

УДК 373:53  
ББК 22.3я721  
П58

Авторы:

*А.В. Попов* — теоретическая часть, задания ОГЭ;  
*О.П. Бальва* — задания ЕГЭ.

**Попов, Анатолий Васильевич.**  
П58      Физика. Готовимся к ОГЭ и ЕГЭ / А.В. Попов, О.П. Бальва. — Москва : Эксмо, 2019. — 384 с. — (Новейшие справочники школьника).

ISBN 978-5-04-101682-1

Справочник содержит сведения по всем темам, проверяемым на ОГЭ и ЕГЭ по физике. По каждому разделу приводится перечень необходимых понятий, физические законы, формулы, доступное объяснение тем, а также вопросы и типовые задания ОГЭ и ЕГЭ с ответами.

Справочник поможет актуализировать знания для успешной сдачи экзаменов, а также подготовиться к различным формам текущего контроля в процессе изучения физики на уроках.

Издание предназначено для учащихся 9—11 классов и учителей.

УДК 373:53  
ББК 22.3я721

© Попов А.В., 2019  
© Бальва О.П., 2019  
© Оформление. ООО «Издательство  
«Эксмо», 2019

ISBN 978-5-04-101682-1

# СОДЕРЖАНИЕ

## 1. МЕХАНИКА

<b>1.1. Кинематика</b> .....	11
1.1.1. Равномерное прямолинейное движение ....	11
1.1.2. Равноускоренное прямолинейное движение .....	15
1.1.3. Движение в однородном поле тяжести.....	17
1.1.4. Вращательное движение .....	18
<b>1.2. Динамика</b> .....	22
1.2.1. Масса, плотность вещества, сила .....	22
1.2.2. Инерциальные системы отсчёта. Законы Ньютона .....	24
1.2.3. Принцип относительности Галилея .....	26
1.2.4. Сила трения .....	27
1.2.5. Сила упругости. Закон Гука .....	29
1.2.6. Сила тяжести. Закон всемирного тяготения .....	30
1.2.7. Явление невесомости. Искусственные спутники Земли.....	32
<b>1.3. Законы сохранения в механике</b> .....	35
1.3.1. Механическая работа и мощность .....	35
1.3.2. Кинетическая энергия .....	36
1.3.3. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике .....	37
1.3.4. Импульс тела. Закон сохранения импульса.....	40
1.3.5. Упругое соударение тел .....	42
<b>1.4. Статика</b> .....	44
1.4.1. Простые механизмы. Золотое правило механики .....	44
1.4.2. Момент силы. Условия равновесия твёрдого тела .....	49
1.4.3. Гидростатика .....	51
1.4.4. Плавание тел. Закон Архимеда.....	55
<b>1.5. Гармонические колебания</b> .....	57
1.5.1. Амплитуда, фаза, период и частота гармонических колебаний .....	57

1.5.2. Энергия гармонического осциллятора.....	61
1.5.3. Затухающие колебания.....	63
1.5.4. Вынужденные колебания. Резонанс .....	65
<b>1.6. Волны в упругой среде.....</b>	<b>68</b>
1.6.1. Механизм образования волн в упругой среде.....	68
1.6.2. Звуковые волны.....	73
<i>Примеры заданий ОГЭ и ЕГЭ к разделу 1 .....</i>	<i>77</i>
<i>ОГЭ .....</i>	<i>77</i>
<i>ЕГЭ .....</i>	<i>82</i>
<b>2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА</b>	
<b>2.1. Молекулярная физика .....</b>	<b>94</b>
2.1.1. Модели строения тел. Газы, жидкости и твёрдые тела.....	95
2.1.2. Внутренняя энергия и температура.....	98
2.1.3. Уравнение состояния идеального газа.....	102
<b>2.2. Термодинамика .....</b>	<b>105</b>
2.2.1. Диаграммы состояния термодинамиче- ской системы. Виды процессов .....	105
2.2.2. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость тел.....	108
2.2.3. Первое начало термодинамики. Закон сохранения энергии в тепловых процессах .....	111
2.2.4. Принцип работы тепловой машины. Второе начало термодинамики.....	115
<b>2.3. Изменение агрегатного состояния тел .....</b>	<b>119</b>
2.3.1. Испарение и конденсация. Кипение жидкости .....	120
2.3.2. Влажность воздуха .....	122
2.3.3. Плавление и кристаллизация .....	124
<i>Примеры заданий ОГЭ и ЕГЭ к разделу 2 .....</i>	<i>127</i>
<i>ОГЭ .....</i>	<i>127</i>
<i>ЕГЭ .....</i>	<i>129</i>

### 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

<b>3.1. Электростатика</b> .....	135
3.1.1. Электризация тел. Два рода зарядов .....	135
3.1.2. Закон сохранения заряда .....	137
3.1.3. Закон Кулона .....	138
3.1.4. Напряжённость электрического поля. Графическое изображение полей .....	139
3.1.5. Потенциал электрического поля .....	142
3.1.6. Проводники в электрическом поле .....	145
3.1.7. Электрическая ёмкость и энергия заряженного конденсатора .....	147
3.1.8. Соединение конденсаторов .....	150
3.1.9. Диэлектрики в электрическом поле .....	152
<b>3.2. Постоянный электрический ток</b> .....	156
3.2.1. Сила тока. Электродвижущая сила источника тока .....	156
3.2.2. Закон Ома. Электрическое сопротивление проводника .....	158
3.2.3. Соединение проводников .....	161
3.2.4. Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца .....	163
<b>3.3. Магнитное поле</b> .....	166
3.3.1. Взаимодействие магнитов. Магнитное поле .....	166
3.3.2. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока .....	168
3.3.3. Силы, действующие в магнитном поле на движущиеся заряды и токи .....	172
3.3.4. Сила взаимодействия двух параллельных проводников. Единица силы тока — ампер .....	174
3.3.5. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Принцип работы циклотрона .....	175
<b>3.4. Явление электромагнитной индукции</b> .....	179
3.4.1. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея .....	179
3.4.2. Закон Фарадея. Магнитный поток .....	181
3.4.3. Правило Ленца .....	184

3.4.4. Явление самоиндукции.....	186
3.4.5. Вихревые токи, или токи Фуко .....	188
3.4.6. Энергия магнитного поля.....	189
<b>3.5. Электромагнитное поле.....</b>	<b>192</b>
3.5.1. Электрический колебательный контур .....	192
3.5.2. Электромагнитное поле.....	196
3.5.3. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца .....	198
3.5.4. Давление электромагнитной волны. Опыты Лебедева по измерению давления света.....	200
3.5.5. Изобретение радиотелеграфа А. С. Поповым в России .....	203
<i>Примеры заданий ОГЭ и ЕГЭ к разделу 3 .....</i>	<i>206</i>
<i>ОГЭ .....</i>	<i>206</i>
<i>ЕГЭ .....</i>	<i>210</i>

## 4. ОПТИКА

<b>4.1. Геометрическая оптика.....</b>	<b>223</b>
4.1.1. Прямолинейное распространение, отражение и преломление света.....	223
4.1.2. Дисперсия света.....	228
4.1.3. Собирающая линза .....	230
4.1.4. Рассеивающая линза .....	234
4.1.5. Глаз как оптическая система.....	236
4.1.6. Оптические приборы.....	239
<b>4.2. Интерференция света .....</b>	<b>241</b>
4.2.1. Интерференция световых волн.....	242
4.2.2. Интерференция света от двух точечных источников .....	245
4.2.3. Бипризма Френеля .....	248
4.2.4. Применение явления интерференции .....	250
<b>4.3. Дифракция света .....</b>	<b>253</b>
4.3.1. Принцип Гюйгенса. Метод зон Френеля.....	253
4.3.2. Дифракция света на дифракционной решётке .....	257

<b>4.4. Специальная теория относительности</b> .....	261
4.4.1. Постулаты теории относительности.....	262
4.4.2. Относительность одновременности и пространственного расстояния.....	264
4.4.3. Преобразование Лоренца.....	266
4.4.4. Закон сложения скоростей. Опыт Физо.....	268
4.4.5. Масса и энергия в специальной теории относительности.....	270
4.4.6. Закон сохранения импульса и энергии ...	274
<i>Примеры заданий ОГЭ и ЕГЭ к разделу 4</i> .....	277
<i>ОГЭ</i> .....	277
<i>ЕГЭ</i> .....	278

## **5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА**

<b>5.1. Фотоны</b> .....	283
5.1.1. Фотоэлектрический эффект.....	283
5.1.2. Опыт Боте. Фотоны.....	288
5.1.3. Давление света с корпускулярной точки зрения.....	291
<b>5.2. Строение атома</b> .....	294
5.2.1. Опыты по рассеянию $\alpha$ -частиц веществом.....	294
5.2.2. Закономерности в спектре излучения атомарного водорода.....	296
5.2.3. Теория Бора водородоподобного атома.....	298
<b>5.3. Корпускулярно-волновой дуализм свойств микрочастиц</b> .....	304
5.3.1. Гипотеза де Бройля.....	304
5.3.2. Опыты Дэвиссона и Джермера по обоснованию корпускулярно- волнового дуализма свойств микрочастиц.....	306
5.3.3. Соотношения неопределённостей Гейзенберга.....	310
5.3.4. Спин электрона. Принцип Паули.....	313

<b>5.4. Вынужденное излучение света</b> .....	315
5.4.1. Спонтанное и вынужденное излучение света .....	315
5.4.2. Инверсная населенность уровней. Отрицательное поглощение света .....	318
5.4.3. Трёхуровневая схема. Лазер на рубине .....	320
<b>5.5. Электропроводность твёрдых тел</b> .....	324
5.5.1. Элементы зонной теории электро- проводности твёрдых тел .....	324
5.5.2. Электропроводность полупроводников ....	329
5.5.3. Принцип работы полупроводникового выпрямителя .....	333
<b>5.6. Атомное ядро</b> .....	337
5.6.1. Заряд, масса и размер ядер атомов.....	337
5.6.2. Радиоактивность. Закон радио- активного распада .....	339
5.6.3. Энергия связи ядер .....	342
5.6.4. Получение ядерной энергии. Цепная ядерная реакция .....	344
5.6.5. Ядерные реакторы.....	348
5.6.6. Термоядерные реакции. Проблема управляемого термо- ядерного синтеза .....	351
<i>Примеры заданий ОГЭ и ЕГЭ к разделу 5</i> .....	355
<i>ОГЭ</i> .....	355
<i>ЕГЭ</i> .....	356
<b>Ответы</b> .....	361

## ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Векторные величины в физике .....	367
2. Принципы голографии .....	370
3. Тормозное рентгеновское излучение .....	373

# 1. МЕХАНИКА

*Физика* — наука о природе, о наиболее общих и простых законах движения материи. *Материей* называют все существующие в природе тела и различные поля — поле тяготения, электромагнитное поле, поле внутриядерных сил. Материя находится в непрерывном движении, под которым мы понимаем изменения, происходящие в окружающем нас мире.

В переводе с греческого слово *physis* означает природа. Физика изучает явления природы и стремится понять сущность протекающих в ней процессов. Примеры их многочисленны — от затмения Солнца до молнии во время грозы. Мы наблюдаем плавление твёрдых тел, испарение жидкостей, электризацию и магнитные явления, свечение раскаленных тел и отражение света, распространение звука в веществе и радиоактивность.

Физика зародилась в Древней Греции и включала в себя всё, что человеку было известно о природных явлениях, в частности и астрономию как науку о движении небесных тел. Физика была тогда наукой описательной, основывалась на наблюдениях и не использовала эксперимент в качестве критерия истинности наших умозаключений. Постановкой экспериментов человечество открыло новую эпоху в своём развитии. Это произошло в XVII веке нашей эры, обусловило бурное развитие знаний о природе и позволило открыть законы, управляющие природными явлениями. Сформулированные на языке математики, они устанавливают количественные связи между физическими характеристиками явлений.

Изучая законы природы и познавая суть природных явлений, физика всегда была двигателем прогресса. Каждая её ветвь в своём развитии неизбежно приводила к возникновению какой-либо сферы человеческой деятельности. Так, исследование явлений электричества и магнетизма привело к возникновению радиосвязи и электроники, открытия в области



микромира — к освоению энергии атома и созданию современных информационных технологий. В свою очередь, потребности практики стимулировали развитие науки. Термодинамика как наука возникла из потребности заменить физический труд животных и человека машинным.

Накопление знаний о природе привело к возникновению и других естественных наук, таких как химия, биология, геофизика, астрофизика. В основе этих наук лежат законы, открытые физикой. Развитие техники также обусловлено успехами физики, так как знание глубинных закономерностей природных явлений дает возможность создавать эффективно действующие механизмы, современные приборы связи, транспортные средства, компьютеры, лазеры, диагностические приборы и другие атрибуты высоких технологий.

Движение — природное свойство материи. Простейшая его форма — перемещение тел друг относительно друга, т.е. *механическое движение*. Эта форма движения изучается в *механике* как одном из разделов физики.

### Основные понятия

**Объект изучения** в механике — тело, движущееся под действием приложенных к нему сил.

**Задача механики** — определить, как движется тело, найти его положение в пространстве и скорость в любой момент времени.

Если форма и размеры твёрдого тела несущественны для решения данной задачи, его называют **материальной точкой**.

Языком физики служит **математика**. На языке математики сформулированы законы механики, позволяющие решать её задачи.

Механика использует понятие **поля** — это область пространства, в которой на материальное тело действует сила.

**Гравитационное поле**, или **поле силы тяжести**, создаётся материальными телами и порождает силу притяжения их друг к другу.

Механика изучает движение жидких и газообразных тел в специальных своих разделах — **гидро- и аэродинамике**.

**Небесная механика**, имеющая дело с планетами Солнечной системы, позволяет предсказать лунные и солнечные затмения, определить положение планет на небе в прошлом и будущем.

## 1.1. КИНЕМАТИКА

*Кинематика* — раздел механики, в котором рассматривается движение материальных тел, не касаясь вызывающих его причин.

### 1.1.1. Равномерное прямолинейное движение

#### ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

- ▲ **Механическое движение** — перемещение тел друг относительно друга.
- ▲ **Материальная точка** — тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
- ▲ **Прямолинейное движение** — движение тела вдоль прямой линии, которую принимают за координатную ось  $X$ .
- ▲ **Координата тела** — расстояние от начала координат до тела в данный момент времени. Координата — функция времени:  $x = x(t)$ .
- ▲ **Число степеней свободы тела** — число независимых координат, определяющих его положение в пространстве.
- ▲ **Траектория движения тела** — линия, которую оно описывает в пространстве при своём движении.

▲ **Путь**  $s$  — длина отрезка траектории, пройденного телом за время  $t$ .

▲ **Скорость тела** — быстрота изменения его координаты со временем:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}. \quad (1.1)$$

▲ **Среднее значение скорости тела** — отношение пройденного пути ко времени, за которое он был пройден:

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}. \quad (1.2)$$

▲ **Путь и координата** тела при равномерном прямолинейном движении:

$$s = x - x_0 = vt, \quad (v = \text{const}), \quad (1.3)$$

где  $x_0$  — начальная координата (при  $t = 0$ ).

### Единицы измерения

▶ Координата тела и путь в системе СИ измеряются в **метрах**:

$$[x] = [s] = \text{м}.$$

▶ Скорость измеряется в **метрах в секунду**:

$$[v] = \text{м/с}.$$

### Подробное объяснение

Простейшим объектом, движение которого изучает механика, является *материальная точка*. Планеты, обращающиеся вокруг Солнца, можно считать материальными точками, поскольку размеры планет, сколь бы велики они ни были, всё же очень малы по сравнению с их расстояниями от Солнца. Снаряд, выпущенный из орудия, или поезд, идущий из одного города в другой, также могут быть приняты за материальную точку. Движущуюся материальную точку часто называют просто *телом*.

Перемещение тела в пустом пространстве лишено смысла. Можно говорить лишь об относительном перемещении, т.е. изменении взаимного расположения тел. Для этого используется *тело отсчёта*, например Земля, с которой связывают прямоугольную

декартову систему координат (рис. 1.1). Отрезки  $x, y, z$ , отсекаемые на осях координат перпендикулярными к ним плоскостями, проходящими через точку  $M$ , называются *координатами точки  $M$* .

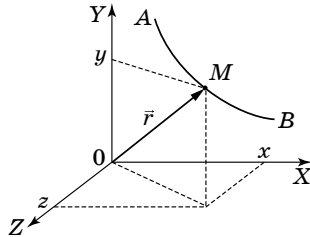


Рис. 1.1

*Системой отсчёта* называется совокупность системы координат, связанной с телом отсчёта, и покоящихся относительно него часов.

Материальная точка в общем случае имеет три степени свободы. Чтобы описать её движение, необходимо найти три функции:

$$\begin{aligned} x &= x(t), \\ y &= y(t), \\ z &= z(t). \end{aligned} \quad (1.4)$$

Вид этих функций зависит от конкретных условий, в которых происходит движение.

Система уравнений (1.4) задаёт *траекторию* точки в параметрическом виде, где в качестве параметра выступает время  $t$ . В общем случае траектория представляет собой кривую линию. Движение по траектории можно уподобить ходьбе по извилистой тропинке в лесу. Расстояние, пройденное по ней, называется *пройденным путём*. Путь  $s$  — *скалярная* величина, характеризующаяся только численным значением, показывающим, сколько единиц длины — метров — укладывается на длине траектории.

*Перемещение* является величиной *векторной*, поскольку показывает направление, в котором оно было совершено. На рис. 1.2 изображены траектория  $S$  движения тела из точки  $A$  в точку  $B$  и вектор перемещения  $\overline{AB}$ .

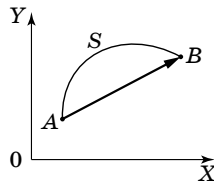


Рис. 1.2

Задача механики заключается в отыскании функций (1.4). Для формулировки законов, с помощью которых могут быть найдены эти функции, нужно ввести понятия *скорости*, *ускорения*, *массы*, *импульса* и *силы*. В кинематике вводятся первые два из них. Определим их для материальной точки, движущейся прямолинейно, когда её положение в пространстве характеризуется одной координатой (рис. 1.3).

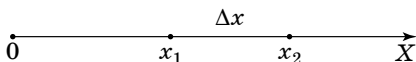


Рис. 1.3

Пусть в момент времени  $t$  материальная точка имела координату  $x_1 = x(t)$ , а спустя время  $\Delta t$  — координату  $x_2 = x(t + \Delta t)$ . Их разность  $\Delta x = x_2 - x_1 = x(t + \Delta t) - x(t)$  есть путь, который она прошла за это время.

Отношение пройденного пути ко времени за малый промежуток времени  $\Delta t$  называется *мгновенной* или *просто скоростью* тела, определяемой соотношением (1.1).

Средней скоростью тела называется отношение пути  $s$ , пройденного телом за всё время движения  $t$ , к этому времени (1.2).

Если на всём пути скорость тела постоянна, движение называется *равномерным*. Путь  $s$ , пройденный за промежуток времени  $t$ , находится тогда из уравнения (1.3).

График зависимости пути от времени при равномерном движении представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат (рис. 1.4).

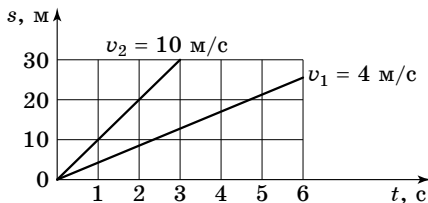


Рис. 1.4