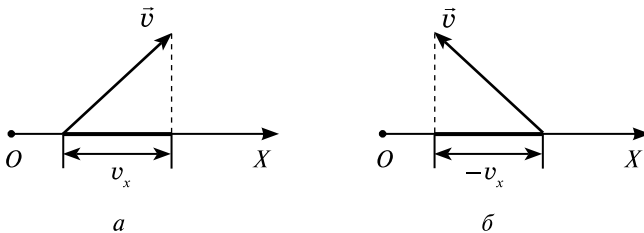


Рис. 5

Модуль проекции или любой другой физической величины всегда положителен.

### 3. Равномерное прямолинейное движение. Скорость

*Равномерное прямолинейное движение* — движение с постоянной скоростью, при котором за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.

*Скорость равномерного прямолинейного движения*  $\vec{v}$  — это отношение перемещения  $\vec{S}$  ко времени  $t$ , за которое это перемещение совершено:

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}. \quad (2)$$

Единица времени в СИ — с (секунда), единица скорости в СИ — м/с.

Часто встречающаяся в заданиях внесистемная единица скорости  $1 \text{ км/ч} = \frac{1000}{3600} \text{ м/с}$ .

При прямолинейном движении в одном направлении модуль перемещения равен пройденному пути. В этом случае скорость равномерного прямолинейного движения — это отношение пути  $S$  ко времени  $t$ , за которое этот путь пройден:

$$v = \frac{S}{t}. \quad (3)$$

Отсюда путь  $S = vt. \quad (4)$

С учетом формулы (1) в проекциях на ось  $Ox$

$$v_x t = x - x_0,$$

откуда  $x = x_0 + v_x t \quad (5)$

Здесь  $x$  — конечная координата,  $v_x$  — проекция скорости на ось координат.



Поскольку в формуле (3) скорость — постоянная величина, то графиком зависимости пути  $S$  от времени  $t$  будет прямая линия, проходящая через начало координат (рис. 6).

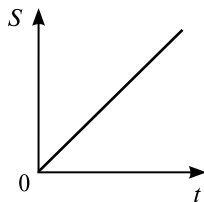


Рис. 6

Из графика пути на рис. 7 можно определить скорость как отношение отрезка  $mn$  к  $0n$ :  $v = \frac{mn}{0n}$ .

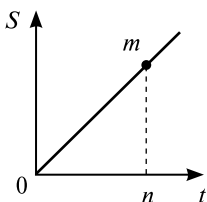


Рис. 7

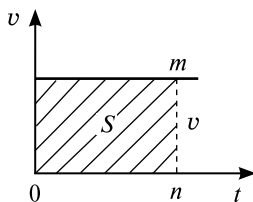


Рис. 8

Произведение  $mn = v$  и  $0n = t$  на рис. 8 равно площади прямоугольника  $0mnp$ . Значит, путь на графике скорости численно равен площади заштрихованного на рис. 8 прямоугольника:  $S = vt$ .

#### 4. Равноускоренное прямолинейное движение

*Равноускоренное прямолинейное движение* — это прямолинейное движение с постоянным ускорением, при котором за любые равные промежутки времени скорость изменяется на одинаковую величину.

Ускорение  $\vec{a}$  — это отношение изменения скорости  $\Delta\vec{v}$  ко времени  $t$ , за которое это изменение произошло. Ускорение — векторная величина. Вектор ускорения  $\vec{a}$  совпадает по направлению с вектором изменения скорости  $\Delta\vec{v}$ :

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{t}, \quad (6)$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (7)$$

Здесь  $\Delta\vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$  — изменение скорости,  $\vec{v}$  — конечная скорость,  $\vec{v}_0$  — начальная скорость.

Единица ускорения в СИ — м/с<sup>2</sup>.

Из формулы (7) в проекциях на ось  $Ox$

$$v_x = v_{0x} + a_x t. \quad (8)$$

Здесь  $v_x$  — проекция конечной скорости,  $v_{0x}$  — проекция начальной скорости,  $a_x$  — проекция ускорения.

Если все векторы  $\vec{v}$ ,  $\vec{a}$  и  $\vec{v}_0$  направлены в одну сторону, можно формулу (8) записать для модулей векторов:

$$v = v_0 + at. \quad (9)$$

Проекция координаты равноускоренного движения:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (10)$$

Проекция вектора перемещения  $S_x$  при равноускоренном движении:

$$S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (11)$$

Если все векторы  $\vec{S}$ ,  $\vec{a}$  и  $\vec{v}_0$  направлены в одну сторону, можно формулу (1) записать для модулей векторов:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (12)$$

Если неизвестно время движения, то при решении задач можно воспользоваться формулой  $v^2 - v_0^2 = 2aS$ , которую несложно вывести из приведенных выше формул, исключив из них время  $t$ .

На графике скорости равноускоренного движения (рис. 9) модуль вектора перемещения (путь) численно равен площади заштрихованной трапеции.

Модули векторов перемещения за последовательные равные промежутки времени от первого до  $N$ -го относятся как ряд последовательных нечетных чисел:

$$S_1 : S_2 : S_3 : \dots : S_N = 1 : 2 : 3 : \dots : N.$$

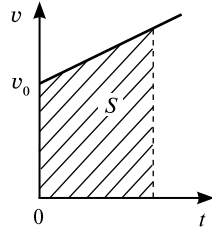


Рис. 9

## 5. Свободное падение

*Свободное падение* — это падение тела в вакууме под действием только притяжения к планете.

Все свободно падающие тела имеют одинаковое ускорение независимо от их массы, формы и размеров, которое называется ускорением свободного падения  $g$ . В средних широтах Земли  $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$ .

Свободное падение — это равноускоренное движение, когда тело падает вниз, или равнозамедленное движение, когда тело брошено вверх.

Все формулы свободного падения те же, что и при равноускоренном движении, только вместо ускорения  $a$  в них пишут ускорение свободного падения  $g$ , путь  $S$  иногда заменяют высотой  $h$  или  $H$ , а координату  $x$  заменяют координатой  $y$ . Так, если ось координат  $OY$  направить вниз, то уравнение координаты свободно падающего тела будет:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}. \quad (13)$$

Если все векторные величины тоже направлены в сторону оси  $OY$ , то проекции можно заменить модулями векторов. Тогда модули скорости и пути при свободном падении примут вид:

$$v = v_0 + gt \quad (14)$$

и

$$S = v_0 t + \frac{gt^2}{2}. \quad (15)$$

Если тело брошено вверх, то при отсутствии сопротивления среды оно будет двигаться равнозамедленно с ускорением  $-g$ , поэтому данные формулы примут вид:

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{g_y t^2}{2}, \quad (16)$$

$$v = v_0 - gt \quad (17)$$

и

$$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (18)$$

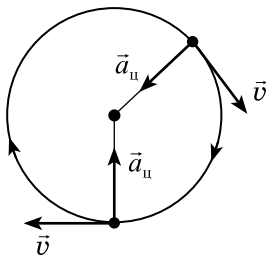
## 6. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью

Если вектор скорости тела направлен под углом к вектору ускорения, то тело движется криволинейно. В частном случае, когда вектор скорости является постоянным по модулю и направлен под прямым углом к вектору ускорения, тело движется с постоянной по модулю скоростью по окружности.

При движении по окружности с постоянной по модулю скоростью направление вектора скорости непрерывно изменяется. При этом вектор скорости все время остается касательным к окружности (рис. 10).

Поскольку быстрота изменения вектора скорости есть ускорение, значит, при движении по окружности, даже если модуль скорости не изменяется, тело движется с ускорением, которое называется центростремительным  $\vec{a}_c$ . Вектор центро-

стремительного ускорения направлен по радиусу к центру окружности (рис. 10).



**Рис. 10**

Модуль вектора центростремительного ускорения определяется формулой:

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}. \quad (19)$$

Здесь  $v$  — скорость тела,  $R$  — радиус окружности.

## 7. Относительность движения.

### Инерциальная и неинерциальная система отсчета. Правило сложения классических скоростей

Всякое механическое движение тела относительно. Это значит, что относительно одних тел тело движется, а относительно других покоится. Пассажир в поезде движется относительно деревьев и домов за окном, но покоится относительно полки, на которой сидит.

Траектория, путь и скорость тела — это относительные физические величины, потому что относительно разных тел или разных систем отсчета они могут быть различны. Траектория точек на концах лопастей взлетающего вертолета относительно летчика есть окружность, а относительно на-

блюдателя на земле — это винтовая линия. Путь пассажира относительно деревьев и домов за окном равен произведению скорости поезда и времени движения, а относительно полки, на которой он сидит, путь равен нулю.

Если поезд движется со скоростью 10 м/с относительно деревьев за окном, а пассажир в вагоне бежит по ходу поезда со скоростью 1 м/с относительно полок вагона, то скорость пассажира относительно деревьев равна 11 м/с, а если он бежит против хода поезда, то его скорость относительно деревьев 9 м/с.

Система отсчета, относительно которой свободное тело сохраняет свою скорость, называется *инерциальной системой отсчета*. За инерциальную систему отсчета можно принять любое тело, покоящееся или движущееся с постоянной скоростью относительно других тел, скорость которых тоже постоянна.

Система отсчета, движущаяся равномерно и прямолинейно или покоящаяся относительно других инерциальных систем отсчета, тоже является инерциальной.

*Движение по инерции* — это равномерное и прямолинейное движение.

*Правило сложения классических скоростей (скоростей порядка  $10^6$  м/с и менее)*: в инерциальной системе отсчета скорость тела  $\vec{v}$  относительно неподвижной системы отсчета равна сумме скорости  $\vec{v}_0$  подвижной системы отсчета относительно неподвижной и скорости тела  $\vec{v}_1$  относительно подвижной системы отсчета:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_1. \quad (20)$$

Система отсчета, движущаяся с ускорением относительно инерциальных систем отсчета, является неинерциальной.

Тело, движущееся даже равномерно по окружности или колеблющееся, нельзя принять за инерциальную систему отсчета, так как у него есть ускорение. Землю на небольшом участке ее траектории вокруг Солнца, который близок к прямолинейному, можно считать инерциальной системой отсчета. Но относительно всей траектории Земли вокруг Солнца, которая является криволинейной, Земля — неинерциальная система отсчета.

## 8. Масса и плотность. Сила

Каждое тело инертно, потому что оно сохраняет свою скорость, если на него не действуют другие тела. Количественной мерой инертных свойств тела является его масса  $m$ .

Масса — скалярная величина, т. е. она не имеет направления.

Единица массы в СИ — кг (килограмм).

Для измерения массы используют рычажные весы.

*Плотность тела*  $\rho$  — отношение массы  $m$  тела к его объёму  $V$ :

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (21)$$

Единица плотности в СИ — кг/м<sup>3</sup>. Часто встречается внесистемная единица плотности — г/см<sup>3</sup>. Поскольку

$$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг} \quad \text{и} \quad 1 \text{ см}^3 = (10^{-2})^3 \text{ м}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3,$$

то 
$$1 \text{ г/см}^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}} \text{ кг/м}^3 = 10^3 \text{ кг/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность тела зависит от вещества, из которого оно изготовлено, и от температуры. При нагревании тело расширяется и его плотность уменьшается, а масса остается прежней.

Плотности твердых, жидких и газообразных веществ при 0 °С и нормальном атмосферном давлении приводятся в справочных таблицах.

Когда тела действуют друг на друга — взаимодействуют, — их скорость меняется или они деформируются. Количественной мерой взаимодействия тел является *сила*  $\vec{F}$ .

Когда на тело действует сила  $\vec{F}$ , оно приобретает ускорение  $\vec{a}$ . Сила равна произведению массы тела и ускорения, которое оно приобрело под действием этой силы:

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (22)$$

Вектор силы  $\vec{F}$  совпадает по направлению с вектором ускорения  $\vec{a}$ .

Единица силы в СИ — Н (ньютон).  $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2$ .

Прибор для измерения силы называется динамометр.

По действию сил на тела их называют: сила тяги, сила трения или сопротивления, сила реакции опоры, сила упругости, сила тяжести, выталкивающая сила и др.

*Сила трения* возникает из-за неровности поверхностей соприкасающихся тел. Она препятствует взаимному перемещению тел по поверхностям друг друга. Сила трения покоя больше силы трения скольжения, а сила трения скольжения больше силы трения качения. Чем сильнее сила давления одного тела на другое, тем больше сила трения.

Под действием силы тело может изменить свою форму или размер, т. е. деформироваться. Если после прекращения действия деформирующей его силы тело принимает прежнюю форму и размер, то такая деформация называется упругой, а если изменения в нем сохраняются, то деформация называется пластической.

Сила, возникающая в теле при упругой деформации и препятствующая ей, называется *силой упругости*  $F_{\text{упр}}$ .

*Закон Гука*: модуль силы упругости прямо пропорционален изменению длины (деформации) тела  $\Delta l$ :

$$F_{\text{упр}} = k\Delta l. \quad (23)$$

Здесь коэффициент  $k$  называется жесткостью тела. Жесткость зависит от свойств самого деформируемого тела и не зависит от силы упругости и деформации тела.

Единица жесткости в СИ — Н/м.

*Сила тяжести*  $F_{\text{тяж}}$  — это сила, с которой планета действует на тело на ней вследствие их взаимного притяжения. Сила тяжести равна произведению массы тела и ускорения свободного падения:

$$F_{\text{тяж}} = mg. \quad (24)$$

Вследствие действия на него силы тяжести тело давит на опору или растягивает подвес. Сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к планете, называется *весом* тела  $P$ .

Сила тяжести приложена к телу, а вес — к опоре или подвесу. Если тело и опора находятся в покое или движутся



равномерно и прямолинейно, то вес численно равен силе тяжести:

$$P = mg. \quad (25)$$

Если тело движется вниз с ускорением или вверх с замедлением, то его вес меньше силы тяжести и определяется по формуле:

$$P = m(g - a). \quad (26)$$

Если при этом ускорение тела равно ускорению свободного падения, то

$$P = m(g - g) = 0. \quad (27)$$

Вес свободно падающего тела равен 0. Это явление называется невесомостью. При этом тело не давит на опору и не растягивает подвес, так как опора и подвес тоже свободно падают вместе с ним.

Если тело движется вверх с ускорением или вниз с замедлением, то его вес больше силы тяжести и определяется по формуле:

$$P = m(g + a). \quad (28)$$

На тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила  $F_{\text{выт}}$ .

*Закон Архимеда:* на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу жидкости или газа, вытесненного телом.

Выталкивающая сила прямо пропорциональна плотности жидкости или газа  $\rho$  и объему погруженного тела  $V$ :

$$F_{\text{выт}} = \rho g V. \quad (29)$$

Благодаря действию выталкивающей силы тело плавает, когда его вес равен выталкивающей силе. Если вес тела больше выталкивающей силы, то тело тонет. В космосе вес тела и выталкивающая сила равны 0.

Если на тело действует несколько сил, то их можно заменить одной силой, которая оказывает на тело такое же действие, что и эти несколько сил. Такая сила называется равнодействующей  $F_{\text{равн}}$ , или ее еще обозначают  $R$ . Если силы

$F_1$  и  $F_2$  направлены в одну сторону (рис. 11, *a*), то модуль равнодействующей равен сумме модулей этих сил:

$$F_{\text{равн}} = F_1 + F_2.$$

Если силы  $F_1$  и  $F_2$  направлены в противоположные стороны (рис. 11, *б*), то модуль равнодействующей равен разности модулей этих сил:

$$F_{\text{равн}} = F_1 - F_2.$$

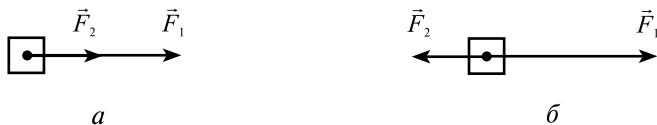


Рис. 11

## 9. Законы Ньютона

В основе механики лежат 3 закона, сформулированных английским ученым Исааком Ньютоном.

Законы Ньютона выполняются только в инерциальных системах отсчета.

*Первый закон Ньютона:* в инерциальной системе отсчета тело сохраняет состояние покоя или прямолинейного и равномерного движения, если на него не действуют другие тела или их действие скомпенсировано. При этом силы, приложенные к одному телу, компенсируют друг друга. Например, на тело, движущееся равномерно и прямолинейно, действуют сила тяги  $\vec{F}_{\text{тяги}}$ , сила сопротивления  $\vec{F}_{\text{сопр}}$ , сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{F}_N$  (рис. 12). По первому закону Ньютона модули противоположно направленных сил равны:

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{трэн}} \quad \text{и} \quad mg = F_N.$$

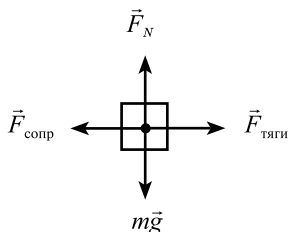


Рис. 12

*Второй закон Ньютона:* ускорение, с которым движется тело, прямо пропорционально силе, действующей на него со стороны других тел, и обратно пропорционально массе тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (30)$$

Если на тело со стороны других тел действует несколько сил, то здесь  $\vec{F} = m\vec{a}$  — их равнодействующая.

Например, на тело, движущееся равноускоренно, действуют сила тяги  $F_{\text{тяги}}$  и сила трения  $F_{\text{трень}}$  (рис. 13, а). По второму закону Ньютона для модулей этих сил  $ma = F_{\text{тяги}} - F_{\text{трень}}$ .

Если силы  $F_1$  и  $F_2$  направлены в одну сторону (рис. 12, б), то  $ma = F_1 + F_2$ . Если силы направлены под углом друг другу, то  $m\vec{a}$  есть векторная сумма этих сил (рис. 13, в).

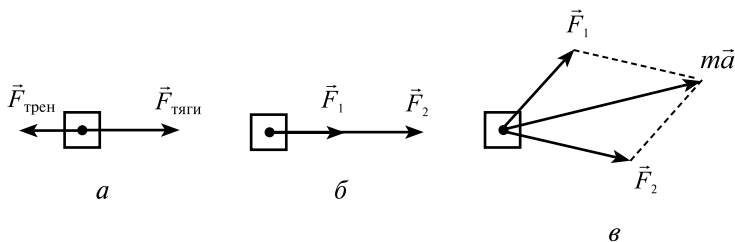


Рис. 13

Если тело движется по окружности радиусом  $R$ , то по второму закону Ньютона  $F = ma_{ц}$ , где  $a_{ц} = \frac{v^2}{R}$ , поэтому

$$F = m \frac{v^2}{R}. \quad (31)$$

*Третий закон Ньютона:* силы, с которыми взаимодействуют два тела, равны по модулю и противоположны по направлению:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (32)$$

Знак «минус» показывает, что силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  противоположны по направлению.

С какой силой пуля ударяет по бумажной мишени, с точно такой же силой по модулю мишень ударяет по пуле. Но мишень и пуля — разные тела, поэтому одинаковые силы оказывают на них разные воздействия: мишень будет пробита, а пуля изменит скорость. Следовательно, силы, с которыми взаимодействуют два тела, *не уравнивают* друг друга, так как приложены к разным телам.

## 10. Закон всемирного тяготения

Все тела притягиваются друг к другу под действием гравитационных сил. Их величина определяется по закону всемирного тяготения, открытому тоже Исааком Ньютоном.

*Закон всемирного тяготения:* две материальные точки притягиваются друг к другу с силой  $F$ , прямо пропорциональной произведению их масс  $m_1 m_2$  и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $r$  между ними:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (33)$$

Здесь  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$  — гравитационная постоянная.

Формула (33) применима к телам, которые можно принять за материальные точки. Ее можно применять и к однородным шарам, но за  $r$  в этом случае надо принять расстояние между центрами шаров. Кроме этого, ее можно применить, когда одно тело — шар, а другое принято за материальную точку (например планета и спутник). В этом случае за  $r$  принимают расстояние от материальной точки до центра шара.

Например, если масса спутника  $m$ , масса планеты  $M$ , радиус планеты  $R$  и расстояние от спутника до поверхности планеты  $H$ , то формула (33) для этого случая примет вид:

$$F = G \frac{mM}{(R+H)^2}. \quad (34)$$

Поскольку силой тяготения спутника к планете является сила тяжести  $F = mg$ , то можно записать:  $mg = G \frac{mM}{(R+H)^2}$ , откуда ускорение свободного падения на расстоянии  $H$  от поверхности планеты

$$g = G \frac{M}{(R+H)^2}, \quad (35)$$

а ускорение свободного падения на поверхности планеты

$$g = G \frac{M}{R^2}. \quad (36)$$

При движении искусственного спутника вокруг Земли по круговой орбите вектор его скорости направлен по касательной к орбите, а сила тяготения — по радиусу к центру Земли (рис. 14).

*Первая космическая скорость*  $v_1$ , необходимая для вывода земного спутника на круговую орбиту,

$$v_1 = \sqrt{gr}. \quad (37)$$

Здесь  $g$  — ускорение свободного падения,  $r$  — расстояние от спутника до центра Земли (радиус его орбиты). Если высота спутника над поверхностью Земли невелика по сравнению с радиусом Земли  $R_3 = 6,4 \cdot 10^6$  м, то

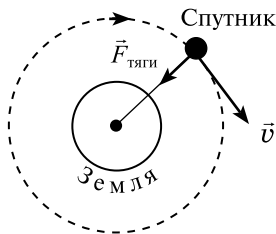


Рис. 14

$$v_1 = \sqrt{gR_3} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с.} \quad (38)$$

Первый земной спутник был запущен в Советском Союзе 4 октября 1957 г., а 11 апреля 1961 г. первый космический полет совершил наш соотечественник Юрий Алексеевич Гагарин.

Если высотой  $H$  над поверхностью Земли пренебречь нельзя, то первая космическая скорость

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_3}{(R_3 + H)^2}}. \quad (39)$$

Если скорость на высоте  $H$  превысит первую космическую, то космический аппарат станет спутником Солнца и будет двигаться вокруг светила по орбите, которая представляет собой эллипс. Минимальная скорость для этого, которая называется второй космической скоростью,  $v_1 = 11,2 \text{ км/с}$ .

## 11. Импульс тела.

### Закон сохранения импульса

Количественной мерой движения тела является его *импульс*  $\vec{p}$ . Импульс тела  $\vec{p}$  равен произведению его массы  $m$  и скорости  $\vec{v}$ :

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (40)$$

Вектор импульса тела совпадает по направлению с вектором его скорости.

Единица импульса в СИ —  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ .

Если на систему тел не действуют внешние силы, то система тел называется замкнутой.

*Закон сохранения импульса системы тел:* в замкнутой системе тел общий импульс системы сохраняется при любых изменениях внутри системы.

Например, до выстрела суммарный импульс орудия и снаряда в его стволе равен нулю. По закону сохранения импульса

при выстреле в направлении оси  $Ox$  суммарный импульс должен остаться равным нулю, поэтому

$$0 = m_{\text{снар}} v_{\text{снар}} - m_{\text{оруд}} v_{\text{оруд}}.$$

Знак «минус» показывает, что орудие откатывается в противоположную сторону. Чтобы этого не случилось, создают противооткатное устройство.

На законе сохранения импульса основано *реактивное движение*.

Реактивное движение — это движение, возникающее вследствие отделения от тела его части с некоторой скоростью относительно этого тела. Реактивное движение используется в ракетах. Идею использовать ракеты для космических полетов предложил русский ученый Константин Эдуардович Циолковский, а первыми реализовали советские ученые под руководством Сергея Павловича Королёва.

## 12. Давление. Закон Паскаля. Закон сообщающихся сосудов. Гидравлический пресс

Давление  $p$  — отношение силы давления  $F_{\text{давл}}$  к площади опоры  $S$  тела.

$$p = \frac{F_{\text{давл}}}{S}. \quad (41)$$

Давление — скалярная величина.

*Сила давления*  $F_{\text{давл}}$  — это сила, перпендикулярная площади опоры тела.

Единица давления в СИ — Па (паскаль).  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ .

Давление столба жидкости

$$p = \rho gh. \quad (42)$$

Здесь  $p$  — давление,  $\rho$  — плотность жидкости,  $g$  — ускорение свободного падения,  $h$  — высота столба жидкости.

Давление газа — это результат ударов молекул газа о стенки сосуда, в котором газ находится. При неизменной массе и температуре газа его давление тем больше, чем меньше объем сосуда.

На все тела на поверхности Земли давит воздух. Воздушная среда, окружающая нас, называется атмосферой. От величины атмосферного давления зависит жизнь живых существ на планете.

Первым измерил атмосферное давление итальянский ученый Торричелли. Стекланную трубку, закрытую с одного конца, он заполнил доверху ртутью, а затем перевернул ее и открытым концом опустил в чашу с ртутью. Ртуть из трубки перестала выливаться, когда давление оставшегося в трубке столбика ртути стало равно давлению атмосферы на открытую поверхность ртути в чаше. Над ртутью в трубке образовалось пространство, заполненное парами ртути. Так был создан первый барометр — прибор для измерения атмосферного давления.

Нормальным атмосферным давлением (атм) называется давление атмосферы, равное давлению столбика ртути высотой 760 мм.

Поскольку  $p = \rho gh$ , где плотность ртути  $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  и высота столбика ртути  $h = 760 \text{ мм} = 0,76 \text{ м}$ , то нормальное атмосферное давление  $1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$ ,  $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$ .

С увеличением высоты над уровнем моря давление атмосферы уменьшается.

*Закон Паскаля:* давление, производимое на жидкость или газ, передается по всем направлениям без изменения.

На законе Паскаля основано действие гидравлического пресса. Гидравлический пресс — механизм, позволяющий получить выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большего поршня больше площади меньшего поршня (рис. 15).



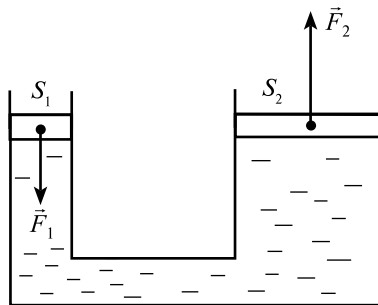


Рис. 15

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}. \quad (43)$$

Здесь  $F_1$  — сила, действующая на меньший поршень,  $F_2$  — сила, действующая на больший поршень,  $S_1$  — площадь меньшего поршня,  $S_2$  — площадь большего поршня.

*Закон сообщающихся сосудов:* в открытых сообщающихся сосудах при равновесии жидкостей давление на любом горизонтальном уровне одинаково. Поскольку  $p_1 = \rho_1 g h_1$  и  $p_2 = \rho_2 g h_2$ , то  $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$ , откуда  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ .

Вследствие этого высоты столбов разнородных жидкостей обратно пропорциональны их плотностям (рис. 16, а).

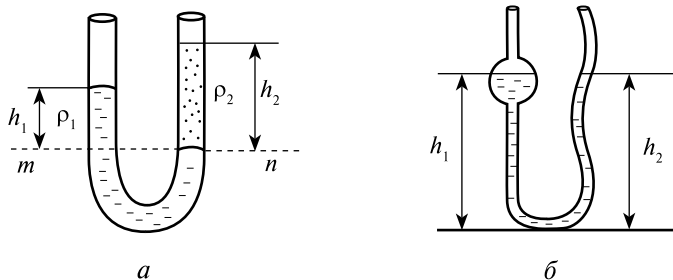


Рис. 16

## Задания по разделу 1 «Механические явления»

### Вариант 1

1. Для каждого понятия из левого столбца подберите соответствующий пример из правого столбца.

Физическое понятие	Пример
А) физический прибор	1) падение
Б) физическое явление	2) динамометр
	3) весы
	4) движение
	5) трение

Ответ.	Физический прибор	Физическое явление

2. На рис. 28 показан график гармонических колебаний маятника. Выберите два верных утверждения, относящихся к этому графику. Укажите в ответе их номера.

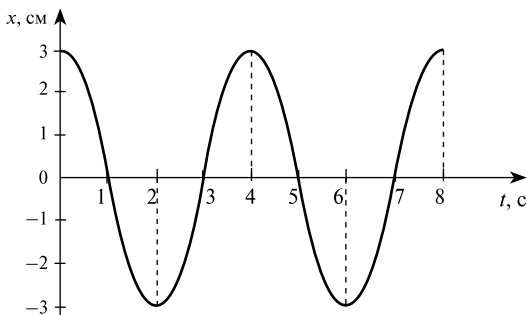


Рис. 28

1) амплитуда колебаний равна 6 см

- 2) половина периода колебаний 2 с
- 3) частота колебаний 0,5 Гц
- 4) период колебаний 8 с
- 5) амплитуда колебаний 3 см

Ответ: \_\_\_\_\_.

**3.** Какое из приведенных утверждений верное?

- А. Ускорение свободного падения зависит от массы падающего тела.
- Б. Ускорение свободного падения зависит от массы планеты, на которую тело падает.
- 1) только А
  - 2) только Б
  - 3) и А, и Б
  - 4) ни А, ни Б

Укажите номер правильного ответа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**4.** Тело массой  $m$ , свободно упавшее с высоты  $H$  без начальной скорости, на высоте  $h$  имело скорость  $v$ . Его кинетическая энергия у поверхности земли равна:

- 1)  $mgh$
- 2)  $mgH$
- 3)  $\frac{mv^2}{2}$
- 4)  $mgH + \frac{mv^2}{2}$

Укажите номер правильного ответа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**5.** Как направлен вектор ускорения математического маятника при прохождении им нижней точки траектории (см. рис. 21)?

- 1) вверх
- 2) вниз
- 3) влево
- 4) вправо

Укажите номер правильного ответа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.** Льдина объемом  $0,4 \text{ м}^3$  плавает, наполовину погруженная в воду. Чему равна выталкивающая сила, действующая на нее? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Ответ выразить в килоньютонах.

Ответ: \_\_\_\_\_.

7. При подвешивании к первой пружине груза массой  $m$  ее удлинение вдвое меньше, чем при подвешивании ко второй пружине груза массой  $2m$ . Укажите номер правильного ответа.

- 1) жесткость первой пружины больше, чем второй
- 2) жесткость первой пружины меньше, чем второй
- 3) жесткости обеих пружин одинаковы

Ответ: \_\_\_\_\_.

8. Электровоз тянет за собой вагоны. Выберите верное утверждение. Укажите номер правильного ответа.

- 1) Сила, приложенная со стороны электровоза к вагонам, больше силы, приложенной со стороны вагонов к электровозу.
- 2) Сила, приложенная со стороны электровоза к вагонам, равна силе, приложенной со стороны вагонов к электровозу.
- 3) Соотношение между силой, приложенной со стороны электровоза к вагонам, и силой, приложенной со стороны вагонов к электровозу, зависит от силы тяги электровоза и количества вагонов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

9. На рис. 29 приведен график зависимости проекции скорости тела массой 600 г от времени движения. Используя данные графика, выберите 2 верных ответа и укажите их номера.

- 1) тело движется равномерно
- 2) тело свободно падает
- 3) проекция ускорения тела равна  $2/3$  м/с<sup>2</sup>
- 4) тело движется равноускоренно
- 5) равнодействующая сил, приложенных к телу, равна 0,6 Н

Ответ: \_\_\_\_\_.

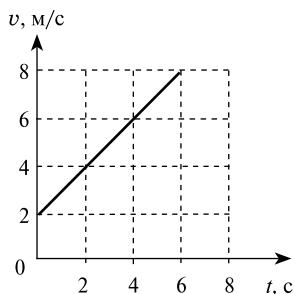


Рис. 29

**10.** На рис. 30 приведен график зависимости проекции координаты тела от времени движения. Какой путь пройдет это тело за 30 с?

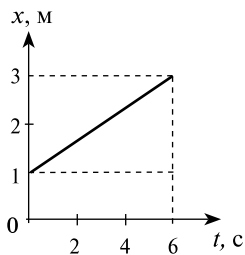
Ответ: \_\_\_\_\_.

**11.** Под действием силы тело массой 200 г получило ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ . Какое ускорение получит тело массой 1 кг под действием этой же силы?

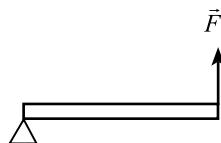
Ответ: \_\_\_\_\_.

**12.** На рис. 31 изображен рычаг массой 1 кг. К концу рычага приложена сила  $F$ , удерживающая рычаг в равновесии. Чему равна эта сила?

**Рис. 31**



**Рис. 30**



**Рис. 31**

Ответ: \_\_\_\_\_.

**13.** Корабль переходит из реки в море. Плотность морской воды больше плотности речной. Выберите из предложенных фраз два верных утверждения и укажите их номера.

- 1) В море выталкивающая сила больше, чем в реке.
- 2) Осадка корабля в реке больше, чем в море.
- 3) В реке и в море выталкивающая сила одинакова.
- 4) Глубина погружения части корабля (его осадка) в реке меньше, чем в море.
- 5) Глубина погружения части корабля (его осадка) в реке и в море одинакова.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**14.** Кто чаще машет крыльями? Укажите номер правильного ответа.

## РАЗДЕЛ 3

---

---

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 1. Электрические заряды. Взаимодействие зарядов. Электрическое поле

#### Основные понятия, законы и формулы

В природе существуют положительные и отрицательные электрические заряды.

*Положительным* был назван заряд, который приобретает стеклянная палочка, потертая о бумагу. При этом бумага приобретает такой же отрицательный заряд.

*Отрицательным* был назван заряд, который приобретает эбонитовая палочка, потертая о мех. При этом мех приобретает такой же положительный заряд.

Появление на теле электрических зарядов называется *электризацией*.

Разноименные заряды притягиваются друг к другу, а одноименные отталкиваются.

Система тел, которые не обмениваются зарядами с внешней средой, называется замкнутой. В такой замкнутой системе суммарный заряд не изменяется при всех изменениях зарядов на телах внутри системы.

Атомы всех веществ состоят из электронной оболочки и ядра. Электронную оболочку образуют наименьшие отрицательные электрические заряды — *электроны*. Ядра атомов состоят из наименьших положительных зарядов — *протонов* и нейтральных частиц — *нейтронов*.

По модулю заряд электрона равен заряду протона и называется элементарным зарядом  $e$ . Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Если атом не заряжен, то число электронов в электронной оболочке равно числу протонов в ядре. Например, в электронной оболочке атома кислорода содержится 8 электронов, значит, и в его ядре содержится 8 протонов. А всего в ядре атома кислорода имеется 16 частиц, следовательно, в нем есть еще  $16 - 8 = 8$  нейтронов.

Если число электронов в электронной оболочке превышает число протонов в ядре атома, то атом становится *отрицательным ионом*. Если число протонов в ядре атома превышает число электронов в электронной оболочке, то атом становится *положительным ионом*.

Любой заряд  $q$  можно разделить на целое число  $N$  элементарных зарядов:

$$q = Ne. \quad (78)$$

Единица заряда в СИ — Кл (кулон).

Прибор, позволяющий обнаруживать электрические заряды, называется электроскопом (рис. 64).

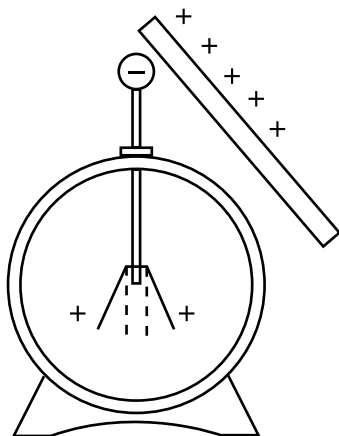


Рис. 64

Если к электроскопу поднести заряженное тело, то его листочки разойдутся, приобретя одноименные заряды. Чем сильнее заряжено тело, тем на больший угол они разойдутся. Если теперь поднести к нему тело с противоположным зарядом, то угол между листочками уменьшится.

Если дотронуться до электроскопа рукой, то его листочки сразу опадут, так как заряд электроскопа уйдет через руку и пол в землю. Земной шар очень велик, поэтому при соприкосновении с землей весь заряд с заряженного тела уходит в землю и тело становится нейтральным.

Прибор, снабженный шкалой и позволяющий измерять заряды, называется электрометром (рис 65).

Стрелка электрометра отклоняется от нуля, даже если не касаться заряженной палочкой шарика электрометра, а лишь поднести ее достаточно близко к нему. Это объясняется тем, что вокруг любого заряженного тела существует электрическое поле.

*Электрическое поле* — это форма материи, окружающей электрически заряженные тела. На заряд, внесенный в электрическое поле, действует электрическая сила. Чем ближе к заряженному телу, тем поле сильнее и тем большая сила действует на внесенный в это поле заряд. Внутри проводника с неподвижными зарядами на его поверхности электрическое поле отсутствует.

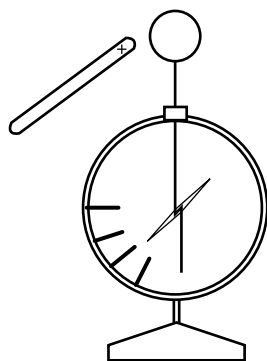


Рис. 65

## 2. Проводники и диэлектрики. Электрический ток. Сила тока

Электрический ток — это упорядоченное движение электрических зарядов.



Вещества, способные проводить электрический ток, называются проводниками. Все металлы проводят электрический ток. В узлах кристаллических решеток твердых металлов находятся положительные ионы, а внутри решеток движутся беспорядочно свободные электроны.

Если в металлическом проводнике создать электрическое поле, то на свободные электроны станут действовать электрические силы, направленные в одну сторону. Под действием этих сил свободные электроны станут двигаться в одном направлении — по проводнику пойдет электрический ток. При этом в металле переноса вещества не происходит.

Скоростью прохождения по проводнику электрического тока называют скорость распространения в нем электрического поля. Эта скорость огромна и равна скорости света в вакууме  $3 \cdot 10^8$  м/с.

Проводниками также являются водные растворы солей, кислот и оснований. В них упорядоченно движутся ионы, поэтому при прохождении тока происходит перенос вещества.

В ионизированных газах носителями зарядов являются ионы обоих знаков и электроны. При прохождении тока в газах, как и в электролитах, тоже происходит перенос вещества.

Вещества, которые не проводят ток, называются *диэлектриками* или *изоляторами*. К ним относятся пластмассы, резина и другие вещества.

В природе существуют вещества, проводящие ток хуже проводников, но лучше диэлектриков. Такие вещества называются *полупроводниками*. К полупроводникам относится кремний, германий и другие вещества.

В проводниках электрическое поле создают *источники тока* — гальванические элементы, аккумуляторы, — к полюсам которых подключается проводник. В источниках тока за счет различных видов энергии — химической в аккумуляторах, тепловой в термоэлементах, световой в фотоэлементах — происходит разделение зарядов на полюсах источника. Один полюс имеет положительный заряд, а другой — отрицательный, и такое разделение на полюсах поддерживается длительное время.

В устройствах, потребляющих электрическую энергию, т. е. *потребителях*: лампочках, нагревательных приборах, элек-

тродвигателях, электрическая энергия вновь превращается в иные виды энергии — механическую, тепловую, световую.

Чтобы доставить электрическую энергию от источника тока к потребителю, их соединяют проводами. Так образуется *электрическая цепь*.

В электрическую цепь, кроме источника тока и потребителя, могут входить измерительные приборы: амперметры, вольтметры, омметры и приборы управления током: ключи, реостаты, предохранители, рубильники, кнопки. Чтобы ток шел по цепи, она должна быть *замкнутой*.

На рис. 66 изображена электрическая цепь, включающая в себя источник тока 1, потребитель тока — лампу 2, амперметр 3, вольтметр 4 и ключ 5. Условно у источника тока длинная черточка означает плюс, а короткая — минус.

За направление тока в проводнике принято направление положительных зарядов. Во внешней части цепи, к которой относятся все ее участки, кроме источника тока, ток течет от плюса к минусу, во внутренней части, т. е. внутри источника тока, — от минуса к плюсу.

Участок цепи внутри источника тока называют внутренней частью цепи, а всю остальную часть цепи, в которую входят потребители тока, измерительные приборы, приборы управления и соединительные провода — внешней частью цепи.

Силой тока  $I$  называется отношение заряда  $q$ , прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени прохождения этого заряда  $t$ :

$$I = \frac{q}{t}. \quad (79)$$

Сила тока — скалярная величина. Единица силы тока в СИ — А (ампер).

$$1 \text{ А} = 1 \text{ Кл/с или } 1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}.$$

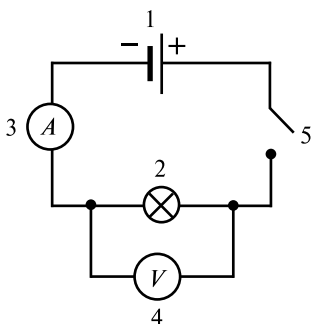


Рис. 66

1 Кл — это заряд, который проходит через поперечное сечение проводника за 1 с, когда по проводнику течет постоянный ток силой 1 А.

Силу тока в цепи измеряют с помощью приборов — *амперметров*. Амперметр включается в цепь последовательно тому участку, в котором измеряют силу тока.

### 3. Напряжение и сопротивление проводника. Закон Ома для участка цепи

Отношение работы  $A$ , произведенной током, к заряду  $q$ , прошедшему при этом через поперечное сечение проводника, называется *напряжением*  $U$  на проводнике:

$$U = \frac{A}{q}. \quad (80)$$

Единица напряжения в СИ — В (вольт).

Прибор для измерения напряжения на проводнике называется *вольтметром*. Вольтметр включается параллельно тому участку цепи, на котором измеряют напряжение.

Проводник оказывает *сопротивление* прохождению по нему электрического тока. В металлах препятствуют упорядоченному движению свободных электронов, т. е. току, колебания положительных ионов и другие нарушения кристаллических решеток.

Сопротивление проводника  $R$  можно определить отношением напряжения  $U$  на проводнике к силе тока  $I$  в нем:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (81)$$

Единица сопротивления в СИ — Ом (ом).  $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В/А}$ .

Сопротивление линейных проводников прямо пропорционально их длине  $l$  и обратно пропорционально площади поперечного сечения  $S$ :

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (82)$$

Здесь  $\rho$  — *удельное сопротивление* вещества проводника, т. е. сопротивление проводника единичной длины с площадью поперечного сечения, равной единице площади.

Единица удельного сопротивления в СИ — Ом · м.

Поскольку площадь поперечного сечения металлических проводников очень мала, на практике единицей удельного сопротивления служит Ом · мм<sup>2</sup>/м.

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Удельные сопротивления различных веществ приводятся в специальных таблицах.

Удельное сопротивление зависит от вещества и температуры проводника. С повышением температуры проводника усиливаются тепловые колебания ионов решетки, поэтому сопротивление проводника прохождению тока возрастает.

Основным законом электродинамики является *закон Ома*: сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению проводника:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (83)$$

Проводники, для которых выполняется закон Ома, называются резисторами. Все металлические проводники — резисторы. Вольтамперной характеристикой резистора, т. е. графиком зависимости силы тока в резисторе от приложенного к нему напряжения, является прямая линия (рис. 67).

Поскольку сила тока в проводнике обратно пропорциональна сопротивлению проводника, то графиком зависимости силы тока от сопротивления проводника является гипербола (рис. 68).

Изменить сопротивление участка цепи можно с помощью *реостата*.

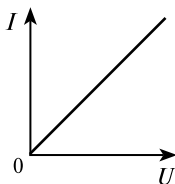


Рис. 67

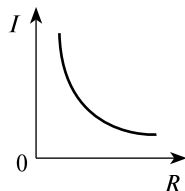


Рис. 68

Реостат относится к приборам управления. Реостаты включают в цепь последовательно тому участку, в котором изменяют силу тока.

На рис. 69 изображен ползунковый реостат, включенный последовательно в цепь, содержащую источник напряжения  $U$  и лампочку Л.

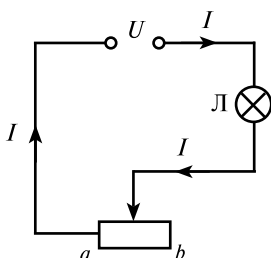


Рис. 69

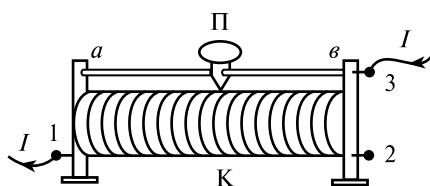


Рис. 70

Рассмотрим принцип действия такого реостата. На цилиндр из изолятора (обычно керамики) намотана проводящая катушка  $K$ , имеющая определенное сопротивление, концы которой подсоединены к клеммам 1 и 2 (рис. 70). Над катушкой параллельно ей располагается проводник  $ab$  с большой площадью поперечного сечения и поэтому очень малым сопротивлением. Конец  $a$  этого проводника изолирован, а конец  $b$  подключен к клемме 3. На проводник  $ab$  насажен ползунок  $\Pi$ , способный скользить вдоль катушки, прижимаясь своей нижней частью к ее виткам.

Передвинем ползунок  $\Pi$  к изолированному концу  $a$  проводника  $ab$ , подключив клеммы реостата 1 и 3 к электрической цепи. При этом ток пойдет по толстому проводнику (отметим, что клеммы 2 и 3 изолированы друг от друга) от его конца  $b$  к концу  $a$ , затем спустится по ползунку к клемме 1 и пойдет далее в цепь, минуя катушку  $K$ . Сопротивление реостата при таком положении ползунка будет минимальным, а сила тока в цепи, соответственно, максимальной, т. е. реостат будет полностью выведен из цепи.

# ОТВЕТЫ

---

---

## Раздел 1. Механические явления

### Вариант 1

1. Ответ:	Физический прибор	Физическое явление
	динамометр, весы	падение, движение, трение

2. Ответ: 2, 5.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.

$$6. F = \rho g \frac{V}{2} = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{0,4}{2} \text{ Н} = 2000 \text{ Н} = 2 \text{ кН.}$$

Ответ: 2 кН.

$$7. mg = k_1 x, 2mg = k_2 2x \text{ или } mg = k_2 x. \text{ Значит, } k_1 = k_2.$$

Ответ: 3.

8. Ответ: 2.

9. Ответ: 4, 5.

$$10. S = vt = \frac{3-1}{6} \cdot 30 \text{ м} = 10 \text{ м.}$$

Ответ: 10 м.

11.  $F = m_1 a_1$  и  $F = m_2 a_2$ , поэтому  $m_1 a_1 = m_2 a_2$ , откуда

$$a_2 = \frac{m_1 a_1}{m_2} = \frac{0,2 \cdot 2}{1} \text{ м/с}^2 = 0,4 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 0,4 м/с<sup>2</sup>.

12. К середине рычага приложена сила тяжести  $mg$ . По правилу моментов сил  $M_1 = M_2$ , где  $M_1 = mg \frac{l}{2}$  и  $M_2 = Fl$ , где

$l$  — длина рычага (см. рис. 31). Поэтому  $mg \frac{l}{2} = Fl$ , откуда

$$F = \frac{mg}{2} = \frac{1 \cdot 10}{2} \text{ Н} = 5 \text{ Н}.$$

Ответ: 5 Н.

13. Поскольку корабль плавает и в реке, и в море, выталкивающая сила равна силе тяжести  $mg$ , а она одинакова и в реке, и в море, поэтому и выталкивающая сила одинакова. В реке  $F_{\text{выт}} = \rho_p g V_1$ , в море  $F_{\text{выт}} = \rho_m g V_2$ , значит,  $\rho_p g V_1 = \rho_m g V_2$ . Но плотность морской воды  $\rho_m$  больше плотности речной воды  $\rho_p$ , значит, объем погруженной части  $V_1$  и осадка корабля в морской воде меньше объема погруженной части  $V_2$  и осадки корабля в речной воде.

Ответ: 2 и 3.

14. Тон звучания комара (его писк) самый высокий, а чем выше тон, тем больше частота колебаний крыльев насекомого. Значит, чаще всех машет крыльями комар.

Ответ: 4.

15. При переходе из воды в воздух скорость волны уменьшается, а период не изменяется. Значит, длина волны  $\lambda = vT$  уменьшается.

Ответ:

А	Б
3	2

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Вступление</b> .....	3
-------------------------	---

## **Раздел 1**

### **Механические явления**

1. Физические тела и физические величины. Измерение физических величин и погрешности измерений .....	5
2. Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение.....	7
3. Равномерное прямолинейное движение. Скорость .....	9
4. Равноускоренное прямолинейное движение .....	10
5. Свободное падение.....	12
6. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью .....	13
7. Относительность движения. Инерциальная и неинерциальная система отсчета. Правило сложения классических скоростей .....	14
8. Масса и плотность. Сила .....	16
9. Законы Ньютона .....	19
10. Закон всемирного тяготения .....	21
11. Импульс тела. Закон сохранения импульса .....	23
12. Давление. Закон Паскаля. Закон сообщающихся сосудов. Гидравлический пресс .....	24
13. Механическая работа. Мощность .....	27
14. Простые механизмы. Золотое правило механики. Момент силы. КПД механизмов .....	28
15. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Закон сохранения энергии .....	30
16. Механические колебания .....	32
17. Механические волны. Звук .....	35
Задания по разделу 1 «Механические явления» .....	40

## **Раздел 2**

### **Тепловые явления**

1. Строение веществ .....	62
2. Температура. Внутренняя энергия и способы ее изменения. Количество теплоты .....	63
3. Удельная теплоемкость и удельная теплота сгорания. Расчет количества теплоты при нагревании, охлаждении и сгорании .....	65



4. Плавление и отвердевание. Удельная теплота плавления.....	66
5. Парообразование и конденсация. Испарение. Ненасыщенный и насыщенный пар.....	69
6. Кипение. Удельная теплота парообразования .....	70
7. Влажность воздуха. Абсолютная и относительная влажность .....	73
8. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя.....	74
Задания по разделу 2 «Тепловые явления» .....	75

### Раздел 3

#### Электромагнитные явления

1. Электрические заряды. Взаимодействие зарядов. Электрическое поле .....	100
2. Проводники и диэлектрики. Электрический ток. Сила тока.....	102
3. Напряжение и сопротивление проводника. Закон Ома для участка цепи.....	105
4. Последовательное и параллельное соединение проводников ....	108
5. Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца.....	111
6. Магнитное поле. Индукция магнитного поля.....	113
7. Сила, действующая на проводник с током и на заряд, движущийся в магнитном поле .....	119
8. Магнитный поток. Явление электромагнитной индукции .....	123
9. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн .....	127
Задания по разделу 3 «Электромагнитные явления» .....	132

### Раздел 4

#### Оптика. Физика атома

1. Развитие взглядов на природу света .....	156
2. Прямолинейность световых лучей. Законы отражения света. Плоское зеркало .....	157
3. Преломление света. Законы преломления. Плоскопараллельная пластинка и треугольная призма .....	161
4. Линзы. Построение изображений в линзах .....	168
5. Глаз. Очки. Лупа. Фотоаппарат .....	177
6. Волновые и квантовые свойства света .....	182
7. Строение атома. Опыт Резерфорда.....	188
8. Строение атомного ядра. Изотопы .....	192
9. Открытие протона и нейтрона .....	194
10. Ядерные силы. Дефект массы и энергия связи атомного ядра....	196
11. Радиоактивность. Правило смещения при ядерном распаде .....	198

---

12. Биологическое действие радиоактивных излучений.....	201
13. Методы регистрации радиоактивных излучений.....	205
14. Ядерные реакции .....	208
15. Деление тяжелых ядер. Цепная реакция.....	210
16. Ядерный реактор.....	215
17. Термоядерные реакции.....	217
18. Элементарные частицы. Частицы и античастицы.....	218
Задания по разделу 4 «Оптика. Физика атома».....	221
Итоговая проверка .....	244

### Ответы

Раздел 1. Механические явления.....	263
Раздел 2. Тепловые явления.....	277
Раздел 3. Электромагнитные явления .....	289
Раздел 4. Оптика. Физика атома.....	306
<b>Итоговая проверка</b> .....	<b>318</b>
Приложения .....	330

**ЕАС**



*Учебное издание*

**Касаткина Ирина Леонидовна**

# **ФИЗИКА**

**Новый репетитор для подготовки к ОГЭ**

Ответственный редактор  
Технический редактор

С. А. Осташов  
Л. А. Багрянцева

Формат 84×108/32. Бум. тип № 2.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 17.64.  
Тираж 3000 экз. Зак. №

ООО «Феникс»

344011, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Варфоломеева, 150

Тел./факс: (863) 261-89-50 (доб. 119), 261-89-75 (доб. 119)

Сайт издательства: [www.phoenixrostov.ru](http://www.phoenixrostov.ru)

Интернет-магазин: [www.phoenixbooks.ru](http://www.phoenixbooks.ru)

Изготовлено в России  
Дата изготовления: 08.2019.

Изготовитель: АО «Первая Образцовая типография»  
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»  
432980, Россия, Ульяновская обл., г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14.