

# ФИЗИКА

УМК для 7 - 9 классов АВТОРЫ: Шахмаев Н.М., Бунчук А.В., Дик Ю.И



УМК для 10- 11 классов АВТОРЫ: Тихомирова С.А., Яворский Б.М.  
(базовый уровень)



# ФИЗИКА

Учебно-методический комплект 10-11 классы

(базовый уровень)

**АВТОРЫ:** Тихомирова С.А., Яворский Б.М.

## Особенности учебников:

- полнота представления содержания
- краткость курса физики
- доступность изложения (используются преимущественно индуктивные методы раскрытия содержания)
- реализована гуманитарная направленность изучения физики
- рубрика «**Это интересно**» включает в себя занимательные сведения о связи физики с техникой, а также другими науками;
- красочность рисунков и повышенная наглядность представления материала, использование репродукций картин известных художников.



Предисловие .....	3
Введение. Методы научного познания .....	4
<b>ЧАСТЬ 1. МЕХАНИКА</b>	
<b>Глава 1. Кинематика</b>	
1. Механическое движение .....	10
2. Траектория, путь, перемещение .....	12
3. Скорость равномерного прямолинейного движения .....	14
4. Сложение скоростей .....	17
5. Скорость при неравномерном движении .....	19
6. Ускорение .....	21
7. Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении .....	22
8. Свободное падение тел .....	25
9. Движение тел, брошенных под углом к горизонту .....	28
10. Равномерное движение по окружности .....	31
11. Центробежное ускорение .....	35
<i>Из истории создания кинематики .....</i>	36
<i>Самое важное в главе 1 .....</i>	38
<b>Глава 2. Динамика</b>	
12. Первый закон Ньютона .....	39
13. Сила .....	42
14. Второй закон Ньютона .....	44
15. Третий закон Ньютона .....	47
16. Закон всемирного тяготения .....	49
17. Вес. Невесомость. Перегрузка .....	52
18. Первая космическая скорость .....	55
19. Сила трения .....	57
<i>Из истории создания динамики .....</i>	61
<i>Самое важное в главе 2 .....</i>	63
<b>Глава 3. Статика</b>	
20. Условия равновесия тел .....	64
21. Центр тяжести .....	67
22. Виды равновесия. Устойчивость тел .....	70
<i>Из истории создания статики .....</i>	73
<i>Самое важное в главе 3 .....</i>	74
<b>Глава 4. Законы сохранения в механике</b>	
23. Импульс тела .....	75
24. Закон сохранения импульса .....	77
25. Реактивное движение .....	81
26. Механическая работа. Мощность .....	84
27. Кинетическая энергия тела .....	88
28. Работа силы тяжести. Потенциальная энергия .....	91

# 10 класс

29. Работа силы упругости .....	94
30. Закон сохранения механической энергии .....	97
<i>Из истории открытия законов сохранения импульса и энергии</i> .....	101
<i>Самое важное в главе 4</i> .....	102
<b>ЧАСТЬ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА</b>	
<b>Глава 5. Молекулярно-кинетическая теория</b>	
31. Основные положения молекулярно-кинетической теории .....	105
32. Молекулы .....	107
33. Движение и взаимодействие молекул .....	110
<i>Самое важное в главе 5</i> .....	114
<b>Глава 6. Свойства газов</b>	
34. Модель газа .....	114
35. Скорости молекул газа .....	116
36. Изотермический процесс .....	117
37. Изобарный и изохорный процессы .....	120
38. Уравнение Менделеева — Клапейрона .....	124
39. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории .....	126
<i>Из истории создания термометра</i> .....	130
<i>Самое важное в главе 6</i> .....	132
<b>Глава 7. Основы термодинамики</b>	
40. Исходные понятия термодинамики .....	133
41. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии газа .....	135
42. Первый закон термодинамики .....	139
43. Применение первого закона термодинамики к разным процессам .....	140
44. Понятие о втором и третьем законах термодинамики .....	142
45. Тепловые двигатели .....	143
46. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды .....	146
<i>Из истории открытия закона сохранения энергии</i> .....	148
<i>Самое важное в главе 7</i> .....	151
<b>Глава 8. Свойства твердых тел</b>	
47. Кристаллические и аморфные тела .....	152
48. Структура монокристаллов .....	154
49. Аморфные тела .....	156
50. Плавление, кристаллизация и сублимация твердых тел .....	157
<i>Самое важное в главе 8</i> .....	160
<b>Глава 9. Свойства жидкостей</b>	
51. Структура и свойства жидкости .....	161
52. Поверхностное натяжение жидкости .....	163
53. Смачивание. Капиллярные явления .....	165
54. Взаимные превращения жидкостей и газов .....	168
55. Кипение жидкости .....	171
56. Влажность воздуха .....	174
<i>Самое важное в главе 9</i> .....	177

## ЧАСТЬ 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

<b>Глава 10. Электростатика</b>	
87. Закон сохранения электрического заряда .....	179
88. Закон Кулона .....	183
89. Взаимодействие и дальнее действие. Напряженность электрического поля .....	186
90. Графическое изображение электрических полей .....	190
91. Работа сил электрического поля .....	192
92. Потенциал. Разность потенциалов .....	194
93. Проводники в электрическом поле .....	196
94. Электрическая емкость. Энергия заряженного конденсатора .....	198
<i>Из истории учения об электрических явлениях .....</i>	<i>201</i>
<i>Самое важное в главе 10 .....</i>	<i>203</i>
<b>Глава 11. Законы постоянного электрического тока</b>	
65. Условия, необходимые для существования электрического тока .....	205
66. Электродвижущая сила .....	207
67. Закон Ома .....	210
68. Соединение проводников .....	212
69. Работа и мощность электрического тока .....	216
<i>Из истории развития представлений о постоянном электрическом токе .....</i>	<i>220</i>
<i>Самое важное в главе 11 .....</i>	<i>221</i>
<b>Глава 12. Электрический ток в различных средах</b>	
70. Элементы теории электропроводности металлов .....	222
71. Зависимость сопротивления от температуры. Сверхпроводимость .....	223
72. Термоэлектронная эмиссия. Электрический ток в вакууме .....	225
73. Электронные пучки. Электронно-лучевая трубка .....	227
74. Электропроводность электролитов .....	229
75. Электропроводность газов .....	232
76. Виды самостоятельного разряда в газах .....	234
77. Полупроводники. Собственная проводимость полупроводников .....	237
78. Примесная проводимость полупроводников .....	241
<i>Из истории развития электронных представлений .....</i>	<i>243</i>
<i>Самое важное в главе 12 .....</i>	<i>244</i>
<b>Лабораторные работы .....</b>	<b>246</b>
<b>Приложения .....</b>	<b>255</b>
<i>Приложение 1. Некоторые сведения о векторах .....</i>	<i>255</i>
<i>Приложение 2. Симметрия в природе, искусстве, физике и технике .....</i>	<i>257</i>
<b>Ответы к упражнениям .....</b>	<b>268</b>

## Лабораторные работы 10 класс

1. Измерение ускорения тела при прямолинейном равноускоренном движении
2. Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести
3. Опытная проверка закона Гей-Люссака
4. Измерение относительной влажности воздуха
5. Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока
6. Изучение последовательного и параллельного соединения проводников

## 1. Измерение ускорения тела при прямолинейном равноускоренном движении

*Работа начинается с тех пор, как начинают измерять.*  
Д. И. Менделеев

**Цель работы:** измерить ускорение тела, скатывающегося по наклонному желобу.

**Оборудование:** желоб лабораторный металлический длиной 1,4 м; шарик металлический диаметром 1,5—2 см; цилиндр металлический; метроном или секундомер; лента измерительная; кусок мела.

### *Указания к выполнению работы*

Движение шарика, скатывающегося по наклонному желобу, приблизительно можно считать равноускоренным. Если ось  $Ox$  направить по направлению движения, то векторы перемещения  $s$  и ускорения  $a$  будут сонаправлены. Так как начальная скорость шарика равна нулю, то уравнение движения можно записать в скалярной форме:  $s = \frac{at^2}{2}$ .

$$\text{Отсюда } a = \frac{2s}{t^2}.$$

Промежуток времени измеряется с помощью метронома или секундомера.

### *Порядок выполнения работы*

1. Соберите установку по рис. 1. Начальное положение шарика отметьте мелом.
2. Положите в желоб у его нижнего конца металлический цилиндр (для остановки шарика).

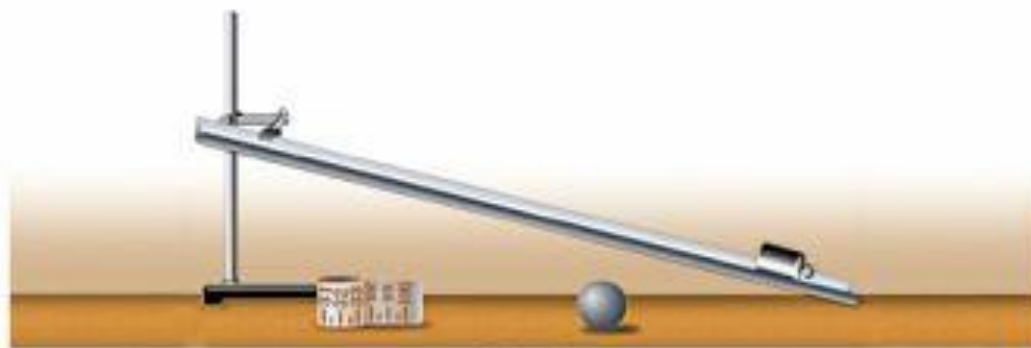


Рис. 1

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

---

*Как наша прожила б планета,  
Как люди жили бы на ней  
Без теплоты, магнита, света  
И электрических лучей?*

А. Мицкевич

Тепловые явления широко распространены в природе. Например, под действием солнечного излучения снег тает; вода испаряется с поверхности морей, рек и озер; капельки влаги в облаках превращаются в снежинки; зимой замерзает вода в водоемах; в недрах Земли бушует расплавленная магма; из магмы возникают кристаллические базальты, граниты, кварцы и другие горные породы.

Тепловые явления играют огромную роль в жизни людей, животных и растений. Достаточно сказать, что изменение температуры на Земле в разные времена года приводит к переменам в окружающей нас природе.

Тепловые процессы оказывают влияние на свойства тел: увеличивается или уменьшается их объем, изменяются механические свойства (при нагревании возрастает пластичность материалов, при охлаждении некоторые из них становятся хрупкими, например резина при температуре ниже  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Чтобы познать сущность тепловых явлений, учитывать и использовать их закономерности на производстве и в быту, необходимо изучить молекулярную физику и термодинамику.

Их основу составляют две теории: молекулярно-кинетическая теория (МКТ) и термодинамика. Молекулярно-кинетическая теория рассматривает тепловые явления как проявление беспорядочного движения атомов и молекул и объясняет их на основе представлений о строении вещества. Термодинамика, основываясь на законах, которые являются обобщением опытных фактов, описывает тепловые явления без учета представлений о структуре вещества.

В XIX в. существование атомов и молекул ставилось под сомнение, и молекулярно-кинетическая теория не находила понимания среди многих физиков. Поэтому термодинамика и молекулярно-кинетическая теория строго разграничивались. В XX в. были получены неопровержимые доказательства существования молекул, и молекулярно-кинетическая теория получила подтверждение многочисленными опытами. В настоящее время обе эти теории взаимно дополняют друг друга.



*Кто не понимает движенья,  
тот не понимает природы.*  
Аристотель.

Механика — раздел физики, в котором изучают закономерности механического движения тел и причины, вызывающие или изменяющие это движение.

Механические явления наиболее просты, наглядны и широко распространены. Понятия механики (перемещение, скорость, энергия и др.) применяются для описания многих физических явлений (тепловых, электрических, магнитных и др.). Поэтому *знание механики необходимо для изучения любого раздела физики*. Как писал известный российский ученый С. И. Вавилов: *«Вся физика построена на терминах и понятиях механики. Не зная эти понятия и изучать физику — это примерно то же самое, что попытаться читать, не зная азбуки»*.

Законы механики лежат в основе теории работы машин и механизмов, расчетов строительных конструкций. На них основан принцип реактивного движения, который используется в ракетной технике. Расчеты траекторий небесных тел, космических кораблей и баллистических ракет также основаны на законах механики. Академик А. Ф. Иоффе отмечал, что техника — это физика в ее практических приложениях.

## Кинематика

### \*§ 1. Механическое движение

*Покой нам только снится.*  
А. А. Блок

Раздел механики, в котором изучают, как движется тело, без выяснения причин, вызвавших это движение, называют кинематикой (от греч. *kinema* — движение).

Наиболее простым движением в природе является механическое движение тел. Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Примеров механического движения в окружающем нас мире много: идет пешеход, летит самолет, плывут облака по небу, едет машина по шоссе, набегают волны на берег и др.

О движении, происходящем в природе, итальянский ученый Джордано Бруно в поэтической форме говорил так:

*И легкой вещи свойственно движение,  
Близка она от нас или далека,  
И тяжела она или легка.*

Движение тела мы замечаем по изменению его положения относительно других тел. Но это движение может быть различным по отношению к разным телам. Пусть, например, в автобусе сидит пассажир и держит в руках арбуз. Автобус начал двигаться по шоссе. Относительно пассажира и автобуса положение арбуза не изменилось — он находится в покое, а относительно пешеходов, домов, дороги он начал двигаться вместе с пассажиром и автобусом. Значит, движение **я покой относительны**.

Для описания движения какого-либо тела необходимо условиться, относительно какого иного тела рассматривается положение данного тела.

Тело, относительно которого рассматривают положение других тел, называют телом отсчета.

Телами отсчета могут быть: фонарный столб, светофор, стол, дом, Земля, Солнце и др.

С телом отсчета связывают систему координат, с помощью которой определяют положение тела в пространстве. В прямоугольной декартовой системе координат (рис. 1.1) положение точки *A* определяется тремя координатами (*x*, *y*, *z*)

Если тело совершает несколько перемещений, то их можно складывать по правилам сложения векторов. Пусть тело переместилось из точки  $I$  в точку  $Z$  (рис. 1.4, а), а затем из точки  $Z$  в точку  $B$ . Чтобы определить результирующее перемещение  $\vec{R}_{IB}$ , надо найти векторную сумму перемещений  $\vec{R}_{IZ}$  и  $\vec{R}_{ZB}$ :

$$\vec{R}_{IB} = \vec{R}_{IZ} + \vec{R}_{ZB}. \quad (1.1)$$

Если тело движется в одном и том же направлении, то модуль перемещения равен пройденному пути. Если же направление движения тела меняется, то модуль вектора перемещения не равен пройденному пути. Например, поезд ходит движется так, выйдя из точки  $O$ , он пришел в точку  $A$ , а потом поехал в обратном направлении и остановился в точке  $B$  (рис. 1.4, б). Пройденный поездом путь  $l = 7$  м, а модуль  $s$  перемещения, т. е. длина вектора  $\vec{R}_{OB}$ , оказался равным 3 м ( $s = l - s_0$ ).

Рассмотрим движение материальной точки в плоскости относительно системы координат  $XOY$  (рис. 1.5). Пусть  $\vec{AB} = \vec{r}$  — вектор перемещения точки,  $x_0$  и  $y_0$  — ее начальные координаты,  $x$  и  $y$  — конечные. На рис. 1.5 видно, что

$$r_x = x - x_0$$

$$r_y = y - y_0$$

где  $r_x$  и  $r_y$  — проекции вектора перемещения  $\vec{r}$  на оси  $OX$  и  $OY$ . Отсюда

$$x = x_0 + r_x, \quad (1.2)$$

$$y = y_0 + r_y. \quad (1.3)$$

Следовательно, для нахождения координат материальной точки в любой момент времени надо знать ее начальные координаты  $x_0$  и  $y_0$  и проекции вектора перемещения  $\vec{r}$  на оси координат.

Уравнения (1.2) и (1.3) — это уравнения движения материальной точки. Зная уравнения движения, можно для любого момента времени определить положение точки на ее траектории.

#### Проверьте себя

1. Дайте определения траектории и пройденного расстояния траектории разных движений.
2. Что называют пройденным путем?

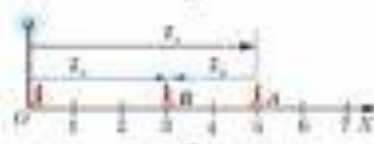
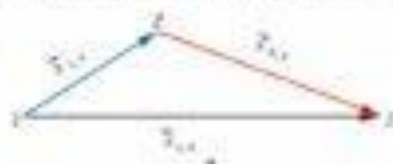


Рис. 1.4

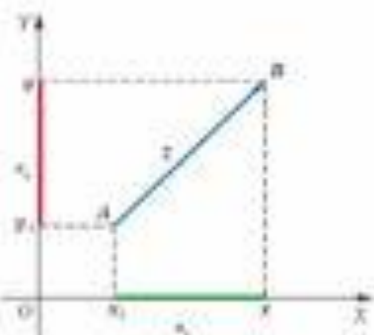


Рис. 1.5

1. Какую физическую величину называют перемещением?
4. Как найти результирующее перемещение тела?
3. Запишите уравнения движения тела.

#### УПРАЖНЕНИЕ 1

1. Мач движется от поверхности Земли вертикально вверх и достигает высоты 20 м, падает на землю. Определите путь, пройденный мачетой, и ее перемещение.
2. Футболист движется по окружности радиусом  $R = 15$  м. За некоторый промежуток времени он прошел расстояние, равное половине длины окружности. Чему равен путь и гармоничная фигураста?
3. Третья группа 8 км на север, а затем 6 км на запад. Какой перемещением по окружности и какой длиной путь?
4. В начальный момент времени материальной точки в точке с координатами  $x_0 = 0$  см,  $y_0 = 1$  см. Через некоторый промежуток времени она переместилась в точку с координатами  $x = 2$  см,  $y = 4$  см. Найдите вектор ее перемещения и найдите проекции этого вектора на координатные оси.

### § 3. Скорость равномерного прямолинейного движения

Скорости прямого и косвенного движения.  
А. В. Суворов

Простейший вид механического движения — равномерное прямолинейное движение.

Равномерным прямолинейным движением называют движение материальной точки, при котором она за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

Приближенно равномерным прямолинейным движением можно считать движение автомобиля с раскрытым парашютом вблизи поверхности Земли (в отсутствие ветра), движение аэроплана по горизонтальной.

Движения разных тел отличаются быстротой: улитка ползет медленно, самолет летит быстро. Для количественной характеристики быстроты движения вводится понятие скорости.

Скоростью равномерного прямолинейного движения называют физическую величину, равную отношению перемещения тела ко времени, за которое оно совершено:

$$v = \frac{r}{t}. \quad (1.4)$$

Скорость — вектор, направление которого при прямолинейном движении совпадает с направлением вектора перемещения. При равномерном прямолинейном движении скорость постоянна по модулю и направлению:  $v = \text{const}$ .

Векторному уравнению (1.4) соответствуют уравнения для модуля скорости и для проекции скорости на ось  $OX$ :

$$v = \frac{r}{t}, \quad v_x = \frac{r_x}{t}.$$

Формула  $v = \frac{x}{t}$  позволяет установить связь скорости<sup>1</sup>. Если  $x = 1$  м,  $t = 1$  с, то

$$[v] = \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Метр и секунда — размер скорости равномерно и прямолинейно движущейся точки, при которой она за время  $t$  с перемещается на расстояние  $1$  м.

Найдем уравнение, связывающее координату  $x$ , проекцию  $v_x$  скорости и время  $t$  для равномерного прямолинейного движения тела.

Так как  $x = x_0 + v_x t$ , и  $v_x = v_x t$ , то из этих выражений получим:

$$x = x_0 + v_x t. \quad (1.5)$$

Значения величин  $x$ ,  $v_x$  и  $t$ , могут быть как положительными, так и отрицательными в зависимости от направления вектора скорости тела относительно выбранной оси и положения тела начала отсчета по ней.

Уравнение (1.5) называют уравнением прямолинейного движения тела. Оно позволяет определить положение тела, движущегося равномерно и прямолинейно, в любой момент времени, т. е. решить основную задачу механики для этого случая.

Зависимость между координатой тела и временем его движения может быть выражена графически. Уравнение (1.5) показывает, что зависимость  $x$  от  $t$  линейна. График этой зависимости изображен на рис. 1.6.

На рис. 1.7 представлены графики зависимости от времени проекции скорости равномерно и прямолинейного движения тела для двух случаев:  $v_x > 0$  и  $v_x < 0$ .

График  $v_x(t)$  (рис. 1.8) позволяет найти проекцию  $x$ , перемещая точку. Площадь фигуры OABC под этим графиком численно равна произведению  $v_x t$ , т. е. проекции  $v_x$  перемещая, охватываемого телом:

$$v_x t = s_x$$



Рис. 1.6

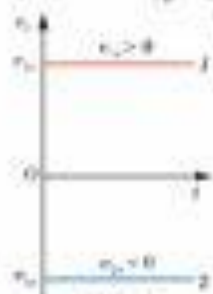


Рис. 1.7



Рис. 1.8

<sup>1</sup> Физические величины, для которых характерно единично, будем записывать в квадратных скобках.



Рис. 1.9

#### ЗАДАЧА

На трассе A и B расстояние между стартами  $l = 50$  м, равномерно в одном направлении начали двигаться велосипедист для велосипедиста: первый — со скоростью  $v_1 = 4$  м/с, второй — со скоростью  $v_2 = 2$  м/с. Через сколько времени и на каком расстоянии от точки A первый велосипедист догонит второго? Решите задачу аналитически и графически.

Решение. Сложим начало координат — точку O с точкой A и направим ось OX от A к B (рис. 1.9). Запишем уравнения равномерного прямолинейного движения велосипедистов в общем виде:

$$x_1 = v_1 t + v_{10} t,$$

$$x_2 = v_2 t + v_{20} t.$$

Поскольку  $v_{10} = 0$ ,  $v_{20} = l$ . Выразим проекции скорости велосипедистов на ось OX через время:

$$v_{1x} = v_1, \quad v_{2x} = v_2.$$

Тогда уравнения движения велосипедистов примут вид:

$$x_1 = v_1 t, \quad x_2 = l + v_2 t.$$

Первый велосипедист догонит второго в точке C, и их координаты станут равными:  $x_1 = x_2 = x_C$ . Следовательно,

$$v_1 t_C = l + v_2 t_C,$$

где  $t_C$  — время движения велосипедистов до встречи. Отсюда вытекает:

$$t_C = \frac{l}{v_1 - v_2}. \quad (1)$$

Координата места встречи велосипедистов:

$$x_C = \frac{v_1^2 l}{v_1 - v_2}. \quad (2)$$

Подстановка в уравнения (1) и (2) значений величин по условиям задачи, получим:

$$t_C = 40 \text{ с}; \quad x_C = 160 \text{ м}.$$

Графики зависимости координат  $x_1$  и  $x_2$  от времени являются прямыми 1 и 2 (рис. 1.10). Точка C пересечения графиков соответствует времени и месту встречи.

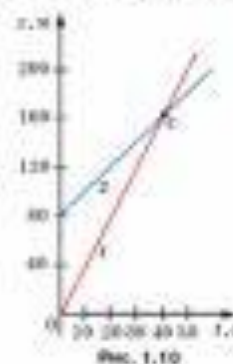


Рис. 1.10

## ЭТО ИНТЕРЕСНО!

Аристотель считал круговое движение самым простым. Он писал: «Круговое движение по-прежнему простейшее, поскольку оно проще и более однородно. Ведь бесконечно гомогенно по прямой линии движение».

## § 11. Центробежное ускорение

Если материальная точка движется равномерно по окружности, то ее вектор скорости, оставаясь неизменным по модулю, все время меняет свое направление (см. рис. 1.31). Поэтому такое движение происходит с ускорением. Определим модуль ускорения и его направление.

Пусть во время  $t$  тело (материальная точка), движется равномерно по окружности радиуса  $R$ , переместилось из точки  $A$  в точку  $B$  (рис. 1.32). Скорость тела в точке  $A$  равна  $\vec{v}_1$ , в точке  $B$  —  $\vec{v}_2$ . Так как скорости  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  равны по модулю, то модуль скорости обозначим через  $v$ . Воспользуемся тем, что изменение точки равно отношению изменения скорости  $\Delta v$  к промежутку времени  $t$ , за который произошло это изменение:

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{t}.$$

Из этой формулы следует, что вектор ускорения  $\vec{a}$  направлен так же, как и вектор  $\Delta v$ . Воспользуемся тем, что параллелен вектор  $\vec{v}_2$  параллельно самому себе так, чтобы начала векторов  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  совпали. Затем соединим их концы вектором  $\Delta v$ , направлением от конца вектора  $\vec{v}_1$  к концу вектора  $\vec{v}_2$ . В соответствии с правилом вычитания векторов  $\Delta v = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ .

Если угол между радиусами, проведенными в точки  $A$  и  $B$ , равен  $\varphi$ , то угол между векторами скоростей  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  также равен  $\varphi$ , поскольку эти векторы перпендикулярны радиусам  $OA$  и  $OB$ .

Будем уменьшать промежуток времени  $t$ , при этом точка  $B$  будет приближаться к точке  $A$ , и будет уменьшаться угол  $\varphi$  между радиусами  $OA$  и  $OB$ , следовательно, и между векторами  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . При этом вектор  $\Delta v$  поворачивается так, что приближается к радиусу, соединяющему центр окружности с точкой  $A$ , т. е. вектор  $\Delta v$  оказывается направленным к центру окружности. Значит, и вектор ускорения направлен к центру окружности. Поэтому «стремление к центру» ускорение называют **центростремительным** и обозначают  $\vec{a}_c$ .

Найдем модуль центростремительного ускорения. Треугольники  $AOB$  и треугольник, образованный векторами  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_2$  и  $\Delta v$ , подобны как равнобедренные с равными углами при вершинах (см. рис. 1.32). Поэтому, учитывая, что  $v_1 = v_2 = v$  и модуль  $\Delta v$  перемещен равен длине хорды  $AB$  ( $\Delta v = AB$ ), получим:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\varphi}{R}$$

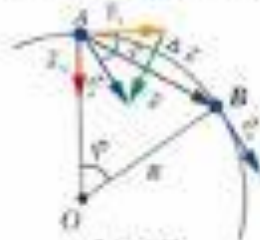


Рис. 1.32

откуда

$$\Delta v = \frac{v\varphi}{R}.$$

Для малых углов  $\varphi$  длина  $s$  хорды приближительно равна длине дуги  $\overset{\frown}{AB}$ .

Длина же дуги  $\overset{\frown}{AB}$  — это путь, пройденный точкой с постоянной по модулю скоростью  $v$ . Он равен  $v t$ . Следовательно,

$$s = vt.$$

Поэтому для  $\Delta v$  получим:

$$\Delta v = \frac{v \cdot vt}{R}, \text{ или } \frac{\Delta v}{t} = \frac{v^2}{R},$$

где  $\frac{\Delta v}{t}$  есть модуль ускорения. Таким образом, центростремительное ускорение равно

$$a_c = \frac{v^2}{R}. \quad (1.21)$$

Центростремительное ускорение равно отношению квадрата скорости материальной точки к радиусу окружности, по которой она движется.

Используя формулы  $v = \omega R$  и  $\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$ , для центростремительного ускорения получим:

$$a_c = \omega^2 R = \omega v = 4\pi^2 n^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R. \quad (1.22)$$

### Проверьте себе

1. Можно ли равномерно двигаться по окружности с такой же скоростью, но с ускорением?
2. Как направлен вектор центростремительного ускорения?
3. Чему равен модуль центростремительного ускорения?

### УПРАЖНЕНИЕ 10

1. С какой центростремительной ускорением движется по выпуклому мосту радиусом  $45$  м автомобиль, если его скорость равна  $64$  км/ч?
2. Определите центростремительное ускорение Земли при ее движении вокруг Солнца. Считайте орбиту Земли окружностью радиусом  $1,5 \cdot 10^8$  км.
3. С какой центростремительной ускорением и с какой скоростью движется искусственный спутник Земли, если высота его орбиты над поверхностью Земли  $1200$  км, а период обращения  $105$  мин? Считайте, что спутник движется по круглой орбите с постоянной скоростью.

### ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ КИНЕМАТИКИ

Понятие, которое рассматривается здесь, не есть механика, а только кинематика.

А. Лангер

Механика — одна из древнейших наук. Ее возможности росли в развитии цивилизации с практическими потребностями человеческого общества. Первые дошедшие до нас трактаты по механике появились в Древней Греции. Термин «механика» вошел в науку древнегреческий ученый Аристотель (374 г. до н. э.).

Механика как самостоятельная наука о движении тел родилась в эпоху Возрождения, когда развитие ремесел, торговли, мореплавания и военного дела потребовало углубления представлений о неравномерном и равноускоренном движении и установило новые законы, управляющие этими движениями.

В конце XV в. Леонардо да Винчи, итальянский художник, оружейник, архитектор, ученый и инженер, проводит первые опыты по исследованию падения тел. В своих научных трудах он пишет о том, что кривая должна строиться по опыту и на математическом расчете: «Мне кажется, что души и лодки заблуждаемы по мадам, которые не порождают опыта — опытом великой достоверности и не завершаются в малом опыте. Малый достоверности нет и мадам сна, где мадам кристально-ли одной из математических наук, и в том, что не имеет опыта с математикой».

Большое влияние на развитие механики оказал ученый о гелиоцентрической системе мира итальянского ученого Н. Коперника (XVI в.) и открытие немецким астрономом И. Кеплером законов движения планеты (начало XVII в.).

Основателем же механики считается итальянский ученый Галилео Галилей. Он впервые ввел понятие равномерного движения, скорости и ускорения при прямолинейном движении, сформулировал принцип относительности движения.

Галилей установил, что свободное падение тел является равноускоренным движением. Перед Галилеем возникла проблема: как проверить законы свободного падения тел, если оно движется так быстро и нет приборов для отсчета малых промежутков времени? Чтобы уменьшить скорость падения тел, Галилей придумал наклонную плоскость. В доску он сделал желоб, выставив для уменьшения трения шариком (рис. 1.34), и пустил по желобу отшлифованный шар. Пуская его с половины, четверти и т. д. длины наклонной плоскости, Галилей установил, что пройденные шаром по наклонной плоскости пути относятся как квадраты времени движения.

По преданию, Галилей наблюдал падение с колокольни Пизанской башни различных тел, которые достигали земли почти одновременно (рис. 1.35). Небольшую разницу во времени падения тел Галилей объяснил наличием сопротивления воздуха. Такое объяснение было тогда приемлемым только, поскольку во время Аристотеля утверждался предположение, что, двигаясь, тело испускает за собой пустоту, а «прорыва не терпит пустота». Воздух утраивается в пустоту и толкает тело, т. е. сопротивляется, что воздух не вытесняет, а, наоборот, ускоряет тело. Таким образом, Галилей впервые доказал, что Земля свободна от всяких тел, близких своей поверхности адямское ускорение.

В научных исследованиях Г. Галилей сделал два принципиально важных шага: обратился к фактическиму опыту и соединил фактику с математикой.

В XVII—XVIII вв. для развития техники мануфактурного производства потребовалось глубиннее изучить законы движения. В 1678 г. Х. Гюйгенс создал первый



Леонардо да Винчи  
(1452–1519)



Рис. 1.34



Рис. 1.35

теоретическим путем из окружности, имел понятие центростремительного ускорения и вывел формулу для его расчета.

Под влиянием открытия законной техники и необходимости исследований передовых движений в механике в первой половине XIX в. возникла потребность выдвинуть математический самостоятельный раздел. Наполеона в 1804 г. указом французский физик А. Анжер, который предложил и само название «механика».

В XIX—XX вв. в связи с развитием движения все более сложными объектами пришлось разрабатывать математика по различным самостоятельным частям. Таким образом, вехи по своей древней истории, математика, развиваются и совершенствуются.

#### САМОЕ ВАЖНОЕ В ГЛАВЕ 1

- Основная задача механики — законченное положение тела в пространстве в любой момент времени.
- Математическое движение — изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.
- Система отсчета — тело отсчета и связанные с ним система координат и часы.
- Перемещение — вектор, соединяющий начальную и конечную точки траектории тела.
- Уравнение равнопеременного движения:  $x = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}$ , где  $x$  — координата тела в произвольный момент времени  $t$ ,  $x_0$  — начальная координата,  $v_0$  — проекция скорости на ось OX.

- **Вектор скорости:**  $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$ , где  $\vec{v}$  — скорость тела относительно неподвижной системы координат,  $\vec{v}_x$  — скорость тела относительно подвижной системы координат,  $\vec{v}_y$  — скорость подвижной системы координат относительно неподвижной.

- **Средняя скорость** — физическая величина, равная отношению перемещения тела ко времени, в течение которого оно было совершено:

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

- **Мгновенная скорость** — скорость тела в данный момент времени или в данной точке траектории

$$v = \frac{dr}{dt}$$

- **Ускорение** — физическая величина, равная отношению изменения скорости тела ко времени, за которое оно произошло:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

или в проекции на ось OX:

$$a_x = \frac{v_{x2} - v_{x1}}{t}$$

- **Уравнение движения тела с постоянным ускорением:**

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$$

где  $x_0$  — координата тела в начальный момент времени,  $v_0$  и  $a_x$  — проекция начальной скорости и ускорения на ось OX.

- **Центросреднее ускорение** — ускорение движущейся по окружности тела, направлено к центру окружности:  $a_c = \frac{v^2}{R}$ .

## ГЛАВА 2

### Динамика

#### § 12. Первый закон Ньютона

Закон инерции является первым из законов и формул, физически не выводимых из других.  
А. Эвандри

Раздел механики, в котором изучают причины движения тел, называют динамикой (от греч. δύναμις — сила).

В основе динамики лежат три закона И. Ньютона, которые были сформулированы им в 1687 г. в труде «Математические начала натуральной философии».

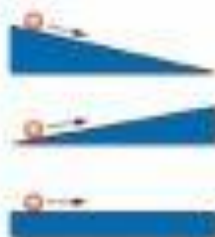


Рис. 2.1



Рис. 2.2

Первый закон динамики Ньютона (закон инерции) отвечает на вопрос, при каких условиях тело движется равномерно. Этот закон фактически был открыт еще Г. Галилеем.

Тело двух тысяч лет назад Аристотель сформулировал закон, согласно которому тело движется с постоянной скоростью, только если на него действует другое тело. Это утверждение основывалось на известном из повседневной жизни факте, как, например, необходимость непрерывно толкать тележку, катящуюся по ровной горизонтальной дороге, чтобы ее движение не замедлялось.

Сторона 18 века Галилей установил, что тело может двигаться и в отсутствие воздействия на него других тел. Подобное движение называют движением по инерции.

Галилей писал: «Для движения по наклонной плоскости тело наблюдается ускорение, а при движении вверх — замедление. Отсюда следует, что движущееся по горизонтали является равномерным, ибо, оно ничем не ослабляется, не замедляется и не ускоряется...»

Если тело перемещается по горизонтальной плоскости, не встречая никаких сопротивлений, то движение его равномерное и продолжалось бы бесконечно, если бы плоскость продолжалась и распространялась бы дальше». Схему движения шарика, соответствующая рассуждениям Галилея, приведены на рис. 2.1.

Ньютоном в своих законах динамики принят и развит закон Галилея. **Первый закон Ньютона** формулируется следующим образом:

Тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока внешне воздействия не выведут его из этого состояния.

Все тела в природе взаимодействуют в той или иной степени воздействием со стороны других тел. В наблюдаемых на практике случаях покоя или равномерного прямолинейного движения воздействия, оказываемые на тело, уравновешивают друг друга. Например, чайник, стоящий на столе, испытывает воздействие (притяжение) со стороны Земли, а также воздействие со стороны стола, причем оба эти воздействия компенсируют друг друга, в результате чего чайник относительно Земли покоится (рис. 2.2).

Если тело достаточно удалено от всех других тел, то оно не испытывает никаких воздействий. Такое тело называют свободным.



Исаак Ньютон  
(1643–1727)

Сила  $\vec{F}_1$  приложена к одному цилиндру, а сила  $\vec{F}_2$  — к другому. Направлены эти силы в противоположные стороны. Поэтому

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (2.6)$$

Это равенство выражает *третий закон Ньютона*:

Силы, с которыми действуют друг на друга тела, равны по модулю и противоположны по направлению.

Природа сил, с которыми взаимодействуют тела, одинакова. Так, в опыте с цилиндрами (см. рис. 2.10) — это сила упругости.

Из третьего закона Ньютона следует, что в природе одиночные силы не могут существовать, т. е. *силы всегда возникают и действуют парами; приложены они к разным телам, и потому складывать их нельзя, т. е. они не имеют равнодействующей*.

#### Проверьте себя

1. Сформулируйте третий закон Ньютона.
2. Приведите примеры, подтверждающие третий закон Ньютона.
3. Могут ли уравновесить друг друга силы, с которыми взаимодействуют два тела, ведь они равны по модулю и противоположно направлены?

## § 16. Закон всемирного тяготения

*Причину же свойства силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю.*

И. Ньютон

Наблюдения показывают, что на все тела со стороны Земли действует сила притяжения. Под действием этой силы поднятые тела, если их отпустить, падают на поверхность Земли с ускорением. Но тела притягиваются не только к Земле, но и друг к другу. Закон, которому подчиняется это притяжение, был установлен И. Ньютоном в 1687 г. и называется *законом всемирного тяготения*.

Сила, с которой две материальные точки притягиваются друг к другу, пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Математически закон записывается так:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (2.7)$$

где  $F$  — модуль силы,  $m_1$  и  $m_2$  — массы тел,  $r$  — расстояние между ними,  $G$  — коэффициент пропорциональности.

## ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ДИНАМИКИ

*Сделал, что мог,  
пусть другие сделают лучше.*

**И. Ньютон**

Научные основы динамики, а с ней и всей механики создавались в XVII в. Основоположник механики Г. Галилей открыл законы инерции и свободного падения тел, обосновал принцип относительности.

*«Мы создаем совершенно новую науку, предмет которой является чрезвычайно старым... В природе нет ничего древнее движения, но именно относительно него философами написано весьма мало значительного. Поэтому я многократно изучал на опыте его особенности, вполне этого заслуживающие, но до сего времени либо неизвестные, либо недоказанные».* — писал Г. Галилей в своем главном сочинении «Диалог о двух системах мира — Птолемеевой и Коперниковой».

Работам Галилея предшествовали труды польского ученого Н. Коперника (1473—1543), создавшего гелиоцентрическую картину мира. Позже немецкий ученый И. Кеплер (1571—1630) открыл законы движения планет. Эти законы помогли И. Ньютону установить закон всемирного тяготения, о чем он писал:



*«Если я видел дальше, чем другие, то лишь потому, что стоял на плечах гигантов».*

И. Ньютон в книге «Математические начала натуральной философии», вышедшей в 1687 г. и названной французским ученым Ж. Лагранжем «величайшим из произведений человеческого разума», впервые изложил основы классической механики в единой системе. Он сформулировал три закона динамики и закон всемирного тяготения, вывел ряд следствий из этих законов.

Начиная с этого времени развитие механики происходило настолько быстро и успешно, что к XIX в. ее стали признавать главной наукой о природе. На основе законов динамики были:

- созданы методы расчета технических конструкций;
- описаны движения звезд;
- объяснены некоторые тепловые явления.

Во второй половине XIX в. большинство ученых считали, что все законы природы сводятся к механическим законам и что любое явление природы имеет свои механические «пружинки». Цель физики и состоит в отыскании этих «пружин».

Однако в XX в. было выяснено, что законы Ньютона справедливы не всегда, например, они не выполняются при движении электронов внутри атомов. Для описания этого движения была создана так называемая квантовая механика.

В это же время опытным путем было установлено, что скорость света не зависит от выбора системы отсчета. Поэтому возникла необходимость уточнения динамики Ньютона. Это сделал в 1905 г. А. Эйнштейн, создав специальную теорию относительности (СТО).

С момента выхода в свет «Математических начал...» Ньютона прошло более 300 лет. Благодаря труду многих ученых XIX и XX вв. были открыты новые законы природы, созданы новые теории (электродинамика, общая и специальная теория относительности и др.). Картина мира наполнилась более богатым и глубоким содержанием. Тем не менее А. Эйнштейн подчеркивал: *«Пусть никто не думает, что великое создание Ньютона может быть disproвергнуто теорией относительности или какой-нибудь другой теорией. Ясные и широкие идеи Ньютона навечно сохраняют свое значение фундамента, на котором построены наши современные физические представления».*

Сам же Ньютон так оценивал свой вклад в развитие науки: *«Не знаю, кем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу, развлекающимся тем, что от лоры до времени отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красивую раковину, в то время как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным».*

Научный вклад Ньютона высоко оценен и современниками, и потомками. Надпись на его могильной плите гласит: *«Здесь покоится сэр Исаак Ньютон,*

двордник, прилежный, мудрый и верный истолкователь природы, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливное океанное... Пусть смертные радуются, что существовало такое украшение рода человеческого».

## САМОЕ ВАЖНОЕ В ГЛАВЕ 2

- **Инерциальные системы отсчета (ИСО)** — системы отсчета, в которых тело, свободное от внешних воздействий, покоится или движется равномерно и прямолинейно.
- **Первый закон Ньютона.** Тело (материальная точка) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока внешние воздействия не выведут его из этого состояния.
- **Второй закон Ньютона.** В инерциальной системе отсчета ускорение тела пропорционально равнодействующей силе (векторной сумме всех действующих сил) и обратно пропорционально массе тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

- **Третий закон Ньютона.** Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

- **Принцип относительности Галилея.** Во всех инерциальных системах отсчета механические явления протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- **Закон Гука.** Модуль силы упругости пропорционален удлинению пружины:

$$F_{\text{уп}} = kx.$$

- **Закон всемирного тяготения.** Сила притяжения двух материальных точек пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

- **Модуль силы трения скольжения** пропорционален модулю силы реакции опоры:

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
<b>ЧАСТЬ 1. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (продолжение)</b>	
<b>Глава 1. Магнитное поле</b>	
*§ 1. Постоянные магниты .....	4
*§ 2. Взаимодействие токов .....	7
§ 3. Сила Ампера. Магнитная индукция .....	9
§ 4. Сила Лоренца .....	12
§ 5. Магнитные свойства вещества .....	15
Из истории учения о магнитных явлениях .....	17
Самое важное в главе 1 .....	18
<b>Глава 2. Электромагнитная индукция</b>	
§ 6. Опыты Фарадея .....	19
§ 7. Магнитный поток .....	22
§ 8. Правило Ленца .....	23
§ 9. Закон электромагнитной индукции .....	25
§ 10. Индуцированное электрическое поле .....	27
§ 11. Самоиндукция. Индуктивность .....	28
§ 12. Энергия магнитного поля .....	31
Из истории открытия закона электромагнитной индукции .....	32
Самое важное в главе 2 .....	33
<b>Глава 3. Механические и электромагнитные колебания</b>	
§ 13. Механические колебания .....	34
§ 14. График колебательного движения. Фаза колебаний .....	37
§ 15. Пружинный маятник .....	39
§ 16. Математический маятник .....	42
§ 17. Энергия гармонических колебаний .....	44
§ 18. Вынужденные колебания .....	46
§ 19. Свободные электромагнитные колебания .....	49
§ 20. Формула Томсона .....	52
§ 21. Вынужденные электромагнитные колебания .....	55
§ 22. Генератор переменного тока .....	57

# 11 класс

§ 23. Мощность переменного тока .....	59
§ 24. Трансформатор .....	61
§ 25. Передача электрической энергии .....	63
«Героический период» электротехники .....	65
Самое важное в главе 3 .....	66
<b>Глава 4. Механические и электромагнитные волны</b>	
*§ 26. Механические волны .....	68
§ 27. Интерференция и дифракция волн .....	73
§ 28. Звук .....	75
§ 29. Высота, громкость и тембр звука .....	78
*§ 30. Колебания, волны, звук и здоровье человека .....	82
§ 31. Электромагнитные волны .....	83
§ 32. Экспериментальное исследование электромагнитных волн .....	87
§ 33. Понятие о радиосвязи .....	90
§ 34. Применение радиоволн .....	92
*§ 35. Биологическое действие электромагнитных волн .....	95
Из истории развития средств связи .....	96
Самое важное в главе 4 .....	99
<b>Глава 5. Оптика</b>	
§ 36. Развитие представлений о природе света .....	100
§ 37. Скорость света .....	101
*§ 38. Основные законы геометрической оптики .....	103
*§ 39. Линзы .....	109
§ 40. Дисперсия света .....	114
§ 41. Спектральные приборы. Виды спектров .....	117
§ 42. Интерференция света .....	119
§ 43. Дифракция света .....	122
§ 44. Поляризация света .....	125
§ 45. Инфракрасное, ультрафиолетовое и рентгеновское излучения ....	128
§ 46. Шкала электромагнитных излучений .....	131
*§ 47. Электродинамическая картина мира .....	132
Самое важное в главе 5 .....	133
<b>ЧАСТЬ 2. ФИЗИКА XX ВЕКА</b>	
<b>Глава 6. Элементы специальной теории относительности</b>	
§ 48. Постулаты специальной теории относительности .....	135
§ 49. Относительность длины и промежутков времени. Преобразование скоростей .....	137

# 11 класс

§ 50. Закон взаимосвязи массы и энергии .....	139
§ 51. Релятивистская и ньютоновская механика .....	140
Из истории создания специальной теории относительности .....	142
Самое важное в главе 6 .....	144
<b>Глава 7. Фотоны</b>	
§ 52. Фотоэлектрический эффект .....	144
§ 53. Теория фотоэффекта .....	147
**§ 54. Опыты Вавилова .....	150
§ 55. Фотон и его характеристики. Двойственность свойства света .....	151
§ 56. Давление света .....	153
§ 57. Понятие о химическом действии света .....	154
Самое важное в главе 7 .....	155
<b>Глава 8. Атом</b>	
§ 58. Планетарная модель атома .....	156
§ 59. Квантовые постулаты Бора .....	159
§ 60. Понятие о люминесценции .....	161
§ 61. Лазер .....	163
**§ 62. Волновые свойства частиц вещества .....	167
**§ 63. Понятие о квантовой механике .....	169
Из истории создания квантовой механики .....	171
Самое важное в главе 8 .....	172
<b>Глава 9. Атомное ядро и элементарные частицы</b>	
§ 64. Строение атомного ядра .....	173
§ 65. Ядерные силы. Энергия связи атомных ядер .....	175
§ 66. Радиоактивность .....	178
§ 67. Ядерные реакции .....	182
§ 68. Эксперименты в ядерной физике .....	184
§ 69. Деление ядер урана .....	186
§ 70. Термоядерные реакции .....	189
**§ 71. Биологическое действие радиоактивных излучений .....	190
§ 72. Понятие об элементарных частицах .....	194
§ 73. Античастицы .....	196
§ 74. Фундаментальные взаимодействия и истинно элементарные частицы .....	198
Из истории открытия элементарных частиц .....	201
Самое важное в главе 9 .....	202

# 11 класс

## ЧАСТЬ 3. ВСЕЛЕННАЯ

### Глава 10. Строение Вселенной

§ 75. Солнечная система .....	204
§ 76. Солнце .....	207
§ 77. Звезды .....	212
§ 78. Внутреннее строение Солнца и звезд .....	216
§ 79. Наша Галактика .....	222
§ 80. Эволюция звезд: рождение, жизнь и смерть .....	227
§ 81. Звездные системы (галактики) .....	229
§ 82. Современные взгляды на строение Вселенной .....	235
**§ 83. Пространственные масштабы Вселенной и применимость физических законов .....	239
**§ 84. Наблюдение и описание движения небесных тел .....	242
**§ 85. Компьютерное моделирование движения небесных тел .....	243
<i>Самое важное в главе 10</i> .....	245
Заключение .....	246
ПРИЛОЖЕНИЕ. Оптика и изобразительное искусство .....	248
Ответы к упражнениям .....	258

ГЛАВА 1

Магнитное поле

§ 1. Постоянные магниты

*Магниты не могут функционировать как АУ по сути.*  
Дж. Тенсон

Первые упоминания о магнитных явлениях встречаются в древнекитайских китайских текстах и имеют более чем двухтысячелетнюю давность.

В Древней Греции и Риме о магнитных явлениях писали Фалес Эфесский, Платон, Луcretий Кар. Им было известно, что некоторые минералы, обнаруженные в районе древнего города Магнезия, расположенного в Малой Азии, обладают способностью притягиваться друг к другу, а также притягивать и удерживать небольшие кусочки железа (рис. 1.1). Эти минералы стали называть магнитами.

Последующие исследования их магнитные свойства в разных точках поверхности магнита. Подвесив стальной шарик к динамометру. Прикоснувшись шариком к магниту, а затем палочку оторвать его от магнита (рис. 1.2). По расхождению пружины можно судить о силе притяжения магнита. Опыт показывает, что у середины магнита сила притяжения, действующая на шар, наименьшая, у концов — наибольшая.

То же самое можно обнаружить с помощью железных опилок. Погрузив магнит в железные опилки и затем поддев его, мы увидим, что опилки «притягиваются» к краю густой «бороды» к концам магнита и не притягиваются к его середине (рис. 1.3). Эти участки, на которых магнитное действие проявляется сильнее всего, называют полюсами. Обычно у магнита два полюса, один из которых называют северным (N), а другой — южным (S).

Опыт показывает, что магниты притягиваются равноименными полюсами и отталкиваются разноименными.

Наблюдения магнитных линий проводили с помощью компаса, выравненного северную стрелку в одну из полюсов географических открытий. Основной частью этого прибора является магнитная стрелка. Концы стрелки называют, условно, на географической север, называют северным (N) полюсом стрелки, а противоположный — южным (S).

Если железной магнит разрезать на две части, то каждый из них сам становится магнитом, имеющим северный и южный полюсы (рис. 1.4). При



Рис. 1.1



Рис. 1.2



Рис. 1.3



Рис. 1.4

дальнейшем разрезании магнита получаются новые магниты, полюсы которых будут ориентированы так же, как и у первоначального магнита.

Северный и южный полюсы магнита не могут существовать отдельно друг от друга.

Кусок железа или стали, находящийся рядом с магнитом, намагничивается, т. е. приобретает способность притягивать к себе железные предметы (намагничивание). Так, гвоздь, поднесенный к магниту, намагничивается и притягивает железные опилки. После удаления магнита «бороды» у гвоздя редко, но полностью не отпадают. Это говорит о том, что намагничивание гвоздя теряет значительную часть своей магнитных свойств, но все же остается намагниченным. Он приобретает, таким образом, в некоторой степени магнит, более слабый, чем тот, с помощью которого происходило намагничивание (рис. 1.5).




Рис. 1.5

Подобно тому как электростатическое взаимодействие между зарядами осуществляется посредством электрического поля, магнитное взаимодействие между намагниченными телами происходит посредством магнитного поля. Картины магнитного поля можно наблюдать на опилки. Если насыпать железной опилок листом бумаги и, насыпав на лист железные опилки, осторожно его встряхнуть, то опилки расположатся вдоль конических линий, как показано на рис. 1.6, а.

Вместо опилок можно использовать магнитные стрелки (рис. 1.6, б).

Линии, образованные железными опилками или магнитными стрелками в магнитном поле, называются линиями магнитного поля.

## Лабораторные работы 11 класс

1. Изучение явления электромагнитной индукции
  2. Измерение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника
  3. Определение показателя преломления стекла
  4. Наблюдение сплошного и линейчатого спектров
  5. Наблюдение интерференции и дифракции света
  6. Определение длины световой волны
  7. Изучение треков заряженных частиц
- 



## 1. Изучение явления электромагнитной индукции

*Наблюдать, изучать, работать.*  
М. Фарадей

**Цель работы:** убедиться в выполнении закона электромагнитной индукции, установить, от каких факторов зависит сила тока в катушке.

**Оборудование:** миллиамперметр, дугообразный и полосовой магниты, катушка-моток, соединительные провода.

### *Порядок выполнения работы*

1. Соберите электрическую цепь, соединив клеммы миллиамперметра и катушки-мотка (рис. 1).

2. Введите магнит в катушку северным полюсом, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра. Изменяйте скорость движения магнита. Зарисуйте схему этого опыта, указав направление тока в цепи. Выясните по правилу буравчика, как направлен вектор магнитной индукции поля, создаваемого током в катушке.



Рис. 1

3. Повторите опыт, выдвигая магнит из катушки. При проведении этого и последующих опытов (опыты 2—8) продолжите зарисовывать схемы опытов и определять направление тока в цепи и вектора магнитной индукции поля катушки с током.

4. Проведите аналогичные опыты

в следующих случаях: а) повернув магнит другим полюсом к катушке (опыты 3 и 4); б) двигая катушку относительно магнита (опыты 5 и 6); в) перемещая два магнита одноименными полюсами относительно катушки (опыты 7 и 8).

5. Сделайте выводы.

### 3. Определение показателя преломления стекла

Один опыт я ставлю выше, чем тысячу мнений,  
рожденных только воображением.

М. Ломоносов

Цель работы: вычислить показатель преломления стекла.

Оборудование: стеклянная пластинка, имеющая форму трапеции, 4 булавки, лист бумаги (в клетку), лист картона, линейка, карандаш.

#### Порядок выполнения работы

1. Положите на лист бумаги с подложенным под него картоном стеклянную пластинку и обведите ее контуры.

2. Наколите с одной стороны стекла две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна грани пластинки.

3. Наколите с другой стороны пластинки еще две булавки так, чтобы, глядя вдоль них сквозь стекло, видеть все булавки расположенными на одной прямой.

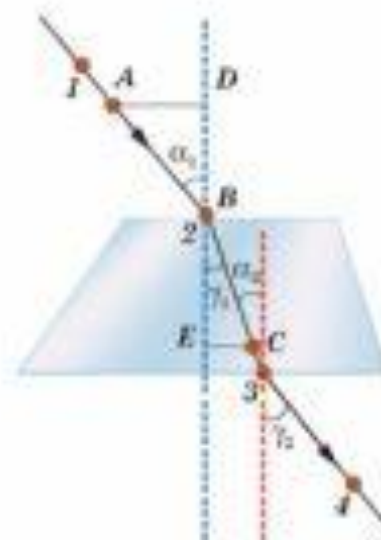


Рис. 2

4. Снимите булавки, обведите пластинку карандашом, отметьте места, наколов точками 1, 2, 3, 4, и проведите через них линии до пересечения с границами стекла (рис. 2). Соединив точки 2 и 3, получим направление луча света. Проведите через точки 2 и 3 перпендикуляры к преломляющим поверхностям.

5. Отложите из точки B (см. рис. 2) отрезки  $AB = BC$  и постройте прямоугольные треугольнички  $ADB$  и  $BEC$ . Так как  $\sin \alpha_1 = \frac{AD}{AB}$ ,  $\sin \gamma_1 = \frac{CE}{CB}$  и  $AB = CB$ , то показатель преломления можно найти по формуле

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{AD}{CE}$$

6. Измерьте  $AD$  и  $CE$  и запишите их значения в таблицу.

№ опыта	$AD$	$CE$	$n$
---------	------	------	-----

7. Вычислите значение  $n$  и сделайте вывод.

# Механические и электромагнитные волны

## \* § 26. Механические волны

*И в серых лужах расходились  
Под каплями дождя круги.*

А. А. Блок

Мы ознакомились в главе 3 с колебаниями отдельных тел (точек). Теперь выясним, как влияет колеблющееся тело на среду, в которой оно находится. Проведем опыт. Будем периодически погружать в сосуд с водой конец стержня и вынимать его из воды. При этом от конца стержня по поверхности воды разбегаются круги — возникают волны.

Колебания, распространяющиеся в пространстве с течением времени, называют волной.

Тела, которые, воздействуя на среду, вызывают в ней волны, называют источниками волн.

Волновое движение часто встречается в природе, например: *волны на поверхности воды*, распространяющиеся от падающих в нее предметов, капель дождя, *морские волны* (см. репродукцию картины И. К. Айвазовского



Рис. 4.1

«Девятый вал», рис. 4.1); *сейсмические волны*, которые образуются в земной коре в результате землетрясения, *звуковые волны*, *электромагнитные волны*. И хотя природа их различна, все волны подчиняются одним и тем же закономерностям.

Мы будем изучать *другие волны*, т. е. волны, возникающие в упругой среде.

Если тело начнет совершать колебания в упругой среде, то вблизи этого тела среда деформируется, и в ней возникают силы упругости, препятствующие деформации. Эти силы вызовут вынужденные колебания прилетающих к телу частиц, те, в свою очередь, будут возбуждать колебания следующих за ними частиц. Постепенно все более отдаленные от тела частицы станут вовлекаться в колебательное движение.

Познакомимся со свойствами упругих волн на опытах. Приведем длинный резиновый шнур одним концом к крюку в стене. Держа шнур за свободный конец, натянем шнур и ударим по нему рукой. Увидим, что образовавшийся изгиб (рис. 4.2) перемещается по шнуру. Чем дальше участки шнура расположены от источника колебаний, тем позднее они приходят в колебательное движение.

Повесим на шнур ленточку и будем наблюдать за ней. Ударим по шнуру несколько раз. При этом по нему побегут волны. Ленточка будет совершать колебания в направлении вверх-вниз. Таким образом, при распространении волн элементы шнура не перемещаются вместе с ними, т. е. вещество, из которого сделан шнур, не переносится. «*Подобным же образом ведут себя волны, создаваемые ветром на некошеном поле: волны бегут по полю, а стебли злака остаются на месте*», — писал Леонардо да Винчи.

В колебательное движение приходят различные участки среды, и для возбуждения их колебаний необходима энергия, следовательно, волна переносит энергию. К примеру, сейсмические волны, обладающие большой энергией, разрушают дома и строительные конструкции на больших расстояниях от эпицентра землетрясения. Итак, основное свойство упругих волн состоит в том, что волна переносит энергию и не переносит вещество.

В зависимости от того, как ориентированы колебания частиц среды относительно направления распространения волны, различают два вида волн: *поперечные* и *продольные*.

Волна называется поперечной, если частицы среды колеблются в направлениях, перпендикулярных направлению распространения волны.

Например, вдоль натянутого шнура, один конец которого закреплен, а другой приведен в колебательное движение (см. рис. 4.2), распространяется поперечная волна. При этом каждый участок шнура колеблется относительно своего положения равновесия в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.



Рис. 4.2

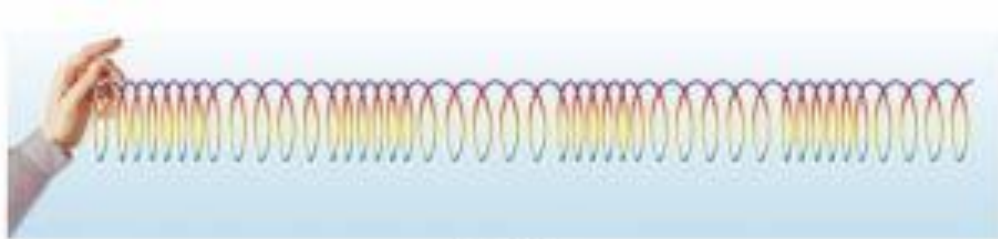


Рис. 4.3

Волна называется продольной, если колебания частиц среды происходят вдоль направления распространения волны.

Например, продольная волна (волна «сжатия») возникает в длинной спиральной пружине, если ее один конец подвергается периодическому внешнему воздействию (рис. 4.3). Продольная волна представляет собой распространяющиеся вдоль пружины последовательные сжатия и растяжения ее витков, периодически сменяющие друг друга.

Продольные волны могут возникать в твердых, жидких и газообразных средах, поскольку эти среды сопротивляются изменению их объема, т. е. в них при сжатии-растяжении возникают силы упругости, действие которых приводит к распространению волн.

Поперечные волны могут распространяться только в твердых средах, поскольку именно они сопротивляются изменению не только объема, но и главным образом своей формы. В жидкостях и газах, не обладающих определенной формой, возникновение поперечных волн невозможно.

Механизм образования в среде поперечных волн рассмотрим на модели, у которой частицы вещества представлены шариками, соединенными пружинами (рис. 4.4).

• В начальный момент времени ( $t = 0$ ) частица 1 приобретает скорость и начинает двигаться вверх (рис. 4.4, а). Через некоторое время в движение вовлекается частица 2.

• Спустя четверть периода ( $t = \frac{T}{4}$ ) частица 1 останавливается, частица 2 продолжает движение вверх (рис. 4.4, б). Начинает движение частица 3.

• Спустя еще четверть периода ( $t = \frac{T}{2}$ ) частица 1 будет проходить положение равновесия (рис. 4.4, в), двигалась вниз, частица 3 займет самое верхнее положение, частица 4 продолжит движение вверх, придет в движение частица 5.

• К моменту времени  $t = \frac{3}{4}T$  частица 1 займет самое нижнее положение, следующие за ней частицы расположатся так, как показано на рис. 4.4, г. В колебание вовлекается частица 7.

• К концу периода ( $t = T$ ) частица 1 закончит полный цикл колебаний и будет находиться в таком же положении, как в начальный момент (рис. 4.4, *д*). Начинает движение частица 9.

• К моменту времени

$$t = \frac{5}{4}T$$

в колебание вовлекается частица 11 (рис. 4.4, *е*) и т. д.

Из рис. 4.4, *е* видно, что в одинаковой фазе колеблются частицы 1 и 9, 2 и 10, 3 и 11.

Расстояние между двумя ближайшими точками среды, колеблющимися в одинаковой фазе, называют длиной волны.

Длину волны обозначают греческой буквой  $\lambda$  (лямбда) (рис. 4.5).

Из рис. 4.4, *д*, *е* видно, что длина волны равна расстоянию, на которое волна распространяется за время, равное периоду колебаний:

$$\lambda = vT.$$

Используя понятие длины волны, выразим скорость распространения волны:

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (4.1)$$

Найдем связь между скоростью волны и частотой колебаний частиц среды. Поскольку  $T = \frac{1}{\nu}$ , то

$$v = \lambda\nu. \quad (4.2)$$

Скорость волны равна произведению частоты колебаний на длину волны.

Скорость волны зависит от свойств среды, в которой распространяется

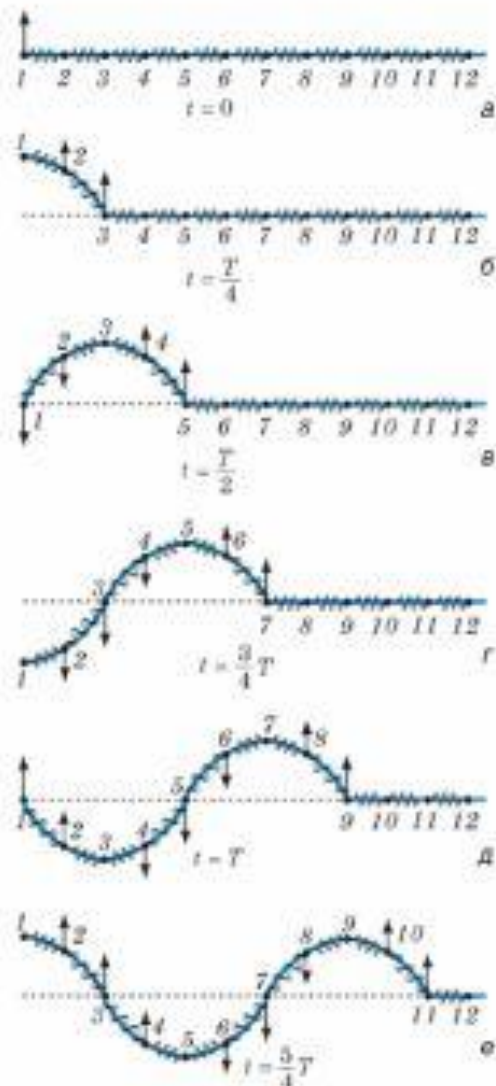


Рис. 4.4



Рис. 4.5

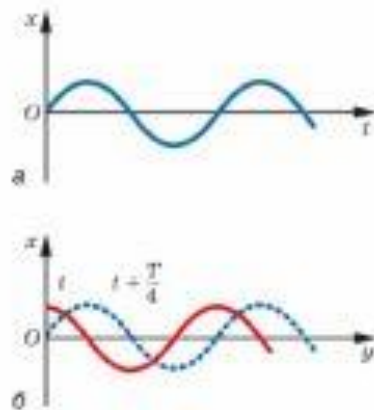


Рис. 4.6

свойство используется, например, для определения местоположения очага землетрясения. Первыми сейсмической станции достигают продольные волны, а затем поперечные. Зная скорости продольных и поперечных волн в земной коре и определив время запаздывания поперечной волны, можно найти расстояние до очага землетрясения.

Для волнового движения характерны периодичность во времени и периодичность в пространстве. Действительно, каждая частица совершает периодические колебания во времени (рис. 4.6, а), а в пространстве колебания разных частиц тоже периодичны и отличаются только фазами. Так что все частицы располагаются по линии, форма которой периодически повторяется в пространстве. Для вполне определенного момента времени она имеет вид, изображенный на рис. 4.6, б, на котором  $x$  — смещение частицы от положения равновесия,  $y$  — направление распространения волны (это «моментальный снимок» волны). Спустя четверть периода волна будет иметь вид, изображенный на этом же графике пунктирной линией.

волна. Это можно показать на таком опыте. Если увеличить натяжение резинового шнура и снова возбудить отдельные волны, то они побегут вдоль шнура быстрее, т. е. скорость распространения волны тем больше, чем сильнее натянута шнур.

При возникновении волн частота колебаний частиц среды равна частоте колебаний источника волн, а скорость зависит от свойств среды, в которой они распространяются. Поэтому волны, колебания частиц которых происходят с одной и той же частотой, имеют различную длину волны в разных средах.

В твердых телах скорость продольных волн больше скорости поперечных волн. Это

### Проверьте себя

1. Что такое волна? Приведите примеры волн.
2. В чем состоит основное свойство упругих волн?
3. Какие волны называют поперечными? продольными?
4. В каких средах могут возникать поперечные волны? продольные?
5. Какую величину называют длиной волны?
6. Как связаны между собой длина волны, скорость ее распространения и период колебаний частиц в волне?
7. Как связаны между собой длина волны, скорость ее распространения и частота колебаний частиц в волне?
8. Какие периодичности характерны для волн?

## УПРАЖНЕНИЕ 12

1. Вдоль натянутого шнура распространяется поперечная волна. Найдите скорость волны, если частота колебаний частиц в волне 2 Гц, а длина волны 1,5 м.

2. Волна распространяется в упругой среде со скоростью 1200 м/с. Определите частоту колебаний точек среды, если минимальное расстояние между точками, колеблющимися в противофазе, равно 3 м.

## § 27. Интерференция и дифракция волн

Любому волновому движению присущи два явления — интерференция<sup>1</sup> и дифракция<sup>2</sup>. Ознакомимся с этими явлениями, наблюдая волны, возникающие на поверхности воды в волновой ванне.

Если мы бросим в воду два маленьких шарика, то от каждого из них по воде побегут волны, которые встречаются и распространяются дальше, не меняя своей формы, независимо друг от друга.

Будем возбуждать волны одновременно с помощью двух шариков, укрепленных на стержне, который совершает гармонические колебания (рис. 4.7). Такие источники волн являются согласованными, или когерентными<sup>3</sup> (у них одинаковая частота и постоянная во времени разность фаз). На поверхности воды виден ряд круговых волн, которые накладываются друг на друга, образуя устойчивую картину волн. На водной поверхности выделяются полосы, вдоль которых поверхность воды практически не возмущается (рис. 4.8).

Положение волн, при котором амплитуда колебаний одних точек среды увеличивается, а других точек уменьшается, называется интерференцией.

Какова причина наблюдаемого явления? Любая из точек на поверхности воды одновременно участвует в двух колебаниях, вызванных каждой волной. Выясним, от чего зависит амплитуда результирующего колебания.

На рис. 4.9 показаны две волны с равными амплитудами, распространяющиеся от когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$ , находящихся от некоторой точки  $M$  на расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  соответственно. Амплитуда результирующего колебания в точке  $M$  зависит от разности расстояний  $l_2 - l_1 = \Delta l$ , которую называют разностью хода.

Если в точку  $M$  гребень одной волны приходит в то же время, что и впадина другой волны (т. е. фазы



Рис. 4.7

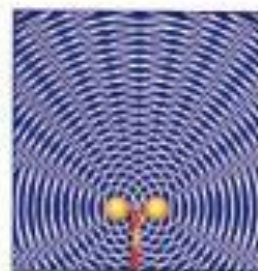


Рис. 4.8

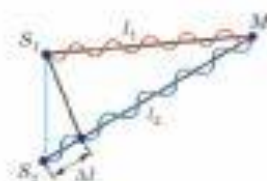


Рис. 4.9

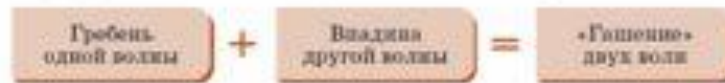
<sup>1</sup> От лат. *inter* — между, *ferens* — несущий, переносящий.

<sup>2</sup> От лат. *diffractus* — разломанный.

<sup>3</sup> От лат. *cohaerens* — находящийся в связи.



волн противоположны), то колебания взаимно ослабляются, частицы воды не будут колебаться и поверхность воды останется спокойной. Эта ситуация называется интерференционным минимумом, и ее можно представить в виде схемы:



На поверхности воды вдоль неподвижных дорожек колебания частиц воды отсутствуют. При интерференционном минимуме на отрезке, длина которого равна разности хода, должно укладываться нечетное число полуволн:

$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (4.3)$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots$

В тех точках, в которых в один и тот же момент времени сходятся два гребня (или две впадины), амплитуда колебаний частиц воды удваивается. Этот случай соответствует интерференционному максимуму, схема при этом имеет такой вид:



В случае интерференционного максимума на отрезке, длина которого равна разности хода, укладывается целое число волн или четное число полуволн:

$$\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}, \quad (4.4)$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots$

Амплитуда результирующего колебания различных точек на поверхности воды имеет значения от нуля до удвоенной амплитуды и с течением времени в данной точке не меняется. Расположение максимумов и минимумов интерференции на поверхности воды также не изменяется, т. е. интерференционная картина устойчива.

Теперь рассмотрим, что представляет собой явление дифракции.

Дифракцией называется явление огибания волнами препятствий.

Будем наблюдать за волнами, которые возбуждает колеблющаяся длинная пластинка, помещенная в волновую ванну (рис. 4.10, а). Мы увидим чередующиеся гребни и впадины волн, которые распространяются параллельно колеблющейся пластинке. Расстояние между соседними гребнями (или впадинами) равно длине волны  $\lambda$ .

Поместим на пути волн две плоские пластинки так, чтобы между их концами образовалась щель (см. рис. 4.10, а). Мы увидим, что волны проходят сквозь щель почти без изменений, лишь за краями щели они немного искривляются.



Рис. 4.10

Уменьшив ширину щели, мы увидим, что волны формируют широкий центральный максимум, по бокам которого также находятся слабые максимумы, а между ними расположены полосы невозмущенной поверхности воды — минимумы (рис. 4.10, б).

Если еще уменьшить ширину щели, то в пространстве за щелью образуются круговые волны (рис. 4.10, в). В этом случае щель по существу играет роль точечного источника волн.

В случае, представленном на рис. 4.10, б и в, волны проникали за щель, т. е. в место, где их не должно быть. Если мы сравним ширину щели с длиной волны, то увидим, что в этих случаях длина волны приблизительно равна ширине щели ( $\lambda = d$ ).

Таким образом, результат прохождения волн сквозь щель зависит от ширины щели. Дифракция проявляется наиболее заметно, когда размеры щели сравнимы с длиной волны.

### Проверьте себя

1. Что называют интерференцией?
2. При каком условии возникает интерференционный максимум? интерференционный минимум?
3. Что называется дифракцией?
4. При каких условиях дифракция проявляется наиболее отчетливо?

## \*§ 38. Основные законы геометрической оптики

*Молось оконному лучу:  
Он бледен, тонок, прям.*  
А. А. Ахматова

С давних времен известны основные законы геометрической оптики<sup>1</sup>.

- Закон прямолинейного распространения света,
- Закон отражения света,
- Закон преломления света.

Распространение света в прозрачных средах рассматривается на основе представлений о свете как о совокупности световых лучей.

Световой луч — это линия, указывающая направление, вдоль которого распространяется световая энергия.

Для определения направления световых лучей удобно использовать экран с маленькими отверстиями. Если задымить воздух, окружающий экран, то мы увидим тонкие световые пучки. Оси этих световых пучков можно считать световыми лучами: на рис. 5.3  $S$  — источник света,  $ASB$  — световой пучок,  $SO$  — луч (ось пучка).

Луч — это геометрическое понятие. В действительности в природе существуют световые пучки.

Закон прямолинейного распространения света.

В однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно.

Об этом свидетельствуют такие опыты. Если непрозрачный предмет  $П$  осветить источником света  $S$  малого размера, то на экране  $Э$  появится тень с четкими границами (рис. 5.4). Если бы свет распространялся не прямолинейно, то он мог бы обогнуть препятствие и тень не появилась бы. Теперь осветим предмет  $П$  источником света больших размеров. При этом на экране  $Э$  мы увидим тень, окруженную полутенью. Дело в том, что от каждой точки источника позади предмета образуется конус тени. На рис. 5.5



Рис. 5.3

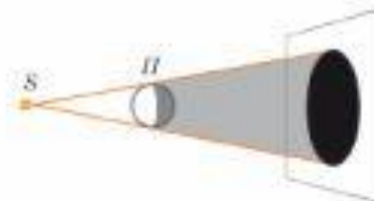


Рис. 5.4

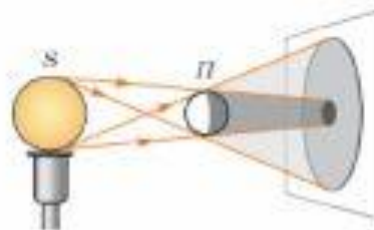


Рис. 5.5

<sup>1</sup> Раздел оптики, в котором изучаются законы распространения света на основе представлений о световых лучах.

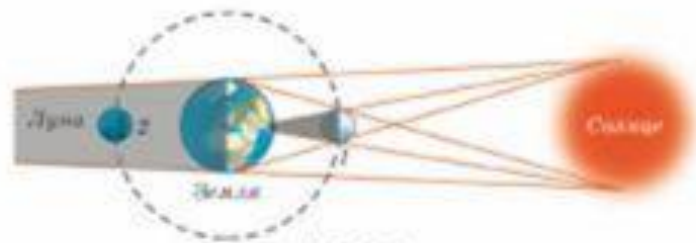


Рис. 5.6

показано сечение конусов тени, образованных за предметом  $П$  светом, распространяющимся из двух точек источника света  $S$ . В результате наложения этих конусов на экране образуется тень и полутень.

Затмения Солнца и Луны также подтверждают закон прямолинейного распространения света. Солнечное затмение происходит тогда, когда Луна находится между Землей и Солнцем (рис. 5.6, положение 1). Лунное затмение наступает, когда Луна попадает в тень Земли (рис. 5.6, положение 2).

Затмение Солнца — природное явление, по преданиям, предвещавшее горести, болезни и вселенские несчастья, — изображено на картине Н. К. Рериха «Поход Игоря» (рис. 5.7).

**Закон отражения света.** Свет, падающий на границу раздела двух сред, отражается от нее. На рис. 5.8 изображен прибор, позволяющий продемонстрировать законы отражения света. В центре экрана, разделенного на градусы, установлено плоское зеркало. Мы видим, что падающий и отраженный пучки света лежат в плоскости экрана. Луч света, падающий на зеркало, и перпендикуляр, восстановленный в плоскости зеркала в точке падения луча, образуют угол, называемый углом падения (обозначается  $\alpha$ ). Угол между отраженным лучом и тем же перпендикуляром называют углом отражения (обозначается  $\beta$ ).

Перемещая осветитель, будем менять угол, под которым пучок света падает на зеркало. При этом изменится и угол отражения, но в каждом случае угол отражения  $\beta$  будет равен углу падения  $\alpha$ , и оба луча остаются в плоскости



Рис. 5.7

экрана. Таким образом, можно сделать вывод, что отражение света происходит по следующему закону.

Отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности, восстановленным в точке падения луча.

Угол отражения равен углу падения.

Закон отражения справедлив и при обратном направлении хода луча. Луч, распространяющийся по пути отраженного, отражается по пути падающего.

Используя законы прямолинейного распространения света и отражения, построим изображение светящейся точки  $S$ , находящейся перед зеркалом (рис. 5.9). Для этого выберем два луча  $SA$  и  $SB$ , падающих на зеркало, и проведем отраженные лучи  $AC$  и  $BD$ . Глаз воспринимает отраженные от зеркала лучи так, как будто они исходят из точки  $S_1$ , находящейся за зеркалом.

Эта точка  $S_1$  воспринимается глазом как мнимое изображение точки  $S$ , возникающее при пересечении продолжений расходящихся лучей.

Из точки  $S$  проведем луч, перпендикулярный плоскости зеркала, он отразится в противоположную сторону, его продолжение также попадет в точку  $S_1$ . Из равенства треугольников  $SOA$  и  $S_1OA$  следует, что  $SO = S_1O$ , т. е. изображение точки  $S$  находится на таком же расстоянии за зеркалом, на каком точка  $S$  расположена перед зеркалом.

**Закон преломления света.** При прохождении луча света через границу двух прозрачных сред он разделяется на два: отраженный и преломленный.

Пучок света, падающий на поверхность прозрачной среды, образует с перпендикуляром, восстановленным к поверхности в точке падения, угол падения  $\alpha$ , угол отражения  $\beta$  и угол преломления  $\gamma$  (рис. 5.10).

Для наблюдения преломления света воспользуемся тем же прибором, что и при наблюдении отражения света. В центре экрана установим стеклянный полудилиндр (рис. 5.11). Мы заметим, что луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к поверхности



Рис. 5.8

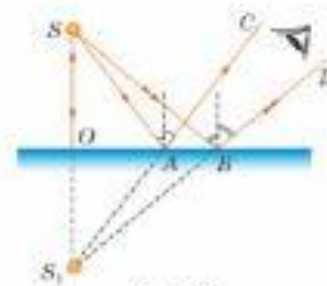


Рис. 5.9

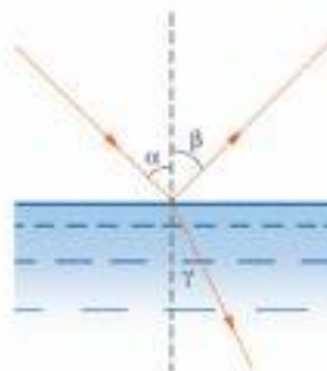


Рис. 5.10

раздела двух сред в точке падения луча, лежат в плоскости экрана. Изменяя угол падения луча света, заметим, что при увеличении угла падения увеличивается и угол преломления, но угол преломления остается меньше угла падения.

Закон преломления света, установленный экспериментально в XVII в., формулируется следующим образом.

Преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к поверхности раздела двух сред, восстановленным в точке падения луча.

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2,1} \quad (5.1)$$

Величина  $n_{2,1}$  называется относительным показателем преломления второй среды по отношению к первой. (Первой считается среда, из которой свет падает.)

Показатель преломления среды относительно вакуума называется абсолютным показателем преломления или просто показателем преломления. (Практически он определяется относительно воздуха, а не вакуума.)

Понятие показателя преломления имеет глубокий физический смысл. Абсолютный показатель преломления  $n$  равен отношению скорости света  $c$  в вакууме к скорости света  $v$  в данной среде, т. е.

$$n = \frac{c}{v} \quad (5.2)$$

Среда с большим показателем преломления называется оптически более плотной, и наоборот: среда с меньшим показателем преломления называется оптически менее плотной.

Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5.3)$$

Используя это соотношение, закон преломления света можно записать в следующем виде:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5.4)$$

Падающий и преломленный лучи взаимнообратимы: если падающий луч будет пущен по направлению преломленного луча, то луч преломленный пойдет по направлению падающего.

Рассмотрим ход лучей в треугольной стеклянной призме (рис. 5.12). Луч преломляется



Рис. 5.11

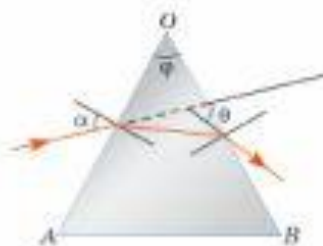


Рис. 5.12

### ЗАДАЧА

Предмет высотой 4 см поставлен перпендикулярно оптической оси двояковыпуклой линзы и удален от нее на расстояние 15 см. Определите положение изображения, линейное увеличение, которое дает линза, и высоту полученного изображения, если фокусное расстояние линзы 0,1 м.

**Решение.** Построим изображение предмета (см. рис. 5.23). Используя формулу линзы (5.7), выразим  $f$ :

$$f = \frac{Fd}{d-f}$$

Увеличение  $\Gamma$  линзы найдем из формулы (5.10):

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-f}; \quad \Gamma = 2.$$

Высота изображения

$$H = \Gamma h = \frac{Fh}{d-f}; \quad H = 0,08 \text{ м.}$$

### Проверьте себя

1. Какой прибор называют линзой?
2. Что такое фокус линзы?
3. Какая линза является собирающей? рассеивающей?
4. Какие три луча используют для построения изображений предметов в линзах?
5. Какие величины связывает между собой формула тонкой линзы?
6. Каково «правило знаков» в формуле линзы?
7. Чему равно увеличение линзы?
8. В каких оптических приборах используют линзы? Чему равны увеличения линз в этих приборах?
9. Как корректируют близорукость и дальнозоркость?

### УПРАЖНЕНИЕ 16

1. Имеются линзы, оптические силы которых равны соответственно 2, -10 и 5 дптр. Определите фокусные расстояния этих линз в воздухе.
2. Фокусное расстояние собирающей линзы 4 см. Предмет находится на расстоянии 12 см от линзы. Где и какое получится изображение?
3. Фокусное расстояние двояковыпуклой линзы 6 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если его изображение удалено от нее на 8 см?
4. Определите оптическую силу объектива проекционного аппарата, если он дает 24-кратное увеличение, когда диапозитив помещен на расстоянии 20 см от объектива.
5. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 50 мм. При фотографировании здания с расстояния 80 м его высота на пленке получалась 12 мм. Какова истинная высота здания?

## ОПТИКА И ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЕ ИСКУССТВО

*Искусство смертных следует природе.*

Данте

*Любите живопись, поэмы!  
Лишь ей единственной дано  
Души изменчивой приметы  
Переносить на полотно.*

Н. А. Заболоцкий

Изобразительное искусство и оптика с давних времен связаны друг с другом. Еще в III в. до н. э. Евклид в своей книге «Оптика» изложил античное учение о перспективе как о методе изображения пространственных объектов на плоскости. Разработкой теории перспективы занимались выдающиеся художники эпохи Возрождения. При этом они широко использовали представление о световых лучах и теорию зрения. В изобразительном искусстве широко используют понятие светотени и особенности зрительного восприятия цвета.

Для обсуждения на конференции предлагаются следующие вопросы:

- Понятие о перспективе.
- Понятие о светотени. Силуэтная живопись.
- Оптические иллюзии и оп-арт.
- Цвет в природе и живописи.

Для подготовки сообщений можно воспользоваться приведенными текстами. Подберите иллюстративный материал самостоятельно.

### Понятие о перспективе

Как изобразить пространственные объекты на плоскости так, чтобы они казались неискаженными? Видные художники эпохи Возрождения Пьеро делла Франческа, Паоло Уччелло, Леон Баттиста Альберти, Леонардо да Винчи, Альбрехт Дюрер и многие другие пытались решить эту проблему, занимаясь разработкой теории перспективы<sup>1</sup>.

Перспектива — это способ изображения пространственных предметов на плоскости в соответствии с кажущимися изменениями их размеров, формы и четкости, вызванными расположением этих предметов в пространстве и удаленностью от наблюдателя (в соответствии со зрительным восприятием человека).

На рис. 1 дано перспективное изображение здания и дороги, уходящей от зрителя к горизонту. Параллельные линии, перпендикулярные основанию рисунка, изображаются сходящимися в одной точке  $F$ , которая называется центральной точкой схода. Горизонтальные линии предметов, параллельные

<sup>1</sup> От лат. *pertrāsire* — смотреть сквозь, проникать взором, ясно видеть.





Рис. 1



Рис. 2

плоскости рисунка, в перспективе изображаются без искажений. Чем дальше от зрителя находятся предметы, тем меньшими они кажутся.

Знаменитый немецкий художник А. Дюрер экспериментально исследовал законы перспективного изображения предметов с помощью механических приспособлений. На гравюре «Перспективный вид лютни» изображен художник, пользующийся этими приспособлениями (рис. 2). На стене закреплен шнур, имитирующий зрительный луч и протянутый к изображаемой точке предмета (лютни). Рисовальщик сидит перед рамой, которая закрывается дверцей с натянутой на ней бумагой. К раме присоединены две подвижные нити — вертикальная и горизонтальная. Точка, в которой зрительный луч пересекает раму при открытой дверце, отмечена пересечением этих нитей. Затем шнур убирается, дверца закрывается, и на лист бумаги наносится точка пересечения подвижных нитей. На листе бумаги мы видим много точек изображаемой лютни, полученных этим методом.



Рис. 3

А. Дюрер также сконструировал машину для рисования, изображенную на рис. 3. Рисовальщик пристально смотрит одним глазом сквозь маленькое отверстие (трубку), которое обеспечивает ненаменную точку наблюдения, и копирует деталь за деталью вид объекта в той форме, в которой он проецируется на стекло.

На практике художники не воспользовались услугами машины для рисования. Однако спустя более чем триста лет такая машина послужила прототипом фотоаппарата.

Наглядное представление о перспективе дает фреска Рафаэля Санти

(1483—1520) «Афинская школа» (рис. 4). На ней мы видим торжественную архитектуру. В просторном, залитом солнцем храме беседуют знаменитые греческие философы и их ученики. Каждая фигура отличается величием позы и достоинством жестов. В центре картины изображены два великих мыслителя Древней Греции — Платон и его ученик-оппонент Аристотель. Над учеными возвышаются две статуи: Аполлона — бога искусства и Афины — богини мудрости.

Центральная точка схода картины находится между Платоном и Аристотелем. К ней сходятся линии, перпендикулярные основанию картины, проведенные, например, по белым линиям мозаики пола. Линия горизонта проходит через центральную точку по нижним краям барельефов, находящихся под статуями Аполлона и Афины.

Проанализируйте, как используется перспектива на картинах других художников, например «Святой Иероним» А. Дюрера, «Тайная вечеря» Леонардо да Винчи.

### Понятие о светотени. Силуэтная живопись

*Шар с бессмысленно, не на месте маложивыми тенями...  
будет казаться замкнутым кругом.*

П. П. Чистяков

Человек воспринимает реальную форму предмета благодаря отраженным световым лучам. В распределении света по поверхности предмета существуют определенные закономерности, благодаря чему предмет воспринимается объемно.

Совокупность оттенков света на предметах (от самого светлого до самого темного) называется светотенью.

Распределение светотени на предметах показано на рис. 5.

Наиболее освещенные части, т. е. поверхности, обращенные к источнику света, принято называть светом.

Освещенность поверхности предмета убывает по мере уменьшения угла между лучами и поверхностью. Косые (сплошные) лучи света образуют на поверхности полутень.



Рис. 4

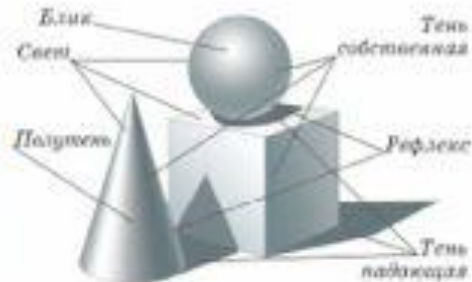


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

Старинный способ получения силуэтного портрета изображен на рис. 6. Позирующий располагал голову так, чтобы тень давала характерный профиль на полупрозрачном экране, а рисующий обводил карандашом ее очертания. Затем поверхность внутри контура заливали тушью, вырезали и наклеивали на белую бумагу — получался силуэтный портрет. Его можно было уменьшить с помощью особого прибора — пантографа (рис. 7).

На рис. 8 изображены силуэты Ф. Шиллера, А. А. Блока, М. И. Цветаевой. Удачные силуэты отличаются поразительным сходством с оригиналом, передают характерные черты человека. Не случайно М. Ю. Лермонтов писал:

Есть у меня твой силуэт,  
 Мне мил его печальный цвет;  
 Висит он на груди моей,  
 И мрачен он, как сердце в ней.

Тенью на предмете называется та часть поверхности предмета, на которую лучи от источника света не попадают, причем такую тень принято называть собственной тенью.

Существует и так называемая падающая тень, образующаяся на поверхностях от освещенных предметов, прерывающих путь световым лучам.

Предметы освещаются не только лучами от источников света, но и отраженными лучами света от соседних предметов, поэтому собственная тень в отдельных местах высветляется. Это явление называют световым рефлексом.

Самый светлый участок освещенной поверхности предмета, отражающий наибольшее количество лучей света, называют бликом. Особенности распределения светотени учитываются при рисовании.

Тени в живописи используются не только для того, чтобы передать объем предмета с помощью средств двумерного изображения. Теневое изображение предмета имеет большое сходство с самим предметом, что замечено с давних времен. В XVIII в. были широко распространены силуэты — теневые изображения человеческой фигуры.

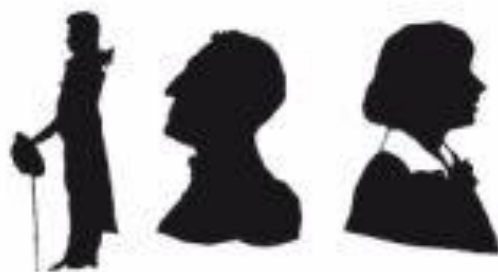


Рис. 8



Рис. 9

В глазах нет жизни и огня,  
Зато он вечно близок мне;  
Он тень твою, но я люблю,  
Как тень блаженства, тень твою.

Рисование силуэтов послужило основой для создания школы художников, а некоторые из них стали рисовать в темных изображенных целые сцены, ландшафты. Искусство силуэта было известно с древних времен в Китае, Японии и других странах Азии.

На рис. 9 представлена сцена из спектакля театра темных фигур.

### Оптические иллюзии и оп-арт

Известны многочисленные случаи несоответствия зрительного восприятия наблюдаемого объекта его реальным свойствам. Это явление называется **оптической иллюзией**<sup>1</sup>.

Оптические иллюзии учитывали строители Древней Греции при возведении ионийских храмов (об этом писал Лукреций).

Иллюзии свойственны зрительному аппарату человека и не устраняются при многократных наблюдениях.

Из-за несовершенства глаза как оптического прибора возникают также зрительные иллюзии, как кажущаяся лучистая структура ярких источников малого размера, например звезд; как радужные кромки предметов.

Многие оптические иллюзии связаны с особенностями обработки мозгом зрительной информации.

На ошибках восприятия, связанных с выделением сигнала (фигуры) из фона, основано применение защитной окраски при маскировке, что широко распространено в животном мире.

Структурный или сплошной фон приводит к ошибкам выделения фигур или к ошибкам оценки их параметров (яркости, формы, взаимного расположения и др.).

Иногда оптическая иллюзия обусловлена неоднозначностью зрительного впечатления, пример такой иллюзии представлен на рис. 10.

<sup>1</sup> От лат. *Illusio* — обман.



Рис. 10



Рис. 11

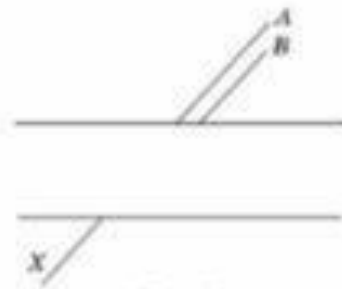


Рис. 12



Рис. 13



Рис. 14

Распространены иллюзии, связанные с ошибками в оценке характеристик рассматриваемых объектов (длины, площади, углов). Так, белый квадрат кажется больше равного ему черного. Отрезки стрелы на рис. 11 воспринимаются неравными, хотя они равны. Кажется, что на одной прямой находится линия *A* и *X*, а не *B* и *X*, как на самом деле (рис. 12). На рис. 13 видится несуществующая пограничная линия там, где стыкуются две группы тонких прямых, но этой линии нет. Для многих зрительных иллюзий еще не найдено убедительного истолкования.

Оптические иллюзии играют важную роль в жизни, действуя как механизмы подчеркивания контуров и контрастного оттенения.

Иллюзии и эффекты контраста широко использовались сюрреалистами — оптическим искусством. На рис. 14 две зебры воспринимаются по их вогнутым контурам: эти контуры не прорисованы и возникают благодаря оптической иллюзии. На рис. 15 изображен первый и наиболее видный представитель оптического искусства В. Визарелли и часть его выставки.

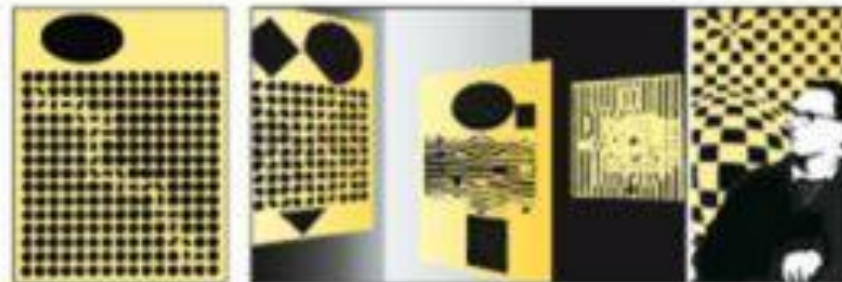


Рис. 15

## Цвет в природе и живописи

Все живое стремится к цвету.

Н. Гёте

В 1666 г. И. Ньютон обнаружил, что белый свет — это комбинация видимых цветов спектра. Дальнейшие исследования М. Ломоносова, Т. Юнга и других ученых показали, что основными цветами являются красный, зеленый и синий. Остальные цвета можно получить при различных вариантах смешения этих цветов.

Наложение спектральных цветов можно наблюдать при помощи прибора, который состоит из зеркальных полосок, расположенных почти вплотную друг к другу (рис. 16). Каждая полоска может поворачиваться вокруг вертикальной оси. Расположим прибор таким образом, чтобы полученный от источника света с помощью призмы сплошной спектр целиком попал на зеркала. Вследствие отражения света от них на экране получаются отдельные цветные полосы.

Поочередно накладывая на экране цветные полосы друг на друга, можно наблюдать смешение двух или нескольких цветов. Например:

красный + синий = фиолетовый,

желтый + синий = зеленый,

красный + синий + зеленый = белый (рис. 17).

Наложив все цветные полосы света, получим одну белую полосу. Выделим из белого цвета один цвет, например красный, повернув соответствующее зеркало на некоторый угол. На экране вместо белой получится синие-зеленая полоса:

белый - красный = синие-зеленый.

Красный и синие-зеленый цвета являются дополнительными, ибо они дополняют друг друга до белого цвета.

Варируя этот опыт, можно подобрать большое количество сочетаний дополнительных цветов. Для того чтобы показать, какой тон получится при сложении основных цветов, удобно использовать цветовой треугольник (рис. 18). В его вершинах расположены основные цвета, на сторонах — цвета, полученные наложением основных. Друг против друга расположены дополнительные цвета, при смешении которых получается белый (круг в центре треугольника).



Рис. 16

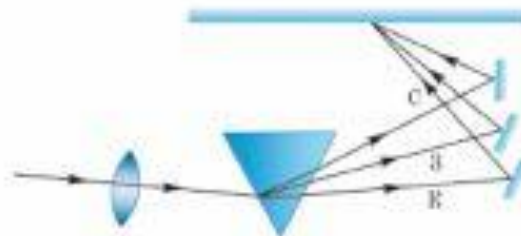


Рис. 17



Рис. 18



Рис. 19

На эффекте сложения красного, зеленого и синего цветов, в результате которого можно получить любой тон, основаны цветные кино и телевидение, фотография и печать, а также трехцветная теория зрения. Основу хроматической палитры художников составляют три краски: красная, синяя и желтая.

Смещение красок дает совершенно иные результаты, чем смешение света соответствующих цветов. Так, если смешать все три основные краски (желтую, синюю и красную), то получится черный, а не белый цвет, который возникает при сложении света основных цветов.

На рис. 19 представлен цветовой треугольник основных красок и их смесей.

Соединение основного цвета краской с дополнительным дает серый цвет, а не белый, как в аналогичном случае спектральных цветов. Однако на практике не бывает чистых красок, поэтому их смешение дает разные отклонения от идеального случая.



Рис. 20

Если разместить спектральные цвета по окружности, то получим цветовой круг (рис. 20). Цвета его фиолетово-голубой части называют холодными, а красно-желтой — теплыми. В живописном отношении эти цвета противоположны друг другу, их применение усиливает выразительность композиции.

Детали картины теплого цвета, находясь в окружении холодных цветов, кажутся как бы выступающими вперед. Так, красный цвет, поставленный в ряду синих, воспринимается активнее последних. Холодные цвета, напротив, создают впечатление удаляющихся: синий мазок на красном фоне как бы провали-

яется. Это свойство красок учитывается живописцами, поскольку случайное, без учета особенностей восприятия теплых и холодных цветов, размещение предметов на плоскости может исказить их воспроизводимое пространственное расположение.

Каждый цвет с его правым и левым «соседями» по кругу называют родственными или гармоническими. Находясь в соседстве, они усиливают цветность своей группы. Гармонические цвета хорошо сочетаются друг с другом в одежде, интерьере помещения.

Цвета, лежащие в цветовом круге друг против друга, именуют контрастными. Помещенные рядом, они оттеняют, подчеркивают друг друга. Яркие контрастные цвета в одежде, в отделке дома резко дисгармонизируют и неприятны для глаза. Но если уменьшить их интенсивность и значительно сократить площадь, занимаемую одним цветом по отношению к площади другого, то один цвет будет обогащать противоположный ему и создавать приятное сочетание.

Цвет предметов изменяется в зависимости от рядом находящихся других цветов. Так, желтый лимон на синем фоне приобретает оранжевый оттенок. Эта закономерность мастерски использована И. Грабарем в натюрморте «Фрукты на синей скатерти», благодаря чему картина представляется яркой и напряженной по цвету.

Изменение цвета предмета в зависимости от рядом находящихся цветов называется цветовым контрастом.

Если на цветной фон поставить предмет серого цвета, то этот предмет приобретает оттенок цвета, дополнительного к фону. Так, на красном фоне он примет зеленоватый оттенок, на желтом — синеватый, на зеленом — красный. Этим объясняется то, что тропинки в зеленом лесу кажутся нам красноватыми, а темные участки морских волн — пурпурными.

В живописи для выделения из фона какого-либо предмета создают контрастное окружение. На этом принципе построен «Натюрморт с белым лебедем» Ф. Снейдерса.

Пользуясь цветовым контрастом, можно придавать тому или иному цвету нужный оттенок. Замечательными примерами использования контрастного взаимодействия цветовых отношений являются написанные на открытом воздухе, на фоне морских далей натюрморты К. Коровина, в которых с удивительным мастерством художник передает и материальные качества предметов, и мерцающую игру света и тени, и атмосферу прозрачного морского воздуха.

Видимый цвет предметов представляет собой часть отраженного света источника, поэтому на восприятие цвета влияет освещение. Различные источники отличаются по спектральному составу.

В лампах накаливания преобладают теплые цвета, поэтому освещаемые этими источниками света объекты имеют желтый или оранжевый оттенок. При этом освещении желтые краски «выбеливаются», поскольку желтый свет, накладываясь на желтую поверхность, делает ее более светлой. При электрическом освещении это мало заметно, но при дневном свете будет ясно видно.



Лампы дневного света имеют синий либо розовый оттенок, в нем преобладают холодные тона. Многие современные художники пишут картины при искусственном свете, поскольку выставочные залы оборудованы лампами дневного света.

Солнечный свет дает белое освещение. Однако со временем суток состав его спектра меняется: вечером в нем больше желтого или красно-оранжевого цвета. При нем предметы, которые не отражают лучи красно-оранжевой части спектра, заметно темнеют (например, зеленые). Предметы белого цвета (например, белая стена дома), отражающие полный состав спектра вечерних световых лучей, загораются ярким закатным светом. Яркий солнечный свет обесцвечивает предмет, он как бы выбеливается, выгорает. Так, желтый песок на пляже в яркий солнечный день кажется белым.

При слабом освещении предметов их цвет становится мало насыщенным: они тускнеют, сереют. Это наблюдается при вечернем, сумеречном освещении, когда предметы как бы растворяются в среде. А при освещении лунным светом они настолько утрачивают свою цветовую определенность, что выглядят как одноцветные, имеющие холодный серо-синеватый или зеленоватый оттенок. Не случайно поэт Гарсиа Лорка писал:

Никто в ночь полнолуния  
Не съел бы апельсина —  
Едят лишь ледяные  
Зеленые плоды.

Пейзажи при лунном свете мы видим на полотнах И. Н. Крамского «Русалки», А. И. Куинджи «Украинская ночь». Художники, рисуя ночной пейзаж, благодаря ослаблению контраста создают впечатление слабой освещенности.

На цвет отдаленных предметов оказывает влияние окружающий воздух. Чем дальше расположен предмет, тем он кажется туманнее и синее. Изменения в цвете и в четкости очертаний предмета на расстоянии передает в живописи воздушная перспектива. Так, на картинах живописцев мы видим, что зелень лесов с увеличением расстояния до них становится сине-зеленой, а затем и синей. Толстый слой воздуха между наблюдателем и лесом, освещенный сбоку лучами солнца, рассеивает свет, который накладывается на фон, как бы покрывая вуалью расположенные за ним предметы.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО!

Слово «силуэт» происходит от фамилии французского министра финансов середины XVIII в. Этьена де Силуэта, призывавшего своих расточительных современников к разумной бережливости и упрекавшего французскую знать в чрезмерных тратах на картины и портреты. Дешевизна теневых портретов подала повод шутникам называть их портретами à la Silhouette («по Силуэту»).

# ФИЗИКА

Учебно-методический комплект 7 - 9 классы

АВТОРЫ: Шахмаев Н.М., Бунчук А.В., Дик Ю.И и др.



## Компоненты УМК:

- Программа и поурочное планирование
- Учебники: «Физика-7», «Физика-8», «Физика-9»
- Рабочие тетради
- Методика преподавания физики

## Особенности учебников:

- оригинальная структура курса;
- описание большого числа опытов;
- наличие обширного дополнительного материала, помогающего учащимся глубже разобраться в сущности физических явлений;
- присутствие рубрики «Это интересно», включающей сведения по истории физики и природным явлениям;
- множество цветных иллюстраций.

# ФИЗИКА

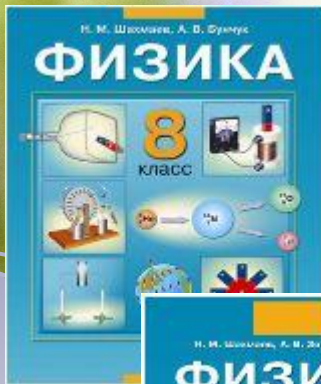
## Учебно-методический комплект 7 - 9 классы



оглавление

### Содержание учебников:

7 класс: световые, звуковые явления, первоначальные сведения о строении вещества, физические величины, тепловые явления



оглавление

8 класс: электростатика, постоянный ток, магнитное поле, токи в средах, строение атома и ядра атома



оглавление

9 класс: кинематика, динамика, законы сохранения, гидро- и аэростатика, механические колебания и волны.

**АВТОРЫ:** Шахмаев Н.М., Бунчук А.В., Дик Ю.И и др.

Введение .....	3
<b>Глава 1</b>	
<b>Первоначальные сведения о свете</b>	
§ 1. Источники и приемники света .....	7
§ 2. Распространение света .....	10
§ 3. Солнечное и лунное затмения .....	13
§ 4. Отражение света .....	14
§ 5. Сферические зеркала .....	20
§ 6. Преломление света .....	24
§ 7. Линзы .....	27
§ 8. Оптические приборы .....	31
§ 9. Глаз и зрение .....	33
§ 10. О составе света .....	35
Самое важное в главе 1 .....	37
<b>Глава 2</b>	
<b>Первоначальные сведения о звуке</b>	
§ 11. Источники и приемники звука .....	39
§ 12. Распространение звука .....	43
§ 13. Звуковые волны .....	45
§ 14. Характеристики звука .....	47
§ 15. Зачем музыкальным инструментам корпус? .....	50
§ 16. Отражение звука .....	52
§ 17. Ультразвук .....	54
Самое важное в главе 2 .....	55
<b>Глава 3</b>	
<b>Первоначальные сведения о строении вещества</b>	
§ 18. Молекулы .....	56
§ 19. Взаимодействие молекул .....	59
§ 20. Движение молекул .....	61
§ 21. Броуновское движение .....	63
§ 22. Строение газообразных, жидких и твердых тел .....	64
Самое важное в главе 3 .....	66

# 7 класс

## Глава 4

### Физические величины

§ 23. Масса .....	67
§ 24. Сила .....	71
§ 25. Давление .....	75
§ 26. Работа .....	78
§ 27. Мощность .....	81
§ 28. Энергия .....	82
Самое важное в главе 4 .....	86

## Глава 5

### Тепловые явления

§ 29. Что такое тепловые явления .....	88
§ 30. Тепловое расширение .....	89
§ 31. Температура .....	93
§ 32. Особенности теплового расширения воды .....	97
§ 33. Внутренняя энергия .....	98
§ 34. Способы изменения внутренней энергии .....	99
§ 35. Виды теплообмена .....	101
§ 36. Как рассчитать количество теплоты при теплообмене .....	106
§ 37. Уравнение теплового баланса .....	108
§ 38. Плавление и отвердевание .....	110
§ 39. Испарение и конденсация .....	113
§ 40. Кипение .....	115
§ 41. Влажность воздуха .....	118
§ 42. Энергия топлива .....	121
Самое важное в главе 5 .....	123

## Глава 6

### Тепловые двигатели

§ 43. Устройство и действие реактивного двигателя .....	125
§ 44. Поршневые двигатели внутреннего сгорания .....	128
§ 45. Паровая турбина .....	131
Самое важное в главе 6 .....	132

Включение .....	133
-----------------	-----

Лабораторные работы .....	134
---------------------------	-----

Ответы к задачам .....	142
------------------------	-----

## Первоначальные сведения о свете

В жизни растительного и животного мира нашей планеты незаменимое значение имеет свет. Без его присутствия можно сказать, что без света невозможно жизнь на Земле.

Раздел физики, изучающий свойства света, называется оптикой. Оптические явления так много, что, приступая к изучению физики, мы не можем охватить даже тысячную долю того, что касается оптики. В первой главе «Первоначальные сведения о свете» вы познакомитесь с самыми простыми, но очень важными сведениями о свете.

### § 1. Источники и приемники света

Какие бывают источники света? Мы видим различные тела, когда от них исходит свет и падает в наш глаз. Некоторые тела сами излучают свет и окружают его пространство. Такие тела называются источниками света.

Большинство же тел мы видим только тогда, когда они освещены источником света. Луна, окружающие нас предметы, представители растительного и животного мира Земли видны из-за отражения падающего на них солнечного света. Каждый из нас отражает свет. В темной без окон комнате мы не увидим ни одного предмета и друг друга, так как в ней нет источников света, нет падающего света и ничего отражать.

Источники света можно разделить на естественные и искусственные. Самым важным для нас естественным источником света является Солнце.

К искусственным источникам света относятся лампы (рис. 5), свечи, электрические лампы накаливания (рис. 6), люминесцентные лампы (плоские дневного света) и т. д.

Солнце, звезды, раскаленные твердые тела, а также некоторые расплавы, пламя, образующиеся при сгорании топлива, — это источники



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

исходит необходимые для всей жизни на Земле процессы. Работая днем мы читаем, без нас идет наш кислород для дыхания.

**Скорость света.** Когда бы мы ни выключили свет, свет заполняет комнату мгновенно. Чтобы свет от лампы достиг нашего глаза, тре-

буется не только свет, но и тепло. Источники света, которые излучают свет в нагретом состоянии, называются естественными источниками света.

Кроме тепловых источников света существуют источники «холодного света». Примерами таких источников являются: полупроводники, люминесцентные и газосветные лампы, экраны телевизоров (рис. 7), галогены от старых ламп, белый фосфор, светлячки, некоторые глубоководные рыбы.

Размеры источников света могут быть разными. Если источник очень мал по сравнению с расстоянием до него, то в факте приеме такой источник света занимает ничтожный.

**Приемники света.** Приемниками света называют устройства, которые реагируют на падающий свет, преобразуя его. Для нас с вами самым главным и самым основным приемником света являются глаза. Попадая в глаз, на окончание зрительного нерва, свет раздражает эти окончания, сигналы передаются в мозг, в результате этого получается картина окружающего мира.

Свет, падающий на тела, вызывает изменения в веществах, которые могут быть использованы человеком в различных целях. Например, фотопленка и фотобумага под действием света изменяют свой состав. На этом основано получение фотографий. Созданы специальные приборы, называемые фотоэлементами, которые преобразуют свет в электрический сигнал. Особенно широко приемники фотоэлементы получили при изготовлении солнечных батарей, устанавливаемых на всех космических кораблях (рис. 8).

Одним из лучших и полезных для нас приемников света являются зеленые листья растений. Под действием солнечного света в них происходит необходимые для всей жизни на Земле процессы. Работая днем мы читаем, без нас идет наш кислород для дыхания.

будет невозможна даже секунда. Это столь малый промежуток времени, что мы не в состоянии его представить. Когда-то считалось, что скорость света бесконечна и потому он распространяется мгновенно.

Впервые скорость света удалось измерить датскому ученому Олефу Рёмеру (1644—1710) в 1676 году. Рёмер наблюдал за движением спутника Юпитера и обнаружил несоответствие между расчетным временем его затмения и действительным. Из этих наблюдений Рёмер определил, что скорость света равна 215 000 км/с.

В дальнейшем было разработано много других, более точных методов измерения скорости света. По современным данным, скорость света в вакууме (пустоте) равна 299 792 458 м/с. Это самая большая из всех возможных скоростей. Ни одно тело в мире не может иметь скорость, превышающую это значение. Практически скорость света в вакууме (воздухе) можно считать равной  $300\,000\,000\text{ м/с} = 3 \cdot 10^8\text{ м/с}$ .

Учеными была измерена скорость света в различных прозрачных веществах. Скорость света в воде была измерена в 1808 году. Она оказалась меньше, чем в вакууме. Во всех других прозрачных средах меньше, чем в вакууме. В таблице 1 приведены значения скорости света в некоторых веществах.

Таблица 1

Скорость света в различных веществах

Вещество	Скорость, км/с	Вещество	Скорость, км/с
Воздух	299 000	Стекло	200 000
Вода	230 000	Алмаз	121 000

#### Прочитайте внимательно

- По рисункам 3—7 расскажите о том, какие бывают источники света.
- Во время Великой Отечественной войны партизаны на своих базах использовали тропинки гнилушками. Для чего они это делали?
- Поэтом П. П. Ершов в сказке «Божья-Торбушка» написал:  

Огонь горит светлее,	Дык давай тут Иван,
Торбушка бежит скорее,	«Что — сказал он, — за гайтан!»
Вот уж он перед огнем,	Шиню с лезвьем выдвигает свету,
Светит поди словко дном;	А темля и давай шесту;
Чуждый свет крутом струится,	Или чудо-огонь!»
Но не греет, не дымит.	

Что вы бы узнали из этого о создании некоего прекрасного, хотя и фантастического образа?

- С какой скоростью распространяется свет в воде?

#### ЭТО ИНТЕРЕСНО!

Свет от Луны до Земли идет 1,25 с, от Солнца — 8 мин., от Сатурна — около часа, от ближайшей к нам звезды — четыре года. Дальние галактики сегодня мы видим такими, какими они были миллионы лет назад.

## § 2. Распространение света

Прямлинейное распространение света. Еще в Древней Месопотамии за 3000 лет до н. э. люди знали о прямолинейном распространении света. В Древнем Египте это свойство света использовалось при строительстве пирамид.

В прямлинейности распространения света нас убеждают многочисленные наблюдения в повседневной жизни. В темном зрительном зале кинотеатра на экране киноэкранной лампы вырывается свет, воспринимаемый нами как расходящийся лучок. Такой же лучок образует свет, распространяющийся в тумане от уличных фонарей, автомобильных фар (рис. 9), маяка (рис. 10). Если в солнечный день находиться в лесу, то можно заметить, что потоки солнечного света, проникающие сквозь кроны деревьев, также прямолинейны (рис. 11).

Невозможность распространения световых лучков. В затемненном помещении установим два проецирующих аппарата с диакоптами, дающих световые лучки разных цветов. На пути к экранам эти световые лучки



Рис. 9



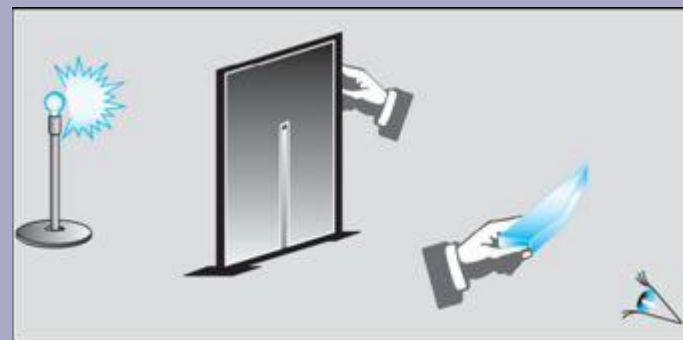
Рис. 10



Рис. 11

## Лабораторные работы 7 класс

1. Измерение фокусного расстояния и оптической силы линзы
2. Получение изображений с помощью линзы
3. Наблюдение дисперсии света
4. Измерение размеров малых тел
5. Измерение массы тела на рычажных весах
6. Измерение плотности твердого тела
7. Градуирование пружины и измерение сил Динамометром
8. Градуировка комнатного термометра
9. Сравнение количеств теплоты при смешивании воды разной температуры





## Оглавление

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Электрические заряды. Электрическое поле</b>	
1. Электризация тел .....	4
2. Проводники и непроводники электричества .....	9
3. Свойства электрических зарядов .....	13
4. Строение атома .....	16
5. Модель свободных электронов. Закон сохранения электрического заряда .....	20
6. Способы электризации тел и их объяснение .....	23
7. Устройства для накопления и получения электрических зарядов .....	28
8. Электрическое поле .....	30
<i>Самое важное в главе 1</i> .....	34
<b>Глава 2. Электрический ток и его законы</b>	
9. Электрический ток .....	35
10. Действия электрического тока .....	41
11. Электрический ток в металлических проводниках .....	45
12. Сила тока .....	47
13. Электрическое напряжение .....	52
14. Электрическое сопротивление .....	57
15. Закон Ома .....	62
16. Следствия из закона Ома .....	65
17. Последовательное соединение проводников .....	69
18. Параллельное соединение проводников .....	74
19. Работа электрического тока .....	82
20. Электрическая мощность .....	86
21. Тепловое действие тока .....	90
22. Электричество в быту .....	96
<i>Самое важное в главе 2</i> .....	102
<b>Глава 3. Электрический ток в средах</b>	
23. Электрический ток в полупроводниках .....	105
24. Электрический ток в жидкостях .....	112
25. Электрический ток в газах .....	116
26. Гроза как электрическое явление .....	120
<i>Самое важное в главе 3</i> .....	125
<b>Глава 4. Магнитное поле</b>	
27. Начальные сведения о магнитных явлениях .....	126
28. Магнитное поле постоянных магнитов .....	130
29. Магнитное поле Земли .....	133
30. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока .....	135
31. Электромagnet и некоторые его применения .....	141

# 8 класс

§ 32. Действие магнитного поля на проводники с током и движущиеся заряженные частицы .....	145
§ 33. Использование действия магнитного поля на проводники с током .....	148
Самое важное в главе 4 .....	151
<b>Глава 5. Электромагнитная индукция</b>	
§ 34. Явление электромагнитной индукции .....	152
§ 35. Применение электромагнитной индукции .....	156
§ 36. Переменный ток .....	158
§ 37. Трансформация переменного тока .....	160
§ 38. Электростанции .....	164
§ 39. Передача электрической энергии на большие расстояния .....	167
Самое важное в главе 5 .....	169
<b>Глава 6. Электромагнитные волны</b>	
§ 40. Электромагнитные колебания .....	170
§ 41. Электромагнитные волны .....	175
§ 42. Передача информации с помощью радиоволн .....	178
§ 43. Спектры электромагнитных излучений .....	183
§ 44. Спектры светящихся газов. Спектральный анализ .....	186
Самое важное в главе 6 .....	190
<b>Глава 7. Атом</b>	
§ 45. Радиоактивность .....	191
§ 46. Открытие строения атома .....	194
§ 47. Радиоактивный распад .....	197
§ 48. Излучение и поглощение электромагнитных волн атомами .....	199
§ 49. Теория Бора и линейчатые спектры излучения .....	203
§ 50. Состав атомных ядер .....	205
§ 51. Деление ядер. Ядерные реакции .....	208
§ 52. Энергетический выход ядерной реакции .....	211
§ 53. Использование ядерной энергии .....	214
§ 54. Ядерный реактор. Атомные электростанции .....	217
§ 55. Термоядерные реакции .....	220
§ 56. Действие излучений на человека .....	222
Самое важное в главе 7 .....	224
<b>Приложения</b>	
Приложение 1. Что такое измерение и как его производят .....	226
Приложение 2. Лабораторные работы .....	229
Ответы .....	237

## Электрические заряды. Электрическое поле

Мы, не задумываясь, поворачиваем выключатель, и лампы зажигают потоки света; для нас вет ничего проще, как набрать телефонный номер и поговорить с собеседником на другом конце страны; выключив радиоприемник, телевизор или магнитофон, мы слышим музыку, видим телепередачу и получаем информацию со всего мира. Мы пользуемся электричеством повсюду, но для многих оно все еще окружено неведомой таинственностью, чем для древних греков. Впрочем, оснований для удивления у нас гораздо больше: то, что звук и свет, тепло и холод, изображения на экранах и движущая механика могут быть созданы с помощью одного и того же средства — электричества, действительно, кажутся почти невероятным.

Связать все это на первый взгляд не имеющим ничего общего явление можно только с помощью теории, которая не только объясняет их, но и позволяет управлять этими явлениями, а также предсказывать их.

### § 1. Электризация тел

Электрические явления были известны в глубокой древности. Восьмидесяти с тою, что их обнаружил древнегреческий философ Фалес Милетский (624—347 гг. до н. э.). Он установил, что янтарь, потертый о мех, притягивает к себе легкие предметы. Само слово «электричество» происходит от греческого слова *elektron* — янтарь.

Изначально понятие было установлено, что аналогичной способностью обладает не только потертый янтарь, но и янтарь, стекло и некоторые другие материалы. Научные исследования электрических явлений велись только в XVIII веке.

Известно, что электризация тел. Поднесем поочередно к легкому предмету, подвешенному на нити, пластмассовую палочку и сушеный мех. Предмет останется неподвижным. Проведя палочку о мех, вновь поднесем их к предмету. Мы заметим, что теперь предмет притягивается и к палочке (рис. 1, а), и к меху (рис. 1, б). Мы можем взять палочку из другого материала (бумага, эбонит<sup>1</sup>, дерева, пенопласта), а также элемент мех кусочек бумаги, резинки,

<sup>1</sup> Эбонит — твердый материал, получаемый из коры каучуковой дубокаменной пальмы.

железа или подкисленного. Результат всегда будет тем же: после трения друг о друга оба тела — и палочка, и второй предмет — приобретают во все для них свойство притягивать легкие тела.

Тело, которое после затирания приобретает свойство притягивать к себе другие тела, имеет свойство *электризованности* или *имеющим электрический заряд*. Процесс сообщения телу электрического заряда называют *электризацией*.

Если вы потрете надутой воздушный шарик о нейлоновую материю, то он может прилипнуть к стене или к потолку. Зеркала и стекла, протертые сухой тряпкой, притягивают пыль. Поднес ладонь к экрану работающего телевизора, вы можете услышать потрескивание. Такое же потрескивание вы услышите (а в темноте даже увидите искры), когда снимаете через голову одежду. При этом вы можете даже выдаться искры (рис. 2). С этих бытовых явлений мы и начинаем изучать электричество.

Свойства электризованных тел. Наэлектризованные тела притягивают все предметы, а не только легкие. Чтобы убедиться в этом, укрепим на острие тяжелую водопроводную трубу. (По середине этой трубы просверлено несколько отверстий для острин.) Поднес к трубе наэлектризованную палочку, увидим, что труба медленно поворачивается к палочке (рис. 3).

Наэлектризованная палочка притягивает не только твердые тела, но и жидкости. Это можно увидеть по искривлению струйки воды, к которой поднесена палочка (рис. 4).

Наэлектризованные тела притягивают и газы. Зажжем свечу или газовую горелку. Поднес к пламени наэлектризованную палочку, заметим, что оно отклоняется (рис. 5).

Рассмотрим свойства заряженных тел более подробно. Возьмем две одинаковые палочки (обе — пластмассовые, деревянные, эбонитовые и т. п.) и посредине одной из них просверлим



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

глубокие, но не сквозные отверстия. Потерев эту палочку о мех, установим ее на острие. Потерев о мех вторую такую же палочку и подвесим ее к первой. Мы заметим, что палочка, установленная на острие, отталкивается от той, которую мы держим в руке (рис. 6). Поскольку палочки одинаковые и заряжены об один и тот же мех, этот и подобные ему опыты позволяют предположить, что на палочках была заряды одного вида. В данном случае результат опыта можно сформулировать так: меха, имеющие заряды одного вида, отталкиваются друг от друга.

Возникает вопрос, одинаков ли вид зарядов, приобретаемого палочками и мехом путем трения? Для получения ответа приблизим кусочек меха к заряженной им палочке, укрепленной на острие. Мы увидим, что палочка притягивается к меху (рис. 7, а). Если поднести вискозную палочку к подвешенному на нити кусочку меха, то мех притянется



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

к палочке (рис. 7, б). Значит, заряды, образовавшиеся на палочке и на кусочке меха, разных видов.

Этот и подобный ему опыты позволяют предположить, что существуют два различных вида электрических зарядов и сделать вывод о том, что меха, имеющие заряды разного вида, притягиваются друг к другу.

Электрический заряд вискозной стеклянной палочки, потертой о мех, назвали положительным, а заряд шкурки или эбонитовой палочки, потертой о мех, — отрицательным, т. е. приняты заряды меха  $+$  и  $-$  (рис. 8).

Заряды одного знака (оба положительные или оба отрицательные) называются одноименными, а заряды разного знака — разноименными. С учетом этого два правила взаимодействия заряженных тел можно объединить в одно: одноименно заряженные тела отталкиваются, а разноименно заряженные — притягиваются.

Насколько тело можно не только трением, но и с помощью соприкосновения его с другим, предварительно заряженным телом. Так, гильза из фольги, подвешенная на шелковой нити, после соприкосновения с заряженной палочкой начинает отталкиваться от последней (рис. 9). Логично предположить, что при соприкосновении часть электрического заряда палочки перешла на гильзу и перешедший на гильзу заряд притягивает и тому же меху, что и заряд на палочке, чем и объясняется отталкивание.

В настоящее время не было зафиксировано ни одного опыта или явления, для объяснения которых гипотеза о существовании двух видов



Рис. 9

## Лабораторные работы 8 класс

1. Сборка электрической цепи и измерение силы тока в ее различных участках
2. Измерение напряжения на различных участках электрической цепи
3. Регулирование силы тока реостатом и измерение его сопротивления с помощью амперметра и вольтметра
4. Проверка свойства параллельного соединения проводников
5. Измерение мощности и работы тока
6. Исследование свойств полупроводникового диода
7. Намагничивание и размагничивание компасных стрелок
8. Исследование явления электромагнитной индукции

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

#### Регулирование силы тока реостатом и измерение его сопротивления с помощью амперметра и вольтметра

**Оборудование:** источник тока (напряжение 4—5 В); реостат; резистор сопротивлением 1—2 Ом; амперметр; вольтметр; ключ; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы

1. Рассмотрите реостат. Подключите к нему соединительные провода, как показано на рисунке 278. По числу витков провода реостата между подключенными проводами установите, при каком положении ползунка сопротивление реостата наибольшее и наименьшее.

2. Определите цены деления амперметра и вольтметра и запишите их.

3. Начертите схему электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных источника тока, ключа, реостата, амперметра и резистора. Соберите цепь из имеющегося оборудования. После проверки учителем правильности соединений замкните цепь и по отклонению стрелки амперметра убедитесь, что в цепи идет ток.

4. Плавно перемещая ползунок реостата и следя за показаниями амперметра, обратите внимание на характер изменения силы тока в цепи. Разомкните цепь.

5. Подключите вольтметр параллельно реостату. В начерченную схему цепи добавьте изображение вольтметра.

6. После проверки учителем правильности соединений замкните ключ.



Рис. 278

№ опыта	Положение ползушка	$I, A$	$U, B$	$R, Oh$
1				
2				
3				

**Проверка свойства параллельного соединения проводников**

*Оборудование:* источник тока (напряжение 4—5 В); два разных резистора (или резистор и лампочка); амперметр; ключ; соединительные провода.

*Порядок выполнения работы*

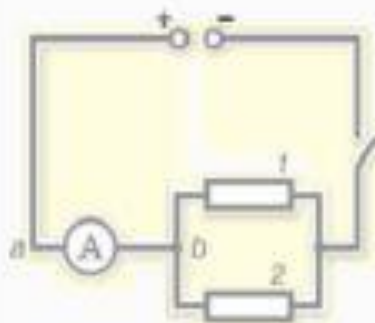


Рис. 279

1. Определите цену деления амперметра и запишите ее.

2. Начертите схему электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных источника тока, ключа, амперметра и двух параллельно соединенных резисторов (рис. 279).

3. Соберите цепь из имеющегося оборудования. После проверки учителем правильности соединений замкните цепь и по отклонению стрелки амперметра убедитесь, что в цепи идет ток.

4. Запишите в таблицу показание амперметра. Разомкните цепь.

5. Отсоедините амперметр и вместо него на участке *ab* (см. рис. 279) включите в цепь соединительный провод.

6. Отсоедините от точки *b* схемы (см. рис. 279) первый резистор и включите в образовавшийся разрыв цепи амперметр. После проверки учителем правильности включения амперметра замкните цепь и запишите в таблицу показание амперметра. Разомкните цепь.

7. Отсоедините амперметр. Первый резистор снова подключите к точке *b* схемы.

8. Отсоедините от точки *b* схемы (см. рис. 279) второй резистор и включите в образовавшийся разрыв цепи амперметр. После проверки учителем правильности включения амперметра замкните цепь и запишите в таблицу показание амперметра. Разомкните цепь.

Участок цепи	<i>ab</i>	резистор 1	резистор 2
Сила тока, А			

## Механическое движение

## § 1. Основные понятия кинематики

Слово «кинематика» происходит от греческого слова *κίνησις* — «движение». Кинематика изучает, как движется тело, но не изучает, почему тело движется так, а не иначе.

В обыденной жизни под словом «тело» подразумевают тело человека или животного. Физики называют физическим телом (или просто телом) любой предмет. К физическим телам можно отнести, например, каплю воды, дерево, самолет, искусственный спутник Земли и саму Землю. Каждое тело в любой момент времени занимает определенное положение в пространстве относительно других тел. Если с течением времени положение тела не изменяется, то говорят, что тело находится в покое. Например, выходящая в покое книга, лежащая на столе, стол, стоящий в комнате, сама комната в доме, а также дом. Всплывающие и движущиеся по поверхности, выработанные крылья на стройке, самолеты в аэропортах и т. д.

Если с течением времени положение тела изменяется, то это значит, что тело совершает механическое движение.

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

Обратите внимание на слова «относительно других тел». Они означают, что для того, чтобы говорить о механическом движении, в пространстве должно быть, по крайней мере, два тела: то, за которым наблюдают, и то, относительно которого рассматривается положение первого тела. Вторым телом может быть любое тело, например, сам наблюдатель. Если второе тело нет, говорят о движении одного-единственного тела в пустом пространстве невозможном.

Тело, относительно которого рассматривается движение других тел, называют телом отсчета.

Допустим, что автомобиль едет по шоссе (рис. 1). В этом случае за тело отсчета могут быть приняты дом или любое дерево. Телом отсчета может служить и другой движущийся автомобиль.

Рассматривая движение относительно того или иного тела отсчета, мы мысленно помещаем себя на его место и считаем себя вместе с телом



Рис. 1

отсчета рассматривается, тогда как все остальные тела так или иначе движутся относительно нас. Любой человек, бесконечно считая себя телом отсчета, наблюдает за сложными движениями окружающих его тел.

**Система отсчета.** Из курса математики известно, что положение любой точки в нашем трехмерном пространстве описывается тремя ее координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (рис. 2).

Если движение точки происходит по прямой, то для описания ее положения достаточно одной координатной оси, например  $OX$ , которую совмещают с этой прямой (рис. 3). Тогда положение точки в данный момент времени (точка  $A_1$ ) определяется координатой  $x_1$ , т. е. расстоянием от точки  $A_1$  до выбранного на этой оси начала координат. В другой момент времени точка может занять другое положение (точка  $A_2$ ), которое характеризуется координатой  $x_2$ . Таким образом, если положение точки с течением времени изменяется, то изменяется и ее координата, у которой-то все точки координата остается неизменной во времени.

Часто оказывается, что для описания положения точки одной координатной осью не обойтись, тогда приходится вводить двумерную или трехмерную систему координат и следить за изменением во времени двух или соответственно трех координат.

Физика имеет дело с движениями реальных тел, а не абстрактных точек. Примером

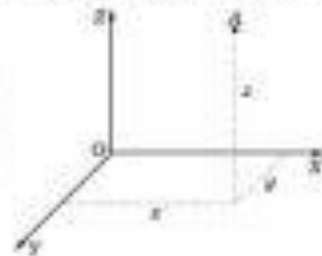


Рис. 2

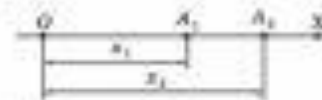


Рис. 3



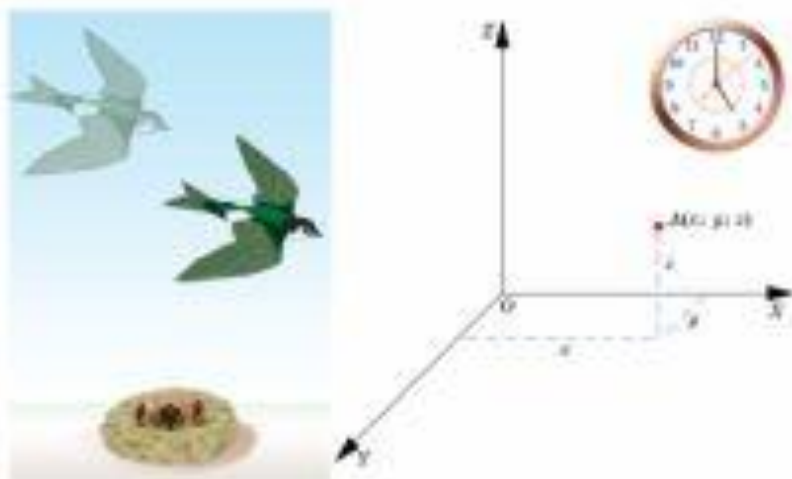


Рис. 5

рассматривается движение (этот момент называется начальным), и способ или инструмент измерения времени. Таким инструментом чаще всего являются часы, хотя о времени можно судить, например, и по числу дней или лет, прошедших с начального момента, и по положению Солнца на небе. О прошедшем времени судят иногда по количеству выпавшего песка (песочные часы) или выливаемой воды (водяные часы).

Тело отсчета, связанное с нами системой координат и системой отсчета времени физически объединяет в одно понятие и вызывает систему отсчета.

**Относительность движения.** Механические движения относительно. Это означает, что одно и то же тело движется по-разному относительно разных тел отсчета, или даже может находиться в покое.

Рассмотрим такой пример. Человек, неподвижно сидящий на движущейся платформе, наблюдает за арбузом, лежащим на платформе (рис. 6, а; стрелка указывает направление ее движения). Естественно, что он мысленно связывает систему отсчета с платформой. Для него арбуз находится в покое.

В это же самое время человек, находящийся у полотна железной дороги, мысленно связывает систему отсчета с поверхностью Земли, увидит, что арбуз движется (рис. 6, б).



Рис. 6

Этот пример подтверждает, что движение арбуза относительно в системе отсчета, связанной с платформой, арбуз находится в покое, а относительно системы отсчета, связанной с Землей, движется.

Вся упомянутая тема отсчета связана прежде и историей астрономии и системы мира: геоцентрической и гелиоцентрической. Системой мира называют представления о взаимном расположении и движении небесных тел.

Геоцентрическая система мира была разработана древнегреческими учеными Аристотелем (IV в. до н. э.) и Птолемеем (II в. до н. э.). В этой системе в центре мира расположено Земля. Она неподвижна, поскольку выбирается за тело отсчета. Вокруг Земли обращаются все остальные тела (рис. 7, а). Путем усовершенствований представлений Аристотеля Птолемей удалось не только объяснить движение небесных тел, но и с большой точностью предсказывать положение планет, Солнца и Луны относительно Земли в разные моменты времени.

Геоцентрическая система мира привнесла на истязание и печаль века 2000 лет.



Коперник Николай (1473–1543) — польский астроном, создатель гелиоцентрической системы мира. Своим ученик М. Коперник написал в сочинении «Об обращении небесных сфер» (1543), издании католической церковью с 1616 по 1620 год.

### 5. Определение работы сил тяжести, упругости и трения

Оборудование: штатив с лапкой; брусок; измерительная линейка; динамометр; грузы.

#### Порядок выполнения работы

1. Сформулируйте цель работы.
2. Установите линейку наклонно, положив ее на лапку штатива (рис. 191).
3. Положите брусок на линейку и подберите такой угол наклона, чтобы брусок оставался неподвижным и не соскальзывал с линейки.
4. С помощью динамометра втяните брусок с одним грузом вверх по линейке. Динамометр перемещайте равномерно, параллельно линейке.
5. Вычислите:
  - а) работу силы тяжести, действующей на брусок с грузом;
  - б) работу силы трения скольжения;
  - в) работу силы упругости динамометра.

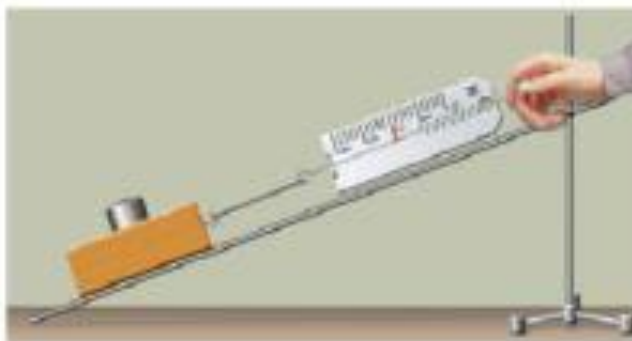


Рис. 191

Необходимые для расчетов величины установите самостоятельно и произведите их измерения.

6. Повторите опыты и расчеты, нагружая брусок двумя (или тремя) грузами.

## 6. Проверка условия равновесия рычага

Оборудование: рычаг на штативе; набор грузов (масса одного груза 100 г); измерительная линейка (рис. 192).

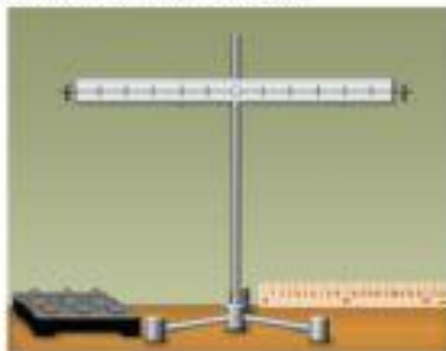


Рис. 192

### Порядок выполнения работы

1. Сформулируйте цель работы.
2. Вращая гайки на концах рычага, добейтесь, чтобы он расположился горизонтально.
3. Подвесьте два груза на левой части рычага на расстоянии, равном примерно 12 см от оси вращения.
4. Путем проб установите, на каком расстоянии вправо от оси вращения надо подвесить: а) один груз; б) два груза; в) три груза, чтобы рычаг пришел в равновесие.
5. Запишите значения измеренных величин в таблицу.

№ опыта	Левая часть рычага			Правая часть рычага		
	$F_1$ , Н	$l_1$ , м	$M_1$ , Н·м	$F_2$ , Н	$l_2$ , м	$M_2$ , Н·м
1						
2						
3						

# Профильный уровень

## Компоненты УМК:

- Программа
- Учебники: «Физика-10», «Физика-11»
- Методические рекомендации для учителя



## Особенности учебников:

- двухуровневое изложение материала: обязательный для всех учащихся и повышенной трудности;
- большое внимание физическому эксперименту (лабораторные работы и физический практикум);
- наличие консультаций автора (помогают решать задачи, вычислять погрешности измерений, отвечать по обобщенному плану);
- разнообразие физических задач.

С. А. Тихомирова.

Физика в загадках, пословицах, сказках, поэзии, прозе и анекдотах



Данное пособие может использоваться на уроках как дидактический материал и во внеклассной работе в качестве книги для дополнительного чтения по физике, при проведении предметных недель, олимпиад, интеллектуальных марафонов.

Его содержание составляют тексты из произведений художественной литературы, сказок, а также пословицы, загадки и литературные анекдоты. К текстам даны вопросы и задачи по физике. Литературные тексты и вопросы к ним сгруппированы по основным разделам физики.

Оригинальный ум и богатое воображение выдающихся писателей, народная мудрость и юмор помогут сделать изучение физики более интересным и эмоциональным.