

*В. Ланга*

**ВСЕ**

**ДОМАШНИЕ  
РАБОТЫ**

**К УЧЕБНИКУ  
А. В. ПЕРЫШКИНА  
«Физика 9 класс»**

**ФГОС**

**9**

**ФИЗИКА**

**В. Н. Ландо**

**Все домашние работы  
к учебнику  
А. В. Перьшкина  
«Физика 9 класс»**

**ФГОС**



МОСКВА  
2013

УДК 372/53  
ББК 22.1/72  
Л28

**В. Н. Ландо**

Все домашние работы к учебнику: А. В. Перышкин «Физика 9 класс». Издательство «Дрофа». ФГОС — М.: — «ЛадКом». — 2013. — 160 с.

ISBN 978-5-91336-147-9

Решебник к учебнику А. В. Перышкина «Физика 9 класс» соответствует ФГОС и включает в себя все ответы на теоретические вопросы, экспериментальные задания и задачи.

Решебник поможет учащимся верно понимать суть рассматриваемых явлений, законов и теорий, точно определять физические величины, правильно выполнять чертежи, схемы и графики, применять полученные знания при выполнении практических заданий.

Данный решебник в большей степени соориентирован на предыдущую версию учебника 2012 года (ФГОС), а также соответствует новому изданию («Вертикаль» 2013).

## Введение

Дорогой друг!

В 9 классе ты продолжишь изучение естественнонаучного предмета «Физика». Это пособие поможет тебе усвоить его по учебнику А.В. Перышкина «Физика. 9 класс» для общеобразовательных учреждений. Данное пособие включает в себя ответы на все вопросы и упражнения учебника, а также сможет помочь тебе при выполнении лабораторных работ учебника. Материалы пособия размещаются по главам и параграфам.

Мы надеемся, что это пособие поможет тебе успешно усвоить и понять «Физику» как науку.

Удачи!

# ГЛАВА I. ЗАКОНЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ

## § 1. Материальная точка. Система отсчета

### Вопросы

1. Под *материальной точкой* в физике понимается тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь. *Материальная точка* обладает определенной массой, но имеет нулевые (очень малые) размеры.

2. *Материальная точка* — абстрактное понятие, т. к. в природе все тела обладают определенными размерами.

3. Понятие *материальной точки* используется для упрощения условий и решений задач. Если пренебречь размерами реального тела, то нет необходимости рассматривать движение тела при его движении вокруг своей оси (мяч в полете) или движение каких-то частей тела (колеса автомобиля), если нас интересует с какой скоростью движется тело.

4. В данном случае движущееся тело можно рассматривать как материальную точку, если его размеры намного меньше расстояния на которое оно перемещается.

5. Если рассматривать, например, движение автомобиля при его перемещении из города А в город Б, то в данном случае, при определении средней скорости движения автомобиля его можно рассматривать как материальную точку, однако если нас интересует движение автомобиля более подробно, то окажется, что при движении автомобиля, например передние и задние колеса из-за неровностей дороги двигаются по разному (не синхронно).

6. Если тело движется поступательно.

7. *Материальная точка* — это абстрактное понятие обозначающее тело, размеры которого не играют роли в условиях рассматриваемой задачи.

8. Если тело движется прямолинейно.

9. Система отсчета — это тело отсчета, связанная с ним система координат и прибор для измерения времени, по отношению к которым рассматривается движение материальных точек или тел.

### Упражнение 1

1. Да можно, т.к. в данном случае он прошел —  $80 \cdot 2 = 160 \text{ км} = 160\,000 \text{ м}$ , а размер автомобиля  $\approx 3 \text{ м}$ , что существенно меньше.

2. С точки зрения диспетчера, если рассматривать только маршрут самолета, то можно, но если в воздухе находятся другие самолеты или он заходит на посадку — нет. С точки зрения пассажира при полете по маршруту — да, но при перемещении пассажира внутри самолета — нет.

3. Под телом отсчета, в данном случае, обычно подразумевают поверхность Земли.

4. Оба правы. Мальчик выбрал систему отсчета относительно себя (он был неподвижен), а девочка относительно себя (она была на качелях).

5. а) относительно поверхности Земли; б) относительно текущей воды; в) относительно поверхности Земли; г) относительно центра (оси) колеса; д) относительно поверхности Земли.

## § 2. Перемещение

### Вопросы

1. Положение тела в заданный момент времени  $t$ , при данных начальных условиях (начальное положение, путь  $S$ , промежуток времени  $t$ ) нельзя определить однозначно, так как неизвестна его траектория движения. Тело например может двигаться в разных направлениях от начальной точки, или двигаться по окружности.

2. *Перемещением тела* (материальной точки) называют вектор (направленный отрезок прямой), соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.

3. Положение тела в заданный момент времени  $t$ , при данных начальных условиях (начальное положение, вектор перемещения  $\vec{S}$ , промежуток времени  $t$ ) можно определить однозначно, так как известна его траектория движения. Конец вектора перемещения однозначно показывает конечное положение тела. Например тело двигаясь по прямой в заданном направлении с постоянной скоростью  $\vec{v}$  за время  $t$  окажется на расстоянии  $\vec{S} = \vec{v} \cdot t$  от начального положения.

## Упражнение 2

1. Счетчик спидометра определяет *пройденный путь*.

2. Автомобиль должен двигаться *прямолинейно*.

## § 3. Определение координаты движущегося тела

### Вопросы

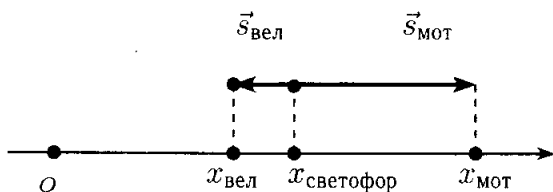
1. Во всех случаях вычисления производят со скалярными величинами. В случае векторов для вычислений используют их проекции на координатные оси.

2. Проекция вектора на ось будет положительной, если вектор сонаправлен с осью, и отрицательной в противном случае. (Если вектор перпендикулярен оси, то его проекция равна нулю.)

3.  $x = x_0 + s_x$ , где  $x$  — конечная координата тела,  $x_0$  — начальная координата тела,  $s_x$  — проекция вектора перемещения.

### Упражнение 3

1.



2. а)  $x_0 = 1$  м; б)  $s_{tx} = s_{1x} + s_{2x} = 2,4 + (-1,25) = 1,15$  м; в)  $x_t = x_0 + s_{tx} = 1 + 1,15 = 2,15$  м.



## § 4. Перемещение при прямолинейном равномерном движении

### Вопросы

1. Скорость равномерного прямолинейного движения — векторная величина не изменяющая своего модуля и не меняющая направления (постоянная), равная отношению перемещения тела  $\vec{s}$  за данный промежуток времени к значению данного промежутка  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$  (см. стр. 17).

2. По формуле:  $s_x = v_x t$ , где  $s_x$  — проекция вектора перемещения на ось  $X$ ,  $v_x$  — проекция вектора скорости движения,  $t$  — время перемещения.

3. Модуль вектора перемещения  $|\vec{s}|$  равен пути  $s$  при равномерном прямолинейном движении  $|\vec{s}| = s$ .

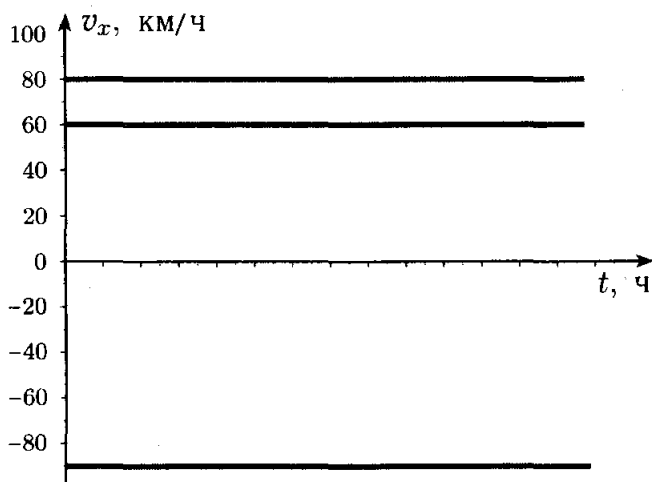
4. При равномерном прямолинейном движении  $|\vec{s}| = |\vec{v}| \cdot t = v \cdot t = s$ . Площадь под графиком скорости  $S = |v \cdot t| = |v| \cdot t$ . Следовательно  $|\vec{s}| = S$  (см. рис. 6 и 7 учебника).

5. Первое тело движется сонаправленно с осью  $X$  с модулем скорости  $v = 30$  км/ч, а второе тело движется в противоположном направлении с модулем скорости  $v = 25$  км/ч.

### Упражнение 4

1. Модуль вектора скорости всегда положителен, поэтому его график не может быть под осью  $Ot$ , а проекция вектора скорости может быть и отрицательной.

2.



## § 5. Прямолинейное равноускоренное движение. Ускорение

### Вопросы

1. Прямолинейное равноускоренное движение относится к неравномерному движению, т. к. оно происходит с переменной (меняющейся во времени по величине и направлению) скоростью.

2. Под мгновенной скоростью неравномерного движения понимают скорость в конкретной точке траектории в данный момент времени.

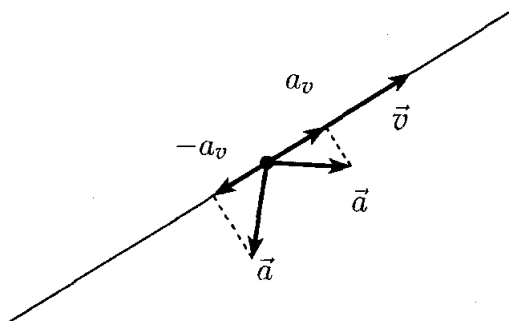
3. Ускорением равноускоренного движения  $\vec{a}$  называется отношение изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло: 
$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

4. Движение с постоянным ускорением называется равноускоренным движением.

5. Модуль вектора ускорения  $|\vec{a}|$  показывает изменение модуля скорости  $|\vec{v}|$  в единицу времени.

6. В СИ за единицу ускорения принимается ускорение такого равноускоренного движения, при котором за 1 секунду скорость тела изменяется на 1 м/с, т. е.  $1 \text{ м/с}^2$  (метр на секунду в квадрате или другими словами 1 метр в секунду за секунду).

7. Модуль вектора скорости увеличивается, если проекция ускорения на ось вектора скорости положительна, и уменьшается, если отрицательна.



### Упражнение 5

1. Из рисунка видно, что скорость первого автомобиля возростала быстрее чем второго, а следовательно у него было большее ускорение.

2.

**Дано:**

$$t = 30 \text{ с}$$

$$v_0 = 10 \text{ с}$$

$$v_1 = 55 \text{ с}$$

**Найти:**

$$a - ?$$

**Решение:**

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{55 - 10}{30} = \frac{45}{30} = 1,5 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ .

**3.**

**Дано:**

$$t = 12 \text{ с}$$

$$\Delta v = 6 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$a - ?$$

**Решение:**

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{6}{12} = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ .

## § 6. Скорость прямолинейного равноускоренного движения. График скорости

**Вопросы**

1. а)  $v_x = v_{0x} + a_x t$ ; б)  $v_x = a_x t$ . Где  $v_x(t)$  — проекция вектора скорости на ось  $X$  в момент времени  $t$ ,  $a_x$  — проекция вектора ускорения на ось  $X$ ,  $v_{0x}$  — проекция вектора начальной скорости на ось  $X$ ,  $t$  — заданный промежуток времени.

2. График проекции вектора скорости равноускоренного движения представляет собой луч заданный уравнением  $v_x = v_{0x} + a_x t$ : а) исходящий

из начала координат ( $v_{0x} = 0$ , при  $t = 0$   $v_x = 0$ ); б) исходящий из точки  $(0, v_{0x})$  с угловым коэффициентом равным ускорению  $a_x$ .

**3.** В обоих случаях движение происходит с ускорением, однако в первом случае ускорение положительно, а во втором отрицательно.

### Упражнение 6

**1.**

**Дано:**

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$t = 4 \text{ с}$$

$$a = -0,25 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$v - ?$$

**Решение:**

$$v = v_0 + at = 2 + (-0,25) \cdot 4 = 2 - 1 = 1 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $v = 1 \text{ м/с}^2$ .

**2.**

**Дано:**

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

$$v = 2 \text{ м/с}$$

**Найти:**

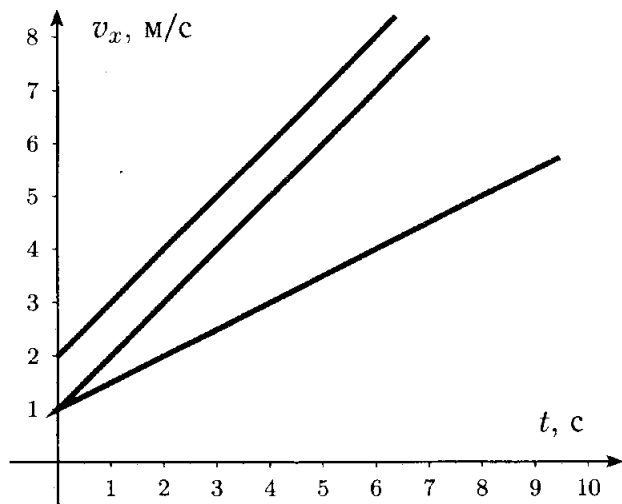
$$t - ?$$

**Решение:**

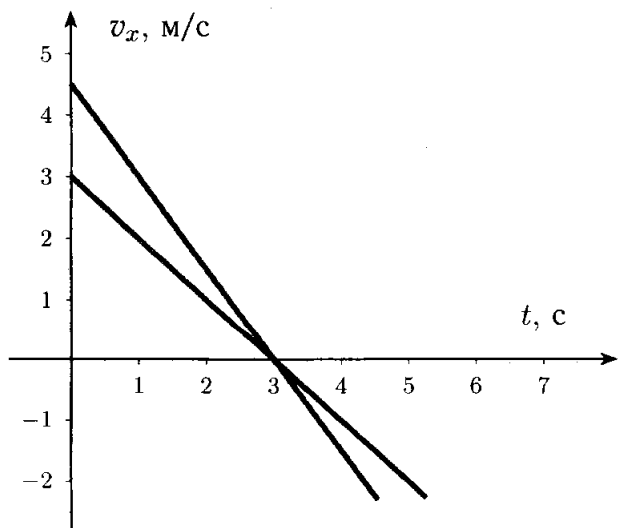
$$v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $t = 10 \text{ с.}$

3.



4.



5. Тело I:  $a = \frac{3}{6} = 0,5 \text{ м/с}^2$ . Тело II:  $a = \frac{4-1}{3} = 1 \text{ м/с}^2$ .

## § 7. Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении

### Вопросы

1. Проведем прямую из точки  $A$  и параллельную оси  $t$ , таким образом фигура  $ABCD$  будет состоять из двух фигур: прямоугольника  $OAKB$ , площадью  $S_{OAKB} = AO \cdot OB = v_{0x}t$  и треугольника  $ACK$ , площадью  $S_{ACK} = \frac{CK}{2} \cdot OB = \frac{v_x - v_{0x}}{2}t = \left| \frac{v_x - v_{0x}}{t} = a_x \Rightarrow v_x - v_{0x} = a_x t \right| = \frac{a_x t}{2}t = \frac{a_x t^2}{2}$ . Таким образом  $S_{OACB} = S_{OAKB} + S_{ACK} = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ , что соответствует формуле проекции перемещения при равноускоренном движении.

2.  $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ , где  $s_x$  — проекция перемещения,  $v_{0x}$  — проекция вектора начальной скорости,  $a_x$  — проекция вектора ускорения,  $t$  — время.

### Упражнение 7

1.

**Дано:**

$$t = 5 \text{ с}$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$v = 18 \text{ км/ч} = 5 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$s - ?$$

**Решение:**

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 5 \cdot 5 + \frac{0,55^2}{2} = 25 + 6,25 = 31,25 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $s = 31,25 \text{ м}$

**2.**

**Дано:**

$$v_0 = 15 \text{ м/с}$$

$$v = 0 \text{ м/с}$$

$$t = 20 \text{ с}$$

**Найти:**

$$s - ?$$

**Решение:**

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = -\frac{v_0}{t}$$

Следовательно

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{at^2}{2} = v_0 t + \frac{(v_0/t)t^2}{2} = v_0 t - \frac{v_0 t}{2} = \\ &= \frac{1}{2} v_0 t = \frac{1}{2} 15 \cdot 20 = 150 \text{ м.} \end{aligned}$$

**Ответ:**  $s = 150 \text{ м.}$

$$\begin{aligned} \mathbf{3.} \quad S &= \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t, \text{ т.к. } v_x = v_{0x} + a_x \cdot t \Rightarrow t = \\ &= \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} \text{ и } S_x = S, \text{ следовательно } S = S_x = \\ &= \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x} \Rightarrow S_x = \\ &= \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}. \end{aligned}$$



## § 8. Перемещение тела при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости

### Вопросы

1. Для проекции перемещения  $s_x = \frac{a_x t^2}{2}$ , для модуля перемещения  $s = \frac{at^2}{2}$ .

2. В  $n^2$  раз:  $\frac{s_{nt}}{s_t} = \frac{a(nt)^2/2}{a t^2/2} = \frac{an^2 t^2/2}{a t^2/2} = n^2$ .

3.  $s_t : s_{2t} : s_{3t} \dots = at^2/2 : a(2t)^2/2 : a(3t)^2/2 \dots = 1 : 4 : 9 \dots$

4.  $(s_1 - s_0) : (s_2 - s_1) : (s_3 - s_2) : (s_4 - s_3) \dots = at^2/2 : (a(2t)^2/2 - at^2/2) : (a(3t)^2/2 - a(2t)^2/2) : (a(4t)^2/2 - a(3t)^2/2) \dots = (1 : 4) - (1 : 9) - (4 : 16 - 9) \dots = 1 : 3 : 5 : 7 \dots$

5. Закономерности (3) и (4) используются для определения является ли движение равноускоренным или нет (см. стр 33).

### Упражнение 8

1.

**Дано:**

$$s_3 = 2 \text{ м}, t_1 = 1 \text{ с}, t_3 = 1 \text{ с}$$

**Найти:**

$$s_1, a - ?$$

**Решение:**

$$\begin{aligned} s_1 : s_2 : s_3 &= 1 : 3 : 5 \Rightarrow s_1 : s_3 = 1 : 5 \Rightarrow s_1 = \frac{s_3}{5} = \\ &= \frac{2}{5} = 0,4 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$s_1 = \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 0,4}{1} = 0,8 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $s_1 = 0,4 \text{ м}$ ,  $a = 0,8 \text{ м/с}^2$ .

**2.**

**Дано:**

$$s_5 = 6,3 \text{ м}$$

$$t = 5 \text{ с}$$

**Найти:**

$$v_5 - ?$$

**Решение:**

$$v = at, \quad s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2},$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5.$$

$$s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : s_5 = 1 : 3 : 5 : 7 : 9 \Rightarrow s_1 = \frac{1}{9}s_5, s_2 = \frac{3}{9}s_5, s_3 = \frac{5}{9}s_5, s_4 = \frac{7}{9}s_5.$$

Следовательно:

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 = \left( \frac{1}{9} + \frac{3}{9} + \frac{5}{9} + \frac{7}{9} + 1 \right) s_5 = \frac{25}{9} s_5 = 17,5 \text{ м}.$$

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 17,5}{5^2} = 1,4 \text{ м/с}^2.$$

$$v = at = 1,4 \cdot 5 = 7 \text{ м/с}.$$

**Ответ:**  $v_5 = 7 \text{ м/с}$ .

## § 9. Относительность движения

### Вопросы

1. Это означает, что эти величины (скорость, траектория и путь) для движения различаются в

зависимости от того, из какой системы отсчета ведется наблюдение.

**2.** Например, человек стоит неподвижно на поверхности Земли (нет ни скорости, ни траектории, ни пути), однако в это время Земля вращается вокруг своей оси, и следовательно человек, относительно, например центра Земли, движется по определенной траектории (по окружности), перемещается и имеет определенную скорость.

**3.** Движение тела (скорость, путь, траектория) различны в разных системах отсчета.

**4.** В гелиоцентрической системе тело отсчета — Солнце, а в геоцентрической — Земля.

**5.** В гелиоцентрической системе смена дня и ночи объясняется вращением Земли.

### Упражнение 9

**1.** Скорость плота относительно берега — 2 м/с, относительно воды в реке — 0 м/с.

**2.** Если оба тела, с которыми связаны системы отсчета этих тел, остаются неподвижными друг относительно друга, то они связаны с третьей системой отсчета — Землей, относительно которой и происходят измерения.

**3.** Если эти системы отсчета неподвижны относительно друга друга.

**4.**  $900 \text{ км/ч} = \frac{900 \cdot 1000}{60 \cdot 60} = \frac{900000}{3600} = \frac{9000}{36} = 250 \text{ м/с}$ . Эти скорости равны.

**5.** Так как Земля вращается на запад, то при движении катера на восток скорости движения катера ( $v_{\text{катера}} = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}$ ) и суточного

вращения Земли складываются, а при движении на запад — вычитаются, Следовательно  $v_{\text{восток}} = v_{\text{вращения}} + v_{\text{катера}} = 25 + 250 = 275 \text{ м/с}$ ,  $v_{\text{запад}} = v_{\text{вращения}} - v_{\text{катера}} = 250 - 25 = 225 \text{ м/с}$ .

## § 10. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона

### Вопросы

1. Тело движется равномерно и прямолинейно, либо покоится.

2. Если тело движется равномерно и прямолинейно, то его скорость не меняется.

3. До начала XVII века господствовала теория Аристотеля, согласно которой, если на него не оказывается внешнее воздействие, то оно может покоиться, а для того, чтобы оно двигалось с постоянной скоростью на него непрерывно должно действовать другое тело.

4. Точка зрения Галилей, о движении тел, отличается от точки зрения Аристотеля тем, что по тела могут двигаться в отсутствие внешних сил.

5. *Ход опыта.* На тележке, движущейся равномерно и прямолинейно, относительно земли, находятся два шарика. Один шарик покоится на дне тележки, а второй подвешен на нити. Шарики находятся в состоянии покоя относительно тележки, так как силы действующие на них уравновешены. При торможении оба шарика приходят в движение. Они изменяют свою скорость относительно тележки, хотя на них не действуют никакие силы. *Вывод.*

Следовательно, в системе отсчета, связанной с тормозящей тележкой закон инерции не выполняется.

**6.** Первый закон Ньютона в современной формулировке: существуют такие системы отсчета, относительно которых тела сохраняют свою скорость неизменной, если на них не действуют другие тела (силы) или действие этих тел (сил) скомпенсировано (равно нулю).

**7.** Системы отсчета в которых выполняется закон инерции называются инерциальными, а в которых не выполняется — неинерциальными.

**8.** Да, можно. Это вытекает из определения инерциальных систем отсчета.

**9.** Нет, не инерциальна.

## **Упражнение 10**

а) Да, закон инерции выполняется во в всех случаях, так как машинка продолжила движение относительно Земли; б) в случае равномерного и прямолинейного движения поезда закон инерции выполняется (машинка неподвижна), а при торможении нет. Земля во всех случаях является инерциальной системой отсчета, а поезд только при равномерном и прямолинейном движении.

## **§ 11. Второй закон Ньютона**

### **Вопросы**

**1.** Если на тело действует сила, то вследствие этого тело движется с ускорением.

2. Мяч, по которому сильнее ударили, улетит дальше, так как он будет двигаться с большей скоростью, потому что ему было сообщено при ударе большее ускорение.

3. Описание опыта см. стр. 43–45. *Выводы.* Из этого опыта следует, что, при одинаковой действующей силе ускорения тел обратно пропорциональны их массам:  $F = a_1 m_1$ ;  $F = a_2 m_2 \Rightarrow a_1 : a_2 = m_2 : m_1$ . И второй вывод, что ускорение тела постоянной массы прямо пропорционально силе приложенной к нему:  $a_1 = \frac{F_1}{m}$ ;  $a_2 = \frac{F_2}{m} \Rightarrow a_1 : a_2 = F_1 : F_2$ .

4. Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к нему, и обратно пропорционально его массе:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ , где  $\vec{a}$  — вектор ускорения тела,  $\vec{F}$  — вектор равнодействующей силы, приложенной к телу,  $m$  — масса тела. (Закон выполняется в инерциальной системе отсчета.)

5. Вектор ускорения  $\vec{a}$  и вектор равнодействующей сил  $\vec{F}$  — сонаправлены.

6. Из формулы  $F = am$ , получаем  $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \times 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ кг/с}^2$ .

## Упражнение 11

1.

*Дано:*

$$a = 0,8 \text{ м/с}^2$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$F - ?$$

**Решение:**

Из второго закона Ньютона

$$F = at = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $F = 40 \text{ Н.}$

**2.**

**Дано:**

$$t = 20 \text{ с}$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$m = 184 \text{ т} = 184\,000 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$F - ?$$

**Решение:**

$$F = am$$
$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$F = am = \frac{v}{t} m = \frac{4}{20} \cdot 184\,000 = 36\,800 \text{ Н} = 3,6 \text{ кН.}$$

**Ответ:**  $F = 3,6 \text{ кН.}$

**3.**

**Дано:**

$$m_1 = m_2 \text{ т}$$

$$a_1 = 0,08 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = 0,64 \text{ м/с}^2$$

$$F_1 = 1,2 \text{ Н}$$

**Найти:**

$$F_2 - ?$$

**Решение:**

$$F_2 = a_2 m, F_1 = a_1 m \Rightarrow m = \frac{F_1}{a_1} \Rightarrow$$

$$F_2 = a_2 m = a_2 \frac{F_1}{a_1} = 0,64 \cdot \frac{1,2}{0,08} = 9,6 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $F_2 = 9,6 \text{ Н.}$

**4.**

**Дано:**

$$F_1 = -5 \text{ Н}$$

$$F_2 = 10 \text{ Н}$$

$$F_3 = -2 \text{ Н}$$

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$a - ?$$

**Решение:**

$$F = am$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{m} = \frac{-5 + 10 - 2}{0,5} = \frac{3}{0,5} =$$
$$= 6 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a = 6 \text{ м/с}^2.$

**5.** При движении вверх векторы скорости и перемещения мяча направлены противоположно силе тяжести, а вектор ускорения — в одном направлении. При движении вниз векторы скорости, перемещения и ускорения — в одном направлении.

**6.** Вектор ускорения всегда сонаправлен равнодействующей приложенных сил, а векторы скорости и перемещения могут быть направлены как противоположно, так и в одном направлении.



## § 12. Третий закон Ньютона

### Вопросы

1. Описание опыта см. стр. 48–49. Во всех опытах с помощью двух динамометров измеряются силы, с которыми два тела действуют друг на друга. *Вывод.* Два тела действуют друг на друга с силами равными по величине и противоположными по направлению.

2. Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению.  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$  (закон выполняется в инерциальной системе отсчета).

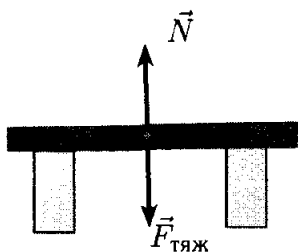
3. Так как масса Земли  $m_1 \approx 5,9736 \cdot 10^{24}$  кг, во много раз больше массы человека  $m_2 \approx 80$  кг, то из второго и третьего законов Ньютона следует, что  $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| \Rightarrow |\vec{a}_1|m_1 = |\vec{a}_2|m_2 \Rightarrow |\vec{a}_1| : |\vec{a}_2| = m_2 : m_1 = 80 / (5,9736 \cdot 10^{24}) \approx 1,34771 \cdot 10^{-23}$ .

4. Космические тела (планеты, спутники, Солнце) взаимодействуют друг с другом посредством сил всемирного тяготения. Магниты притягиваются или отталкиваются из-за магнитных сил.

5. Так как силы приложены к разным телам, то они не уравновешивают друг друга. Равные по модулю и противоположно направленные силы уравновешивают друг друга, если они приложены к одному телу.

### Упражнение 12

1.  $\vec{F}_{\text{тяж}}$  — сила тяжести,  $\vec{N}$  — сила реакции опоры.



2. Предел измерений динамометра не будет превышен, т.к. в итоге на него действует сила 80 Н.

3. а) из второго закона Ньютона получаем  $F_{2x} = am_2 = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3$  Н, а из третьего  $F_{1x} = -F_{2x} = -0,3$  Н; б) из второго закона Ньютона получаем  $F_{1x} = am_1 = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1$  Н, а из третьего  $F_{2x} = -F_{1x} = -0,1$  Н; в) в первом случае нить натягивается сильнее; г)  $F_x = a_x m = a(m_1 + m_2) = 0,2 \cdot (1,5 + 0,5) = 0,4$  Н.

## § 13. Свободное падение тел

### Вопросы

1. Движение тела под действием силы тяжести называется *свободным падением*.

2. Если модули векторов перемещения  $|\vec{s}|$  пройденного шариком за последовательные промежутки времени  $t$  будут относиться как  $s_1 : s_2 : s_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$ , то это будет служить доказательством того, что падение происходит с одинаковым ускорением (см. § 8, 4 вопрос).

3. Опыт ставился с целью определить зависит ли ускорение свободного падения от массы, формы,

материалы и т.п. свойств тел. Из этого опыта может быть сделан вывод, что ускорение свободного падения для всех тел одинаково.

**4.** Ускорение свободного падения — это ускорение вызываемое силой притяжения Земли (силой тяжести).

**5.** При падении тела в воздухе на него действует сила сопротивления воздуха. Кусочек ваты падает медленнее так как например при одинаковом размере железного шарика и кусочка ваты, первый будет намного тяжелее второго, и вклад силы сопротивления в результирующую силу будет значительно больше для кусочка ваты, чем для железного шарика.

**6.** Существует легенда, что Галилео Галилей сбрасывал металлические шары разной массы с Пизанской башни. Однако падение было слишком быстрым и Галилей проделал опыты по скатыванию шаров по наклонной плоскости, чтобы увеличить время «падения».

### Упражнение 13

**1.**

**Дано:**

$$t = 4 \text{ с}, g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$h - ?$$

**Решение:**

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 4^2}{2} = \frac{156,8}{2} = 78,4 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $h = 78,4 \text{ м}$

**2.**

**Дано:**

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$t - ?$$

**Решение:**

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} = \sqrt{\frac{1,6}{10}} = \\ = \sqrt{0,16} = 0,4 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $t = 0,4 \text{ с.}$

**3.**

**Дано:**

$$h = 45 \text{ м}$$

$$g \approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

**Найти:**

$$t, s_1, s_t - ?$$

**Решение:**

$$h = \frac{gt^2}{2}, s_1 = \frac{gt_1^2}{2},$$

$s_t = s_{1-t} - s_{1-(t-1)}$  где  $s_{1-t}$  перемещение к  $t$  секунде,  $s_{1-(t-1)}$  — перемещение к  $(t-1)$  секунде.

$$s_{1-t} = \frac{gt^2}{2}, s_{1-(t-1)} = \frac{g(t-1)^2}{2}.$$

$$\text{Откуда } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} = 3 \text{ с.}$$

$$s_1 = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 5 \text{ м.}$$

$$\begin{aligned}
 s_t &= s_{1-t} - s_{1-(t-1)} = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-1)^2}{2} = \\
 &= g \frac{t^2 - (t-1)^2}{2} = g \frac{t^2 - t^2 + 2t - 1}{2} = g \frac{2t - 1}{2} = \\
 &= 10 \cdot \frac{2 \cdot 3 - 1}{2} = 10 \times \frac{5}{2} = 25 \text{ м.}
 \end{aligned}$$

**Ответ:**  $t = 3$  с,  $s_1 = 5$  м,  $s_t = 25$  м.

## § 14. Движение тела, брошенного вертикально вверх. Невесомость

### Вопросы

1. Сила тяжести действует на все тела, независимо от того подброшено оно вверх или находится в состоянии покоя.

2. Тело подброшенное вверх при отсутствии силы трения движется с ускорением свободного падения  $g$  направленным к земле. Скорость движения тела меняется по закону  $v(t) = v(0) - gt$ , где  $v(t)$  — скорость тела в момент времени  $t$ ,  $v(0)$  — начальная скорость,  $g$  — ускорение свободного падения,  $t$  — время. Сначала тело поднимается вверх, с постепенно уменьшающейся скоростью, потом в высшей точке через время  $0 = v(0) - gt_{1/2} \Rightarrow t_{1/2} = v(0)/g$ , на расстоянии  $s = v(0)t_{1/2} - gt_{1/2}^2/2 = v(0)v(0)/g - gv(0)^2/(2g^2) = v(0)^2/g - gv(0)^2/(2g^2) = (2gv(0)^2)/(2g^2) - gv(0)^2/(2g^2) = gv(0)^2/(2g^2) = v(0)^2/2g$  от поверхности земли его скорость станет равной нулю, а затем тело начнет падать вниз с постепенно увеличивающейся скоростью по закону  $v(t) = gt$  и достигнет поверхности земли через

время  $s = gt^2/2 \Rightarrow t = \sqrt{2s/g} = v(0)/g$ , упав на поверхность земли со скоростью  $v(t_{1/2}) = gt_{1/2} = gv(0)/g = v(0)$ , т.е. с той скоростью, с которой было подброшено, только противоположно направленной.

**3.** Высота подъема зависит от начальной скорости. (Вычисления см. предыдущий вопрос.)

**4.** При свободном движении тела вверх знаки проекций векторов скорости и ускорения противоположны.

**5.** Описания опытов см. стр. 58–59. *Вывод.* Если на тело действует только сила тяжести, то его вес равен нулю, т.е. оно находится в состоянии невесомости.

### Упражнение 14

*Дано:*

$$v_0 = 9,8 \text{ м/с}, g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

*Найти:*

$$t_{v=0}, s_{t_{v=0}} - ?$$

*Решение:*

$$v = v_0 - gt_{v=0} = 0 \Rightarrow t_{v=0} = \frac{v_0}{g} = \frac{9,8}{9,8} = 1 \text{ с.}$$

$$s_{t_{v=0}} = v_0 t_{v=0} - \frac{gt_{v=0}^2}{2} = 9,8 \cdot 1 - \frac{9,8 \cdot 1}{2} = 9,8 - 4,9 = 4,9 \text{ м.}$$

*Ответ:*  $t_{v=0} = 1 \text{ с}, s_{t_{v=0}} = 4,9 \text{ м.}$

## § 15. Закон всемирного тяготения

### Вопросы

**1.** Всемирным тяготением было названо взаимное притяжение всех тел во Вселенной.

2. Силы всемирного тяготения иначе называются гравитационными (от лат. *gravitas* — «тяжесть»).

3. Закон всемирного тяготения был открыт в Исааком Ньютоном в XVII веке.

4. Два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.

5.  $F_{1,2} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ , где  $F_{1,2}$  — сила притяжения между телами,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup> — гравитационная постоянная,  $m_1, m_2$  — массы тел,  $r$  — расстояние между телами.

6. Формулу можно применить для расчета гравитационных сил, если тела можно принять за материальные точки: 1) если размеры тел много меньше чем расстояния между ними; 2) если два тела имеют шарообразную форму и однородны; 3) если одно тело, шарообразной формы во много раз больше по массе и размеру второго.

7. В соответствии с законом всемирного тяготения яблоко притягивает Землю с такой же силой, что и Земля яблоко, только противоположно направленной.

## Упражнение 15

1. Падение тел на землю под действием силы тяжести, притяжение небесных тел (Земли, Луны, солнца, планет, комет, метеоритов) друг к другу.

2. По мере удаления станции от Земли и приближения ее к Луне сила притяжения ее к Земле *уменьшается* а к Луне *увеличивается*, т.к. одно

расстояние уменьшается, а другое растет. Когда станция находится на середине пути, то  $F_{\text{Земля}} = G \frac{mM_{\text{Земля}}}{R^2}$  и  $F_{\text{Луна}} = G \frac{mM_{\text{Луна}}}{R^2}$ , соответственно  $\frac{F_{\text{Земля}}}{F_{\text{Луна}}} = \frac{M_{\text{Земля}}}{M_{\text{Луна}}} = \frac{81}{1} = 81$ , т.е. на середине Земля притягивает станцию в 81 раз сильнее чем Луна.

**3.** Нет, тела притягивают друг друга с одинаковыми силами, т.к. сила притяжения пропорциональна произведению их масс.

**4.** а) да, сила притяжения действовала на всем пути; б) всемирная сила тяготения (притяжение Земли); в) при движении вверх скорость и ускорение тела разнонаправлены, а при движении вниз — сонаправлены.

**5.** Да, все тела притягиваются друг к другу, но сила притяжения человека к Луне много меньше чем к Земле т.к. Луна находится значительно дальше.

## § 16. Ускорение свободного падения на Земле и других небесных телах

### Вопросы

**1.** Притяжение тел к Земле является одним из случаев всемирного тяготения.

**2.** В соответствии с законом всемирного тяготения:  $F_{\text{тяж}} = F_{\text{тяготения}}$ ,  $F_{\text{тяготения}} = G \frac{M_3 m}{r^2}$ ,  $F_{\text{тяж}} = \frac{M_3 m}{r^2}$ , т.е. по мере удаления тела от поверхности Земли сила тяжести будет уменьшаться обратно пропорционально квадрату расстояния (расстояние



измеряется от центра Земли до центра тяжести тела).

3. По формуле  $F_{\text{тяж}} = mg$ ,  $F$  — сила тяжести,  $m$  — масса тела,  $g$  — ускорение свободного падения.

4. Так как Земля немного сплюснута у полюсов, то сила тяжести там будет больше чем на экваторе (поэтому космодромы поближе к экватору).

5. Ускорение свободного падения на Луне  $g_{\text{л}} = G \frac{M_{\text{л}}}{R_{\text{л}}^2}$ , и оно приблизительно в шесть раз меньше чем на Земле.

## Упражнение 16

1.

**Дано:**

$$m_1 = 2,5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 600 \text{ г} = 0,6 \text{ кг}$$

$$m_3 = 1,2 \text{ т} = 1200 \text{ кг}$$

$$m_4 = 50 \text{ т} = 50000 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$F_{\text{тяж}1}, F_{\text{тяж}2}, F_{\text{тяж}3}, F_{\text{тяж}4} \text{ — ?}$$

**Решение:**

$$F_{\text{тяж}1} = gm_1 = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{тяж}2} = gm_2 = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{тяж}3} = gm_3 = 10 \cdot 1200 = 12 \text{ кН.}$$

$$F_{\text{тяж}4} = gm_4 = 10 \cdot 50000 = 500 \text{ кН.}$$

**Ответ:**  $F_{\text{тяж1}} = 25 \text{ Н}$ ,  $F_{\text{тяж2}} = 6 \text{ Н}$ ,  $F_{\text{тяж3}} = 12 \text{ кН}$ ,  
 $F_{\text{тяж4}} = 500 \text{ кН}$ .

**2.**

**Дано:**

$$m = 64 \text{ кг}$$
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$F_{\text{тяж}} - ?$$

**Решение:**

$$F_{\text{тяж}} = gm = 10 \cdot 64 = 640 \text{ Н}.$$

**Ответ:**  $F_{\text{тяж}} = 640 \text{ Н}$ . Земной шар притягивается к человеку с такой же силой.

**3.**

**Дано:**

$$F_{\text{тяж}} = 819,3 \text{ Н}$$
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$m - ?$$

**Решение:**

$$F_{\text{тяж}} = gm \Rightarrow m = \frac{F_{\text{тяж}}}{g} = \frac{819,3}{10} = 81,93 \text{ кг}.$$

**Ответ:**  $m = 81,93 \text{ кг}$ .

**4.** Нет, по данной формуле рассчитывать силу тяжести нельзя, т.к. расстояние от Земли в данном случае сравнимо с ее размерами. Но силу тяжести в данном случае можно рассчитать по формуле  $F_{\text{тяж}} = G \frac{m_{\text{ракеты}} M_{\text{З}}}{(R_{\text{З}} + h)^2}$ , где  $h$  — высота полета ракеты над поверхностью Земли.

5. Нет, на ястреба действует сила тяжести, и если он сложит крылья он спикурует вниз и упадет на землю.

6. Пусть  $\frac{F_0}{F_h} = a$ . Поскольку  $F_{\text{тяж}} \sim \frac{1}{(R_3 + h)^2}$ , то  $\frac{F_0}{F_h} = a = \frac{(R_3 + h)^2}{R_3^2}$  или упрощенно  $a = \frac{(R + h)^2}{R^2} \Rightarrow aR^2 = R^2 + 2hR + h^2 \Rightarrow h^2 + (2R)h + (1 - a)R^2$ .

Решая квадратное уравнение получаем:

$h_{1,2} = \frac{-2R \pm \sqrt{(2R)^2 - 4(1-a)R^2}}{2} = -R \pm \sqrt{a}R = R(-1 \pm \sqrt{a}) \Rightarrow h_1 = R(\sqrt{a} - 1), h_2 = -R(\sqrt{a} + 1)$ . Второй корень отбрасываем, так как он всегда отрицателен, следовательно  $h = (\sqrt{F_0/F_h} - 1)R$ .

Таким образом если  $F_0/F_h = 4$ , то  $h = (\sqrt{4} - 1)R = (2 - 1)R = R$ , а при  $F_0/F_h = 9 \Rightarrow h = (\sqrt{9} - 1)R = (3 - 1)R = 2R$ .

## § 18. Прямолинейное и криволинейное движение

### Вопросы

1. Шарик приобретает скорость и движется от точки  $B$  к точке  $A$  под действием силы упругости  $F_{\text{упр}}$ , возникающей из-за растяжения шнура. Ускорение  $\vec{a}$ , скорость шарика  $\vec{v}$  и действующая на него сила упругости  $\vec{F}_{\text{упр}}$ , направлены от точки  $B$  к точке  $A$ , и поэтому шарик движется по прямой.

2. Сила упругости  $F_{\text{упр}}$  в шнуре возникает из-за его растяжения, она направлена вдоль шнура по направлению к точке  $O$ . Вектор скорости  $\vec{v}$  и сила упругости  $F_{\text{упр}}$  лежат на пересекающихся прямых,

скорость направлена по касательной к траектории, а сила упругости к точке  $O$ , поэтому шарик движется криволинейно.

**3.** Тело под действием силы движется прямолинейно если его скорость  $\vec{v}$  и сила  $\vec{F}$ , действующая на него, направлены вдоль одной прямой, и, криволинейно если они направлены вдоль пересекающихся прямых.

### **Упражнение 17**

**1.** Сила  $\vec{F}$  подействовала в направлении  $3$ , т.к. у шарика появилась составляющая скорости перпендикулярная к начальному направлению скорости.

**2.** На участках  $0-3$ ,  $7-9$ ,  $10-12$ ,  $16-19$  на шарик действовала внешняя сила изменяющая направление его движения. На участках  $7-9$  и  $10-12$  на шарик действовала сила, которая с одной стороны изменяла его направление а с другой тормозила его движение в направлении по которому он двигался.

**3.** Сила действовала на участках  $AB$  и  $CD$ , так как шарик изменил направление, однако и на других участках могла действовать сила, но не изменяющая направление, а изменяющая скорость его движения, что не отразилось бы на его траектории.

## **§ 19. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью**

### **Вопросы**

**1.** С помощью опыта с вращающимся точильным камнем. Искры вырывающиеся из-под металлического прута, приложенному к точильному камню, направлены по касательной к окружности камня.

2. Ускорение тела  $\vec{v}$  при его движении по окружности с постоянной по модулю скоростью  $|\vec{v}|$  направленно по радиусу окружности к ее центру и называется *центростремительным*.

3. По формуле  $a_{ц.с.} = \frac{v^2}{r}$ , где  $a_{ц.с.}$  — модуль вектора центростремительного ускорения,  $v$  — скорость движения тела по окружности,  $r$  — радиус окружности по которой движется тело.

4. Сила направлена от тела по радиусу окружности, к центру этой окружности и равна:  $F_{ц.с.} = \vec{a}_{ц.с.} m = \frac{mv^2}{r}$ .

### Упражнение 18

1.

**Дано:**

$$r = 21 \text{ см} = 0,21 \text{ м}$$

$$v = 20 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$a_{ц.с.} \text{ — ?}$$

**Решение:**

$$a_{ц.с.} = \frac{v^2}{r} = \frac{20^2}{21} \approx 19,05 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a_{ц.с.} = 19,05 \text{ м/с}^2$ .

2.

**Дано:**

$$R = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$t = 60 \text{ с}$$

**Найти:**

$$a_{ц.с.} \text{ — ?}$$

**Решение:**

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{r},$$

$$v = l/t,$$

$$l = 2\pi R.$$

**Ответ:** Следовательно  $a_{\text{ц.с.}} \approx 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ .

$$\begin{aligned} 3. \frac{a_R}{a_{R/2}} &= \frac{\frac{v_R^2}{R}}{\frac{v_{R/2}^2}{R/2}} = \frac{\frac{(l_R/t)^2}{R}}{\frac{(l_{R/2}/t)^2}{R/2}} = \frac{\frac{(2\pi R)^2/t^2}{R}}{\frac{(2\pi R/2)^2/t^2}{R/2}} = \frac{\frac{R^2}{R}}{\frac{(R/2)^2}{R/2}} = \\ &= \frac{R}{R/2} = 2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \frac{a_{\text{сек}}}{a_{\text{мин}}} &= \frac{v_{\text{сек}}^2/R}{v_{\text{мин}}^2/R} = \frac{v_{\text{сек}}^2}{v_{\text{мин}}^2} = \frac{(2\pi R)^2/t_{\text{сек}}^2}{(2\pi R)^2/t_{\text{мин}}^2} = \\ &= \left(\frac{t_{\text{мин}}}{t_{\text{сек}}}\right)^2 = \left(\frac{3600}{60}\right)^2 = 3600. \end{aligned}$$

Следовательно секундная стрелка движется с большим ускорением.

5.

**Дано:**

$$M_3 = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$M_{\text{Л}} = 7,0 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

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

$$R_{\text{ЛЗ}} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$$

**Найти:**

$$F_{\text{ЗЛ}}, a_{\text{ц.с. Л}}, v_{\text{Л}} - ?$$

**Решение:**

$$\begin{aligned} \text{а) } F_{\text{ЗЛ}} &= G \frac{M_3 M_{\text{Л}}}{R_{\text{ЛЗ}}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \\ &\times \frac{6,0 \cdot 10^{24} \cdot 7,0 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} \approx 1,9 \cdot 10^{20} \text{ Н}. \end{aligned}$$

$$\text{б) } F_{3Л} = a_{\text{ц.с. Л}} M_{\text{Л}} \Rightarrow a_{\text{ц.с. Л}} = \frac{F_{3Л}}{M_{\text{Л}}} = \frac{1,9 \cdot 10^{20}}{7,0 \cdot 10^{22}} =$$

$$= 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2.$$

$$\text{в) } a_{\text{ц.с. Л}} = \frac{v_{\text{Л}}^2}{R_{\text{ЛЗ}}} \Rightarrow v_{\text{Л}} = \sqrt{a_{\text{ц.с. Л}} R_{\text{ЛЗ}}} =$$

$$= \sqrt{2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 3,84 \cdot 10^8} = 1018,23 = 1 \text{ км/с.}$$

**Ответ:**  $F_{3Л} \approx 1,9 \cdot 10^{20}$  Н,  $a_{\text{ц.с. Л}} \approx 2,7 \cdot 10^{-3}$  м/с<sup>2</sup>,  
 $v_{\text{Л}} \approx 1$  км/с.

## § 20. Искусственные спутники Земли

### Вопросы

1. В безвоздушном космическом пространстве силы трения практически равны нулю, поэтому планеты, их спутники, кометы, астероиды и др. двигаются по замкнутым траекториям под действием сил всемирного тяготения (Земля вокруг Солнца, Луна вокруг Земли, комета Галлея вокруг Солнца и др.).

2. Скорость спутников направлена по окружности и достаточно высока, поэтому они не падают на Землю под действием силы тяжести.

3. Так как обращение спутника вокруг Земли происходит под действием только силы тяжести, то такое движение можно считать свободным падением.

4. Чтобы физическое тело стало искусственным спутником Земли необходимо сообщить ему первую космическую скорость.

$$5. a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{r}; \quad a_{\text{ц.с.}} = g; \quad r = R_3 \Rightarrow g = \frac{v^2}{R_3} \Rightarrow$$

$v = \sqrt{gR_3}$ , где  $v$  — первая космическая скорость,  $g$  — ускорение свободного падения на поверхности Земли,  $R_3$  — радиус Земли. Если же высота на которой движется спутник  $h$  сравнима с  $R_3$ , то

$$r = R_3 + h; \quad g = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2};$$

$$v = \sqrt{G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2} (R_3 + h)} = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}.$$

6. Спутник обладающий точно первой космической скоростью будет двигаться вокруг Земли по круговой орбите. С увеличением скорости он будет двигаться по эллипсу. При достижении точно второй космической скорости по дуге параболы и при превышении этой скорости по гиперболе относительно Земли.

## Упражнение 19

1.

*Дано:*

$$h = 2600 \text{ км} = 2600000 \text{ м} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$M_3 = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$R_3 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

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

*Найти:*

$$v - ?$$



**Решение:**

$$\begin{aligned}v &\approx \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}} = \\&= \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6,0 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^6 + 2,5 \cdot 10^6}} = \\&= \sqrt{\frac{4,002 \cdot 10^{14}}{8,9 \cdot 10^6}} = \sqrt{4,49663 \cdot 10^7} = 6705 \text{ м/с} = \\&= 6,7 \text{ км/с}.\end{aligned}$$

**Ответ:**  $v \approx 6,7 \text{ км/с}$ .

**2.**

**Дано:**

$$g_{\text{л}} = 1,6 \text{ м/с}^2$$

$$v = 1,67 \text{ км/с} = 1670 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$R_{\text{л}} - ?$$

**Решение:**

$$\begin{aligned}g_{\text{л}} = \frac{v^2}{R_{\text{л}}} \Rightarrow R_{\text{л}} = \frac{v^2}{g_{\text{л}}} &\approx \frac{1670^2}{1,6} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ м} = \\&= 1740 \text{ км}.\end{aligned}$$

**Ответ:**  $R_{\text{л}} \approx 1740 \text{ км}$ .

## § 21. Импульс тела. Закон сохранения импульса

**Вопросы**

1. Импульсом тела  $\vec{p}$  называется векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость:  $\vec{p} = m\vec{v}$ .

2. Направление вектора скорости  $\vec{v}$  совпадает с направлением вектора скорости  $\vec{v}$  движущегося тела.

3. За единицу импульса в СИ принимают импульс тела массой 1 кг, движущегося со скоростью 1 м/с, т.е. 1 кг·м/с (килограмм-метр в секунду).

4. Описание опыта см. стр. 79–80. *Вывод.* Этот опыт свидетельствует, что импульс системы из двух шариков остается постоянным.

5. Под замкнутой системой понимается такая система на которую не действуют внешние силы. Иными словами тела образуют замкнутую систему, если они взаимодействуют только друг с другом.

6. В любой замкнутой системе векторная сумма импульсов тел сохраняется постоянной.  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots = \text{const}$ , где  $\vec{p}_i$  — импульс  $i$ -го тела.

7.  $m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ , где  $m_1, m_2$  — массы соответственно первого и второго взаимодействующего тела,  $\vec{v}_{01}, \vec{v}_{02}$  — их скорости до взаимодействия,  $\vec{v}_1, \vec{v}_2$  — скорости этих тел после взаимодействия.

## Упражнение 20

1.

*Дано:*

$$m_1 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$v_{1x} = 0,1 \text{ м/с}$$

$$v_{2x} = -0,1 \text{ м/с}$$

*Найти:*

$$p_{1x}, p_{2x} \text{ — ?}$$

**Решение:**

$$p_{1x} = m_{1x}v_{1x} = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$

$$p_{2x} = m_{2x}v_{2x} = -0,2 \cdot 0,1 = -0,02 \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$

**Ответ:**  $p_{1x} = 0,02 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ ,  $p_{2x} = -0,02 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .  
Векторы импульсов противоположно направлены — значит не равны, а модули равны.

**2.**

**Дано:**

$$v_1 = 54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$\Delta p - ?$$

**Решение:**

$$\Delta p = p_2 - p_1 = mv_2 - mv_1 = m(v_2 - v_1) = 1000 \times \\ \times (20 - 15) = 5000 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$$

**Ответ:**  $\Delta p = 5000 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

**3.** Так как импульс системы до начала движения человека  $p = 0$ , то после его движения, по закону сохранения импульса лодка должна начать двигаться в противоположном направлении.

**4.**

**Дано:**

$$m_1 = 35 \text{ т} = 35000 \text{ кг}$$

$$m_2 = 28 \text{ т} = 28000 \text{ кг}$$

$$v_{1+2} = 0,5 \text{ м/с}$$

$$v_{02} = 0 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$v_{01} - ?$$

### **Решение:**

По закону сохранения импульса:

$$\begin{aligned} m_1 v_{01} + m_2 v_{02} &= m_1 v_{1+2} + m_2 v_{1+2} \Rightarrow m_1 v_{01} = \\ &= v_{1+2}(m_1 + m_2) \Rightarrow v_{01} = \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \cdot v_{1+2} = \\ &= \frac{35000 + 28000}{35000} \cdot 0,5 = 0,9 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

**Ответ:**  $v_{01} = 0,9 \text{ м/с.}$

## **§ 22. Реактивное движение. Ракеты**

### **Вопросы**

1. Пусть надутый шарик находится в состоянии покоя. При открытии отверстия из него начинает вырываться воздух в сторону от шарика со скоростью  $\vec{v}$ , и следовательно обладающим импульсом  $\vec{p}_{\text{воз.}}$ . Так как система замкнута (в ней только шарик и воздух вырывающийся из него), то выполняется закон сохранения импульса:  $0 = \vec{p}_{\text{воз.}} + \vec{p}_{\text{шар.}}$  (шарик находился в состоянии покоя, поэтому начальный импульс системы равен нулю). Следовательно шарик будет лететь в противоположную от струи воздуха сторону. (Импульс шарика  $\vec{p}_{\text{шар.}}$  направлен в противоположную сторону).

2. В природе в качестве примера можно привести реактивное движение у растений: созревшие плоды бешеного огурца; и животных: кальмары, осьминоги, медузы, каракатицы и др. (животные передвигаются, выбрасывая всасываемую ими воду). В технике простейшим примером реактивного

движения является *сегнеровое колесо*, более сложными примерами являются: движение ракет (космических, пороховых, военных), водных средств передвижения с водометным двигателем (гидромотоциклов, катеров, теплоходов), воздушных средств передвижения с воздушно-реактивным двигателем (реактивных самолетов).

**3.** Ракеты используются в различных областях науки и техники: в военном деле, в научных исследованиях, в космонавтике, в спорте и развлечениях.

**4.** Космический корабль, приборный отсек, бак с окислителем, бак с горючим, насосы, камера сгорания, сопло.

**5.** В соответствии с законом сохранения импульса ракета летит за счет того, что из нее выталкиваются с большой скоростью газы, обладающие определенным импульсом, и ракете сообщается импульс такой же величины, но направленный в противоположную сторону. Газы выбрасываются через сопло, в котором сгорает топливо достигая при этом высокой температуры и давления. В сопло поступают топливо и окислитель, нагнетаемые туда насосами.

**6.** Скорость ракеты зависит в первую очередь от скорости истечения газов и массы ракеты. Скорость истечения газов зависит от типа топлива и типа окислителя. Масса ракеты зависит например от того какую скорость ей хотят сообщить или от того, как далеко она должна улететь.

**7.** Многоступенчатые ракеты способны развивать большую скорость и лететь дальше одноступенчатых.

8. Посадка космического корабля осуществляется таким образом, чтобы его скорость по мере приближения к поверхности снижалась. Это достигается использованием тормозной системы, в роли которой может выступать или парашютная система торможения или торможение может быть осуществлено с помощью ракетного двигателя, при этом сопло направляется вниз (к Земле, Луне и т. д.), за счет чего гасится скорость.

### Упражнение 21

1.

**Дано:**

$$v_{л+ч} = 2 \text{ м/с}$$

$$v_B = 8 \text{ м/с}$$

$$m_B = 5 \text{ кг}$$

$$m_{л+ч} = 200 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$v_{л+ч} - ?$$

**Решение:**

По закону сохранения импульса и принимая во внимание, что до броска лодка двигалась с веслом получаем:

$$\begin{aligned} (m_{л+ч} + m_B)v_{л+ч} &= m_{л+ч}v_{л+ч} - m_Bv_B \Rightarrow v_{л+ч} = \\ &= \frac{(m_{л+ч} + m_B)v_{л+ч} + m_Bv_B}{m_{л+ч}} = \frac{(200+5) \cdot 2 + 5 \cdot 8}{200} = \\ &= \frac{410 + 40}{200} = \frac{450}{200} = \frac{45}{20} = 2,25 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

**Ответ:**  $v_{л+ч} = 2,25 \text{ м/с}$

**2.**

**Дано:**

$$m_{\text{оболочки}} = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}$$

$$m_{\text{пороха}} = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$v_{\text{пороха}} = 100 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$v_{\text{оболочки}} - ?$$

**Решение:**

Из закона сохранения импульса

$$\begin{aligned} 0 &= m_{\text{оболочки}}v_{\text{оболочки}} - m_{\text{пороха}}v_{\text{пороха}} \Rightarrow v_{\text{оболочки}} = \\ &= \frac{m_{\text{пороха}}v_{\text{пороха}}}{m_{\text{оболочки}}} = \frac{0,1 \cdot 100}{0,3} \approx 33,3 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $v_{\text{оболочки}} \approx 33,3 \text{ м/с}$ .

**3.** На штатив с помощью держателя прикрепили воронку с присоединенной к ней снизу резиновой трубкой с искривленной насадкой на конце, а снизу разместили лоток. Затем сверху в воронку из емкости стали лить воду, при этом вода выливалась из трубки в лоток, а сама трубка из вертикального положения сместилась. Этот опыт служит иллюстрацией реактивного движения основанного на законе сохранения импульса.

**4.** а) дальность полета воды в струе будет уменьшаться; б) по мере вытекания воды трубка будет приближаться к горизонтальному положению. Эти явления связаны с тем, что давление воды в трубке будет уменьшаться, а следовательно и импульс с которым выбрасывается вода.

## § 23. Вывод закона сохранения полной механической энергии

### Вопросы

1. Полной механической (или механической) энергией тела или система тел называется сумма потенциальных ( $mgh$ ) и кинетических  $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$  энергий тела или системы тел.

$$E_{\text{полн}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

2. Механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной, если между телами системы действуют только силы тяготения и силы упругости

$$E_{\text{полн}} = \text{const}$$

3. Кинетическая и потенциальная энергия замкнутой системы могут меняться, преобразуясь друг в друга.

### Упражнение 22

1.  $\sum E_{\text{пот.}} + \sum E_{\text{кин.}} = \text{const}$  или  $mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$ .

2.

**Дано:**

$$h_0 = 36 \text{ м}$$

$$h_1 = 31 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$v - ?$$



**Решение:**

**I способ**

$$v = gt$$

$$h_0 - h_1 = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(h_0 - h_1)}{g}}$$

$$v = g\sqrt{\frac{2(h_0 - h_1)}{g}} = \sqrt{2(h_0 - h_1)g} = \\ = \sqrt{2(36 - 31) \cdot 10} = \sqrt{100} = 10 \text{ м/с.}$$

**II способ**

$$mgh_0 = mgh_1 + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2(h_0 - h_1)g} = \\ = 10 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 10 \text{ м/с.}$

**3.**

**Дано:**

$$v_0 = 5 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$h - ?$$

**Решение:**

**I способ**

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{g}$$

$$h = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{5^2}{2 \cdot 10} = 1,25 \text{ м.}$$

**II способ**

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} = 1,25 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $h = 1,25 \text{ м.}$

## ГЛАВА II. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ЗВУК

### § 24. Колебательное движение

#### Вопросы

1. В качестве примеров колебательных движений можно привести: движение иглы швейной машины, качелей, маятника часов; колебание деревьев и листьев под действием ветра; колебание струн музыкальных инструментов; биение сердца и дыхание.

2. Утверждение о том, что колебательное движение периодически означает, что оно повторяется через определенные одинаковые промежутки времени.

3. Периодом колебаний называется минимальный промежуток времени, через который это движение повторяется.

4. Тела на рисунке совершают колебательное движение при этом проходя через положение равновесия.

### § 25. Свободные колебания.

#### Колебательные системы. Маятник

#### Вопросы

1. В точках  $B$ ,  $C$  пружина растянута, на тело действует сила упругости (сила растяжения).

В точках  $D$ ,  $A$  пружина сжата, на тело действует сила упругости (сила сжатия). В точке  $O$  пружина не растянута и не сжата, сила упругости не действует (точка равновесия).

**2.** При приближении шарика к точке  $O$  направления скорости и ускорения шарика совпадают, поэтому скорость увеличивается. При удалении шарика от точки  $O$  скорость и ускорение разнонаправлены, поэтому скорость уменьшается. Ускорение обусловлено силой упругости.

**3.** Шарик не останавливается так как он при прохождении точки равновесия обладает скоростью, но на него в этой точке не действует сила упругости.

**4.** Свободными называются колебания происходящие благодаря только начальному запасу энергии.

**5.** Колебательными системами называют такие системы тел, которые способны совершать свободные колебания.

**6.** Под маятником понимают твердое тело, совершающее под действием приложенных сил колебания около неподвижной точки или вокруг оси.

**7.** В колебательную систему пружинный маятник входит тело и пружина к которому оно прикреплено. В колебательную систему нитяной маятник входит тело и нить к которому оно подвешено.

### **Упражнение 23**

**1.** Колебательные системы — б), г), е). Не колебательные системы — а), в), д).

2. а) колебания происходят по действием силы упругости шнуров; б) нет, такая сила не возникла бы; в) в эту колебательную систему входят шнуры и диск; г) да, такая система является маятником.

## § 26. Величины, характеризующие колебательное движение

### Вопросы

1. Амплитудой колебания называется наибольшее по модулю отклонение колеблющегося тела от положения равновесия. Она обозначается буквой  $A$  и в системе СИ измеряется в метрах (м), но можно измерять и в сантиметрах, а также и в градусах.

Периодом колебания называется промежуток времени в течении которого тело совершает полное колебание. Он обозначается буквой  $T$  и в системе СИ измеряется в секундах (с).

Частотой колебания называется число колебаний в единицу времени. Она обозначается буквой  $\nu$  (ню) и в системе СИ измеряется в герцах (Гц,  $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$ ).

2. Полное колебание — это колебание за время  $T$  (период колебания).

3. Период и частота колебания связаны соотношением  $T = \frac{1}{\nu}$ .

4. а) частота колебания маятника  $\nu$  уменьшается с увеличением длины нити  $l$ ; б) период  $T$  колебания маятника растет с увеличением длины нити  $l$ .

**5.** Частота свободных колебаний называется собственной частотой колебательной системы. Например, если отклонить груз нитяного маятника от положения равновесия и отпустить, то он будет колебаться с собственной частотой, если же грузу сообщить определенную, отличную от нуля скорость, то он будет колебаться с другой частотой.

**6.** Если маятники колеблются в противоположных фазах, то в любой момент времени их скорости будут направлены противоположно друг другу, и наоборот, если они колеблются в одинаковых фазах, то их скорости сонаправлены.

### Упражнение 24

**1.** В одинаковых фазах колеблется система б).  
В противоположных фазах системы а), в), г)

**2.**

**Дано:**

$$\nu = 2 \text{ Гц}$$

**Найти:**

$$T - ?$$

**Решение:**

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $T = 0,5 \text{ с.}$

**3.**

**Дано:**

$$T = 0,5 \text{ с}$$

**Найти:**

$$\nu - ?$$

**Решение:**

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $\nu = 2 \text{ Гц.}$

**4.**

**Дано:**

$$n = 600$$

$$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

**Найти:**

$$\nu - ?$$

**Решение:**

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{t}{n}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \frac{600}{60} = 10 \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $\nu = 10 \text{ Гц.}$

**5.**

**Дано:**

$$A = 3 \text{ см, } t_1 = \frac{1}{4}T, t_2 = \frac{1}{2}T, t_3 = \frac{3}{4}T, t_4 = T$$

**Найти:**

$$s_{\frac{1}{4}T}, s_{\frac{1}{2}T}, s_{\frac{3}{4}T}, s_T - ?$$

**Решение:**

Очевидно, что за время  $t_4 = T$  груз пройдет путь равный  $s_T = 4A = 4 \cdot 3 = 12 \text{ см,}$

следовательно: при  $t_1 = \frac{1}{4}T -$

$$s_{\frac{1}{4}} = s_T \cdot \frac{1}{4} = \frac{12}{4} = 3 \text{ см, при } t_2 = \frac{1}{2}T -$$

$$s_{\frac{1}{2}} = s_T \cdot \frac{1}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ см, при } t_3 = \frac{3}{4}T -$$

$$s_{\frac{3}{4}} = s_T \cdot \frac{3}{4} = 9 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $s_{\frac{1}{4}T} = 3 \text{ см, } s_{\frac{1}{2}T} = 6 \text{ см, } s_{\frac{3}{4}T} = 9 \text{ см, } s_T = 12 \text{ см.}$

**6.**

**Дано:**

$$A = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\nu = 0,5 \text{ Гц}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

**Найти:**

$$S - ?$$

**Решение:**

$$S(t) = 4A \frac{t}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

Следовательно

$$S(t) = 4A \frac{t}{T} = 4A\nu t = 4 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,4 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $S = 0,4 \text{ м.}$

**7.** Постоянными величинами являются — амплитуда, частота, период. Переменными — скорость и сила.

## § 27. Гармонические колебания

**Вопросы**

**1.** Опыт изображенный на рис. 59 ставится с целью выяснить, по какому закону меняются координаты колебаний пружинного маятника и как

графически выглядит данная зависимость. Он выполняется в следующем порядке: 1) в воронку прикрепленную к пружинному маятнику насыпают песок или наливают красящую жидкость. Под него кладут длинную бумажную ленту; 2) маятник приводят в движение, а ленту перемещают с постоянной скоростью в направлении перпендикулярном плоскости колебаний. В результате опыта получается кривая показанная на рис. 60, и называемая синусоидой.

**2.** Кривая линия изображенная на рис. 60 называется синусоидой. Отрезку  $OA$  — соответствует амплитуда колебаний  $A$ , а отрезку  $OT$  — период колебаний.

**3.** Гармоническими колебаниями называются колебания при которых физическая величина изменяется во времени по закону синуса или косинуса.

**4.** С помощью опыта изображенного на рис. 61 можно показать, что колебания нитяного маятника происходят по закону синуса или косинуса, то есть являются гармоническими.

**5.** Математическим маятником называется маятник состоящий из материальной точки, колеблющийся на не меняющемся от времени расстоянии от точки подвеса (на невесомой нерастяжимой нити или на невесомом стержне).

**6.** Реальный нитяной маятник будет совершать колебания близкие к гармоническим, если он: 1) представляет собой тяжелый шарик, масса которого во много раз больше нити на которой он подвешен; 2) эта нить плохо растяжима; 3) ее длинна



значительно больше диаметра шарика; 4) амплитуда колебаний незначительна; 5) трение в системе мало (трение в точке подвеса нити и трение шарика и нити о воздух).

7. При совершении телом гармонических колебаний сила, ускорение и скорость меняются по закону синуса или косинуса. Сила и ускорение соответственно достигают максимальных значений в крайних положениях, а скорость при прохождении точки равновесия.

## § 28. Затухающие колебания

### Вопросы

1. При приближении шарика к положению равновесия его скорость  $v$  увеличивается (так как скорость и ускорение сонаправлены), следовательно увеличивается и его кинетическая энергия  $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$ .

2. Если потерь энергии нет, то согласно закону сохранения полной механической энергии она остается постоянной и равна той, которая была у колебательной системы вначале.

3. В реальных условиях тело не может совершать колебательные движения без потерь энергии, часть ее расходуется на преодоления сил трения, преобразуясь в внутреннюю энергию (нагревается).

4. Амплитуда затухающих колебаний с течением времени уменьшается.

5. В воде сила сопротивления больше чем в воздухе (так как вода плотнее), поэтому в ней быстрее прекратятся колебания маятника.

## Упражнение 25

1.

Направление движения маятника	$F_{\text{упр}}$	$v$	$E_{\text{пот}}$	$E_{\text{кин}}$	$E_{\text{пол}}$	
					С трением	Без трения
От $B$ к $O$	<	>	<	>	<	const
От $O$ к $A$	>	<	>	<	<	const
От $A$ к $O$	<	>	<	>	<	const
От $O$ к $B$	>	<	>	<	<	const

2. а)  $E_{\text{п}}^A = 0,01$  Дж,  $E_{\text{п}}^O = 0$  Дж; б)  $E_{\text{к}}^B = 0$  Дж,  $E_{\text{к}}^O = 0,01$  Дж,  $E_{\text{к}}^A = 0$  Дж; в)  $E_{\text{полн}}^A = E_{\text{полн}}^B = E_{\text{полн}}^C = E_{\text{полн}}^D = E_{\text{полн}}^O = 0,01$  Дж.

## § 29. Вынужденные колебания

### Вопросы

1. Свободные колебания не могут быть незатухающими, так как часть энергии всегда уходит на преодоление сил трения.

2. Для того чтобы колебания были незатухающими необходимо восполнять потерю энергии, например прикладывая периодически к телу внешнюю силу.

3. Вынужденными колебаниями называются колебания происходящие под действием внешней периодически изменяющейся силы.

4. Вынуждающей силой называется внешняя, периодически изменяющаяся сила вызывающая вынужденные колебания.

5. Колебания установились, если амплитуда и частота вынужденных колебаний перестают изменяться.

6. Частота установившихся вынужденных колебаний и частота вынуждающей силы равны.

7. Вынужденные колебания совершают поршни в двигателе, швейная игла, мембрана звукового динамика, лопасти ветряной мельницы.

8. Вынужденные колебания происходят до тех пор, пока действует вынуждающая сила.

### Упражнение 26

1. Свободные колебания — б), г) е). вынужденные — а) — е). Вынужденные колебания могут совершать все тела т.к. они происходят под действием внешней периодической силы, а возможность системы совершать свободные колебания зависит от того есть ли в этой системы силы способные возвращать ее в первоначальное состояние (упругость ветки, пружины, бортики чашки).

2. а) да, такие колебания могут происходить, например раскачивание качелей или маятник часов; б) нет, такие колебания происходить не могут по определению.

## § 30. Резонанс

### Вопросы

1. *Цель опыта.* Демонстрация явления резонанса. *Ход опыта:* 1) колебания маятника 1, через нить, передаются маятнику 2, длина нити которого

неизменна, вызывая его колебания; 2) при уменьшении длины нити маятника 1 частота его колебаний начнет приближаться к собственной частоте маятника 2; 3) при этом амплитуда вынужденных колебаний маятника 2 будет возрастать; 4) в момент, когда частота вынуждающей силы маятника 1 совпадет с частотой собственных колебаний маятника 2 (одинаковая длина нитей маятников) маятники будут колебаться в одинаковых фазах; 5) при дальнейшем уменьшении длины нити маятника 1 частота колебаний маятника 2 будет уменьшаться.

**2.** Явление резонанса заключается в том, что при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой системы амплитуда вынужденных колебаний достигает своего максимального значения.

**3.** В резонанс колеблется маятник 1, так как его длина нити равна длине нити маятника 3.

**4.** Понятие резонанса применимо к вынужденным колебаниям.

**5.** Вредное проявление резонанса можно увидеть на примере разрушения мостов, высотных сооружений, затопления пароходов на волнах. Положительное явление резонанса проявляется например при настройке музыкальных инструментов с помощью камертона, в радиоэлектронике.

## **Упражнение 27**

**1.** а) маятники 1, 2 и 4 будут совершать вынужденные колебания, т.к. они колеблются под действием шнура; б) вынуждающая сила возникает

благодаря колебанию маятника; в) частота маятника 1 равна частоте маятника 3, частота маятника 2 больше частоты маятника 3, частота маятника 1 меньше частоты маятника 3; г) т.к. их длины одинаковы, то их собственные частоты совпадают и они колеблются в резонансе.

2. Вода начинает расплескиваться когда частота шагов мальчика совпадет с собственной частотой колебаний ведра с водой в руках мальчика. Если частоты не совпадают, то ведро перестает сильно раскачиваться.

3. Период колебаний качелей  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0,5} = 2$  с, следовательно их надо подталкивать через промежутки времени  $\Delta t = T = 2$  с.

## § 31. Распространение колебаний в среде. Волны

### Вопросы

1. *Волнами* называются возмущения, распространяющиеся в пространстве и удаляющиеся от места их возникновения.

2. В бегущей волне любой природы происходит *перенос энергии* без переноса вещества.

3. В бегущей волне *перенос вещества* не происходит.

4. *Упругие волны* — это механические волны распространяющиеся в упругой среде.

5. Электромагнитные волны, волны на поверхности воды.

## § 32. Продольные и поперечные волны

### Вопросы

1. *Продольными волнами* называются такие волны, в которых колебания частиц происходят вдоль направления их распространения, например, колебания витков в пружине, звуковые (акустические) волны.

*Перечными волнами* называются такие волны, в которых колебания частиц происходят перпендикулярно направлению их распространения, например, волны на поверхности воды, электромагнитные волны.

2. Волнами сдвига являются поперечные волны. Волнами сжатия и растяжения являются продольные волны.

3. Упругие поперечные волны могут распространяться только в твердой среде. Упругие продольные волны могут распространяться в твердой, жидкой или газообразной среде.

4. В жидкой и газообразных средах не возникают упругие силы при сдвиге.

## § 33. Длина волны.

### Скорость распространения волн

### Вопросы

1. Длинной волны называется расстояние между двумя ближайшими точками колеблющимися в одинаковых фазах.

2. Длина волны обозначается греческой буквой  $\lambda$  (лямбда).

3. Колебательный процесс распространяется на расстояние равное длине волны  $\lambda$  за период полного колебания  $T$ .

4. Длину волны можно рассчитать по формулам:  $\lambda = vT$ , где  $\lambda$  — длина волны,  $v$  — скорость распространения колебаний,  $T$  — период колебаний.

Скорость распространения поперечных и продольных волн рассчитывают по формулам:  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$ , где  $v$  — скорость волны,  $\lambda$  — длина волны,  $T$  — период колебаний,  $\nu$  — частота колебаний.

5. Длина продольной волны на рис. 69 равна расстоянию между точками 1 и 2 (максимум волны) и 3 и 4 (минимум волны).

## Упражнение 28

1.

**Дано:**

$$\lambda = 270 \text{ м}$$

$$T = 13,5 \text{ с}$$

**Найти:**

$$v - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{270}{13,5} = 20 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 20 \text{ м/с.}$

**2.**

**Дано:**

$$\nu = 200 \text{ Гц}, v = 340 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$\lambda - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{340}{200} = 1,7 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $\lambda = 1,7 \text{ м.}$

**3.**

**Дано:**

$$v = 1,5 \text{ м/с}, \lambda = 6 \text{ м}$$

**Найти:**

$$T - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = vT \Rightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{6}{1,5} = 4 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $T = 4 \text{ с.}$

## § 34. Источники звука. Звуковые колебания

### Вопросы

1. В первом опыте (рис. 70) зажатая в тиски металлическая линейка издает звук при ее колебании. Во втором опыте (рис. 71) можно наблюдать колебания струны, которая при этом тоже издает звук. В третьем опыте (рис. 72) наблюдается звучание камертона. В четвертом опыте (рис. 73) колебания



камертона «записываются» на закопченную пластинку. Все эти опыты демонстрируют колебательный характер возникновения звука. Звук появляется в результате колебаний. В четвертом опыте это можно еще и наглядно наблюдать. Острие иглы оставляет след в виде близком к синусоиде. При этом звук не появляется ниоткуда, а порождается источниками звука: линейкой, струной, камертоном.

2. Любой источник звука обязательно колеблется.

3. Звуковыми называются механические колебания с частотами от 16 Гц до 20 000 Гц, так как в данном частотном диапазоне они воспринимаются человеком.

4. Колебания с частотами более 20 000 Гц называются ультразвуковыми, а с частотами ниже 16 Гц — инфразвуковыми.

5. Для измерения глубины моря методом эхолокации на судно помещают излучатель и приемник ультразвука. Излучатель дает короткие ультразвуковые сигналы, распространяющиеся в воде со скоростью  $v$  (скорость звука в воде), пройдя расстояние  $h$  сигнал отражается от дна и достигает приемника пройдя еще расстояние  $h$  за время  $t$ , т.о.  $2h = vt$ , следовательно глубина моря:

$$h = \frac{vt}{2}.$$

## Упражнение 29

Частота колебаний крыльев комара 600 Гц (600 взмахов в секунду), воробья 13 Гц, а человеческое ухо воспринимает звуки от 16 Гц.

## § 35. Высота и тембр звука

### Вопросы

1. В опыте на рис. 70 мы имеем линейку, зажатую в тиски, и издающую звук при колебании. Перемещая линейку в тисках, таким образом чтобы ее колеблющийся кусок уменьшился, мы замечаем что при колебании более короткой части линейки издаваемый ею звук становится выше, а частота колебаний увеличивается. Из этого опыта можно сделать вывод, что *при увеличении частоты колебаний увеличивается высота звука.*

2. В опыте на рис. 75 при соприкосновении картонной пластины с вращающимся зубчатым диском слышится звук, раздающийся в результате колебаний пластины. При увеличении скорости вращения зубчатого диска *увеличивается частота колебаний и соответственно увеличивается высота звука.*

3. Камертона с более высоким звуком на закопченной пластинке будет оставлять более частый след, т.е. колеблется с большей частотой (см. рис. 76).

4. *Высота звука зависит от частоты колебаний.*

5. *Чистым тоном* называется звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.

6. *Основной тон* — частотная составляющая сложного звука с самой низкой (малой) частотой колебания.

*Обертоны* — совокупность частотных составляющих звука без его основного тона. Частоты обертонов кратны частоте основного тона.

7. *Высота звука* определяется высотой основного тона.

8. *Тембр звука* — обертоновая окраска звука; специфическая характеристика музыкального звука. Тембр звука определяется совокупностью его обертонов.

### **Упражнение 30**

1. Чем выше частота, тем выше звук. Следовательно *комар* машет крыльями чаще.

2. Высота звука уменьшится, т.к. уменьшится частота вращения циркулярной пилы.

3. При повышении температуры гитарная струна растягивается, следовательно увеличивается период колебаний, а значит *уменьшается* частота и *высота звука*.

## **§ 36. Громкость звука**

### **Вопросы**

1. В опыте на рис. 72 к одной ветви камертона подводят в плотную маленький шарик, а по другой слегка ударяют. Ветви камертона приходят в колебательное движение и шарик отскакивает. При более сильном ударе шарик отскакивает на большее расстояние и звук издаваемый камертоном громче, следовательно *с ростом амплитуды колебаний растет и громкость звука*.

2. При уменьшении амплитуды колебаний источника уменьшается громкость звука.

3. Звук в 3000 Гц человеческое ухо воспринимает как более громкий, чем в 500 Гц при одинаковой амплитуде колебаний.

4. Громкость звука зависит от амплитуды, частоты, длительности и индивидуальных особенностей того кто этот звук слышит.

5. *Единицей громкости является сон* (от лат. *sonus* — звук).

*Уровень громкости* измеряется в *фонах*. Уровень звукового давления в Б (белах) или дБ (децибелах).

6. Систематическое действие громких звуков и шумов на человека приводит к нервной возбудимости, быстрой утомляемости, способствует возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонической болезни, повышению артериального давления, *снижению слуха и внимания*.

## § 37. Распространение звука

### Вопросы

1. В опыте на рис. 77 при откачивании воздуха из под колокола звук будильника ослабевает, по мере откачивания воздуха, следовательно *воздух является передающей средой в которой распространяется звук, а в отсутствие такой среды (в вакууме) звук передаваться не будет.*

2. Звук *может* распространяться в газах (распространение звуков в воздухе), жидкостях (шум воды в ванне) и твердых телах (звуки от стен в квартирах).

3. *Упругие тела* (металлы, жидкости) проводят звук чем *пористые* (войлок, пенопласт), т.к. в них звук затухает.

4. Для звукоизоляции помещения их отделяют *звукоизолирующими* (пористыми) материалами.

### Упражнение 31

1. Между Луной и Землей безвоздушное пространство, поэтому нет упругой среды по которой распространяется звук. Поэтому звук сильного взрыва слышен не будет.

2. Звуковые волны колеблют мыльницу, приводя в колебания натянутую нить (упругая среда) передающую колебательные движения другой мыльнице, которая будет издавать звуки.

## § 38. Звуковые волны. Скорость звука

### Вопросы

1. *Барабанная перепонка* уха человека колеблется с частотой пришедшего к ней звука.

2. В воздухе и воде звук распространяется *продольными волнами*.

3. Самый наглядный пример — вспышка молнии, а затем приходящий вслед за ней гром.

4. Скорость распространения звука в воздухе при  $20^{\circ}\text{C}$  равна  $343 \text{ м/с}^2$ .

**5.** *Скорость звука* зависит от среды его распространения. В более плотных средах (твердые тела и жидкости) его скорость больше, чем в менее плотных (газы), т.к. молекулы в них расположены ближе друг к другу, то в них больше упругие силы возникающие в среде при ее деформации, а следовательно быстрее передаются колебания.

### Упражнение 32

**1.**

**Дано:**

$$\lambda = 2,9 \text{ м}, T = 0,002 \text{ с}$$

**Найти:**

$$v - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2,9}{0,002} = 1450 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 1450 \text{ м/с.}$

**2.**

**Дано:**

$$\nu = 725 \text{ Гц}, v_1 = 340 \text{ м/с}, v_2 = 1438 \text{ м/с}, \\ v_3 = 5500 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{v_1}{\nu} = \frac{340}{725} \approx 0,469 \text{ м},$$

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{\nu} = \frac{1438}{725} \approx 1,983 \text{ м}, \lambda_3 = \frac{v_3}{\nu} = \frac{5500}{725} \approx 7,586 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $\lambda_1 = 0,469 \text{ м}, \lambda_2 = 1,983 \text{ м}, \lambda_3 = 7,586 \text{ м.}$

**3.** Человек услышит два удара. Один звук придет к нему по металлической трубе, а другой по воздуху.

**4.**

**Дано:**

$$t_1 = 2 \text{ с}$$

$$t_2 = 34 \text{ с}$$

$$v_{\text{звука}} = 340 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$v_{\text{поровоза}} = ?$$

**Решение:**

$$v_{\text{поровоза}} = \frac{S}{t_2}, \quad S = v_{\text{звука}} t_1.$$

$$v_{\text{поровоза}} = \frac{S}{t_2} = v_{\text{звука}} \frac{t_1}{t_2} = 340 \cdot \frac{2}{34} = 340 \cdot \frac{1}{17} = 20 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_{\text{поровоза}} = 20 \text{ м/с.}$

**5.**

**Дано:**

$$\nu = 1 \text{ с}$$

$$v_{\text{звука}} = 340 \text{ м}$$

**Найти:**

$$s = ?$$

**Решение:**

Расстояние пройденное звуком за время запаздывания  $t$  —  $s = v_{\text{звука}} t$ .

Чтобы видимые и слышимые удары совпали

$t = nT = n \frac{1}{\nu} = n$ , где  $n$  — целое число (т.к. не бывает дробных ударов по колоколу).

Следовательно  $s = v_{\text{звука}} nT = 340n \text{ м.}$

**Ответ:** Наблюдатель будет видеть и слышать удары одновременно на расстояниях  $340n$  м: 340 м, 680 м и т.д.

## § 39. Отражение звука. Эхо

### Вопросы

1. Эхо возникает при отражении звука от преграды и возвращения звуковой волны.

2. В маленькой комнате исходный и отраженный звук слышится почти одновременно и еще поглощается и рассеивается мебелью. В большом, полупустом помещении звук не рассеивается и расстояние время прихода отраженной звуковой волны больше.

3. Для этого стены зала облицовывают звукопоглощающими материалами, которые препятствуют образованию эха или гула.

4. При использовании рупора звук меньше рассеивается, поэтому он обладает большей мощностью и распространяется на большее расстояние.

## § 40. Звуковой резонанс

### Вопросы

1. Если открыть *пианино* и *пропеть* над струнами какую-нибудь ноту, то можно услышать, что инструмент откликается. Голос действует на все струны пианино, но откликаются только те, которые находятся в резонансе. Еще пример звукового



резонанса — *гитара*. В правильно настроенной гитаре, при зажиме какой-либо струны определенным, можно увидеть, что колеблющейся зажатой струне резонирует другая.

2. Резонаторные ящики способствуют усилению звука, он становится более *громким*, хотя и *менее длительным*.

3. Резонаторы в музыкальных инструментах *усиливают звук* и создают определенный *тембр* инструмента.

4. Тембр звука в музыкальных инструментах зависит от формы, размера, материала резонатора, а также от материала и конструкции струны.

5. Источником голоса человека являются *головные связки*.

## § 41. Интерференция звука

### Вопросы

1. На рис. 82–84 ставится опыт по сложению звуковых волн. Звук от двух источников звука (громкоговорителей  $Гр_1$  и  $Гр_2$ ) подключенных к звуковому генератору ЗГ (работающему на частоте 1000 Гц ( $\lambda = 34$  см)) попадает в микрофон М (расстояние от  $Гр$  1–1,5 м), усиливается усилителем низкой частоты УНЧ и регистрируются гальванометром Г. УНЧ настраивается таким образом, чтобы стрелка Г при работающем одном  $Гр$  находилась на середине. 1) При включении обоих  $Гр$  стрелка гальванометра отклонится вправо (это говорит о том, что звуковые волны складываются

в точке М). 2) При приближении одного из Гр стрелка гальванометра будет перемещаться к нулю, при расстоянии до М 17 см (половина длины звуковой волны) Г покажет ноль (это означает, что звуковые волны гасят друг друга). 3) При дальнейшем перемещении Г показания Г начнут расти до наибольшего значения при разности хода равном длине волны (значит звуковые волны опять усиливают друг друга).

**2.** *Разностью хода двух волн* называется разность расстояний пройденных двумя волнами от разных источников до конкретной точки.

**3.** Из опыта на рис. 82–84 следует, что в зависимости от разности хода когерентные волны могут либо *усиливать* либо *ослаблять* друг друга.

**4.** Когерентными называются волны с *одинаковой частотой и постоянной разностью фаз*.

**5.** *Интерференционная картина* — не меняющаяся со временем картина распределения максимумов и минимумов амплитуд колебаний. Она возникает только при сложении волн от когерентных источников.

**6.** *Интерференцией* называется явление сложения в пространстве волн, при котором образуется постоянное во времени распределение амплитуд результирующих колебаний.

**7.** В зависимости от того где будет находиться человек, в области интерференционных минимумов или максимумов он будет слышать ослабление или усиление звука.

**8.** Явление интерференции характерно для всех видов волн.

## ГЛАВА III. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### § 42. Магнитное поле и его графическое изображение

#### Вопросы

1. Магнитное поле порождается *электрическим током* (направленным движением заряженных частиц).

2. Магнитное поле постоянного магнита создается за счет того, что *внутренние кольцевые токи* в нем ориентированы одинаково и усиливают друг друга.

3. *Магнитные линии* или *линии магнитного поля* — используемые для наглядности воображаемые линии — направление которых в каждой точке совпадает с направлением маленькой магнитной стрелки, помещенной в магнитное поле.

4. В магнитном поле с прямолинейными и криволинейными линиями стрелки будут располагаться *по касательной* к магнитным линиям.

5. За направление магнитной линии принимают направление, которое указывает *северный полюс N* магнитной стрелки, помещенной на эту линию.

6. В случае, если магнитное поле более сильно в каком-то месте линии располагаются гуще.

7. О *величине и направлении* магнитного поля.

## Упражнение 33

1. Магнитное поле в точке  $A$  существует независимо от того нарисована там магнитная линия или нет.

2. С наибольшей силой магнитное поле будет действовать в точке  $N$ , далее  $A$  и с наименьшей в точке  $M$ , т.к. магнитное поле уменьшается с удалением от источника тока.

## § 43. Неоднородное и однородное магнитное поле

### Вопросы

1. Магнитные линии направлены от *северного* полюса  $N$  к *южному*  $S$  снаружи полосового магнита и от *южного*  $S$  к *северному*  $N$  внутри. Наибольшая их концентрация наблюдается у полюсов, чем дальше от магнита — тем линии реже. Линии не имеют ни начала, ни конца: либо они замкнуты, либо идут из бесконечности в бесконечность.

2. *Неоднородное* магнитное поле: вокруг полосового магнита и прямолинейного проводника с током. *Однородное* магнитное поле: внутри соленоида.

3. Сила, действующая на магнитную стрелку в однородном поле, в разных точках имеет *одинаковый модуль и направление*. В неоднородном поле они *различны*.

4. В однородном поле магнитные линии расположены *параллельно* друг другу и с *одинаковой*

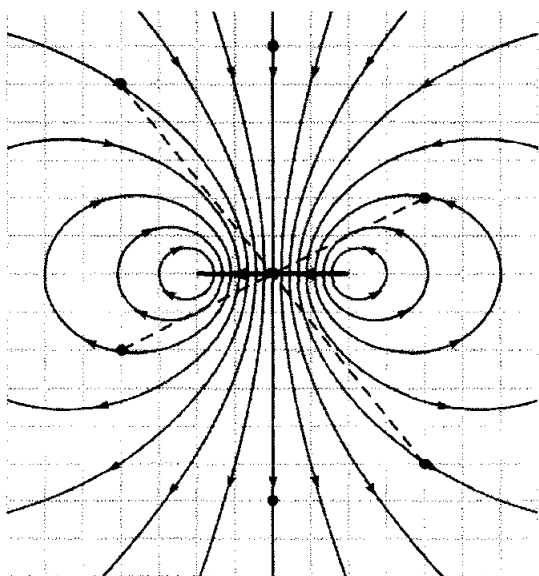
густотой. В неоднородном магнитном поле их густота и их направления *могут отличаться*, однако они никогда *не пересекаются*.

**5.** Точкой, если линия идет из-за чертежа к нам и крестиком, если от нас за чертеж.

### Упражнение 34

**1.** а) поле действует с одинаковой силой в точках  $C$  и  $D$ ; б) с наибольшей силой поле действует в точке  $A$ .

**2.** Сила действия магнитного поля одинакова по модулю и направлению в любой паре точек лежащих на одной прямой проходящей через центральную точку  $A$  и находящихся на одинаковом расстоянии от центра, например на прямой  $CD$ .



## § 44. Направление тока и направление линий его магнитного поля

### Вопросы

1. Если поменять направление тока в проводнике на противоположное все магнитные стрелки, расположенные в магнитном поле, созданном этим проводником, тоже повернутся на  $180^\circ$ .

2. Если направление *поступательного движения* буравчика (винта) совпадает с направлением тока в проводнике, то *направление вращения ручки* буравчика совпадает с направлением линий магнитного поля, создаваемого этим током.

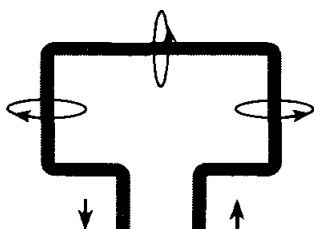
3. Используя правило буравчика можно определить *направление линий магнитного поля*, зная *направление тока* или наоборот.

4. Если представить что правая рука это соленоид, и расположить ее так, чтобы *ток выходил из кончиков пальцев*, то *большой палец* укажет *направление линий магнитной индукции*.

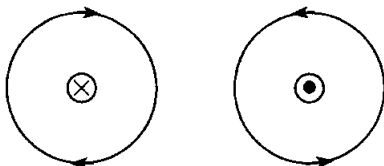
5. С помощью правила правой руки можно определить *направление магнитных линий*, зная *направление тока* и наоборот.

### Упражнение 35

1.



2.



3. По правилу правой руки получаем, что у изображенного на рис. 101 электромагнита слева южный полюс  $S$ , а справа северный  $N$ . Чтобы изменить положение полюсов на противоположное нужно сделать так, чтобы ток шел в обратном направлении.

4. В катушке ток идет справа налево, от плюса к минусу.

5. Если подковообразный магнит расположен разрезом к нам, то слева будет  $S$ , справа  $N$ , если разрезом о нас, то наоборот.

6. Так как заряды одного знака всегда отталкиваются, то отталкивание пучков электронов обусловлено электрическими (кулоновскими) силами, а притяжение проводников обусловлено магнитными силами.

## § 45. Обнаружение магнитного поля по его действию на электрический ток. Правило левой руки

### Вопросы

1. Нужно разместить *проводник с током* между полюсами магнита так, чтобы направление тока было перпендикулярно линиям магнитного поля, а

крепление позволяло проводнику двигаться. При пропускании тока проводник будет отклоняться, но этого не произойдет, если убрать магнит.

**2.** Магнитное поле можно обнаружить по его действию на магнитную стрелку или на *проводник с током*.

**3.** От направления тока и направления магнитных линий.

**4.** Если расположить *левую руку* так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь *перпендикулярно* к ней, а вытянутые четыре пальца указывали направление тока (направление движения положительно заряженной частицы), то отставленный на  $90^\circ$  *большой палец покажет направление силы*, действующей на проводник.

**5.** Это направление *от положительного полюса к отрицательному*.

**6.** Направление силы, действующей на проводник, зная направление тока и линий магнитного поля. Направление тока, зная направление силы и магнитных линий. Направление линий магнитного поля, зная направление тока и силы, действующей на проводник.

**7.** В случае когда направление движения тока или направление скорости частиц совпадает с направлением линий магнитной индукции сила действия магнитного поля равна нулю.

### **Упражнение 36**

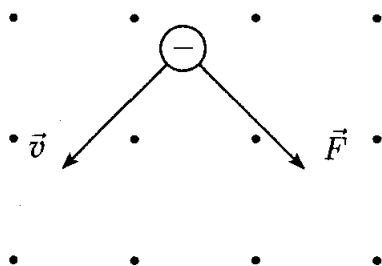
**1.** По правилу левой руки трубочка покатится *вправо*.



2. По правилу левой руки ток движется от точки  $A$  к  $B$ , следовательно верхний полюс источника тока — положительный, а нижний — отрицательный.

3. Слева — вверх, вниз. Справа — вниз, вверх.

4.



5. Знак заряда частицы — отрицательный (применяем правило левой руки).

## § 46. Индукция магнитного поля

### Вопросы

1. Количественной характеристикой магнитного поля служит модуль вектора *магнитной индукции*  $\vec{B}$ .

2.  $B = \frac{F}{Il}$ , где  $F$  — сила, действующая на проводник в магнитном поле;  $I$  — сила тока;  $l$  — длина проводника.

3. За *единицу магнитной индукции* принимается 1 Тл (Тесла) равная силе в 1 Н, действующей

на проводник длиной 1 м с протекающим в нем током 1 А.

4. *Линии магнитной индукции* — это линии, касательные к которым в любой точке совпадают по направлению с *вектором магнитной индукции*.

5. Магнитное поле называется однородным если во всех его точках значения вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  совпадают. В неоднородных полях вектор магнитной индукции меняется от точки к точке.

6. Чем больше магнитная индукция  $\vec{B}$ , тем больше сила  $\vec{F}$ .

### Упражнение 37

1.

*Дано:*

$$I = 4 \text{ А}$$

$$F = 0,2 \text{ Н}$$

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

*Найти:*

$$B - ?$$

*Решение:*

$$B = \frac{F}{Il} = \frac{0,2}{4 \cdot 0,1} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

*Ответ:*  $B = 0,5 \text{ Тл.}$

2. Нет, индукция  $B$  магнитного поля в которое помещен проводник не изменилась — это постоянная величина. Изменилась сила действующая на проводник с током  $F$ . Она уменьшилась в два раза, так же как и сила тока.

## § 47. Магнитный поток

### Вопросы

1. От вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ , площади контура  $S$  и его ориентации.

2. Увеличивается в  $n$  раз.

3. Магнитный поток максимален если плоскость контура *перпендикулярна* к линиям магнитной индукции и равен нулю когда *параллельна*.

4. Да. В случае когда меняется угол наклона магнитных линий относительно плоскости контура меняется и магнитный поток.

### Упражнение 38

Магнитный поток, пронизывающий катушку  $K_2$  можно менять: 1) изменяя силу тока  $I$  реостатом; 2) замыканием-размыканием ключа; 3) меняя ориентацию катушки  $K_2$ .

## § 48. Явление электромагнитной индукции

### Вопросы

1. Опыты ставились с целью создания и определения условий возникновения *индукционного тока*. Для этого в первых двух опытах (рис. 126) использовалась катушка, подключенная к гальванометру и магнит. В первом опыте двигали магнит, во втором — катушку. В третьем опыте (рис. 127) магнит заменили на вторую катушку, включенную

в цепь. В четвертом и пятом (рис. 128) рамку вращали внутри магнита (а) и магнит внутри рамки (б).

2. Ток возникал в случае *изменения магнитного поля*.

3. При изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает электрический ток, не прекращающийся пока происходит изменение.

4. Открытие электромагнитной индукции позволило в промышленных масштабах вырабатывать электрический ток, так как были созданы *генераторы электрической энергии*.

### **Упражнение 39**

1. Любым способом изменяющим силу тока в цепи и соответственно магнитный поток: 1) реостатом; 2) ключом; 3) изменением положения катушки  $K_2$ .

2. Индукционный ток возникает в случае г), т.к. при этом меняется магнитный поток пронизывающий кольцо.

## **§ 49. Направление индукционного тока. Правило Ленца**

### **Вопросы**

1. Опыт проводился с целью определения *направления индукционного тока*.

2. В кольце с разрезом *не может возникнуть электрический ток*.

3. При приближении магнита в замкнутом контуре создается индукционный ток, который в свою очередь создает магнитное поле. Судя по тому, что контур начинает отталкиваться, — кольцо и магнит обращены друг к другу одноименными полюсами, а векторы магнитной индукции их направлены в противоположные стороны. При удалении магнита от рамки (после того, как он был принудительно помещен внутрь) рамка начинает притягиваться, значит рамка с магнитом обращены друг к другу одноименными полюсами, а векторы индукции у них направлены в одну сторону.

4. По правилу *правой руки*.

5. Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которое вызвало этот ток.

### Упражнение 40

1. Так как алюминий — легкий металл, то его вес значительно меньше, чем вес такого же кольца из железа или меди, соответственно если на кольцо действует какая-либо сила  $F$ , то по второму закону Ньютона ускорение  $a$  сообщаемое кольцу этой силой обратно пропорционально массе этого кольца:

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

Соответственно чем тяжелей кольцо, тем медленнее будет поворачиваться пластинка.

2. в) — б) — а).

## § 50. Явление самоиндукции

### Вопросы

1. В опыте на рис. 136, 136 изучалась явление *самоиндукции*.

2. В *первой части опыта* при замыкании цепи первая лампа, включенная последовательно с реостатом, загорается сразу, а вторая лампа, включенная последовательно с катушкой индуктивности, с опаздыванием на 1 с. Это объясняется тем, что в катушке и реостате возникают индукционные токи, препятствующие увеличению силы тока, но так как катушка имеет большее число витков, чем в реостате, и сердечник, то и индукционный ток в ней значительно больше, поэтому лампа и загорается позже.

Во второй части опыта при замыкании цепи загорается лампа, включенная последовательно с катушкой индуктивности, а неоновая лампа не загорается. После размыкания цепи лампа гаснет, а неоновая дает вспышку. Это объясняется тем, что при падении напряжения в цепи катушка индуктивности вырабатывает мощный индукционный ток, напряжения которого становится достаточно, чтобы загорелась неоновая лампа.

3. *Явление самоиндукции* заключается в возникновении индукционного тока в катушке, при изменении силы тока в ней.

4. Ток самоиндукции возникает в *любом проводнике при изменении силы тока*.

5. Работа по созданию индукционного тока возникает за счет *уменьшения энергии магнитного поля*.

## Упражнение 41

При замыкании ключа загорится лампа накаливания, а неоновая лампа — нет. В катушке индуктивности будет накапливаться энергия магнитного поля. При размыкании ключа на катушке создастся индукционный ток, лампа накаливания погаснет, а неоновая лампа кратковременно вспыхнет.

## § 51. Получение и передача переменного электрического тока. Трансформатор

### Вопросы

1. *Переменным называется ток* периодический меняющийся со временем по модулю и направлению.

Переменный ток можно получить используя индукционную катушку, гальванометр и магнит. Периодически двигая магнит внутри катушки вверх и вниз можно заметить, стрелка гальванометра отклоняется то в одну, то в другую сторону.

2. Переменный электрический ток используют в *быту и промышленности.*

3. Работа генераторов переменного тока основана на явлении *электромагнитной индукции.*

4. Промышленный генератор переменного электрического тока состоит из статора и ротора. *Статор* — неподвижно закреплен, а *ротор* — вращается. Ротор и статор — обмотаны особым образом медной проволокой. На ротор подается постоянный

электрический ток, и таким образом он является электромагнитом. При вращении ротора создаваемое им магнитное поле тоже вращается. При этом переменный магнитный поток пронизывает обмотку статора и в нем возникает переменный электрический ток.

**5.** Паровой и водяной *турбиной*.

**6.** Для создания тока *стандартной частоты*, т.к. скорость вращения водяных турбин невысока.

**7.** Стандартная частота в России — 50 Гц, в США — 60 Гц.

**8.** По закону Джоуля-Ленца:  $Q = I^2 R t$ , где  $Q$  — энергия затрачиваемая на нагревание проводов,  $I$  — действующее значение силы переменного тока в цепи,  $R$  — сопротивление проводов,  $t$  — время.

**9.** Из закона Джоуля-Ленца следует, что для этого следует уменьшать сопротивление цепи  $R$  и силу тока  $I$ .

**10.** Для того, чтобы не снижать мощность тока  $P = UI$ . Передача тока небольшой мощности на большие расстояния экономически невыгодна (надо строить дорогие линии электропередач, станции и подстанции, а в результате не все потребители смогут пользоваться электричеством).

**11.** *Трансформатор* состоит из *сердечника*, на котором находится *первичная* и *вторичная обмотки* из изолированного провода. Поступающий на первичную обмотку, с числом витков  $N_1$ , переменный электрический ток с напряжением  $U_1$  создает переменное магнитное поле, которое порождает во



вторичной обмотке, с числом витков  $N_2$ , переменный электрический ток напряжением  $U_2$ , определяемый из соотношения

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}.$$

Трансформаторы широко применяются в быту и промышленности для повышения или понижения напряжения, например в телевизорах, зарядных устройствах и трансформаторных подстанциях.

### Упражнение 42

1.

**Дано:**

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

**Найти:**

$$T - ?$$

**Решение:**

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $T = 0,02 \text{ Гц}$

$$2. T = 0,02 \text{ с, } \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Гц, } A = 2 \text{ мА.}$$

## § 52. Электромагнитное поле

### Вопросы

1. Теория электромагнитного поля была создана английским ученым *Д. К. Максвелл* в 1865 г. Согласно этой теории *переменное магнитное поле* порождает *переменное электрическое поле*, а

переменное электрическое поле в свою очередь — переменное магнитное поле.

2. Источником электромагнитного поля служат ускоренно движущиеся электрические заряды.

3. Силовые линии вихревого электрического поля замкнуты сами на себя, а силовые линии электростатического поля начинаются на положительных зарядах и кончаются на отрицательных.

4. Индукционный ток возникает за счет вихревого электрического поля, под действием которого свободные заряды в проводнике приходят в направленное движение, т.е. возникает электрический ток.

### Упражнение 43

С физической точки зрения эти поля не отличаются ничем, они имеют одинаковую природу, однако если в катушке  $A$  поле создано внешним источником тока, то в  $C$  оно наведено (индуцировано) магнитным полем катушки  $A$ . Если бы не было катушки  $C$  и гальванометра, то это поле существовало, но лишь у катушки  $A$ .

## § 53. Электромагнитные волны

### Вопросы

1. Задолго до того, как удалось получить и зарегистрировать электромагнитные волны Максвеллом были предсказаны некоторые их свойства: волны могут распространяться не только в веществе, но и в вакууме; их скорость в вакууме равна

скорости света; быстропеременное электромагнитное поле должно распространяться в пространстве в виде поперечных волн.

**2.** В электромагнитной волне меняются *вектор индукции* магнитного поля  $\vec{B}$  и *вектор напряженности* электрического поля  $\vec{E}$ .

**3.**  $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$ , где  $\lambda$  — длина волны,  $c$  — скорость света в вакууме,  $T$  — период колебаний электромагнитной волны,  $\nu$  — частота волны.

**4.** При частоте порядка 100 000 колебаний в секунду.

**5.** Электромагнитные волны были впервые получены в 1888 г. немецким ученым *Генрихом Герцем*.

**6.** Радиоволны (длина волны от 1 мм), инфракрасное излучение (1 мм – 780 нм), видимое (оптическое) излучение (780–380 нм), ультрафиолетовое (380–10 нм), рентгеновское (10 нм – 5 пм), гамма-излучение (менее 5 пм).

**7.** Радиоволны используются человеком для теле- и радиовещания. Инфракрасное излучение от Солнца поддерживает жизнь на Земле. Электромагнитное излучение в видимом диапазоне позволяет людям и животным получать информацию об окружающей среде, а растениям осуществлять процесс фотосинтеза. Ультрафиолетовое излучение может оказывать негативное действие на организм человека. Рентгеновское излучение используют в медицине.

## Упражнение 44

1.

**Дано:**

$$\lambda = 600 \text{ м}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$\nu - ?$$

**Решение:**

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{600} = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $\nu = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$

2. Пусть расстояние от Земли (З) до Луны (Л) —  $S$ , тогда радиосигнал дойдет от З до Л за время  $t_1 = \frac{S}{c}$ , где  $c$  — скорость света. Затем сигнал отразится от поверхности Л и пойдет обратно к З пройдя это расстояние за время  $t_2 = \frac{S}{c}$ , таким образом время  $t$  прошедшее от момента отправки сигнала до его приема будет равно  $t = t_1 + t_2 = \frac{S}{c} + \frac{S}{c} = \frac{2S}{c}$ , следовательно расстояние от З до Л —  $S = \frac{ct}{2}$ .

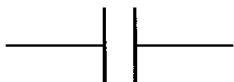
3. Нет нельзя. Вакуум неупругая среда, и поэтому звуковые волны в нем не распространяются.

## § 54. Конденсатор

### Вопросы

1. *Конденсатор* предназначен для накопления заряда и энергии электрического поля.

2. Простейший конденсатор представляет собой две одинаковые круглые металлические пластины, расположенные параллельно друг другу, разделенные диэлектриком (воздухом) и укрепленные на изолирующих штативах. На схемах конденсатор обозначается символом



3. Под зарядом конденсатора понимают *модуль заряда*  $q$  одной из его обкладок.

4. Емкость  $C$  конденсатора зависит от прямо пропорциональна *площади пластин*  $S$  и обратно пропорциональна *расстоянию* между ними  $d$ :  $C \sim \frac{S}{d}$ , а также от *свойств* используемого диэлектрика.

5.  $E_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C}$ , где  $E_{\text{эл}}$  — энергия электрического поля заряженного конденсатора,  $q$  — заряд конденсатора,  $C$  — емкость конденсатора.

6. Собрали цепь из источника тока, конденсатора и переключателя и лампы (смю рис 49.)

Зарядили конденсатор переключив переключатель в положение 1. Через некоторое время переключили в положение 2. В результате мы увидим кратковременную вспышку лампы. Данный опыт свидетельствует, что конденсатор при зарядке *накопил энергию*, которая выделилась при разрядке конденсатора в виде света и тепла.

7. Конденсатор переменной емкости представляет собой совокупность неподвижных 1 (статора) и

подвижных 2 (ротора) пластин входящих друг в друга. Изменение емкости такого конденсатора достигается за счет изменения площади перекрытия. Переменные конденсаторы обычно применяются в радиоустройствах — например, в радиоприемниках, генераторах высокой частоты и антенных устройствах.

### Упражнение 45

1.

**Дано:**

$$s = 250 \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$t - ?$$

**Решение:**

$$t = \frac{s}{c} = \frac{250}{3 \cdot 10^8} \approx 8,33 \cdot 10^{-7} \text{ с}$$

**Ответ:**  $t \approx 8,33 \cdot 10^{-7} \text{ с}$

2.

**Дано:**

$$C = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

**Найти:**

$$q - ?$$

**Решение:**

$$q = CU = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Кл.}$$

**Ответ:**  $q = 1 \cdot 10^{-4}$  Кл.

**3.**

**Дано:**

$$d_2 = \frac{1}{2}d_1$$

**Найти:**

$$C_2 C_1 - ?$$

**Решение:**

$$C \sim \frac{S}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{S/d_2}{S/d_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{2}{1} = 2.$$

**Ответ:** емкость увеличится в 2 раза.

**4.** Энергия конденсатора  $E_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C}$ , а выражение для заряда в конденсаторе  $q = CU$ , следовательно

$$E_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C} = \frac{(CU)^2}{2C} = \frac{C^2 U^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

**5.**

**Дано:**

$$C_1 = 15 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 10 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 25 \text{ мкФ}$$

**Найти:**

$$C_6 - ?$$

**Решение:**

Так как конденсаторы соединены параллельно, то

$$C_6 = C_1 + C_2 + C_3 = 15 + 10 + 25 = 50 \text{ мкФ}.$$

**Ответ:**  $C_6 = 50$  мкФ

## § 55. Колебательный контур. Получение электромагнитных колебаний

### Вопросы

1. Для *передачи* информации на расстояние.
2. Электромагнитные волны высокой частоты ( $> 0,1$  МГц) позволяют создать волну достаточной мощности, чтобы ее можно было зафиксировать на достаточно большом расстоянии.

3. *Колебательный контур* — система состоящая из *конденсатора* и *проволочной катушки*, в которой могут существовать *свободные электромагнитные колебания*.

4. Опыт на рис. 152 ставился с целью получения *свободных электромагнитных колебаний*.

Сначала соединяют переключателем конденсатор с источником тока, заряжая его. Далее замыкают цепь колебательного контура. Стрелка гальванометра, соединенная со вторичной обмоткой катушки, совершает несколько *затухающих колебаний*.

5. Происходит преобразование энергии *электрического поля* конденсатора в энергию *магнитного поля* катушки и обратно.

6. Изменяющееся магнитное поле в катушке создает *ток обратной самоиндукции*.

Ток самоиндукции заряжает конденсатор. Зарядившийся конденсатор запасает энергию в виде *электрического поля* и когда самоиндукция ослабевает, ток потечет обратно через катушку.



7. Гальванометр подключен ко второй обмотке катушки, и таким образом, когда в первой обмотке менялась сила тока, то во второй обмотке изменялся магнитный поток пронизывающий ее, и, в ней возникал электрический ток, регистрируемый гальванометром.

8. По формуле Томпсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где  $T$  — период собственных электрических колебаний в контуре,  $L$  — индуктивность,  $C$  — емкость конденсатора. Соответственно  $T$  зависит от емкости конденсатора и индуктивности катушки.

#### Упражнение 46

**Дано:**

$$\frac{T_2}{T_1} = 2 \text{ или } \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{2}$$

**Найти:**

$$\frac{C_2}{C_1}$$

**Решение:**

Из формулы Томпсона имеем  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ ,

следовательно  $C = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 / L$ , тогда

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\left(\frac{T_2}{2\pi}\right)^2 / L}{\left(\frac{T_1}{2\pi}\right)^2 / L} = \frac{T_2^2}{T_1^2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = 2^2 = 4 \text{ или}$$

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}.$$

**Ответ:** повысить или понизить емкость конденсатора в 4 раза.

## § 56. Принципы радиосвязи и телевидения

### Вопросы

1. *Радиосвязью* называют передачу или прием информации с помощью электромагнитных волн.

2. Радиосвязь используется для передачи теле- и радиосигналов, в радиотелефонах, для связи со спутниками и для исследования космоса.

3. На рис. 154 а) изображена схема *передающего устройства*, состоящего из генератора высокочастотных колебаний, микрофона, модулирующего устройства и передающей антенны. В микрофон поступают звуковые колебания, которые преобразуются в электрические. Затем низкочастотные электрические колебания попадают в модулирующее устройство, где они модулируются с высокочастотными колебаниями. Далее сигнал попадает в передающую антенну и в ней возникает переменный ток высокой частоты. Это порождает вокруг антенны электромагнитное поле распространяющееся в пространстве.

На рис. 154 б) изображена схема *радиоприемного устройства*, состоящего из приемной антенны, приемного резонирующего колебательного контура, детектора и динамика. На приемную антенну поступают электромагнитные волны многих

частот. Для выделения определенной частоты колебательный контур настраивается в резонанс с необходимой волной, по несущей частоте. Затем сигнал усиливается и детектируется, т.е. осуществляется процесс обратный модуляции. Полученный низкочастотные электрические колебания попадают в динамик и преобразуются в звуковые колебания.

**4.** *Несущей частотой называется частота высокочастотных колебаний.*

**5.** *Процесс амплитудной модуляции электрических колебаний заключается в изменении амплитуды высокочастотных колебаний с частотой, равной частоте звукового сигнала.*

**6.** Такие волны маломощны и очень быстро затухают.

**7.** *Процесс детектирования колебаний заключается в выделении из модулированного высокочастотного сигнала низкочастотных электрических колебаний звуковых частот. Сначала высокочастотного сигнала с помощью детектора получают пульсирующий ток, а затем он сглаживается.*

### **Упражнение 47**

**Дано:**

$$T = 1 \cdot 10^{-7} \text{ с}$$

**Найти:**

$$\nu - ?$$

**Решение:**

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-7}} = 10^7 \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $\nu = 10^7 \text{ Гц.}$

## § 57. Интерференция света

### Вопросы

1. Существовало две теории. По одной из них свет представляет собой волну, а по другой свет — поток частиц. Соответственно *волновая* и *корпускулярная* теория света.

2. Томас Юнг, в результате опыта по сложению пучков света от двух источников, получил не меняющуюся во времени интерференционную картину из чередующихся темных и светлых полос, что явилось доказательством волновой природы света.

3. В мыльной пленке, на проволочном кольце, при освещении ее желтым цветом наблюдается чередование желтых и черных полос.

4. При прохождении света сквозь мыльную пленку часть света отражается от передней поверхности, а часть от задней, данные отраженный лучи являются когерентными, т.к. происходят от одного источника. Так как мыльная пленка неравномерна по толщине, то возникает разность хода отраженных лучей, что приводит к разности фаз, что в свою очередь проявляется в усилении или ослаблении световых лучей, т.е. к их интерференции.

5. Это опыт доказывает волновые свойства света.

6. Частоты (длины волн) световых волн разных цветов различны и составляют от  $4,0-8,0 \cdot 10^{14}$  Гц (400–800 нм).

## § 58. Электромагнитная природа света

### Вопросы

1. В виде *механических упругих волн*, подобных звуковым.

2. Так как для распространения упругих волн нужна какая-нибудь среда, то для объяснения *передачи световых волн в вакууме* была выдвинута гипотеза о существовании светоносного эфира.

3. Максвелл основываясь на одинаковой *скорости света* и *поперечном характере распространения* электромагнитных и световых волн выдвинул предположение, что свет является частным случаем *электромагнитного излучения*.

4. Эта частица называется *фотоном*.

## § 59. Преломление света. Физический смысл показателя преломления

### Вопросы

1. *Относительным показателем преломления* второй среды относительно первой называется физическая величина, равная отношению синуса угла падения луча к косинусу угла преломления:

$$n_{12} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

*Абсолютным показателем преломления* среды называется физическая величина, равная отношению синуса угла падения луча к косинусу угла

преломления при переходе луча из вакуума в эту среду:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

**2.** Абсолютный показатель преломления вакуума *принят за единицу.*

**3.** Они существуют для *абсолютных показателей преломления.*

**4.** Оптически более плотным является то вещество у которого *абсолютный показатель преломления больше.*

**5.**  $n_{12} = \frac{v_1}{v_2}$ , где  $n_{12}$  — относительный показатель преломления второй среды относительно первой,  $v_1$  — скорость света в первой среде,  $v_2$  — скорость света во второй среде.

$n = \frac{c}{v}$ , где  $n_{12}$  — абсолютный показатель преломления среды,  $c$  — скорость света в вакууме,  $v$  — скорость света в среде.

**6.** Наибольшая скорость света — *в вакууме.*

**7.** Физическая природа данного явления заключается во взаимодействии световой волны с атомами и молекулами вещества.

**8.** Абсолютный показатель преломления и скорость света в среде определяются *свойствами данной среды.*

**9.** На рис. 160 изображена световая волна переходящая из воздуха в воду, падающая на границу раздела под углом  $\alpha$ . Он объясняет изменение угла распространения фронта волны при переходе из одной среды в другую.

## Упражнение 48

1. При переходе волны из вакуума в алмаз изменяется длина волны и скорость распространения волны.

2. Уравнение (6):

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Из уравнения (7)  $n = \frac{c}{v}$  имеем

$$v_1 = \frac{c}{n_1}, v_2 = \frac{c}{n_2}.$$

Следовательно

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

## § 60. Дисперсия света. Цвета тел

### Вопросы

1. Опыт на рис. 161 ставился с целью *выявить зависимость между частотой световой волны и ее показателем преломления.*

Через диафрагму пропустили пучок белого цвета. Поочередно с помощью красного и синего светофильтра получили изображение щели красного и синего цвета на экране. Их положение при этом было одинаковым. Затем расположив на пути пучка треугольную стеклянную призму было замечено,

что свет различной окраски *отклоняется призмой по разному* (синий больше чем красный).

Следовательно абсолютный показатель преломления стекла зависит не только от материала, из которого изготовлена призма, но и от частоты (цвета) света.

**2.** *Дисперсией света* называется зависимость показателя преломления вещества и скорости света от частоты световой волны.

**3.** *Хот опыта:* Через треугольную стеклянную призму пропустили пучок белого света.

*Результаты:* Пучок *отклонился* к более широкой части призмы и *разложился* в спектр.

*Выводы:* Белый свет является сложным, состоящим из волн разных цветов (частот).

**4.** Свет больше не разлагающейся призмой, т.е. состоящий из лучей одного света, называется *простым* или *монохроматическим*.

**5.** Мы удостоверились, что белый цвет является *составным*.

**6.** При быстром вращении картонного диска с разноцветными секторами создается впечатление, что он белый.

**7.** Это обусловлено тем, что тела разной окраски *поглощают* и *отражают* лучи разных цветов в разных отношениях.

## **Упражнение 49**

**1.** При освещении белым цветом мы увидим белый и черный листы с наклеенными на них оранжевыми кругами. При освещении оранжевым цветом



на белый лист станет отражать оранжевый цвет и мы не увидим на нем круга, а на черном листе мы увидим оранжевый круг.

2. При рассматривании цветных букв через окрашенные растворы можно наблюдать, что буквы того же цвета что и раствор, становятся малозаметными, а другие изменяют свой цвет. Это связано с тем, что окраска вещества связана с его способностью отражать и поглощать определенные цвета.

3. Днем небо выглядит синим, а вечером небо вблизи горизонта, окрашиваются в красные тона, следовательно днем и вечером свет от солнца имеет разный цвет, потому и оттенки освещаемых им тел отличаются.

## § 61. Спектрограф и спектроскоп

### Вопросы

1. Спектроскоп состоит из трубы, называемой *коллиматором*  $K$ , в котором имеется узкая щель  $S$ . Через щель  $S$  исследуемый свет попадает в виде расширяющегося пучка на линзу  $L_1$ , находящейся в фокальной плоскости, и далее в виде параллельного пучка попадает на призму  $P$ , где происходит его дисперсия. Далее преломленные призмой  $P$  пучки света попадают на линзу  $L_2$  и образуют в ее фокальной плоскости  $ЭЭ_1$  изображение щели  $S$ .

2. Свет разлагается спектроскопом на составляющие и спектр получается в виде узких линий соответствующих цветов, разделенных темными промежутками.

3. Спектрограммой называется *фотография спектра*.

4. В спектроскопе изображение наблюдается глазом с помощью линзы в реальном времени, а в спектрографа оно переносится на фотопластинку, т.е. сохраняется для более детального изучения.

### Упражнение 50

Потому что в первом случае  $n_{ADB} > n_{ACD}$ , а во втором  $n_{BDE} < n_{ABD}$ .

## § 62. Типы оптических спектров

### Вопросы

1. *Сплошной спектр* представляет собой полосу, состоящую из всех цветов радуги, плавно переходящих друг в друга.

2. Сплошной спектр получается от света *твердых* и *жидких тел* (нить электрической лампы, расплавленный металл, пламя свечи), с температурой несколько тысяч градусов Цельсия. Его также дают *светящиеся газы* и *пары* при высоком давлении.

3. Линейчатые спектры состоят из *отдельных линий* определенных цветов.

4. Для этого можно внести в пламя горелки кусочки *поваренной соли* ( $\text{NaCl}$ ) и наблюдать спектр через спектроскоп.

5. Линейчатые спектры характерны для светящихся *газов малой плотности*.

**6.** *Линейчатые спектры поглощения* получают при пропускании сквозь газы малой плотности свет от более яркого и более горячего источника.

**7.** Для этого надо пропустить свет от лампы накаливания через сосуд с парами натрия. В результате этого в сплошном спектре света от лампы накаливания появятся узкие черные линии, в том месте где находятся желтые линии в спектре испускания натрия.

**8.** *Закон Киргофа* гласит, что атомы данного элемента поглощают и излучают световые волны на одних и тех же частотах.

## **§ 63. Спектральный анализ**

### **Вопросы**

**1.** Метод определения химического состава вещества по его линейчатому спектру называется *спектральным анализом*.

**2.** Исследуемое вещество в виде порошка или аэрозоля помещают в высокотемпературный источник света — пламя или электрический разряд, из-за чего оно переходит в состояние атомарного газа и у него возбуждаются атомы, которые испускают или поглощают электромагнитное излучение в строго определенном диапазоне частот. Затем полученную с помощью спектрографа фотографию спектра атомов анализируют.

**3.** По расположению линий в спектре узнают из каких элементов состоит данное вещество.

4. Сравнивая относительные интенсивности линий спектра оценивают количественное содержание элементов.

5. Спектральный анализ применяется в металлургии, машиностроении, атомной индустрии, геологии, археологии, криминалистике и др. сферах. Особенно интересно использование спектрального анализа в астрономии. с помощью него определяют химический состав звезд и атмосфер планет, их температуру. По смещениям спектральных линий галактик научились определять их скорость.

## § 64. Поглощение и испускание света атомами. Происхождение линейчатых спектров

### Вопросы

1. 1. Атом может находиться только в особые, стационарных состояниях. Каждому состоянию соответствует определенное значение энергии — энергетический уровень. Находясь в стационарном состоянии, атом не излучает и не поглощает. 2. Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией  $E_k$  в стационарное состояние с меньшей энергией  $E_n$ .

2.

$$h\nu = E_k - E_n \Rightarrow \nu = \frac{E_k - E_n}{h},$$

где  $h\nu$  — энергия излученного фотона,  $E_k$  — энергия  $k$  состояния атома,  $E_n$  — энергия  $n$  состояния атома,  $\nu$  — частота излученного фотона,  $h = 6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка (квант действия).

**3.** В *основном состоянии* атома все его электроны находятся на орбитах с наименьшей возможной энергией, а в *возбужденном* во всех других случаях.

**4.** Такое совпадение объясняется тем, что частоты волн испускания и поглощения определяются одной и той же разностью энергетических состояний.

# ГЛАВА IV. СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АТОМНЫХ ЯДЕР

## § 65. Радиоактивность как свидетельство сложного строения атомов

### Вопросы

1. Беккерель в 1896 г. обнаружил, что химический элемент уран U самопроизвольно *испускает невидимые лучи*.

2. Эта способность стали называть *радиоактивностью*.

3. В опыте на рис. 167 крупницу радия Ra поместили в толстостенный сосуд. Из него, через щель, выходит пучок радиоактивного излучения, засвечивающего фотопластинку. Затем на пучок подействовали магнитным полем, в результате чего пучок расщеплялся на три потока: положительно заряженный, отрицательно заряженный и нейтральный, что фиксировалось по образованию на фотопластинке трех пятен.

4. Было установлено, что радиоактивное излучение состоит из трех видов частиц:  $\alpha$ -частиц — ионизированных атомов гелия He,  $\beta$ -частиц — электронов и  $\gamma$ -частиц — фотоны.

5. Явление радиоактивности свидетельствовало о том, что атомы вещества имеют сложный состав.

## § 66. Модели атомов. Опыт Резерфорда

### Вопросы

1. Томсон предложил модель согласно которой атом представляет собой электрически нейтральный шар, внутри которого равномерно распределен положительный заряд и, находятся отрицательно заряженные электроны, совершавшие колебательные движения около положения равновесия.

2. Радиоактивный элемент, излучающий  $\alpha$ -частицы, помещали в свинцовый сосуд. Вылетающие узким пучком  $\alpha$ -частицы регистрировали с помощью экрана покрытого специальным веществом, реагирующем на попадание  $\alpha$ -частицы вспышкой. При помещении на пути потока  $\alpha$ -частиц экрана из тонкой металлической фольги было обнаружено, что некоторые  $\alpha$ -частицы отскакивают назад, на углы порядка  $180^\circ$ .

3. Резерфорд сделал вывод, что внутри атома имеется чрезвычайно *сильное электрическое поле* (которое и отталкивает  $\alpha$ -частицы) и, что такое поле может быть создано зарядом, сконцентрированным в очень *малом объеме*.

4. Согласно модели Резерфорда в центре атома атом находится положительно заряженное ядро, в котором сконцентрирована практически вся масса атома, вокруг которого движутся электроны.

5. Если  $\alpha$ -частица пролетает достаточно далеко от ядра атом, то ее траектория не изменяется, но по мере приближения траектории к ядру атома на  $\alpha$ -

частицу будет действовать все более и более сильная сила отталкивания (обратно пропорционально квадрату расстояния  $r$ ). Так как ядро во много раз меньше атома, то большая часть  $\alpha$ -частиц пролетит сквозь атом с незначительным изменением траектории.

## § 67. Радиоактивные превращения атомных ядер

### Вопросы

1. При распаде радия Ra (металл) происходит его превращение в радон Ra (газ) с испусканием  $\alpha$ -частиц.

2. При  $\alpha$ - и при  $\beta$ -распаде происходит превращение одного химического элемента в другой.

3. При радиоактивном превращении претерпевает изменения ядро атома, т. к. именно ядро атома определяет его химические свойства.

4.  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$ , где  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  — атом радона,  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  — атом рения,  ${}^4_2\text{He}$  —  $\alpha$ -частица (ядро атома гелия).

5. Они называются *массовое* и *зарядовое число*.

6. *Массовое число* равно целому числу атомных единиц массы данного атома.

*Зарядовое число* равно числу элементарных электрических зарядов ядра данного атома.

7. *Закон сохранения массового числа и зарядов* гласит, что при радиоактивных превращениях величина суммы массовых чисел атомов и суммы



зарядов всех частиц участвующих в превращениях — величина постоянная.

8. Был сделан вывод, что ядра атомов имеют сложный состав.

9. Радиоактивность — это способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием частиц.

### Упражнение 51

1.  $^{12}_6\text{C}$ : масса — 12 а.е.м., заряд — 6;  $^6_3\text{Li}$ : масса — 6 а.е.м., заряд — 3;  $^{40}_{20}\text{Ca}$ : масса — 40 а.е.м., заряд — 20.

2. Число электронов совпадает с зарядом ядра:  $^{12}_6\text{C}$  — 6 электронов,  $^6_3\text{Li}$  — 3 электрона,  $^{40}_{20}\text{Ca}$  — 20 электронов.

3. В  $\frac{m(^6_3\text{Li})}{m(^1_1\text{H})} = \frac{6 \text{ а.е.м.}}{1 \text{ а.е.м.}} = 6$ . **Ответ:** в 6 раз.

4. Для атома  $^9_4\text{Be}$  а) 9; б) 9 а.е.м.; в)  $\frac{m(^9_4\text{Be})}{m(^{12}_6\text{C})/12} = \frac{9 \text{ а.е.м.}}{1 \text{ а.е.м.}} = 9$ ; г) 4; д) 4; е) 4; ж) 4.

5.  $^{14}_6\text{C} \rightarrow \text{X} + ^0_{-1}\text{e} \Rightarrow ^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14+0}_{6+1}\text{X} + ^0_{-1}\text{e} \Rightarrow ^{14}_7\text{X}$ . Заряд ядра равен 7, следовательно это азот  $^{14}_7\text{N}$ .

## § 68. Экспериментальные методы исследования частиц

### Вопросы

1. *Счетчик Гейгера* состоит из стеклянной трубки, заполненной разряженным газом (аргоном) и запаянной с обоих концов, внутри которой находится металлический цилиндр (катод) и натянутой

внутри цилиндра проволочки (анод). Катод и анод соединены через сопротивление с источником высокого напряжения (200–1000 В). Поэтому между анодом и катодом возникает сильное электрическое поле. При попадании ионизирующей частицы внутрь трубки образуется электронно-ионная лавина и в цепи возникает электрический ток, регистрируемый счетным устройством.

**2.** Счетчик Гейгера применяется для регистрации электронов и  $\gamma$ -квантов.

**3.** *Камера Вильсона* представляет собой невысокий стеклянный цилиндр с крышкой, поршнем внизу и насыщенным паром смеси спирта с водой. При движении поршня вниз пары становятся пересыщенными, т.е. способными к быстрой конденсации. При попадании какой-либо частицы, через специальное окошко, внутрь камеры они создают ионы, которые становятся ядрами конденсации и вдоль траектории движения частицы возникает след (трек) из сконденсированных капелек, которые можно сфотографировать. Если поместить камеру в магнитное поле, то траектории заряженных частиц будут искривлены.

**4.** По *направлению изгиба* судят о заряде частицы, а по *радиусу кривизны* можно узнать величину заряда, массу и энергию частицы.

**5.** В пузырьковой камере вместо пересыщенного пара используется перегретая выше точки кипения жидкость, что делает ее быстродейственной.

## § 69. Открытие протона

### Вопросы

1. Резерфорд поставил опыт по исследованию взаимодействия  $\alpha$ -частиц с ядрами атомов азота. В результате опыта было установлено, что  $\alpha$ -частица при попадании в ядро атома азота выбивает из него какую-то частицу, которую Резерфорд назвал *протон* (греч. *prótos* — первый).

2. Вилкообразный след на фотографии треков в камере Вильсона говорит о том, что при столкновении ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$  с атомом азота  ${}^{14}_7\text{N}$  образовались ядра атомов кислорода  ${}^{17}_8\text{O}$  и водорода  ${}^1_1\text{H}$ .

3. Атом водорода  ${}^1_1\text{H}$  иначе называется протоном  ${}^1_1p$ .

4. Опыты позволили предположить, что протоны  ${}^1_1p$  входят в состав ядер всех химических элементов.

### Упражнение 52

${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ . Сумма зарядов  $7 + 2 = 8 + 1 \Rightarrow 9 = 9$ , следовательно закон сохранения заряда выполняется.

## § 70. Открытие нейтрона

### Вопросы

1. У атома бериллия  ${}^9_4\text{Be}$  число протонов равно 4, однако его масса равна 9, следовательно ядро

не может состоять только из протонов, а содержит еще 5 каких-то частиц.

2. Резерфордом в 1920 г.

3. Ученик Резерфорда — Джеймс Чедвик в 1932 г.

4. Нейтроны не отклоняются в электрическом и магнитном поле, следовательно не обладают зарядом, а их масса была оценена по взаимодействию с другими частицами.

5. *Нейтрон* обозначается  ${}^1_0n$  или более кратко  $n$ . Его масса равна 1,0086649 а.е.м., что чуть больше массы протона.

## § 71. Состав атомного ядра.

### Массовое число. Зарядовое число

#### Вопросы

1. Протоны и нейтроны вместе называются *нуклоны*.

2. *Массовым числом*  $A$  называется количество нуклонов в ядре.

3. Массовое число равно массе ядра  $m$  выраженной в а.е.м., округленной до целых чисел.

4. Число протонов в ядре называется *зарядовым числом*  $Z$ .

5. *Зарядовое число* равно заряду ядра выраженному в элементарных электрических зарядах и порядковому номеру в таблице Д. И. Менделеева.

6.  ${}^A_ZX$ , где  $A$  — массовое число,  $Z$  — зарядовое число,  $X$  — символ химического элемента.

7. Число нейтронов в ядре обозначается  $N$ .

8.

$$A = Z + N,$$

где  $A$  — массовое число,  $Z$  — зарядовое число,  $N$  — число нейтронов.

9. Это объясняется тем, что в таких ядрах находится одинаковое число протонов, но разное число нейтронов, такие разновидности химических элементов называются *изотопами*.

### Упражнение 53

1. В ядре атома бериллия  ${}^9_4\text{Be}$  9 нуклонов, 4 протона,  $N = A - Z = 9 - 4 = 5$  нейтронов.

2.  ${}^{39}_{19}\text{Na}$  а)  $Z = 19$ ; б)  $N_p = Z = 19$ ; в)  $q = 19$ ; г)  $N_e = N_p = 19$ ; д) № 19; е) 39; ж)  $N_{\text{нуклонов}} = 39$ ; з)  $N = A - Z = 39 - 19 = 20$ ; и)  $m = 39$  а.е.м.

3. В атоме число протонов равно числу электронов, следовательно: а)  ${}_3\text{X} \Rightarrow \text{X} = \text{Li}$ ; б)  ${}_9\text{X} \Rightarrow \text{X} = \text{F}$ .

4. Образовавшийся элемент смещен на две клетки к началу таблицы.

При  $\alpha$ -распаде одного химического элемента образуется другой элемент, который расположен в таблице Д. И. Менделеева на *две клетки* ближе к ее началу чем исходный.

5. Образовавшийся элемент смещен на одну клетку к концу таблицы.

При  $\beta$ -распаде одного химического элемента образуется другой элемент, который расположен в таблице Д. И. Менделеева на *одну клетку* ближе к ее концу чем исходный.

## § 72. Ядерные силы

### Вопросы

1. Так как протоны положительно заряжены, то между ними действуют силы *электростатического отталкивания* и ядра должны тогда распадаться. Чтобы разрешить данное противоречие (ядра стабильны) была высказана гипотеза, что между нуклонами действуют особые силы притяжения.

2. Эти силы притяжения были названы *ядерными*. Их характерной особенностью является то, что они действуют только на расстояниях сравнимых с размером ядра атома ( $10^{-15}$  м).

### Упражнение 54

Силы гравитационного притяжения действуют между всеми телами обладающими массой, т.к. нуклоны имеют массу, то они действуют и между ними.

## § 73. Энергия связи. Дефект масс

### Вопросы

1. *Энергией связи* ядра называется минимальная энергия необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны.

2.  $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_n$ , где  $\Delta m$  — дефект масс,  $Z$  — число протонов в ядре,  $m_p$  — масса свободного протона,  $N$  — число нейтронов в ядре,  $m_n$  — масса свободного нейтрона,  $M_n$  — масса ядра.

3.  $\Delta E_0 = \Delta mc^2$ , где  $\Delta E_0$  — энергия связи ядра,  $\Delta m$  — дефект масс,  $c = 299\,792\,458 \pm 1,2$  м/с — скорость света в вакууме.

## § 74. Деление ядер урана

### Вопросы

1. Оно было открыто в 1939 г. *Отто Ганом* и *Фрицем Штрассманом*.

2. При деформации ядра ядерные силы ослабевают, и ядро распадается под действием электростатических сил отталкивания.

3. В результате деления ядер образуются два осколка и 2—3 нейтрона.

4. Внутренняя энергия ядра при делении переходит в кинетическую энергию разлетающихся осколков и частиц.

5. Энергия выделяется в окружающую среду и переходит во внутреннюю энергию.

6. Реакция деления ядер урана идет с выделением энергии.

## § 75. Цепная реакция

### Вопросы

1. Ядро урана в результате захвата протона расщепляется на два осколка и выделяет три нейтрона, который в свою очередь взаимодействуют с другими ядрами урана, в результате чего происходит и их деление и выделение нейтронов.

2. *Критической массой* урана называется наименьшая их масс, при которой возможно протекание цепной реакции.

3. Если масса урана *меньше критической*, то протекание цепной реакции невозможно, так как

нейтроны выходят за пределы куска не встречая на своем пути ядра.

4. Если масса урана *больше критической*, то цепная реакция носит взрывной характер.

5. Число свободный нейтронов в уране определяется *массой урана, количеством в нем примесей, наличием оболочки и замедлителями.*

## § 76. Ядерный реактор.

### **Преобразование внутренней энергии атомных ядер в электрическую энергию**

#### **Вопросы**

1. Устройство, предназначенное для осуществления управляемой ядерной реакцией называется *ядерный реактор.*

2. Управление ядерной реакцией заключается в поддержании *количества* образующихся *нейтронов* на одном, постоянном уровне.

3. Ядерный реактор состоит из: ядерного топлива, защитной оболочки, активной зоны, отражателя, регулирующих стержней и теплообменника.

4. В активной зоне реактора находятся урановые стержни (ядерное топливо), регулирующие стержни (поглотители нейтронов) и вода (замедлитель нейтронов и теплоноситель).

5. Это нужно *для безопасности*, чтобы цепная реакция не могла возникнуть в одном стержне.

6. Регулирующие стержни поглощают нейтроны и таким образом они необходимы для управления



ядерной реакцией. Это достигается путем ввода или вывода их из активной зоны реактора.

**7.** Вода в активной зоне реактора также служит для отвода тепла из нее.

**8.** Пар вращает турбину генератора электрического тока, затем конденсируется в конденсаторе, превращается в жидкость, и опять нагреваясь превращается в пар.

**9.** Внутренняя энергия деления ядер урана переходит в кинетическую энергию осколков и протонов, затем они попадают в воду и увеличивают ее внутреннюю энергию, она нагревается и превращается в пар, который вращает турбину генератора электрического тока сообщая ей кинетическую энергию и наконец генератор вырабатывает электрическую энергию.

## **§ 77. Атомная энергетика**

### **Вопросы**

**1.** В связи с ростом потребления электроэнергии.

**2.** Для работы АЭС требуется меньше топлива и она обладает большей экологичностью при правильной эксплуатации чем ТЭС.

**3.** 1) совершенствование технологий с целью уменьшения отходов при работе реактора; 2) переработка отходов и уменьшения опасности от их распространения в окружающей среде; 3) надежная изоляция отходов от биосферы и человека.

**4.** Это отвержение, остекловывание и очистка отходов.

## § 78. Биологическое действие радиации. Закон радиоактивного распада

### Вопросы

1. Ионизирующее излучение проходя через живую ткань выбивает электроны из молекул и атомов, *разрушает ее*, что негативно сказывается на здоровье человека.

2. *Поглощенной дозой излучения  $D$*  называется величина равная отношению поглощенной энергии  $E$  к массе  $m$ :  $D = \frac{D}{m}$ . Единицей измерения в СИ является *грей*,  $1 \text{ Гр} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  или *рентгенах*  $R$ :  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ Р}$ .

3. При большей дозе облучения вред больше.

4. Разные виды ионизирующих излучений оказывают *различный* по величине биологический эффект. Для  $\alpha$ -излучения он в 20 раз больше чем для  $\gamma$ -излучения.

5. *Коэффициент качества  $K$*  показывает, во сколько раз радиационная опасность от воздействия на живой организм данного вида излучения больше, чем от воздействия  $\gamma$ -излучения. Для одинаково поглощенной дозы  $\beta$ -,  $\gamma$  и рентгеновского излучения он принимается равным 1, а для  $\alpha$ -излучения он равен 20.

6. *Эквивалентная доза излучения  $H$*  была введена для оценки меры воздействия разных видов излучения. Она вычисляется по формуле  $H = D \cdot K$ , где  $H$  — эквивалентная доза излучения,  $D$  —

поглощенная доза излучения,  $K$  — коэффициент качества, и в системе СИ ее единицей измерения служит *зиверт* (Зв).

7. При оценке воздействия ионизирующего излучения на живой организм следует принимать во внимание также *время его воздействия*, так как дозы облучения накапливаются, а также *различную чувствительность* частей тела к этому излучению, учитываемую с помощью *коэффициента радиационного риска*.

8. Из закона радиоактивного распада:

$$N = \frac{N_0}{2^{t/T}},$$

где  $N$  — число оставшихся частиц,  $N_0$  — начальное число частиц,  $T$  — период полураспада,  $t$  — время распада.

Учитывая что необходимо найти величину  $\frac{N}{N_0} \cdot 100\%$  получим, что  $\frac{N}{N_0} \cdot 100\% = \frac{1}{2^{t/T}} \cdot 100\% = \frac{1}{2^{6/2}} \cdot 100\% = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 0,125 \cdot 100\% = 12,5\%$ .

9. Для защиты от радиоактивности следует избегать контактов с такими веществами, не в коем случае не брать их в руки, остерегаться попадания внутрь. Во всех случаях радиоактивное излучения в зависимости от своей природы обладает разной проникающей способностью, для одних видов излучения достаточно избегать прямого контакта ( $\alpha$ -излучение), защитой от других могут служить расстояние или тонкие слои поглотителя (стены домов, металлический корпус машины) или толстые слои бетона или свинца (жесткое  $\gamma$ -излучение).

## § 79. Термоядерная реакция

### Вопросы

1. *Термоядерной реакцией* называется реакция слияния легких ядер (водород, гелий), проходящая при температуре порядка сотен миллионов градусов.

2. *Слияние ядер* возможно если они преодолеют силы электростатического отталкивания, что возможно, если им сообщена достаточно большая скорость, которой они могут обладать только при высокой температуре.

3. Слияние ядер более выгодно энергетически.

4.  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  — слияние водорода и трития с образованием гелия и выделением протона.

5. Одной из основных трудностей при управляемом термоядерном синтезе — удержать высокотемпературную плазму внутри установки так, чтобы она не касалась стенок.

6. За счет термоядерного синтеза на Солнце выделяется энергия, которая поддерживает жизнь на Земле.

7. В разные времена существовали разные гипотезы об источниках энергии Солнца. По одной из них энергия выделялась в результате *процессов горения*, по другой за счет *гравитационного сжатия*.

8. По современным представлениям энергия на Солнце выделяется в результате протекания термоядерных реакций (*водородный цикл*).

9. По подсчетам ученых запасов водорода хватит на 5–6 миллиардов лет.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## Лабораторная работа № 1

### Исследование равноускоренного движения без начальной скорости

#### *Вариант I*

*Цель работы:* определить ускорение движения шарика и его мгновенную скорость перед ударом о цилиндр.

*Оборудование:* желоб лабораторный металлический длиной 1,4 м, шарик металлический диаметром 1,5—2 см, цилиндр металлический, метроном (один на весь класс), лента измерительная, кусок мела.

#### *Результаты*

Число ударов метронома $n$	Расстояние $s$ , м	Время движения $t = 0,5 \cdot n$ , с	Ускорение $a = \frac{2s}{t^2}$ , м/с <sup>2</sup>	Мгновенная скорость $v = at$ , м/с
3	1	1,5	0,89	0,134

#### *Вариант II*

*Цель работы:* убедиться в равноускоренном характере движения бруска и определить его ускорение и мгновенную скорость.

*Оборудование:* прибор для изучения движения тел, ленты из миллиметровой и копировальной бумаги длиной 300 мм и шириной 20 мм, штатив с муфтой и лапкой.

## Результаты

$s$ , мм	$t$ , с
0	0
1	0,02
4	0,04
8	0,06
15	0,08
24	0,10
35	0,12
48	0,14
62	0,16
79	0,18
98	0,20
119	0,22
141	0,24
166	0,26
192	0,28
220	0,30

### Задание 1

$$\begin{aligned} \frac{s_2}{s_1} &= 4, \frac{s_3}{s_1} = 8, \frac{s_4}{s_1} = 15, \frac{s_5}{s_1} = 24, \frac{s_6}{s_1} = 35, \frac{s_7}{s_1} = \\ &= 48, \frac{s_8}{s_1} = 62, \frac{s_9}{s_1} = 79, \frac{s_{10}}{s_1} = 98, \frac{s_{11}}{s_1} = 119, \frac{s_{12}}{s_1} = \\ &= 141, \frac{s_{13}}{s_1} = 166, \frac{s_{14}}{s_1} = 192, \frac{s_{15}}{s_1} = 220. \end{aligned}$$

$$s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : s_5 : s_6 : s_7 : s_8 : s_9 : s_{10} : s_{11} : s_{12} : s_{13} : s_{14} : s_{15} = 1 : 4 : 8 : 15 : 24 : 35 : 48 : 62 : 79 : 98 : 119 : 141 : 166 : 192 : 220.$$

Полученные соотношения позволяют предположить, что брусок движется равноускоренно. Отклонения от теоретической закономерности связаны с погрешностью измерений.

### Задание 2

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

$$a_{10} = \frac{2s_{10}}{t_{10}^2} = \frac{2 \cdot 0,098}{0,20^2} = 4,9 \text{ м/с}^2$$

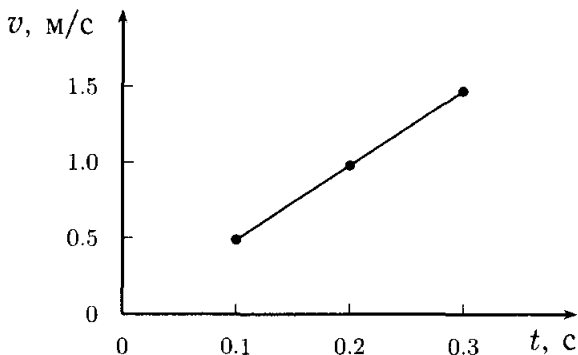
$$a_{15} = \frac{2s_{15}}{t_{15}^2} = \frac{2 \cdot 0,22}{0,30^2} = 4,88 \text{ м/с}^2$$

### Задание 3

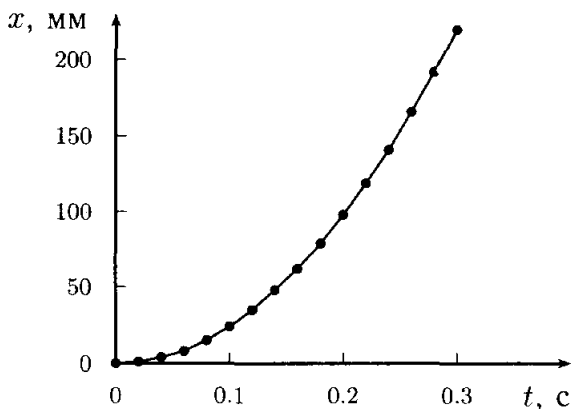
$$v_6 = a_6 t_6 = 4,9 \cdot 0,10 = 0,49 \text{ м/с.}$$

$$v_{10} = a_{10} t_{10} = 4,9 \cdot 0,20 = 0,98 \text{ м/с.}$$

$$v_{15} = a_{15} t_{15} = 4,9 \cdot 0,30 = 1,47 \text{ м/с.}$$



#### Задание 4



## Лабораторная работа № 2

### Измерение ускорения свободного падения

*Цель работы:* измерить ускорение свободного падения с помощью прибора для изучения движения тел.

*Оборудование:* прибор для изучения движения тел, полоски из миллиметровой и копировальной

бумаги длиной 300 мм и шириной 20 мм. штатив с муфтой и лапкой.

### Результаты

Время движения $t = nT$ , с	Путь $s$ , мм	Путь $s$ , м	Ускорение свободного падения $g = 2s/t^2$ , м/с <sup>2</sup>
0,18	162	0,162	10

$$n = 9; t = 9 \cdot 0,02 = 0,18 \text{ с}; g_{\text{эксп}} = \frac{2 \cdot 0,162}{0,18^2} = 10 \text{ м/с}^2,$$

Абсолютная погрешность составляет

$$\Delta g = |g_{\text{эксп}} - g_{\text{теор}}| = |10 - 9,8| = 0,2 \text{ м/с}^2,$$

а относительная

$$\frac{\Delta g}{g} \cdot 100\% = \frac{0,2}{9,8} \cdot 100\% \approx 2,04\%.$$

## Лабораторная работа № 3

### Исследование зависимости периода и частоты свободных колебаний нитяного маятника от его длины

*Цель работы:* выяснить, как зависят период и частота свободных колебаний нитяного маятника от его длины.

*Оборудование:* штатив с муфтой и лапкой, шарик с прикрепленной к нему нитью длиной 130 см, протянутой сквозь кусочек резины, часы с секундной стрелкой или метроном.



## Результаты

Физи- ческая величина	№ опыта				
	1	2	3	4	5
$l$ , см	5	20	45	80	125
$N$	30	30	30	30	30
$t$ , с	13,20	26,59	40,32	53,88	67,32
$T$ , с	0,44	0,886	1,344	1,796	2,22
$\nu$ , Гц	2,27	1,128	0,744	0,557	0,44

### Выводы

С увеличением длины маятника растет его период колебаний  $T$  и уменьшается частота  $\nu$ .

### Дополнительное задание

**Цель задания:** выяснить, какая математическая зависимость существует между длиной маятника и периодом его колебаний.

### Результаты

$\frac{T_2}{T_1} = 2$	$\frac{T_3}{T_1} = 3$	$\frac{T_4}{T_1} = 4$	$\frac{T_5}{T_1} = 5$
$\frac{l_2}{l_1} = 4$	$\frac{l_3}{l_1} = 9$	$\frac{l_4}{l_1} = 16$	$\frac{l_5}{l_1} = 25$

### Выводы

Из полученных данных можно предположить, что  $\frac{T_k}{T_1} = \frac{\sqrt{l_k}}{\sqrt{l_1}}$ . Например при увеличении длины маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.

## Лабораторная работа № 4

### Изучение явления электромагнитной индукции

*Цель работы:* изучить явление электромагнитной индукции.

*Оборудование:* миллиамперметр, катушка-моток, магнит дугообразный, источник питания, катушка с железным сердечником от разборного электромагнита, реостат, ключ, провода соединительные, модель генератора электрического тока (одна на класс).

#### *Результаты*

1. Собрали установку.

2. Наблюдали возникновение индукционного тока в цепи, фиксируемое при помощи миллиамперметра, при движении магнита относительно катушки, и, резкое возрастание и его падение до нуля при ее остановке.

3. Индукционный ток возникал в катушке во время ее движения, т.к. изменялся магнитный поток  $\Phi$  пронизывающий ее.

4. *Вывод.* В катушке возникает индукционный ток при изменении магнитного потока, пронизывающего ее.

5. Магнитный поток  $\Phi$ , при приближении катушки меняется т.к. магнитное поле неоднородно, и, соответственно модуль вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ , от которого зависит магнитный поток, меняется в зависимости от места его измерения.

6. В зависимости от приближения или удаления катушки к магниту меняется направление индукционного тока.

7. При большей скорости движения магнита быстрее изменяется магнитный поток и возникает больший ток.

*Вывод.* Модуль силы индукционного тока, возникающего в катушке, увеличивается при увеличении скорости изменения магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего ее.

8. Собрали установку.

9. Наблюдается возникновение индукционного тока в случаях а) и в).

10. а) и в). Магнитный поток меняется так как меняется сила тока в цепи в результате чего изменяется магнитный поток.

11. Из-за изменения магнитного потока.

## **Лабораторная работа № 5**

### **Изучение деления ядра атома урана по фотографии треков**

*Цель работы:* применить закон сохранения импульса для объяснения движения двух ядер, образовавшихся при делении ядра атома урана.

*Оборудование:* фотография треков заряженных частиц, образовавшихся при делении ядра атома урана.

*Заданий 1.* До деления ядра урана оно находилось в состоянии покоя и его импульс был

равен нулю. После деления (в результате захвата нейрона) оно разделилось на два осколка и в соответствии с законом сохранения импульса  $0 = m_1v_1 + m_2v_2$ , из чего следует, что эти скорости противоположно направлены.

*Задание 2.* Закон сохранения заряда в данном случае:  $92 + 0 = 56 + Z + 2 \cdot 0 \Rightarrow Z = 92 - 56 = 36$ . По таблице Д. И. Менделеева определяем что этот элемент — криптон (Kr).

## Лабораторная работа № 6

### Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям

*Цель работы:* объяснить характер движения заряженных частиц.

*Оборудование:* фотографии треков заряженных частиц, полученных в камере Вильсона, пузырьковой камере и фотоэмульсии.

*Задание 1.* Так как при движении заряженных частиц в магнитном поле ее трек искривляется, то это фотографии на рис. 189 и 190.

*Задание 2.* а)  $\alpha$ -частицы двигались слева направо, т.к. трудно предположить, что они разлетаются; б)  $\alpha$ -частицы обладают примерно одинаковой энергией (они пролетают примерно одинаковый путь); в) по мере движения частиц толщина треков увеличивалась, значит частицы теряли скорость.

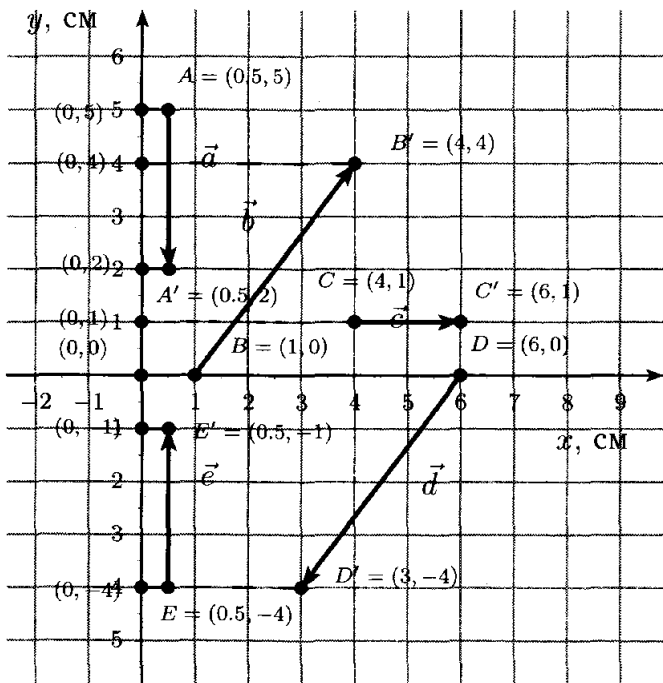
*Задание 3.* а) радиус кривизны менялся из-за уменьшения скорости  $\alpha$ -частиц (из-за сопротивления молекул воды); б) частицы двигались справа

налево т.к. они: 1) разлетаются, 2) уменьшается радиус кривизны из траекторий и 3) увеличивается толщина треков.

*Задание 4.* а) трек электрона имеет форму спирали из-за потери электроном скорости (т.к. электрон — легкая частица, то влияние магнитного поля на него больше); б) электрон двигался к центру спирали; в) трек электрона гораздо длиннее треков  $\alpha$ -частиц потому что: 1) электрон по видимому обладает большей энергией, и 2) гораздо меньше взаимодействует со средой (меньше сила сопротивления).

# ЗАДАЧИ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ И ПРИ 3 ЧАСАХ ФИЗИКИ В НЕДЕЛЮ

1. Из рисунка определяем:



Для  $\vec{a}$ :

а)  $A(0,5, 5)$ ,  $A'(0,5, 2)$ ; б)  $a_y = (2 - 5) = -3$ ; в)

$$|a_y| = |-3| = 3;$$

$$\begin{aligned} \text{г) } |\vec{a}| &= \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} = \\ &= \sqrt{(0,5 - 0,5)^2 + (2 - 5)^2} = \sqrt{0 + 9} = 3. \end{aligned}$$

Для  $\vec{b}$ :

а)  $B(1, 0)$ ,  $B'(4, 4)$ ; б)  $b_y = (4 - 0) = 4$ ; в)

$$|b_y| = |4| = 4;$$

г)  $|\vec{b}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} =$   
 $= \sqrt{(4 - 1)^2 + (4 - 0)^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5.$

Для  $\vec{c}$ :

а)  $C(4, 1)$ ,  $C'(6, 1)$ ; б)  $c_y = (1 - 1) = 0$ ; в)

$$|c_y| = |0| = 0;$$

г)  $|\vec{c}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} =$   
 $= \sqrt{(6 - 4)^2 + (1 - 1)^2} = \sqrt{4} = 2.$

Для  $\vec{d}$ :

а)  $D(6, 0)$ ,  $D'(3, -4)$ ; б)  $d_y = (-4 - 0) = -4$ ; в)

$$|d_y| = |-4| = 4;$$

г)  $|\vec{d}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} =$   
 $= \sqrt{(3 - 6)^2 + (-4 - 0)^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5.$

Для  $\vec{e}$ :

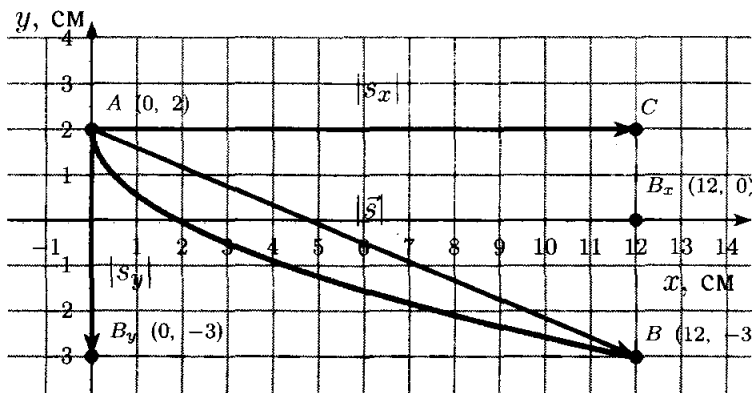
а)  $E(0,5, -4)$ ,  $E'(0,5, -1)$ ; б)  $e_y = (-1 - (-4)) =$

$$= 3; \text{ в) } |e_y| = |3| = 3;$$

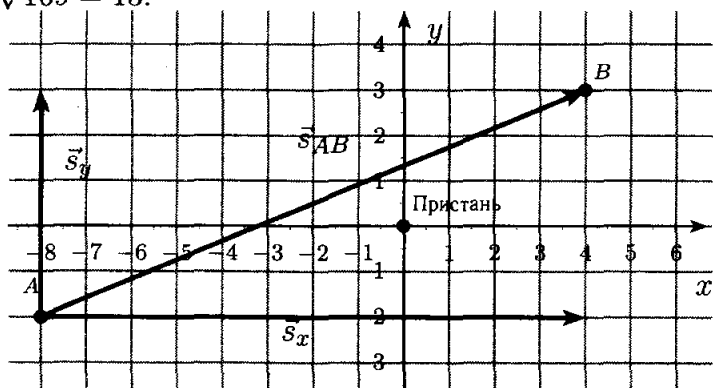
г)  $|\vec{e}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} =$   
 $= \sqrt{(0,5 - 0,5)^2 + (-1 - (-4))^2} = \sqrt{0 + 9} = 3.$

**2.**  $a_x = 0$ ,  $b_x = |\vec{b}|$ ,  $c_x = 0$ ,  $d_x = -|\vec{d}|$ .

**3.** а)  $A(0, 2)$ ,  $B(12, -3)$ ; б)  $s_x = AC = (12 - 0) =$   
 $= 12$ ,  $s_y = AB_y = (-3 - 2) = -5$ ; в)  $|s_x| = |12| = 12$ ,  
 $|s_y| = |-5| = 5$ ; г)  $|\vec{s}| = \sqrt{|s_x|^2 + |s_y|^2} = \sqrt{12^2 + 5^2} =$   
 $= \sqrt{144 + 25} = \sqrt{169} = 13.$



4. Перемещение  $|\vec{s}_{AB}| = \sqrt{|s_x|^2 + |s_y|^2} =$   
 $= \sqrt{(B_x - A_x)^2 + (B_y - A_y)^2} =$   
 $= \sqrt{(4 - (-8))^2 + (3 - (-2))^2} = \sqrt{12^2 + 5^2} = \sqrt{144 + 25} =$   
 $= \sqrt{169} = 13.$



Путь не может быть меньше перемещения только больше и равен ему, т.к. перемещение — это кратчайшее расстояние между начальной и конечной точками.

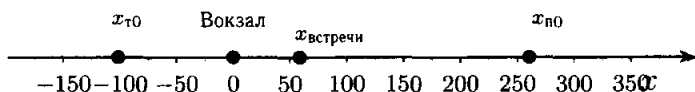
5. При прямолинейном равномерном движении тело проходит за одинаковые отрезки времени оди-



наковый путь, направленный по некоторой оси. Если за одну секунду тело проходит по оси  $X$   $v_x$  метров, то за  $t$  секунд оно переместится на отрезок  $v_x t$ , следовательно если тело в момент времени  $t = 0$  находилось в точке  $x_0$  и стало равномерно и прямолинейно перемещаться, то в момент времени  $t$ , оно окажется на расстоянии  $v_x t$  от точки  $x_0$ , и таким образом новые координаты тела станут  $x = x_0 + v_x t$ .

6.  $x(t) = x_0 + v_x t = 3 + 5t$ . **Ответ:**  $x(t) = 3 + 5t$  м.

7.



**Дано:**

$$x_{\text{п}} = 260 - 10t$$

$$x_{\text{т}} = -100 + 8t$$

**Найти:**

$$x_{\text{п0}}, x_{\text{т0}}, t, x_{\text{встречи}} - ?$$

**Решение:**

В момент времени  $t = 0$  координаты поездов:

$$x_{\text{п0}} = 260 - 10t = 260 - 10 \cdot 0 = 260;$$

$$x_{\text{т0}} = -100 + 8t = -100 + 8 \cdot 0 = -100.$$

В момент встречи  $t$ :

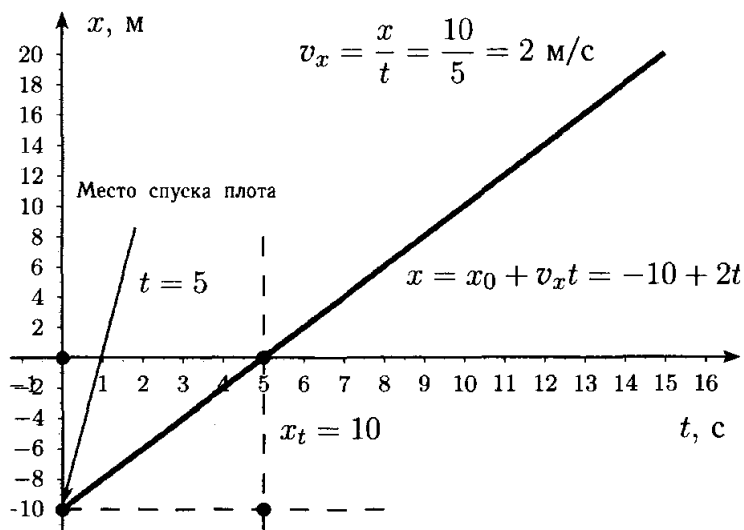
$$\begin{aligned} x_{\text{п0}} = x_{\text{т0}} &\Rightarrow 260 - 10t = -100 + 8t \Rightarrow 18t = \\ &= 360 \Rightarrow t = 20. \end{aligned}$$

Следовательно место встречи:

$$x_{\text{встречи}} = x_{\text{п0}} = 260 - 10 \cdot 20 = 60.$$

**Ответ:**  $x_{п0} = 260$ ,  $x_{т0} = -100$ ,  $t = 20$ ,  $x_{встречи} = 60$ .

**8.**



По графику находим, что плот спустили на 10 метров ниже места стоянки —  $x_0 = -10$ . Из графика находим скорость плота —  $v_x = 2 \text{ м/с}$  и уравнение движения плота  $x = -10 + 2t$ .

**9.**

**Дано:**

$$t_1 = 2 \text{ с}$$

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 4,5 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$t_2, s_2 - ?$$

**Решение:**

$$s_2 = v_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2} = \frac{at_2^2}{2}$$

$$v_1 = v_0 + at_1 = at_1$$

$$v_2 = v_0 + at_2 = at_2$$

Из второго уравнения находим ускорение мальчика

$$a = \frac{v_1}{t_1} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ м/с}^2.$$

Из третьего уравнения получаем:

$$t_2 = \frac{v_2}{a} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ с.}$$

А из первого:

$$s_2 = \frac{at_2^2}{2} = \frac{1,5 \cdot 3^2}{2} = \frac{1,5 \cdot 9}{2} = 6,75 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ ,  $t_2 = 3 \text{ с}$ ,  $s_2 = 6,75 \text{ м}$ .

$$\begin{aligned} \mathbf{10.} \quad \vec{s} &= \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} = \left| \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \right| = \\ &= \vec{v}_0 t + \frac{((\vec{v} - \vec{v}_0)/t) t^2}{2} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{2} t = \\ &= t \left( \frac{2\vec{v}_0 + \vec{v} - \vec{v}_0}{2} \right) = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} t. \end{aligned}$$

$$\mathbf{11.} \quad \text{Из предыдущей задачи имеем, что } s = \frac{v_0 + v}{2} t. \text{ Из уравнения } v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}.$$

$$\text{Следовательно } s = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{v + v_0}{2} \cdot \frac{v - v_0}{a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow$$

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}.$$

**12.**

**Дано:**

$$t = 0,3 \text{ с}$$

$$s_{0,3} = 0,43 \text{ м}$$

**Найти:**

$$\bar{v}_{0,3}, v_{0,3} - ?$$

**Решение:**

Средняя скорость движения  $\bar{v}$  за время  $t = 0,3$  с — это отношение пройденного пути  $s_t$  к времени движения

$$\bar{v} = \frac{s_t}{t}; \bar{v}_{0,3} = \frac{0,43}{0,3} \approx 0,43 \text{ м/с.}$$

Мгновенная скорость  $v_t = v_0 + at = at =$

$$= \left| s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2} \right| = \frac{2s}{t^2} \cdot t = \frac{2s}{t},$$

$$v_{0,3} = \frac{2 \cdot 0,43}{0,3} \approx 2,87 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $\bar{v}_{0,3} = 0,43 \text{ м/с}, v_{0,3} = 2,87 \text{ м/с.}$

**13.**

**Дано:**

$$\frac{a_1}{a_2} = 3$$

$$v_{01} = v_{02} = 0$$

**Найти:**

$$\frac{s_1}{s_2}, \frac{v_1}{v_2} - ?$$

**Решение:**

Из выражения для вычисления пути при равноускоренном движении получаем:

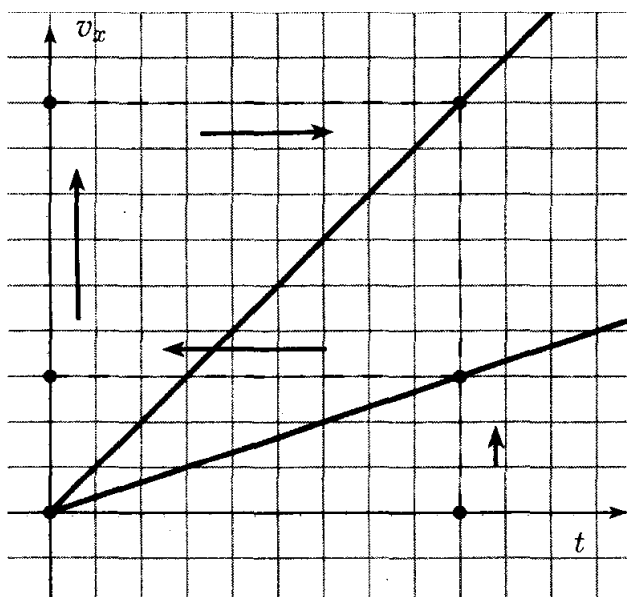
$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow \frac{s_1}{s_2} = \frac{\frac{a_1 t^2}{2}}{\frac{a_2 t^2}{2}} = \frac{a_1}{a_2} = 2.$$

Из выражения для вычисления скорости при равноускоренном движении получаем:

$$v = at \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1 t}{a_2 t} = \frac{a_1}{a_2} = 3.$$

**Ответ:** скоростной лифт приобретет скорость в 3 раза большую чем обычный лифт, и пройдет в 3 раза большее расстояние.

**14.** Так как скоростной лифт двигался с ускорение в 3 раза большим, чем обычный, то от любой точки по оси  $t$  откладываем перпендикулярно ей луч до пересечения с графиком скорости лифта, находим по найденной точке скорость лифта  $v_1$  в момент времени  $t$  на оси  $v$ . Увеличиваем этот отрезок в три раза и строим от конечной точки отрезка перпендикулярную оси  $v$  прямую до пересечения с прямой от оси  $t$ . Полученную точку соединяем прямой с началом координат. Это и будет график зависимости для скоростного лифта.



15.

**Дано:**

$$v_x = 10 + 0,5t$$

**Найти:**

$$v_{0x}, a_x - ?$$

**Решение:**

Из уравнения для равноускоренного движения

$v_x = v_{0x} + a_x t$  получаем, что:

$$v_{0x} = 10, a_x = 0,5.$$

Следовательно модуль скорости автомобиля, т.

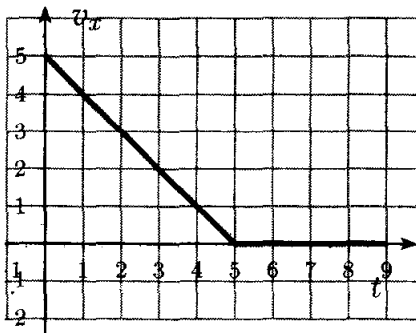
к.  $v_{0x} > 0, a_x > 0$ , с течением времени

увеличивается.

**Ответ:**  $v_{0x} = 10, a_x = 0,5$ .

16. Так как после удара шайба не может увеличивать свою скорость, то из условий задачи получаем, что она тормозит с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Следовательно уравнение движения будет  $v_x = 5 - t$ .

После того как скорость шайбы в момент времени  $t = 5$   $|0 = 5 - t|$  станет равной 0, она остановится и ее движение прекратиться.



17. При прямолинейном равноускоренном движении  $s_x = v_0t + \frac{a_x t^2}{2}$ . Так как по условию задачи  $x = x_0 + s_x$ , то  $x = x_0 + v_0t + \frac{a_x t^2}{2}$ .

18. Из условий задачи получаем, что при  $t = 0 - v_0 = 0$  и  $a = 0,1 \text{ м/с}$ . Следовательно из уравнений для мгновенной скорости  $v$  и пути  $s$  при прямолинейном равноускоренном движении ( $v = v_0 + at$ ,  $s = v_0t + \frac{at^2}{2}$ ) получаем, что  $v = 0,1t$  и  $s = 0,05t^2$ .

19. Так как из условий задачи автомобиль может двигаться как в одном направлении с велосипедистом, так и в противоположном, следует, что векторы скоростей велосипедиста и автомобиля могут быть как сонаправлены так и противоположно направлены, т.е. если автомобиль и велосипед движутся в одном направлении, то модуль скорости автомобиля в системе отсчета велосипеда будет  $v_{a/v} = v_{a/\text{земля}} - v_{v/\text{земля}}$  т.е.  $v_{a/\text{земля}} = v_{a/v} + v_{v/\text{земля}}$ , а если они движутся в разных направлениях, то  $v_{a/v} = v_{a/\text{земля}} + v_{v/\text{земля}}$  т.е.  $v_{a/\text{земля}} = |v_{a/v} - v_{v/\text{земля}}|$ . Следовательно: а)  $\uparrow\uparrow v_{a/\text{земля}} = 40 \text{ км/ч}$ ; б) при  $\uparrow\uparrow v_{a/\text{земля}} = 10 + 40 = 50 \text{ км/ч}$  и  $\uparrow\downarrow v_{a/\text{земля}} = |10 - 40| = 30 \text{ км/ч}$ ; в) при  $\uparrow\uparrow v_{a/\text{земля}} = 40 + 40 = 80 \text{ км/ч}$  и  $\uparrow\downarrow v_{a/\text{земля}} = |40 - 40| = 0 \text{ км/ч}$ ; г) при  $\uparrow\uparrow v_{a/\text{земля}} = 60 + 40 = 100 \text{ км/ч}$  и  $\uparrow\downarrow v_{a/\text{земля}} = |60 - 40| = 20 \text{ км/ч}$ .

20.

$$\overleftrightarrow{\hspace{10em}} \\ v_{\text{против течения}} = v_{\text{катера}} - v_{\text{реки}} = 5x - x = 4x$$

$$\overleftarrow{\hspace{10em}} \\ v_{\text{по течению}} = v_{\text{катера}} + v_{\text{реки}} = 5x + x = 6x$$

$$\overleftarrow{\hspace{10em}} \\ v_{\text{катера/река}} = 5v_{\text{реки}} = 5x$$

$$\overleftarrow{\hspace{5em}} \\ v_{\text{реки}} = x$$

$$\frac{v_{\text{по течению}}}{v_{\text{против течения}}} = \frac{6x}{4x} = \frac{6}{4} = 1.5$$

**Ответ:** в 1,5 раза быстрее.

**21.** Если шарик весит  $m = 3,87 \text{ г} = 3,87 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ , и при этом занимает объем  $V = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , то его плотность составит  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{3,87 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$ , что равно плотности воздуха при  $0^\circ\text{C}$ . В простейшем случае, если принять, что температура воздуха внутри шарика и температура воздуха снаружи шарика одинакова, то шарик будет покоиться на месте. Однако из условий задачи неясно какова температура окружающего воздуха. В зависимости от этого шарик будет либо взлетать вверх, если температура больше  $0^\circ\text{C}$ , опускаться вниз, если температура меньше  $0^\circ\text{C}$  или останется на месте, если температура равна  $0^\circ\text{C}$ , т.к. плотность воздуха увеличивается с ростом температуры и уменьшается с ее падением, и шарик станет либо легче воздуха и полетит вверх, либо тяжелее его и опустится вниз.



**22.** При столкновении стального шара с алюминиевым он подействует на него с некоторой силой  $F_{Al} = a_{Al}m_{Al}$  и в соответствии с третьим законом Ньютона точно такая же по модулю, но противоположная по направлению сила подействует на него  $F_{Al} = a_{Fe}m_{Al} = F_{Fe} = a_{Fe}m_{Fe}$ , в результате чего стальной шар уменьшит свою скорость, а неподвижный алюминиевый шар покатиться. Так как  $F_{Al} = F_{Fe}$ , то  $a_{Al}m_{Al} = a_{Fe}m_{Fe}$  и следовательно  $\frac{a_{Al}}{a_{Fe}} = \frac{m_{Al}}{m_{Fe}}$ . Так как масса алюминиевого шара не равна 0, то и модуль ускорения стального шара не может быть равен 0. Если  $m_{Al} > m_{Fe}$ , то модуль ускорения железного шара будет меньше модуля ускорения стального шара, и наоборот, если  $m_{Al} < m_{Fe}$ , то больше.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{23.} \quad g &= \frac{GM_3}{(R_3 + h)^2} = \left| g_0 = \frac{GM_3}{R_3^3} \Rightarrow G = \frac{g_0 R_3^3}{M_3} \right| = \\
 &= \frac{\frac{g_0 R_3^3}{M_3} M_3}{(R_3 + h)^2} = \frac{g_0 R_3}{(R_3 + h)^2}.
 \end{aligned}$$

**24.**

**Дано:**

$$r_1 = r$$

$$r_2 = 2r$$

$$v_1 = v_2 = v$$

$$m_1 = m_2 = m$$

**Найти:**

$$\frac{a_1}{a_2}, \frac{T_1}{T_2} \text{ — ?}$$

**Решение:**

Так как центростремительное ускорение  $a = \frac{v^2}{r}$ ,

$$\text{то } \frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1^2/r_1}{v_2^2/r_2} = \frac{v^2/r}{v^2/2r} = \frac{2r}{r} = 2.$$

Модуль силы натяжения  $T = am$ , и

$$\text{следовательно } \frac{T_1}{T_2} = \frac{a_1 m_1}{a_2 m_2} = \frac{a_1 m}{a_2 m} = \frac{a_1}{a_2} = 2.$$

**Ответ:**  $\frac{a_1}{a_2} = 2, \frac{T_1}{T_2} = 2.$

**25.** Так как сила тяжести  $F_{\text{тяж.}} = mg = a_{\text{ц.с.}} m$ , то для высоты  $h$  над поверхностью Земли  $r = R_3 + h$  получаем, что  $a_{\text{ц.с.}} = g = \frac{v^2}{r} = \frac{v_2^2}{(R_3 + h)}$ .

$$\text{Следовательно } g = \frac{g_0 \cdot R_3^2}{(R_3 + h)^2} = \frac{v_2^2}{(R_3 + h)} \Rightarrow v^2 = \frac{g_0 \cdot R_3^2}{(R_3 + h)} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_3^2}{(R_3 + h)}}.$$

**26.**

**Дано:**

$$R_3 = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$h = 3600 \text{ км} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ м}$$

**Найти:**

$$v - ?$$

**Решение:**

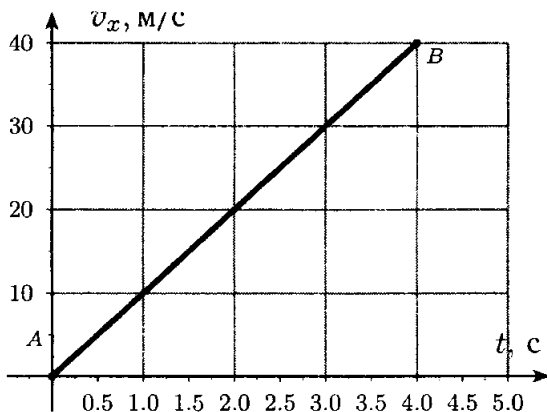
Из предыдущей задачи возьмем формулу для определения первой космической скорости

$$v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_3^2}{(R_3 + h)}} = \frac{9,8 \cdot (6,4 \cdot 10^6)^2}{(6,4 \cdot 10^6 + 3,6 \cdot 10^6)} \approx$$

$$\approx \sqrt{\frac{401 \cdot 10^6}{10}} = \sqrt{4 \cdot 10^7} = 6324 \text{ м/с} \approx 6,3 \text{ км/с}.$$

**Ответ:**  $v = 6,3 \text{ км/с}$ .

**27.** Из условий задачи получим уравнение прямой  $v_x = v_0 + a_x t = 10t$  и построим следующий график.



**28.**

**Дано:**

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$\Delta p_1, \Delta p_2 - ?$$

**Решение:**

Увеличение импульса — это разница между последующим и предыдущим импульсами

$$\Delta p_i = p_{i+1} - p_i = mv_{i+1} - mv_i = m(v_{i+1} - v_i).$$

При прямолинейном равноускоренном движении

$$v_{i+1} = v_i + g\Delta t \Rightarrow v_{i+1} - v_i = g\Delta t.$$

Откуда

$$\Delta p_i = mg\Delta t.$$

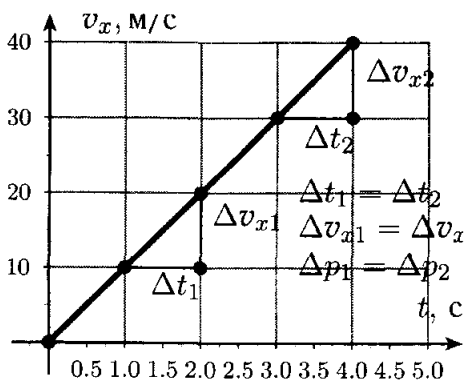
То есть при равноускоренном движении приращение момента импульса для равных промежутков времени одинаково.

Таким образом

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = mg\Delta t = 0,3 \cdot 9,8 \cdot 1 = 2,94 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$$

**Ответ:**  $\Delta p_1 = \Delta p_2 = 2,94 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .

**29.** Если  $\Delta t_1 = \Delta t_2$ , то  $\Delta v_{x1} = \Delta v_{x2} \Rightarrow m\Delta v_{x1} = m\Delta v_{x2} \Rightarrow \Delta p_1 = \Delta p_2$ .



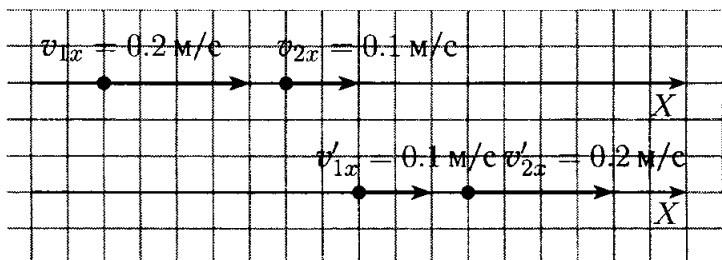
**30.** Для обоих шариков при равноускоренном

$$\text{движении } v = gt \Rightarrow \begin{aligned} p_{\text{Cu}} &= m_{\text{Cu}}v \\ \Rightarrow \frac{p_{\text{Cu}}}{p_{\text{Al}}} &= \frac{m_{\text{Cu}}v}{m_{\text{Al}}v} = \end{aligned}$$

$$p_{\text{Al}} = m_{\text{Al}}v$$

$= \frac{m_{\text{Cu}}}{m_{\text{Al}}} = \frac{\rho_{\text{Cu}}V}{\rho_{\text{Al}}V} = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Al}}} = \frac{8,9 \cdot 10^3}{2,7 \cdot 10^3} \approx 3,3$ . Таки образом импульс более тяжелого, медного шарика, будет всегда больше, чем алюминиевого, примерно в 3,3 раза.

**31.**



**Дано:**

$$v_{1x} = 0,2 \text{ м/с}$$

$$v_{2x} = 0,1 \text{ м/с}$$

$$v'_{1x} = 0,1 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$v'_{2x} - ?$$

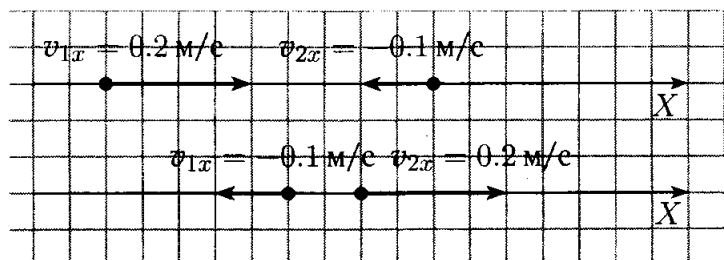
**Решение:**

По закону сохранения импульса получаем

$$\begin{aligned} v_{1x} + v_{2x} &= v'_{1x} + v'_{2x} \Rightarrow v'_{2x} = v_{1x} + v_{2x} - v'_{1x} = \\ &= 0,2 + 0,1 - 0,1 = 0,2 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

**Ответ:**  $v_{2x} = 0,2 \text{ м/с}$ .

**32.**



**Дано:**

$$v_{1x} = 0,2 \text{ м/с}$$

$$v_{2x} = -0,1 \text{ м/с}$$

$$v'_{1x} = -0,1 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$v'_{2x} - ?$$

**Решение:**

По закону сохранения импульса получаем

$$\begin{aligned} v_{1x} + v_{2x} &= v'_{1x} + v'_{2x} \Rightarrow v'_{2x} = v_{1x} + v_{2x} - v'_{1x} = \\ &= 0,2 + (-0,1) - (-0,1) = 0,2 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $v_{2x} = 0,2 \text{ м/с}$ .

**33.**

**Дано:**

$$v_{1x} = 0,2 \text{ м/с}$$

$$v_{2x} = -0,1 \text{ м/с}$$

$$v'_{1x} = -0,1 \text{ м/с}$$

$$v_{2x} = 0,2 \text{ м/с}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

**Найти:**

$$\frac{E_{\text{мех}}}{E'_{\text{мех}}} = ?$$

**Решение:**

Полная механическая энергия

$$E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \frac{m_1 v^2}{2} + m_1 gh + \frac{m_2 v^2}{2} + m_2 gh.$$

Так как высота тел не изменяется, то  $h = 0$  и следовательно в данном случае

$$E_{\text{мех}} = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} = m \left( \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} \right) = m \frac{v_1^2 + v_2^2}{2}.$$

Для тел до столкновения

$$E_{\text{мех}} = m \frac{v_1^2 + v_2^2}{2}.$$

Для тел после столкновения

$$E'_{\text{мех}} = m \frac{v_1'^2 + v_2'^2}{2}.$$

Отношение механических энергий до и после столкновения

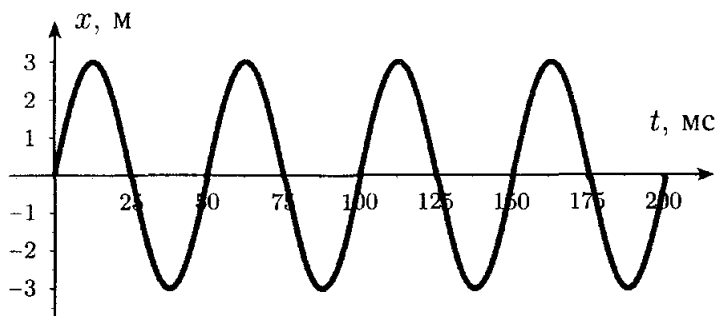
$$\frac{E_{\text{мех}}}{E'_{\text{мех}}} = \frac{m \frac{v_1^2 + v_2^2}{2}}{m \frac{v_1'^2 + v_2'^2}{2}} = \frac{v_1^2 + v_2^2}{v_1'^2 + v_2'^2} = \frac{(0,2)^2 + (-0,1)^2}{(-0,1)^2 + (0,2)^2} = 1.$$

**Ответ:**  $\frac{E_{\text{мех}}}{E'_{\text{мех}}} = 1$ . Полная механическая энергия не изменилась.

**34.** Из графика находим период  $T = 2$  с и частота  $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5$  Гц. Все качели колеблются с одинаковой частотой, поэтому любая точка на них изменяет скорость той же частотой.

**35.** Данная зависимость будет гармонической с амплитудой  $A = 3$  мм частотой  $\nu = 40$  Гц и периодом  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{40} = 0,025$  с = 25 мс. Если выбрать что

в момент времени  $t = 0$  смещение средней точки струны  $x = 0$ , то полученный график будет таким:



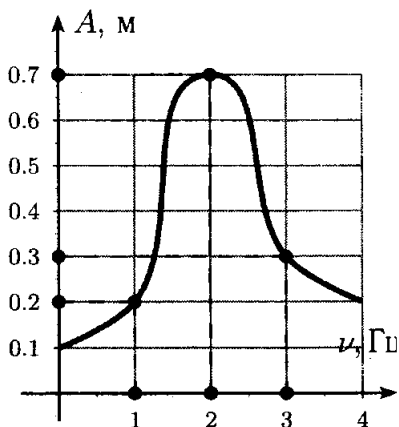
Но данный график не годится для других точек струны и других струн арфа, т.к. первые будут колебаться с другой амплитудой, а вторые с другой частотой.

**36.** Для этого надо одинаковые камертоны расположить не небольшом расстоянии друг от друга так, чтобы отверстия резонаторных ящиков смотрели друг на друга. Если теперь заставить один из камертонов вибрировать, например с помощью удара, а затем заглушить рукой, то можно услышать звук второго камертона. Этот опыт иллюстрирует явление *звукового резонанса*.

**37.** Из графика определяем а) при 1 Гц —  $A = 0,2$  м, а при 3 Гц —  $A = 0,3$  м, следовательно при частоте воздействия 3 Гц амплитуда колебаний больше; б) с частотой 2 Гц, т.к. при этом амплитуда максимальна  $A = 0,6$  м; в) при совпадении собственной частоты качелей с частотой вынуждающей силы будет наблюдаться явление резонанса,



при котором амплитуда скачкообразно растет, и следовательно она равна частоте с максимальной амплитудой, т.е. 2 Гц.



**38.**

**Дано:**

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$m = 2 \text{ г} = 0,002 \text{ кг} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$B = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$I - ?$$

**Решение:**

Сила тяжести  $F_{\text{тяж}} = mg$  уравновешивается силой действия магнитного поля  $F_{\text{маг}} = BIl$ .

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{маг}} \Rightarrow mg = BIl \Rightarrow I = \frac{mg}{Bl} =$$

$$= \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1} = 4,9 \text{ А.}$$

**Ответ:**  $I = 4,9 \text{ А}$ .

**39.** Направление скорости электрона меняется под действием магнитного поля. Пользуясь правилом левой руки, учитывая что магнитные линии направлены от нас, сила в влево от траектории, а за направление тока принято направление движения положительных зарядов, находим, что электрон (отрицательная частица) влетел в камеру в точке А.

**40.**

**Дано:**

$$v = 3 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ м/с}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$B = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

**Найти:**

$$R - ?$$

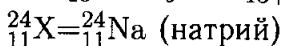
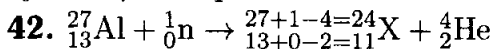
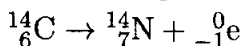
**Решение:**

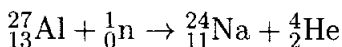
При стационарном движении электрона в магнитном поле  $F = ma_{\text{ц.с.}} = m \frac{v^2}{R} = Bqv \Rightarrow R =$

$$= \frac{mv}{Bq} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^7}{8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

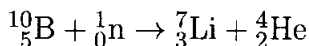
**Ответ:**  $R = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

**41.**  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{X}$ . X — электрон, следовательно это  $\beta$ -распад.





**43.**  ${}_{5}^{10}\text{B} + {}_{2+3-5=0}^{7+4-10=1}\text{X} \rightarrow {}_3^7\text{Li} + {}_2^4\text{He}$ ,  ${}_0^1\text{X} = {}_0^1\text{n}$  — нейтрон.



**44.**  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{92-2=90}^{238-4=234}\text{X} + {}_2^4\text{He}$ ,  ${}_{90}^{234}\text{X} = {}_{90}^{234}\text{Th}$  — торий.

**45.**  ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{92}^{238}\text{U} + N \cdot {}_{-1}^0\text{e}$ ,  $N$  — число одиночных  $\beta$ -распадов.

По закону сохранения зарядового числа  
 $90 = 92 + N(-1) = 92 - N \Rightarrow N = 92 - 90 = 2$ .

**Ответ:** в результате двух  $\beta$ -распадов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава I. Законы взаимодействия и движения тел</b>	<b>4</b>
§ 1. Материальная точка. Система отсчета . . . . .	4
§ 2. Перемещение . . . . .	6
§ 3. Определение координаты движущегося тела . . . . .	7
§ 4. Перемещение при прямолинейном равномерном движении . . . . .	8
§ 5. Прямолинейное равноускоренное движение. Ускорение . . . . .	9
§ 6. Скорость прямолинейного равноускоренного движения. График скорости . . . . .	11
§ 7. Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении . . . . .	14
§ 8. Перемещение тела при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости . . . . .	16
§ 9. Относительность движения . . . . .	17
§ 10. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона . . . . .	19
§ 11. Второй закон Ньютона . . . . .	20
§ 12. Третий закон Ньютона . . . . .	24
§ 13. Свободное падение тел . . . . .	25
§ 14. Движение тела, брошенного вертикально вверх. Невесомость . . . . .	28

§ 15. Закон всемирного тяготения . . . . .	29
§ 16. Ускорение свободного падения на Земле и других небесных телах . . . . .	31
§ 18. Прямолинейное и криволинейное движение . . . . .	34
§ 19. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью . . . . .	35
§ 20. Искусственные спутники Земли . . . . .	38
§ 21. Импульс тела. Закон сохранения импульса . . . . .	40
§ 22. Реактивное движение. Ракеты . . . . .	43
§ 23. Вывод закона сохранения полной механической энергии . . . . .	47

## **Глава II. Механические колебания и волны. Звук** **49**

§ 24. Колебательное движение . . . . .	49
§ 25. Свободные колебания. Колебательные системы. Маятник . . . . .	49
§ 26. Величины, характеризующие колебательное движение . . . . .	51
§ 27. Гармонические колебания . . . . .	54
§ 28. Затухающие колебания . . . . .	56
§ 29. Вынужденные колебания . . . . .	57
§ 30. Резонанс . . . . .	58
§ 31. Распространение колебаний в среде. Волны . . . . .	60
§ 32. Продольные и поперечные волны . . . . .	61
§ 33. Длина волны. Скорость распространения волн . . . . .	61

§ 34. Источники звука. Звуковые колебания	63
§ 35. Высота и тембр звука . . . . .	65
§ 36. Громкость звука . . . . .	66
§ 37. Распространение звука . . . . .	67
§ 38. Звуковые волны. Скорость звука . . . .	68
§ 39. Отражение звука. Эхо . . . . .	71
§ 40. Звуковой резонанс . . . . .	71
§ 41. Интерференция звука . . . . .	72

### **Глава III. Электромагнитное поле** **74**

§ 42. Магнитное поле и его графическое изображение . . . . .	74
§ 43. Неоднородное и однородное магнитное поле . . . . .	75
§ 44. Направление тока и направление линий его магнитного поля . . . . .	77
§ 45. Обнаружение магнитного поля по его действию на электрический ток. Правило левой руки . . . . .	78
§ 46. Индукция магнитного поля . . . . .	80
§ 47. Магнитный поток . . . . .	82
§ 48. Явление электромагнитной индукции .	82
§ 49. Направление индукционного тока. Правило Ленца . . . . .	83
§ 50. Явление самоиндукции . . . . .	85
§ 51. Получение и передача переменного электрического тока. Трансформатор . .	86
§ 52. Электромагнитное поле . . . . .	88
§ 53. Электромагнитные волны . . . . .	89
§ 54. Конденсатор . . . . .	91

§ 55. Колебательный контур. Получение электромагнитных колебаний . . . . .	95
§ 56. Принципы радиосвязи и телевидения . . . . .	97
§ 57. Интерференция света . . . . .	99
§ 58. Электромагнитная природа света . . . . .	100
§ 59. Преломление света. Физический смысл показателя преломления . . . . .	100
§ 60. Дисперсия света. Цвета тел . . . . .	102
§ 61. Спектрограф и спектроскоп . . . . .	104
§ 62. Типы оптических спектров . . . . .	105
§ 63. Спектральный анализ . . . . .	106
§ 64. Поглощение и испускание света атомами. Происхождение линейчатых спектров . . . . .	107

## **Глава IV. Строение атома и атомного ядра. Использование энергии атомных ядер** **109**

§ 65. Радиоактивность как свидетельство сложного строения атомов . . . . .	109
§ 66. Модели атомов. Опыт Резерфорда . . . . .	110
§ 67. Радиоактивные превращения атомных ядер . . . . .	111
§ 68. Экспериментальные методы исследования частиц . . . . .	112
§ 69. Открытие протона . . . . .	114
§ 70. Открытие нейтрона . . . . .	114
§ 71. Состав атомного ядра. Массовое число. Зарядовое число . . . . .	115
§ 72. Ядерные силы . . . . .	117

§ 73. Энергия связи. Дефект масс . . . . .	117
§ 74. Деление ядер урана . . . . .	118
§ 75. Цепная реакция . . . . .	118
§ 76. Ядерный реактор. Преобразование внут- ренней энергии атомных ядер в элек- трическую энергию . . . . .	119
§ 77. Атомная энергетика . . . . .	120
§ 78. Биологическое действие радиации. За- кон радиоактивного распада . . . . .	121
§ 79. Термоядерная реакция . . . . .	123

**Лабораторные работы** **124**

Лабораторная работа № 1 . . . . .	124
Лабораторная работа № 2 . . . . .	126
Лабораторная работа № 3 . . . . .	127
Лабораторная работа № 4 . . . . .	129
Лабораторная работа № 5 . . . . .	130
Лабораторная работа № 6 . . . . .	131

**Задачи, предлагаемые для повторения  
и при 3 часах физики в неделю** **133**



Издательство «ЛадКом»  
ladya-book@bk.ru

В. Н. Ландо

Все домашние работы  
к учебнику  
А. В. Перышкина  
«Физика 9 класс»

ФГОС

*Компьютерная верстка  
И. А. Каргин*

Формат 84x108 <sup>1</sup>/<sub>32</sub>  
Бумага типографская. Печать офсетная. 160 с.  
Усл.печ.л. 8,4. Тираж 7000 экз. Заказ № 970.  
Издательство «ЛадКом» Москва 2013 г.

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография»,  
филиал «Дом печати - ВЯТКА» в полном соответствии  
с качеством предоставленных материалов.  
610033, г. Киров, ул. Московская, 122.  
Факс: (8332) 53-53-80, 62-10-36  
<http://www.gipp.kirov.ru>, e-mail: [order@gipp.kirov.ru](mailto:order@gipp.kirov.ru)