

Н.С. Пурышева  
Е.Э. Ратбиль

# **ФИЗИКА**

**НОВЫЙ ПОЛНЫЙ**

# **СПРАВОЧНИК**

**ДЛЯ ПОДГОТОВКИ**

**К ЕГЭ**

Москва  
Издательство АСТ  
2021

УДК 373.5:53  
ББК 22.3я721  
П88

**Пурышева, Наталия Сергеевна.**

П88 ЕГЭ. Физика : новый полный справочник для подготовки к ЕГЭ / Н. С. Пурышева, Е. Э. Ратбиль. — Москва : Издательство АСТ, 2021. — 352 с.

ISBN 978-5-17-132977-8

(Новый полный справочник для подготовки к ЕГЭ)

ISBN 978-5-17-132978-5

(Самый полный справочник для подготовки к ЕГЭ)

Новый справочник содержит весь теоретический материал по курсу физики, необходимый для сдачи единого государственного экзамена. Он включает в себя все элементы содержания, проверяемые контрольными измерительными материалами, и помогает обобщить и систематизировать знания и умения школьного курса физики.

Теоретический материал изложен в краткой и доступной форме. Каждая тема сопровождается примерами тестовых заданий. Практические задания соответствуют формату ЕГЭ. В конце пособия приведены ответы к тестам.

Пособие адресовано школьникам, абитуриентам и учителям.

**УДК 373.5:53**

**ББК 22.3я721**

ISBN 978-5-17-132977-8

ISBN 978-5-17-132978-5

© Пурышева Н.С., Ратбиль Е.Э., 2020

© ООО «Издательство АСТ», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	8
-------------------	---

## МЕХАНИКА

<b>Кинематика</b> .....	11
-------------------------	----

Механическое движение. Система отсчёта.	
Материальная точка. Траектория. Путь. Перемещение.....	11
Скорость и ускорение материальной точки.....	17
Равномерное прямолинейное движение.....	21
Равноускоренное прямолинейное движение.....	23
<i>Примеры заданий 1</i> .....	26
Свободное падение. Ускорение свободного падения.	
Движение тела, брошенного под углом к горизонту.....	30
Движение материальной точки по окружности .....	34
<i>Примеры заданий 2</i> .....	36

<b>Динамика</b> .....	40
-----------------------	----

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта .....	40
Масса тела. Плотность вещества .....	43
Сила. Второй закон Ньютона .....	46
Третий закон Ньютона для материальных точек .....	49
<i>Примеры заданий 3</i> .....	51
Закон всемирного тяготения. Сила тяжести .....	53
Сила упругости. Закон Гука.....	56
Сила трения. Сухое трение.....	60
<i>Примеры заданий 4</i> .....	63

<b>Статика</b> .....	65
----------------------	----

Условие равновесия твёрдого тела в ИСО .....	65
Закон Паскаля.....	67
Давление в жидкости, покоящейся относительно ИСО .....	69
Закон Архимеда. Условия плавания тел .....	71
<i>Примеры заданий 5</i> .....	72

<b>Законы сохранения</b> .....	75
--------------------------------	----

Закон сохранения импульса.....	75
Работа силы на малом перемещении .....	78
<i>Примеры заданий 6</i> .....	81

Закон сохранения механической энергии . . . . .	84
<i>Примеры заданий 7</i> . . . . .	88
<b>Механические колебания и волны</b> . . . . .	90
Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний.	
Кинематическое описание . . . . .	90
Механические волны . . . . .	97
<i>Примеры заданий 8</i> . . . . .	100

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

<b>Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества</b> . . . . .	104
Атомы и молекулы, их характеристики . . . . .	104
Движение молекул . . . . .	109
Взаимодействие молекул и атомов. . . . .	113
<i>Примеры заданий 9</i> . . . . .	118
Давление идеального газа . . . . .	120
Температура газа и средняя кинетическая энергия молекул . . . . .	123
<i>Примеры заданий 10</i> . . . . .	127
Уравнение состояния идеального газа . . . . .	129
<i>Примеры заданий 11</i> . . . . .	132
Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц $N$ (с постоянным количеством вещества $\nu$ ) . . . . .	135
<i>Примеры заданий 12</i> . . . . .	140
Насыщенные и ненасыщенные пары. . . . .	142
Влажность воздуха . . . . .	146
<i>Примеры заданий 13</i> . . . . .	150
<b>Термодинамика</b> . . . . .	152
Внутренняя энергия макроскопической системы. . . . .	152
<i>Примеры заданий 14</i> . . . . .	163
Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение . . . . .	166
<i>Примеры заданий 15</i> . . . . .	169
Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация . . . . .	172
<i>Примеры заданий 16</i> . . . . .	175
Работа в термодинамике. . . . .	178
Первый закон термодинамики. . . . .	181
<i>Примеры заданий 17</i> . . . . .	184

Второй закон термодинамики . . . . .	187
Принципы работы тепловых двигателей. . . . .	190
<i>Примеры заданий 18</i> . . . . .	195

## **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

<b>Электростатика</b> . . . . .	198
Явление электризации. Электрический заряд и его свойства . . . . .	198
Закон Кулона . . . . .	199
Электростатическое поле . . . . .	199
Конденсаторы . . . . .	204
<i>Примеры заданий 19</i> . . . . .	206

<b>Законы постоянного тока</b> . . . . .	211
Постоянный электрический ток. . . . .	211
Законы постоянного тока . . . . .	212
<i>Примеры заданий 20</i> . . . . .	218
<i>Примеры заданий 21</i> . . . . .	222

<b>Магнитное поле</b> . . . . .	224
Магнитное взаимодействие . . . . .	224
<i>Примеры заданий 22</i> . . . . .	227
Связь электрических и магнитных явлений . . . . .	232
<i>Примеры заданий 23</i> . . . . .	235

<b>Электромагнитные колебания и волны</b> . . . . .	239
Свободные электромагнитные колебания . . . . .	239
<i>Примеры заданий 24</i> . . . . .	248

## **ОПТИКА**

Геометрическая оптика. . . . .	254
Линзы . . . . .	260
Глаз. Недостатки зрения . . . . .	266
Оптические приборы. . . . .	268
<i>Примеры заданий 25</i> . . . . .	272

<b>Волновая оптика</b> . . . . .	276
Интерференция света . . . . .	276
Опыт Юнга. Кольца Ньютона. . . . .	277
Применение интерференции света . . . . .	279
<i>Примеры заданий 26</i> . . . . .	283

## **ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ**

<b>Основы специальной теории относительности (СТО)</b> . . . . .	286
<i>Примеры заданий 27</i> . . . . .	288

### **КВАНТОВАЯ ФИЗИКА**

Гипотеза Планка . . . . .	290
Законы внешнего фотоэффекта . . . . .	291
Корпускулярно-волновой дуализм . . . . .	293
<i>Примеры заданий 28</i> . . . . .	294

### **ФИЗИКА АТОМА**

Планетарная модель атома . . . . .	298
Постулаты Бора . . . . .	299
Спектральный анализ . . . . .	302
Лазер . . . . .	302
<i>Примеры заданий 29</i> . . . . .	305

<b>Физика атомного ядра</b> . . . . .	307
Протонно-нейтронная модель ядра . . . . .	307
Изотопы. Энергия связи ядер. Ядерные силы . . . . .	308
Радиоактивность. Закон радиоактивного распада . . . . .	309
Ядерные реакции . . . . .	311
<i>Примеры заданий 30</i> . . . . .	314

## **ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОНОМИИ**

<b>Небесная механика</b> . . . . .	317
1. Эллипс. Свойства эллипса . . . . .	317
2. Законы движения планет . . . . .	317
3. Ускорение свободного падения . . . . .	319
4. Космические скорости . . . . .	319

<b>Строение солнечной системы</b> . . . . .	320
1. Характеристики планет Солнечной системы . . . . .	320
2. Современные представления о Солнечной системе . . . . .	321
Малые тела Солнечной системы . . . . .	322

<b>Звёзды</b> . . . . .	325
1. Характеристики звёзд . . . . .	325
2. Диаграмма «Спектр — светимость» . . . . .	327
3. Массы звёзд . . . . .	328
4. Внутреннее строение звёзд . . . . .	329
5. Эволюция звёзд . . . . .	332

<b>Наша Галактика — Млечный Путь</b> . . . . .	<b>333</b>
<b>Галактики</b> . . . . .	<b>335</b>
1. Классификация галактик . . . . .	335
2. Квазары . . . . .	337
3. Красное смещение . . . . .	338
<b>Космологическая модель Вселенной</b> . . . . .	<b>339</b>
<b>Модели возможной эволюции Вселенной</b> . . . . .	<b>340</b>
<i>Примеры задания 31</i> . . . . .	342
<b>Приложения</b> . . . . .	<b>346</b>
<b>Ответы</b> . . . . .	<b>349</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Новый справочник содержит весь теоретический материал по курсу физики 10–11 классов и предназначен для подготовки учащихся к единому государственному экзамену (ЕГЭ).

Содержание основных разделов справочника — «Механика», «Молекулярная физика. Термодинамика», «Электродинамика», «Оптика», «Основы специальной теории относительности», «Квантовая физика» соответствует кодификатору элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике, на основе которого составлены контрольно-измерительные материалы ЕГЭ.

Теоретическая часть справочника содержит весь необходимый материал для подготовки к ЕГЭ: понятия физических явлений, формулировки законов и формулы, математически описывающие физические закономерности явлений. Чёткость и краткость изложения, а также наглядность учебного материала позволят эффективно подготовиться к единому государственному экзамену.

Практическая часть справочника включает примеры контрольно-измерительных материалов, которые по форме и по содержанию соответствуют реальным формулировкам заданий, предлагаемым на едином государственном экзамене по физике.

Практические задания приводятся в конце каждой темы. Они включают задания базового и повышенного уровней.

Задания базового уровня — это задания с выбором ответа. К каждому заданию с выбором ответа приводятся 4 варианта ответа, из которых верен только один. Такой вид заданий проверяет усвоение элементов знаний всех содержательных блоков курса физики, а также умение применять эти знания к решению простых задач. Помимо этого, поскольку условие задач представляется в виде тек-

ста, таблицы или графика, одновременно контролируются умения работать с информацией физического содержания, предъявленной в разных формах.

Задания повышенного уровня — это задания либо на установление соответствия между элементами знаний, содержащимися в двух множествах, либо на выбор двух правильных утверждений из пяти приведённых в перечне (множественный выбор). Во втором случае условие задачи представляется в виде текста, таблицы или графика. На эти задания представляется краткий ответ в виде набора цифр.

Задания повышенного уровня сложности направлены на проверку усвоения тех же элементов содержания, что и задания с выбором ответа, а также более сложных элементов содержания курса физики старшей школы. При выполнении заданий этого уровня сложности требуется осуществить большее число учебных действий (операций), чем при выполнении заданий базового уровня. Так, при выполнении одной группы заданий необходимо проанализировать различные группы элементов физических знаний, приведённых в двух множествах, и установить между ними соответствие, например:

- величины и их единицы;
- величины и формулы, которые связывают их с другими величинами;
- явление или закон и его применение в приборах или технических устройствах;
- величины, характеризующие конкретное физическое явление и характер их изменения и т.п.

Выполнение заданий другой группы требует анализа данных, приведённых в таблицах разных физических величин, или анализа графиков зависимостей физических величин и определения правильных утверждений, представляющих собой комбинацию сведений из разных таблиц или графиков.

В конце книги приведены справочные материалы, которые необходимы для решения задач.

Правильность своих ответов учащийся может проверить, воспользовавшись таблицей ответов в конце справочника.

Пособие поможет учащимся выпускных классов и абитуриентам самостоятельно повторить и систематизировать материал школьного курса физики, познакомиться с формой тестовых заданий ЕГЭ и самостоятельно выполнить типовые тренировочные задания.

**В связи с возможными изменениями в формате и количестве заданий рекомендуем в процессе подготовки к экзамену обращаться к материалам сайта официального разработчика экзаменационных заданий — Федерального института педагогических измерений: [www.fipi.ru](http://www.fipi.ru).**

# МЕХАНИКА

## КИНЕМАТИКА

**Механическое движение. Система отсчёта.  
Материальная точка. Траектория. Путь.  
Перемещение**

1. Механическим движением называют изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

Существуют различные виды механического движения. Если все точки тела движутся одинаково и любая прямая, проведённая в теле, при его движении остаётся параллельной самой себе, то такое движение называется **поступательным** (рис. 1).

Точки вращающегося ротора генератора описывают окружности относительно оси этого ротора. Ротор как целое и его точки совершают **вращательное** движение (рис. 2).

Если тело, например груз, прикрепленный к пружине, отклоняется от положения равновесия то в одну, то в другую сторону (то вниз, то вверх), то его движение является **колебательным** (рис. 3).

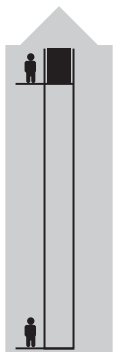


Рис. 1.  
Поступательное движение

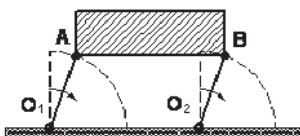


Рис. 2

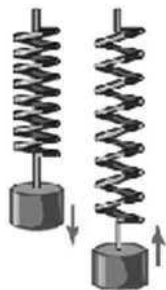


Рис. 3  
Колебющийся груз на пружине



Рис. 4. Пассажир, сидящий в автобусе, движется относительно деревьев, но покоится относительно автобуса

**2. Относительность механического движения. Система отсчёта.** Слова «относительно других тел» в определении понятия механического движения означают, что данное тело может покоиться относительно одних тел и двигаться относительно других тел. Поэтому, говоря о том, что тело покоится или движется, необходимо указывать объект, относительно которого рассматривается состояние этого тела. Так, пассажир, сидящий в автомобиле (рис. 4), движущемся относительно дороги, тоже движется относительно неё и относительно встречного автомобиля, но покоится относительно автомобиля, в котором он находится, и автомобиля, движущегося в том же направлении и с той же скоростью. Плот, плывущий по течению реки, неподвижен относительно воды и движется относительно берега. Таким образом, говоря о механическом движении тела, необходимо указывать тело, относительно которого данное тело движется или покоится. Такое тело называют *телом отсчёта*. В приведённом примере с движущимся автомобилем в качестве тела отсчёта может быть выбран какой-либо дом, или дерево, или столб на обочине дороги.

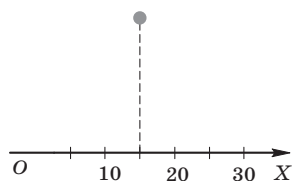


Рис. 5

Для определения положения тела в пространстве вводят **систему координат**, которую связывают с телом отсчёта. При рассмотрении движения тела вдоль прямой линии используют одномерную систему координат, т.е. с телом от-

счёта связывают одну координатную ось, например ось  $OX$  (рис. 5).

Если тело движется по криволинейной траектории, то система координат будет уже двумерной, поскольку положение тела характеризуют две координаты  $X$  и  $Y$  (рис. 6). Таким движением является, например, движение волейбольного или футбольного мяча, стрелы, выпущенной из лука, предмета, выпавшего из окна движущегося автомобиля.

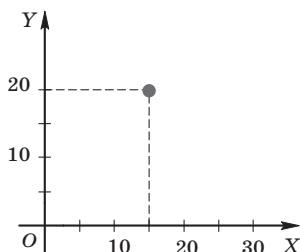


Рис. 6

Если рассматривается движение тела в пространстве, например движение летящего самолёта, то система координат, связанная с телом отсчёта, будет состоять из трёх взаимно перпендикулярных координатных осей ( $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$ ) (рис. 7).

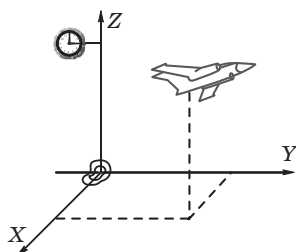


Рис. 7. Трёхмерная система координат

Поскольку при движении тела его положение в пространстве, т.е. его координаты, изменяется с течением времени, то необходим прибор (часы), который позволяет измерять время и определять, какому моменту времени соответствует та или иная координата.

Для определения положения тела в пространстве и изменения этого положения с течением времени необходимы **тело отсчёта**, связанная с ним **система координат** и **способ измерения времени**, т.е. часы, которые все вместе представляют собой **систему отсчёта**.

**3. Основная задача механики.** Изучить движение тела — это значит определить, как изменяется его положение, т.е. координата, с течением времени. Если известно, как изменяется координата со временем, можно определить положение (координату) тела в любой момент времени.

*Основная задача механики состоит в определении положения (координаты) тела в любой момент времени.*

Чтобы указать, как изменяется положение тела с течением времени, нужно установить связь между величинами, характеризующими это движение, т.е. найти математическое описание движения или, иными словами, записать уравнение движения тела.

**4. Материальная точка.** Любое движущееся тело имеет определённые размеры, и его различные части занимают разные положения в пространстве. Возникает вопрос, как в таком случае определить положение тела в пространстве. В целом ряде случаев нет необходимости указывать положение каждой точки тела и для каждой точки записывать уравнение движения. Это относится, например, к поступательному движению тела, поскольку в этом случае все точки тела движутся одинаково.

Движение каждой точки тела не нужно описывать и при решении таких задач, когда размерами тела можно пренебречь. Например, если нас интересует, с какой скоростью теплоход движется от одного города до другого, то рассматривать движение каждой точки теплохода нет необходимости. Если же необходимо определить действующую на него выталкивающую силу, то пренебречь размерами теплохода уже нельзя. Если мы хотим вычислить время движения космического корабля от Земли до космической станции, то корабль можно считать единым целым и представить в виде некоторой точки. Если же рассчитывается режим стыковки корабля со станцией, то, представив корабль в виде точки, решить эту задачу невозможно.

Поэтому для решения ряда задач, связанных с движением тел, вводят понятие **материальной точки**.

**Материальной точкой называют тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи.**

В приведённых выше примерах материальной точкой можно считать теплоход при расчёте скорости его движения, космический корабль при определении времени его движения.

*Материальная точка* — это модель реальных объектов, реальных тел. Считая тело материальной точкой, мы отвлекаемся от несущественных для решения конкретной задачи признаков, в частности, от размеров тела.

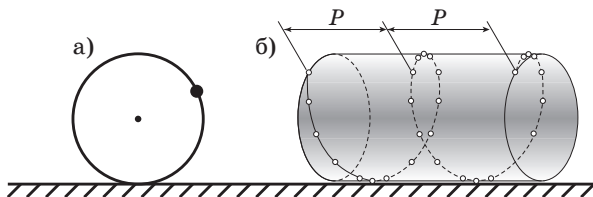


Рис. 8

**5. Траектория движения материальной точки.** При перемещении тело последовательно проходит точки пространства, соединив которые можно получить линию. **Эта линия, вдоль которой движется тело, называется траекторией.** Траектория может быть *видимой* или *невидимой*. Видимую траекторию описывают автомобиль при движении по шоссе, лыжник, скользя по лыжне, грифель карандаша, которым пишут на листе бумаги. Траектория летящей птицы невидима, невидимой является траектория беспорядочно бегающей собаки.

Траектория движения тела относительна: её форма зависит от выбора системы отсчёта. Так, траекторией точек обода колеса мотоцикла, движущегося по прямой дороге, относительно оси колеса является окружность, а относительно Земли — винтовая линия (рис. 8 а, б).

Зная траекторию точки, её начальное положение и пройденный ею путь за время  $t$ , можно найти положение точки в момент времени  $t$  (рис. 9). **Физическая величина, равная расстоянию, пройденному телом вдоль траектории, называется путём.**

Путь обозначают буквой  $l$  (иногда  $s$ ), основная единица пути  $l$  м:  $[l] = 1$  м. Кратная единица пути — километр (1 км = 1000 м);

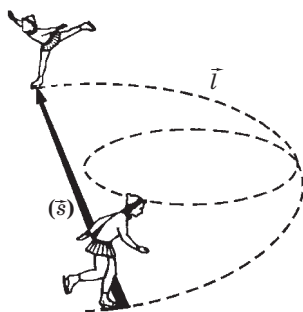


Рис. 9. Траектория и путь