



О. П. Бальва

# ФИЗИКА



Москва  
2017

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я7  
Б 21

**Бальва, Ольга Павловна.**  
Б 21      **Физика / О.П. Бальва. — Москва : Эксмо, 2017. — 256 с. — (Карманный справочник).**

Справочник содержит краткий и самый необходимый теоретический материал по физике. Приводятся наглядные схемы и таблицы, удобные для запоминания и быстрого поиска материала.

Издание адресовано учащимся старших классов для подготовки к урокам, различным формам текущего и промежуточного контроля, а также ОГЭ и ЕГЭ.

**УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я7**

ISBN 978-5-699-73383-5      © Бальва О.П., 2014  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2017

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание  
анықтамалық баспа

*Для старшего школьного возраста  
мектеп жасындағы ересек балаларға арналған*

КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК

**Бальва Ольга Павловна**

**ФИЗИКА**

(ОРЫС ТІЛІНДЕ)

Ответственный редактор *А. Жилинская*

Ведущий редактор *Т. Судакова*

Художественный редактор *Е. Анисина*

ООО «Издательство «Эксмо»  
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86.  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.  
Тел. 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru).  
Тауар белгісі: «Эксмо»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша  
арыз-талаптарды қабылдаушының  
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.  
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.ru](mailto:RDC-Almaty@eksmo.ru)  
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайты: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно  
законодательству РФ о техническом регулировании  
можно получить по адресу: <http://eksmo.ru/certification/>  
Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылған

Дата изготовления / Подписано в печать 11.07.2017.  
Формат 84x108<sup>1/4</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,72.  
Доп. тираж 3000 экз. Заказ



ISBN 978-5-699-73383-5



9 785699 733835 >



# СОДЕРЖАНИЕ

## 1. Механика

<b>1.1. Кинематика</b> .....	9
1.1.1. Механическое движение и его виды .....	9
1.1.2. Относительность механического движения .....	13
1.1.3. Скорость .....	14
1.1.4. Ускорение .....	15
1.1.5. Равномерное движение .....	16
1.1.6. Прямолинейное равноускоренное движение .....	18
1.1.7. Свободное падение (ускорение свободного падения) .....	19
1.1.8. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение .....	20
<b>1.2. Динамика</b> .....	23
1.2.1. Инерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона .....	23
1.2.2. Принцип относительности Галилея .....	25
1.2.3. Масса тела .....	26
1.2.4. Плотность вещества .....	26
1.2.5. Сила .....	27
1.2.6. Принцип суперпозиции сил .....	27
1.2.7. Второй закон Ньютона .....	28
1.2.8. Третий закон Ньютона .....	29
1.2.9. Закон всемирного тяготения. Искусственные спутники Земли .....	30
1.2.10. Сила тяжести .....	31
1.2.11. Вес и невесомость .....	34
1.2.12. Сила упругости. Закон Гука .....	36
1.2.13. Сила трения .....	37
1.2.14. Давление .....	40
<b>1.3. Статика</b> .....	40
1.3.1. Момент силы .....	40
1.3.2. Условия равновесия твёрдого тела .....	41
1.3.3. Давление жидкости .....	42

1.3.4. Закон Паскаля .....	42
1.3.5. Закон Архимеда .....	43
1.3.6. Условия плавания тел .....	44
<b>1.4. Законы сохранения в механике .....</b>	<b>45</b>
1.4.1. Импульс тела .....	45
1.4.2. Импульс системы тел .....	46
1.4.3. Закон сохранения импульса .....	46
1.4.4. Работа силы .....	48
1.4.5. Мощность .....	48
1.4.6. Работа как мера изменения энергии .....	51
1.4.7. Кинетическая энергия .....	51
1.4.8. Потенциальная энергия .....	52
1.4.9. Закон сохранения механической энергии .....	53
<b>1.5. Механические колебания и волны .....</b>	<b>55</b>
1.5.1. Гармонические колебания .....	55
1.5.2. Амплитуда и фаза колебаний .....	55
1.5.3. Период колебаний .....	56
1.5.4. Частота колебаний .....	57
1.5.5. Свободные колебания (математический и пружинный маятники) .....	57
1.5.6. Вынужденные колебания .....	59
1.5.7. Резонанс .....	60
1.5.8. Длина волны .....	61
1.5.9. Звук .....	65

## **2. Молекулярная физика. Термодинамика**

<b>2.1. Молекулярная физика .....</b>	<b>67</b>
2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. ....	67
2.1.2. Тепловое движение атомов и молекул вещества .....	73
2.1.3. Броуновское движение .....	74
2.1.4. Диффузия .....	75
2.1.5. Экспериментальные доказательства атомистической теории. Взаимодействие частиц вещества .....	76
2.1.6. Модель идеального газа .....	77

---

2.1.7. Связь между давлением и средней кинетической энергией теплового движения молекул идеального газа .....	77
2.1.8. Абсолютная температура .....	78
2.1.9. Связь температуры газа со средней кинетической энергией его частиц .....	80
2.1.10. Уравнение $p = nkT$ .....	81
2.1.11. Уравнение Менделеева — Клайперона .....	82
2.1.12. Изопроцессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный процессы .....	82
2.1.13. Насыщенные и ненасыщенные пары .....	84
2.1.14. Влажность воздуха .....	85
2.1.15. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости .....	87
2.1.16. Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация .....	89
2.1.17. Изменение энергии в фазовых переходах .....	90
<b>2.2. Термодинамика</b> .....	<b>91</b>
2.2.1. Внутренняя энергия .....	91
2.2.2. Тепловое равновесие .....	92
2.2.3. Теплопередача .....	93
2.2.4. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества .....	95
2.2.5. Работа в термодинамике .....	99
2.2.6. Уравнение теплового баланса .....	100
2.2.7. Первый закон термодинамики .....	101
2.2.8. Второй закон термодинамики .....	103
2.2.9. КПД тепловой машины .....	104
2.2.10. Принципы действия тепловых машин .....	106
2.2.11. Проблемы энергетики и охрана окружающей среды .....	107
 <b>3. Электродинамика</b>	
<b>3.1. Электрическое поле</b> .....	<b>109</b>
3.1.1. Электризация тел .....	109
3.1.2. Взаимодействие зарядов. Два вида заряда .....	109

3.1.3. Закон сохранения электрического заряда . . . . .	110
3.1.4. Закон Кулона . . . . .	111
3.1.5. Действие электрического поля на электрические заряды . . . . .	112
3.1.6. Напряжённость электрического поля . . . . .	113
3.1.7. Принцип суперпозиции электрических полей. . . . .	114
3.1.8. Потенциальность электростатического поля . . . . .	115
3.1.9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов . . . . .	116
3.1.10. Проводники в электрическом поле . . . . .	118
3.1.11. Диэлектрики в электрическом поле . . . . .	119
3.1.12. Электрическая ёмкость. Конденсатор . . . . .	121
3.1.13. Энергия электрического поля конденсатора . . . . .	123
<b>3.2. Законы постоянного тока . . . . .</b>	<b>123</b>
3.2.1. Постоянный электрический ток. Сила тока . . . . .	123
3.2.2. Постоянный электрический ток. Напряжение . . . . .	125
3.2.3. Закон Ома для участка цепи . . . . .	126
3.2.4. Электрическое сопротивление . . . . .	126
3.2.5. Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока. . . . .	128
3.2.6. Закон Ома для полной электрической цепи . . . . .	128
3.2.7. Параллельное и последовательное соединение проводников . . . . .	129
3.2.8. Смешанное соединение проводников. . . . .	131
3.2.9. Работа электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. . . . .	131
3.2.10. Мощность электрического тока . . . . .	132
3.2.11. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах . . . . .	133
3.2.12. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников . . . . .	136
<b>3.3. Магнитное поле . . . . .</b>	<b>138</b>
3.3.1. Взаимодействие магнитов. . . . .	138
3.3.2. Магнитное поле проводника с током . . . . .	140
3.3.3. Сила Ампера. . . . .	144
3.3.4. Сила Лоренца . . . . .	145

---

<b>3.4. Электромагнитная индукция</b> .....	147
3.4.1. Явление электромагнитной индукции .....	147
3.4.2. Магнитный поток .....	147
3.4.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея .....	148
3.4.4. Правило Ленца .....	150
3.4.5. Самоиндукция .....	151
3.4.6. Индуктивность .....	152
3.4.7. Энергия магнитного поля .....	153
<b>3.5. Электромагнитные колебания и волны</b> .....	153
3.5.1. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур .....	153
3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс .....	155
3.5.3. Гармонические электромагнитные колебания. ....	158
3.5.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии .....	159
3.5.5. Электромагнитное поле .....	166
3.5.6. Свойства электромагнитных волн .....	167
3.5.7. Различные виды электромагнитных излучений и их применение .....	169
<b>3.6. Оптика</b> .....	174
3.6.1. Прямолинейное распространение света .....	174
3.6.2. Закон отражения света .....	176
3.6.3. Построение изображений в плоском зеркале .....	177
3.6.4. Закон преломления света .....	178
3.6.5. Полное внутреннее отражение .....	180
3.6.6. Линзы. Оптическая сила линзы .....	181
3.6.7. Формула тонкой линзы .....	183
3.6.8. Построение изображений в линзах .....	184
3.6.9. Оптические приборы. Глаз как оптическая система. .	185
3.6.10. Интерференция света .....	187
3.6.11. Дифракция света .....	189
3.6.12. Дифракционная решётка .....	191
3.6.13. Дисперсия света .....	192



<b>4. Основы специальной теории относительности</b>	
4.1. Инвариантность скорости света. Принцип относительности Эйнштейна .....	194
4.2. Полная энергия .....	196
4.3. Связь массы и энергии. Энергия покоя .....	197
<b>5. Квантовая физика</b>	
5.1. Корпускулярно-волновой дуализм .....	199
5.1.1. Гипотеза М. Планка о квантах .....	199
5.1.2. Фотоэффект .....	200
5.1.3. Опыты А. Г. Столетова .....	200
5.1.4. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта .....	202
5.1.5. Фотоны .....	203
5.1.6. Энергия фотона .....	204
5.1.7. Импульс фотона .....	205
5.1.8. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм .....	205
5.1.9. Дифракция электронов .....	206
5.2. Физика атома .....	207
5.2.1. Планетарная модель атома .....	207
5.2.2. Постулаты Н. Бора .....	209
5.2.3. Линейчатые спектры .....	212
5.2.4. Лазер .....	218
5.3. Физика атомного ядра .....	223
5.3.1. Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение .....	223
5.3.2. Закон радиоактивного распада .....	229
5.3.3. Нуклонная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра .....	230
5.3.4. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы .....	232
5.3.5. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер .....	235
<b>Справочный материал .....</b>	<b>242</b>

# МЕХАНИКА

## 1.1. Кинематика

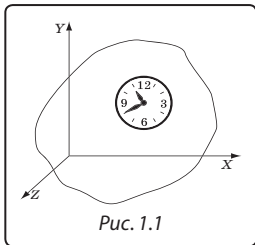
### 1.1.1. Механическое движение и его виды

**Механическое движение** — это изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

*Система отсчёта* — это система координат, тело отсчёта, с которым она связана, и прибор для измерения времени (часы) (рис. 1.1).

*Тело отсчёта* — это тело, относительно которого рассматривается изменение положения других тел в пространстве.

*Поступательное движение* — это движение твёрдого тела, при котором прямая, соединяющая две лю-



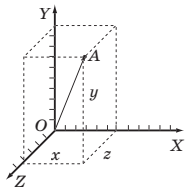
бые точки тела, перемещается параллельно своему начальному направлению.

*Материальная точка* — объект пренебрежимо малых размеров, имеющий массу.

Тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь, можно считать материальной точкой.

*Траектория* — это линия, которую описывает тело при движении относительно выбранного тела отсчёта.

Если траекторией движения точки является прямая линия, то движение называется **прямолинейным**, а если кривая — **криволинейным**.



Например:  
 $x = 6, y = 10, z = 4,5$ ,  
 тогда  $A(6; 10; 4,5)$

Рис. 1.2

Форма траектории зависит от выбора тела отсчёта. Положение точки в пространстве задаётся двумя способами: 1) с помощью координат; 2) с помощью радиус-вектора.

Положение точки с помощью координат задаётся тремя проекциями точки  $x, y,$

$z$  на оси декартовой системы координат  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$ , связанные с телом отсчёта (рис. 1.2).

Задание положения точки с помощью радиус-вектора осуществляется соединением точки  $A$  с началом координат  $O$ .

*Радиус-вектором* называется вектор, соединяющий начало отсчёта с положением точки в произвольный момент времени.

Точка задана *радиус-вектором*, если известны его длина (модуль) и направление в пространстве.

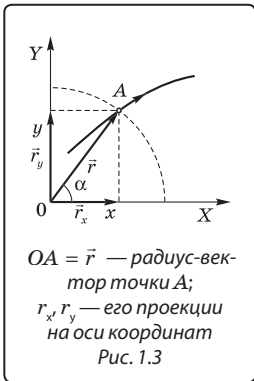
Для случая движения на плоскости (рис. 1.3):

$$x = r_x = r \cos \alpha, \quad y = r_y = r \sin \alpha.$$

Вектор  $\vec{r}$  возможно также разложить на составляющие по осям  $X$  и  $Y$ , т. е. представить в виде суммы двух векторов:

$$\vec{r} = \vec{r}_x + \vec{r}_y.$$

Таким образом, в соответствии со способами задания координат движение точки можно описать двумя способами: 1) координатным; 2) векторным.



При *координатном способе* описания движения изменение координат точки со временем записывается кинематическими уравнениями, т. е. функциями всех трёх её координат от времени:

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t),$$

где  $t$  — время;  $[t] = 1 \text{ с}$ .

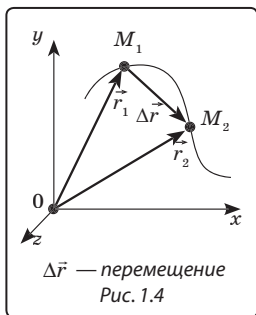
Зная кинематические уравнения движения и начальные условия (т. е. положение точки в начальный момент времени), можно определить положение точки в любой момент времени.

При *векторном способе* описания движения точки изменение её положения со временем задаётся зависимостью радиус-вектора от времени:

$$\vec{r} = \vec{r}(t).$$

*Перемещение* — это вектор, соединяющий положения движущейся точки в начале и в конце некоторого промежутка времени:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$



*Путь* — это длина участка траектории, который пройден материальной точкой за данный промежуток времени.

Путь и перемещение могут совпадать только тогда, когда тело движется равномерно и прямолинейно.

### 1.1.2. Относительность механического движения

**Траектории движения тела будут различными в разных системах отсчёта.** Так, например, любая точка на вращающемся пропеллере спускающегося на землю вертолётa будет описывать окружность относительно вертолётa и гораздо более сложную кривую — винтовую линию относительно Земли.

*Путь, пройденный телом, также зависит от системы отсчёта.* Путь, проделанный точкой на пропеллере относительно вертолётa, намного меньше того пути, который она преодолела относительно Земли.

**Относительность** — зависимость механического движения тела от системы отсчёта.

### 1.1.3. Скорость

**Мгновенная скорость точки** — это векторная величина, которая определяется как предел отношения перемещения  $\Delta \vec{r}$  к промежутку времени  $\Delta t$ , в течение которого это перемещение произошло, при стремлении  $\Delta t$  к нулю:

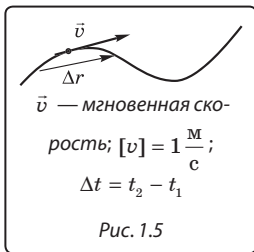
$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Вектор мгновенной скорости всегда направлен по касательной к траектории движения. Он указывает направление, по которому происходило бы движение тела, если бы с момента времени  $t$  на него перестали действовать любые другие тела (рис. 1.5).

**Средняя путевая скорость точки** — это скалярная величина, которая равна отношению всего пройденного телом пути ко всему времени движения:

$$v_{\text{cp}} = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

где  $\Delta s$  — путь, пройденный телом;  $[s] = 1 \text{ м}$ .



**Средняя скорость перемещения точки** — это векторная величина, которая равна отно-