

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна  
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского  
федерального университета  
Дата подписания: 18.07.2023 17:21:56  
Уникальный программный ключ:  
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по выполнению практических работ  
по дисциплине «ФИЗИКА» для студентов направления подготовки  
08.03.01 Строительство, Городское строительство и хозяйство

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## Содержание

| №<br>п/п |                                                                                                         | Стр. |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|          | Введение                                                                                                |      |
| 1.       | Цель и задачи изучения дисциплины                                                                       |      |
| 2.       | Оборудование и материалы                                                                                |      |
| 3.       | Наименование практических работ                                                                         |      |
| 4.       | Содержание практических работ                                                                           |      |
| 4.1      | Практическая работа №1 <b>Простейшие физические модели, положение материальной точки.</b>               |      |
| 4.2      | Практическая работа №2 <b>Скорость. Вычисление пройденного пути. Ускорение</b>                          |      |
| 5        | Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины                                             |      |
| 5.1      | Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины                      |      |
| 5.2      | Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине              |      |
| 5.3      | Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины |      |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Физика», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

### 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

### 2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

### 3. Наименование практических работ

| № Темы дисциплины         | Наименование тем дисциплины, их краткое содержание                                                                                                                                                                                                                       | Объем часов | Из них практическая подготовка, часов |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 семестр                 |                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |                                       |
| 1                         | <b>Практическая работа № 1. Простейшие физические модели, положение материальной точки.</b><br>Кинематика поступательного движения.<br>Кинематика вращательного движения материальной точки. Тангенциальное, нормальное и полное ускорения                               | 1,5         |                                       |
| 2                         | <b>Практическая работа № 2. Скорость. Вычисление пройденного пути. Ускорение</b><br>Первый закон Ньютона. Сила, масса, импульс. Второй закон Ньютона. Принцип независимости действия сил. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.<br>Закон движения центра масс | 1,5         |                                       |
| <b>Итого за 1 семестр</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>3</b>    |                                       |
| <b>Итого</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>3</b>    |                                       |

Сертификат: 2C00000043E9AB8B952205E7BA5000600000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



#### 4. Содержание лабораторных работ

##### Раздел 1. Механика

##### Практическое занятие 1.

**Тема занятия. Простейшие физические модели, положение материальной точки.**

**Цель занятия.** Изучить закономерности движения материальной точки.

**Теоретическая часть.**

##### *Поступательное движение*

Средняя (путевая) скорость:

$$\langle v_x \rangle = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

где  $\Delta s$  – путь, пройденный точкой за интервал времени  $\Delta t$ . Путь  $\Delta s$  не может убывать и принимать отрицательные значения, т.е.  $\Delta s \geq 0$ .

Мгновенная скорость (проекция на ось  $x$ ):

$$v_x = \frac{dx}{dt}$$

Среднее ускорение:

$$\langle a_x \rangle = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$$

Мгновенное (линейное) ускорение (проекция на ось  $x$ ):

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}.$$

Основные уравнения кинематики поступательного движения: скорость и путь равнопеременного поступательного движения:

$$v = v_0 + at,$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

где  $v_0$  – начальная скорость (в момент времени  $t = 0$ ); для равнозамедленного движения  $a < 0$ , для равноускоренного  $a > 0$ ).

При движении тела по вертикальному направлению в поле силы тяжести Земли  $a = g$ .

##### *Движение материальной точки по окружности*

**Угловая скорость**

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Связь между линейными и угловыми величинами при движении точки по окружности:

$$v = \omega R, \quad a_t = \varepsilon R, \quad a_n = \omega^2 R,$$

где  $v$  – модуль линейной скорости;  $a_t$  и  $a_n$  – модули тангенциального и нормального ускорений;  $\omega$  – модуль угловой скорости;  $\varepsilon$  – модуль углового ускорения;  $R$  – радиус окружности.

Модуль полного ускорения:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}.$$

Основные уравнения кинематики вращательного движения: угловая скорость и угловой путь

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t,$$

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}.$$

Для равнопеременного вращательного движения ( $\varepsilon = \text{const}$ ),  $\varepsilon > 0$  – ускоренное вращение,  $\varepsilon < 0$  – замедленное вращение.

Связь частоты вращения  $n$  и угловой скорости:

$$\omega = 2\pi n.$$

Связь углового перемещения и числа оборотов  $N$ :

$$\varphi = 2\pi N.$$

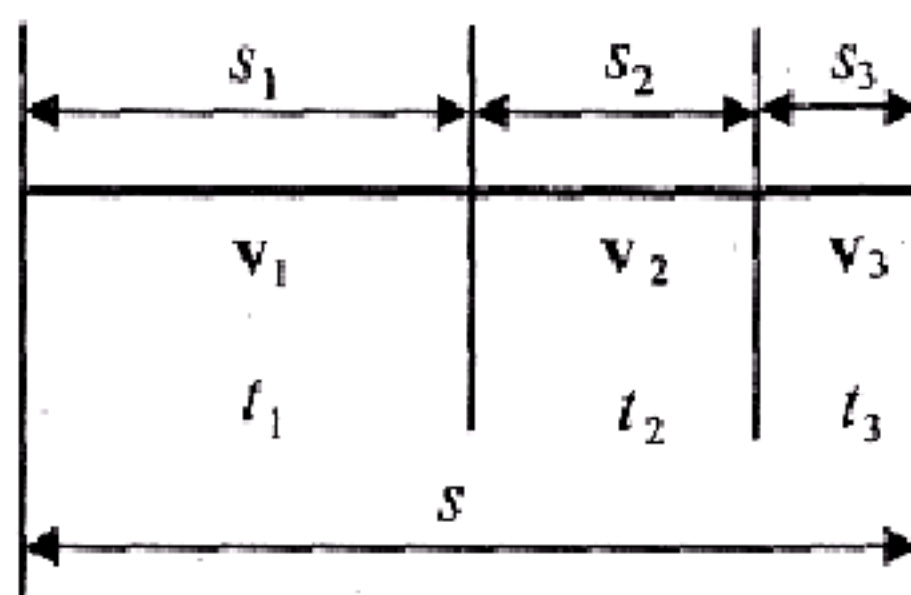
### Примеры решения задач

**Задача 1.** Студент проехал половину пути на велосипеде со скоростью  $v_1 = 16$  км/ч. Далее половину оставшегося времени он ехал со скоростью  $v_2 = 12$  км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью  $v_3 = 5$  км/ч. Определите среднюю скорость движения студента на всем пути.

Решение:

|                                           |                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН<br>ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ |                                        |
| Сертификат:                               | 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E |
| Владелец:                                 | Шебзухова Татьяна Александровна        |
| Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023  |                                        |





Длина первой части пути  $s_1 = v_1 t_1$ , второй части пути  $s_2 = v_2 t_2$ , третьей части,  $s_3 = v_3 t_3$ .

По условию,  $s_1 = s_2 + s_3$ , а время  $t_2 = t_3$ . Средняя скорость

$$\langle v \rangle = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3},$$

так как  $s_1$  - половина пути, то весь путь равен  $2s_1$ , время  $t_1 = s_1/v_1$ , оставшееся время  $t_2 + t_3 =$ , тогда

$$\langle v \rangle = \frac{2s_1}{\frac{s_1}{v_1} + \frac{2s_1}{v_2 + v_3}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3}.$$

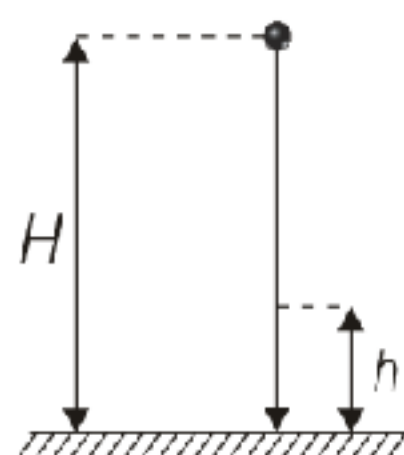
**Задача 2.** Последние 2 метра пути вертикально падающее тело прошло за 0,3 с. С какой высоты падало тело?

Дано:

$$h = 2 \text{ м}$$

$$t_2 = 0,3 \text{ с}$$

$$H = ?$$



Высоту  $H$  падения тела (без начальной скорости) можно определить по формуле

$H = \frac{gt^2}{2}$ . Здесь  $t$  – полное время падения. Очевидно  $t = t_1 + t_2$ , где  $t_1$  – время прохождения первого участка;  $t_2$  – время прохождения последних 2-х метров пути.

Запишем уравнение движения для двух последних метров пути, считая движение равноускоренным:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0B00043E9AB0B952205E1BA30006B900043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$h = v_1 t_2 + \frac{gt_2^2}{2},$$

где  $v_1$  – скорость, с которой тело «входит» в этот участок пути.

Следовательно,

$$v_1 = \frac{h - \frac{gt_2^2}{2}}{t_2} = \frac{h}{t_2} - \frac{gt_2}{2}. \quad (1)$$

Первый участок пути тело проходит без начальной скорости, т.е.  $v_0 = 0$ , а так как  $g = \frac{v_1 - v_0}{t_1}$ , то  $t_1 = \frac{v_1}{g}$ . Учитывая (1), получим  $t_1 = \frac{h}{gt_2} - \frac{t_2}{2}$ .

Таким образом, общее время движения тела  $t = t_1 + t_2$  равно

$$t = \frac{h}{gt_2} - \frac{t_2}{2} + t_2 = \frac{h}{gt_2} + \frac{t_2}{2} \quad (2)$$

Подставляя (2) в формулу для  $H$ , окончательно, получим

$$H = \frac{g}{2} \left( \frac{h}{gt_2} + \frac{t_2}{2} \right)^2 = \frac{10}{2} \cdot \left( \frac{2}{10 \cdot 0,3} + \frac{0,3}{2} \right)^2 \approx 3,33 \text{ м.}$$

**Задача 3.** Тело брошено с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Определить максимальную высоту подъема, дальность полета, а так же тангенциальное и нормальное ускорения, радиус кривизны траектории в начальный момент времени.

Дано:

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

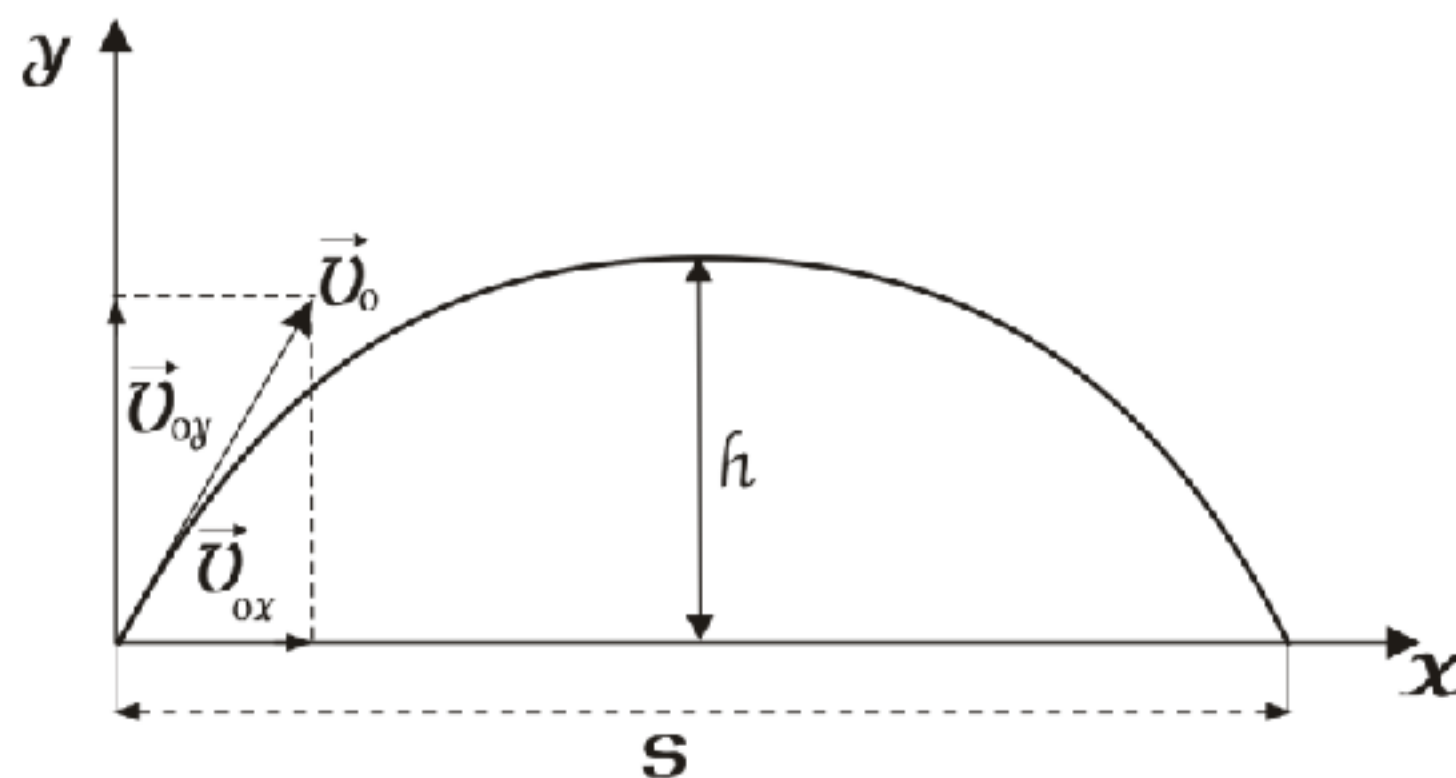
$$h = ?$$

$$S = ?$$

$$a_\tau = ?$$

$$a_n = ?$$

$$R = ?$$



Воспользуемся принципом суперпозиции движений: движение тела представим как два независимых движения вдоль осей координат  $X$  и  $Y$ .

Из треугольника скоростей найдем начальные скорости

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha, \quad v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Вдоль оси  $X$  движение равномерное (при отсутствии сопротивления движению, других сил, действующих вдоль оси  $X$ , нет). Поэтому  $v_x$  не изменяется, то есть  $v_x = v_{0x}$ .

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023



Вдоль оси  $Y$  движение – равноускоренное за счет силы тяготения. При подъеме на высоту  $h$  скорость  $v_y$  изменяется со временем по закону:  $v_y = v_{oy} - gt$ . Считая, что в максимальной точке подъема  $v_y = 0$ , найдем время подъема  $t_1$ :  $v_{oy} = gt_1$ . Учитывая (1), получим

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (2)$$

Из уравнения движения вдоль оси  $y$  найдем высоту подъема

$$h = v_{oy} \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_0 \cdot \sin \alpha \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 5 \text{ м.}$$

Из уравнения равномерного движения вдоль оси  $X$ , найдем дальность полета  $S$ :

$$S = v_{ox} \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t,$$

где  $t$  – общее время движения, из соображений симметрии, равное удвоенному времени подъема, т.е.  $t = 2 t_1$ . Тогда

$$S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot 2t_1 = 2v_0 \cos \alpha \cdot v_0 \frac{\sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 34,6 \text{ м.}$$

Тангенциальное ускорение, по определению,  $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ , а так как скорость

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \text{ и } v_x = v_{ox}, \text{ а } v_y = v_{oy} - gt, \text{ значит } v = \sqrt{v_{ox}^2 + (v_{oy} - gt)^2}.$$

Следовательно 
$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d\sqrt{v_{ox}^2 + (v_{oy} - gt)^2}}{dt} = \frac{(v_{oy} - gt) \cdot g}{\sqrt{(v_{oy} - gt)^2 + v_{ox}^2}}$$

В начальный момент времени  $t=0$ ,

$$a_\tau = \frac{v_{oy} \cdot g}{\sqrt{v_{ox}^2 + v_{oy}^2}} = \frac{v_{oy} \cdot g}{v_0} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha \cdot g}{v_0} = g \cdot \sin \alpha = 5 \text{ м/с}^2.$$

Полное ускорение движения тела, очевидно, равно ускорению свободного падения  $g$ . Поэтому  $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = g$ .

Откуда  $a_n = \sqrt{g^2 - a_\tau^2} = 8,66 \text{ м/с}^2$ .

По определению,  $R = \frac{v^2}{a_n} = 46,2 \text{ м.}$

**Задача 4.** Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$ ,  $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$ , где  $A_1 = 4$  м/с,  $B_1 = 8$  м/с<sup>2</sup>,  $C_1 = -16$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2 = 2$  м/с,  $B_2 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2 = 1$  м/с<sup>3</sup>. В какой момент времени  $t$  ускорение этих точек будут одинаковы? Найти скорости  $U_1$  и  $U_2$  точек в этот момент времени.

Дано:

Для одномерного движения ускорение есть вторая

производная от координаты, то есть  $a = d^2 x / dt^2$

$$x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$$

или первая производная от скорости то есть  $a = dv/dt$ .

$$x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$$

Поэтому надо, вначале определить скорости точек:

$$A_1 = 4 \text{ м/с.}$$

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt} = (A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3)' = A_1 + 2B_1 t + 3C_1 t^2 \quad (1)$$

$$A_2 = 2 \text{ м/с.}$$

$$v_2 = \frac{dx_2}{dt} = (A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3)' = A_2 + 2B_2 t + 3C_2 t^2 \quad (2)$$

$$B_1 = 8 \text{ м/с}^2.$$

Теперь найдем ускорения.

$$B_2 = -4$$

$$\text{м/с}^2.$$

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt} = (A_1 + 2B_1 t + 3C_1 t^2)' = 2B_1 + 6C_1 t \quad (3)$$

$$C_1 = -16 \text{ м/с}^3$$

$$a_2 = \frac{dv_2}{dt} = (A_2 + 2B_2 t + 3C_2 t^2)' = 2B_2 + 6C_2 t \quad (4)$$

$$C_2 = 1 \text{ м/с}^3$$

$$a_1 = a_2$$

Приравняв (3) и (4), найдем  $t$ :

$$t = ? \quad U_1 = ? \quad U_2 = ?$$

$$t = \frac{B_1 - B_2}{3(C_2 - C_1)} = \frac{8 - (-4)}{3(1 - (-16))} = 0,235 \text{ с.}$$

Теперь подставим это значение  $t$  в (1) и (2):

$$v_1 = 4 + 2 \cdot 8 \cdot 0,235 + 3 \cdot (-16) \cdot (0,235)^2 = 5,1 \text{ м/с,}$$

$$v_2 = 2 + 2 \cdot (-4) \cdot 0,235 + 3 \cdot 1 \cdot (0,235)^2 = 0,286 \text{ м/с.}$$

**Задача 5.** Материальная точка движется на плоскости согласно уравнениям:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

$x = 4 \cos\left(\frac{\pi}{6} t\right)$ ,  $x, y$  — в метрах,

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



$$y = 3 \sin\left(\frac{\pi}{6} t\right); \quad t - \text{в секундах.}$$

Найти: 1) уравнение траектории;

2) координаты точки;

3) полную скорость;

4) полное ускорение;

5) тангенциальное и нормальное ускорение;

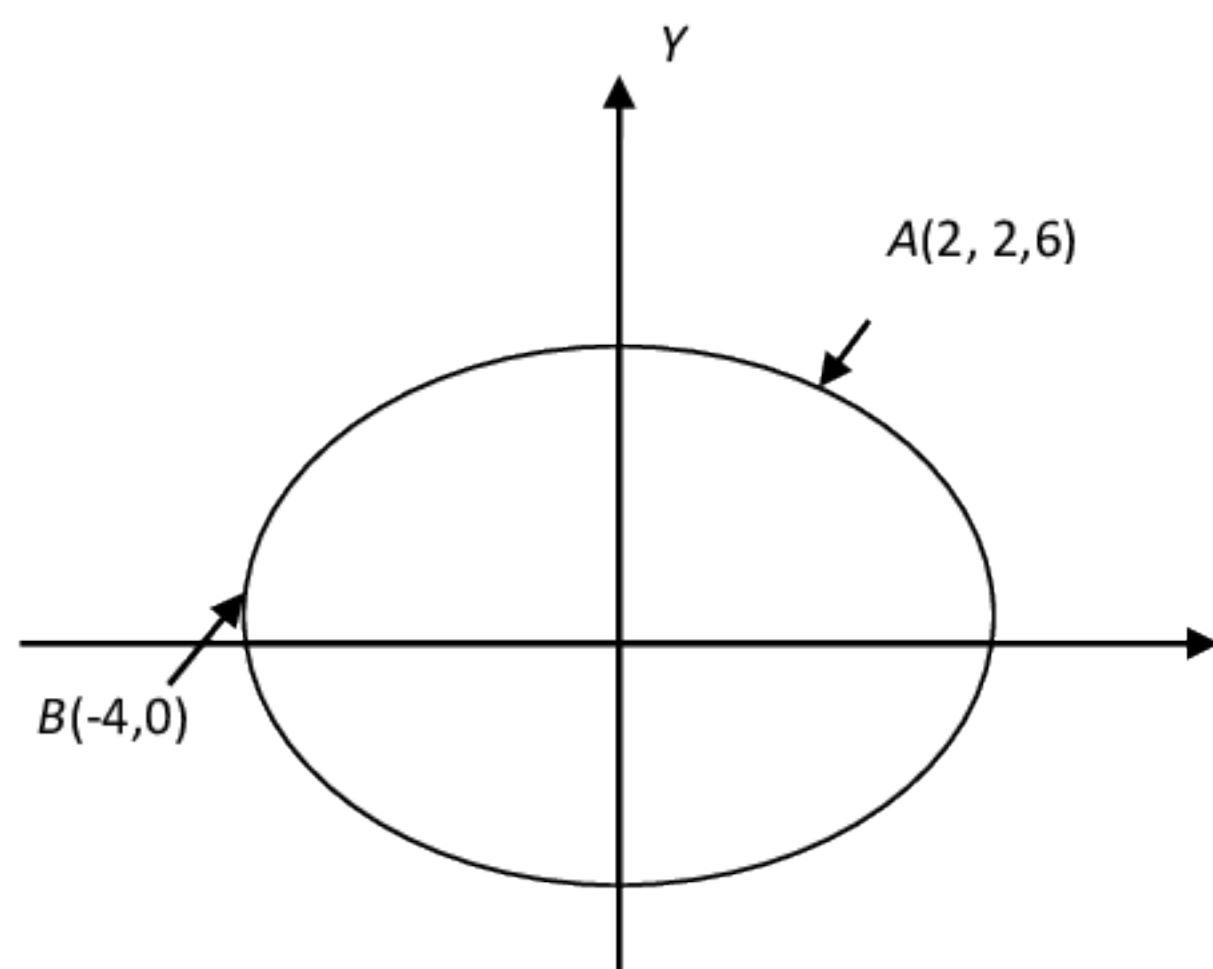
6) радиус кривизны траектории в моменты времени  $t_1=2$  с и  $t_2=6$  с.

Решение:

1. Для нахождения уравнения траектории (зависимости одной координаты от другой) исключим из уравнений переменную величину  $t$ :

$$\begin{cases} \frac{x}{4} = \cos\left(\frac{\pi}{6} t\right) \\ \frac{y}{3} = \sin\left(\frac{\pi}{6} t\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{x^2}{4^2} = \cos^2\left(\frac{\pi}{6} t\right) \\ \frac{y^2}{3^2} = \sin^2\left(\frac{\pi}{6} t\right) \end{cases} \Rightarrow \frac{x^2}{4^2} + \frac{y^2}{3^2} = 1$$

Это уравнение эллипса с полуосями  $a = 4$  м;  $b = 3$  м.



В момент  $t_1 = 2$  с

$$x_1 = 4 \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot 2\right) \Rightarrow x_1 = 4 \cos \frac{\pi}{3} = 2 \text{ м}$$

$$y_1 = 3 \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot 2\right) \Rightarrow y_1 = 3 \sin \frac{\pi}{3} = 2,6 \text{ м}$$

В момент  $t_2 = 6$  с:  $x_2 = 4 \cos(\pi) = -4$  м,  $y_2 = 3 \sin(\pi) = 0$  м.

Таким образом, в момент времени  $t_1 = 0$  координаты точки:  $A(x, y) = (2, 2, 6)$ ;

в момент времени  $t_2 = 6$  с координаты точки:  $B(x, y) = (-4, 0)$ .

2. Для нахождения полной скорости найдем  $v_x$  и  $v_y$  в моменты  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 6$  с:

$$v_x = x' = \frac{dx}{dt} = \left( 4 \cos \frac{\pi}{6} \cdot t \right)' = -\frac{4\pi}{6} \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right) = \frac{2}{3} \pi \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right)$$

$$v_y = y' = \left( 3 \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right) \right)' = \frac{3\pi}{6} \cos \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right) = \frac{1}{2} \pi \cos \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right)$$

$$v_{x1} = -\frac{4\pi}{6} \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot 2 \right) = -\frac{4\pi}{6} \sin \left( \frac{\pi}{3} \right) = -1,81 \text{ м/с.}$$

$$v_{y1} = \frac{1}{2} \pi \cos(60^\circ) = 0,785 \text{ м/с.}$$

$$v_{\text{полн. 1}} = \sqrt{(-1,8)^2 + (0,785)^2} = 1,98 \text{ м/с.}$$

Аналогично находим, что

$$v_{x2} = -\frac{4\pi}{6} \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot 6 \right) = 0 \text{ м/с,} \quad v_{y2} = \frac{1}{2} \pi \cos(\pi) = -1,57 \text{ м/с.}$$

$$v_{\text{полн. 2}} = 1,57 \text{ м/с.}$$

3. Для нахождения полного ускорения  $a_{\text{полн}}$  найдем  $a_x$  и  $a_y$  в моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 6$  с:

$$a_x = v_x' = -\frac{4}{6^2} \pi^2 \cos \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right), a_y = v_y' = -\frac{3}{6^2} \pi^2 \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot t \right)$$

$$a_{x1} = -\frac{1}{9} \pi^2 \cos \left( \frac{\pi}{6} \cdot 2 \right) = -\frac{1}{9} \pi^2 \cdot \cos \left( \frac{\pi}{3} \right) = -0,55 \text{ м/с}^2.$$

$$a_{y1} = -\frac{1}{12} \pi^2 \sin \left( \frac{\pi}{6} \cdot 2 \right) = -\frac{1}{12} \pi^2 \sin \left( \frac{\pi}{3} \right) = -0,71 \text{ м/с}^2.$$

$$a_{\text{полн. 1}} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 0,9 \text{ м/с}^2.$$

$$a_{x2} = -\frac{1}{9} \pi^2 \cos \left( \frac{\pi}{6} \cdot 6 \right) = -\frac{1}{9} \pi^2 \cos(\pi) = 1,1 \text{ м/с}^2.$$

$$a_{y2} = -\frac{1}{12} \pi^2 \sin(\pi) = 0 \text{ м/с}^2.$$

$$a_{\text{полн. 2}} = 1,1 \text{ м/с}^2$$



4. Найдем нормальное (центростремительное) ускорение:  $a_n = \frac{v^2}{R}$ , тангенциальное ускорение  $a_x = \frac{dv}{dt}$ .

Найдем  $v_{\text{полн}}$ .

$$v_{\text{полн}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{3}\pi \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\pi \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)\right)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{\pi^2 \left( \frac{8}{9} \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) - \frac{1}{2} \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) \right)}{12\pi \sqrt{\frac{4}{9} \sin^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) + \frac{1}{4} \cos^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)}};$$

$$a_{\tau 1} = 0,22 \text{ м/с}^2.$$

Следовательно  $a_{n1} = \sqrt{a_{\text{полн}}^2 - a_{\tau 1}^2} = \sqrt{0,9^2 - 0,22^2} = 0,87 \text{ м/с}^2$ .

Так как  $v_{\text{полн}1} = 1,98 \text{ м/с}$ , то радиус кривизны в точке A равен

$$R_A = \frac{v_1^2}{a_{n1}} = \frac{1,98^2}{0,81} = 4,84 \text{ м}.$$

Аналогично:  $a_{\tau 2} = \frac{25\pi \cos(\pi) \sin \pi}{12 \cdot 18 \sqrt{\frac{4}{9} \sin^2(\pi) + \frac{1}{4} \cos^2(\pi)}} = 0.$

Следовательно  $a_{n2} = a_2 = 1,1 \text{ м/с}^2 \Rightarrow R_B = \frac{1,57^2}{1,1} = 2,24 \text{ м}.$

### Вопросы и задания

1. Механическое движение. Система отсчета.
2. Материальная точка. Траектория. Перемещение и путь.
3. Скорость и ускорение, как производные от радиус-вектора по времени.
4. Тангенциальное и нормальное ускорения.
5. Кинематика вращательного движения материальной точки.
6. Угловая скорость и угловое ускорение, как производные от угла поворота по времени.
7. Связь между линейными и угловыми характеристиками движения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA5000600000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

**Задачи для самостоятельного решения**

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

1. Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$ ,  
 $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$ , где  $A_1 = 4$  м/с;  $B_1 = 8$  м/с<sup>2</sup>;  $C_1 = -16$  м/с<sup>3</sup>;  $A_2 = 2$  м/с;  $B_2 = -4$  м/с<sup>2</sup>;  $C_2 = 1$  м/с<sup>3</sup>. Найти момент времени  $t$ , когда ускорения этих точек будут одинаковы. Найти скорости  $v_1$  и  $v_2$  точек в этот момент времени.
2. Точка движется по прямой согласно уравнению  $x = At + Bt^3$ , где  $A = 6$  м/с;  $B = 1/8$  м/с<sup>3</sup>. Найти среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  точки в интервале времени от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 6$  с.
3. Движение точки по прямой задано уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 2$  м/с;  $B = -0,5$  м/с<sup>2</sup>. Определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  движения точки в интервале времени от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 3$  с.
4. Тело брошено с балкона вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Высота балкона над поверхностью земли  $h = 12$  м. Написать уравнение движения и определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  с момента бросания до момента падения на землю.
5. С балкона бросили мячик вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 5$  м/с. Через  $t = 2$  с мячик упал на землю. Определить высоту балкона над землей и скорость мячика в момент удара о землю.
6. Тело, брошенное вертикально вверх, находилось на одной и той же высоте  $h = 8,6$  м два раза с интервалом  $\Delta t = 3$  с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислить начальную скорость брошенного тела.
7. Вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с брошен камень. Через  $\tau = 1$  с после этого брошен вертикально вверх другой камень с такой же скоростью. На какой высоте  $h$  встретятся камни?
8. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с. Через какое время камень будет находиться на высоте  $h = 15$  м? Найти скорость  $v$  камня на этой высоте. Сопротивлением воздуха пренебречь. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.
9. Камень падает с высоты  $h = 1200$  м. Какой путь  $s$  пройдет камень за последнюю секунду своего падения?
10. С какой высоты  $H$  упало тело, если последний метр своего пути оно прошло за время  $t = 0,1$  с?
11. Тело брошено под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту. Найти величину этого угла, если горизонтальная дальность  $s$  полета тела в четыре раза больше максимальной высоты  $H$  траектории.
12. Снаряд, выпущенный из орудия под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту, дважды был на одной и той же высоте  $h$ : спустя время  $t = 10$  с и  $t = 50$  с после выстрела. Определить начальную скорость  $v_0$  и высоту  $h$ .
13. Пуля пущена с начальной скоростью  $v_0 = 200$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определить максимальную высоту  $H$  подъема, дальность  $s$  полета и радиус  $R$  кривизны траектории пули в ее высшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.
14. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью  $v_0 = 30$  м/с. Определить скорость  $v$ , тангенциальное  $a_\tau$  и нормальное  $a_n$  ускорения в конце второй секунды после начала движения.



15. Тело брошено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Найти тангенциальное  $a_\tau$  и нормальное  $a_n$  ускорения в начальный момент движения.

16. Диск радиусом  $r = 10$  см, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 0,5$  рад/с<sup>2</sup>. Найти тангенциальное  $a_\tau$ , нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.

17. Диск радиусом  $r = 20$  см вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 3$  рад;  $B = -1$  рад/с;  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Определить тангенциальное  $a_\tau$ , нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения точек на окружности диска для момента времени  $t = 10$  с.

18. Маховик начал вращаться равноускоренно и за промежуток времени  $\Delta t = 10$  с достиг частоты вращения  $n = 300$  мин<sup>-1</sup>. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  маховика и число  $N$  оборотов, которое он сделал за это время.

19. Велосипедное колесо вращается с частотой  $n = 5$  с<sup>-1</sup>. Под действием сил трения оно остановилось через интервал времени  $\Delta t = 1$  мин. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  и число  $N$  оборотов, которое сделает колесо за это время.

20. Колесо автомашины вращается равноускоренно. Сделав  $N = 50$  полных оборотов, оно изменило частоту вращения от  $n_1 = 4$  с<sup>-1</sup> до  $n_2 = 6$  с<sup>-1</sup>. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  колеса.

## Практическое занятие 2.

**Тема занятия.** Динамика материальной точки.

**Цель занятия.** Изучить законы динамики материальной точки.

**Теоретическая часть.**

### Динамика поступательного движения

Импульс абсолютно твердого тела массой  $m$ , движущегося со скоростью  $v$ :

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Второй закон динамики (Ньютона):

$$d\vec{p} = \vec{F} dt,$$

где  $\vec{F}$  – результирующая сила, действующая на материальную точку.

Силы, рассматриваемые в механике:

а) сила упругости  $F = -kx$ ;

где  $k$  – коэффициент упругости (в случае пружины – жесткость);  $x$  – абсолютная деформация;

б) сила тяжести  $F = mg$ ;

в) сила трения (скольжения):  $F = \mu N$ ,

где  $\mu$  – коэффициент трения;  $N$  – сила нормального давления.



Закон сохранения импульса: импульс замкнутой системы остается постоянным

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$$

Для двух тел при абсолютно упругом ударе:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2,$$

где  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  - скорости тел перед соударением,  $\vec{u}_1$  и  $\vec{u}_2$  - скорости тел в момент после соударения.

Для абсолютно неупругого удара двух тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$$

### Примеры решения задач

**Задача 1.** На гладком столе лежит брусок массой 3 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Найти ускорение  $a$ , с которым движется брусок и силу  $T$  натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь. Шнуры считать нерастяжимыми.

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

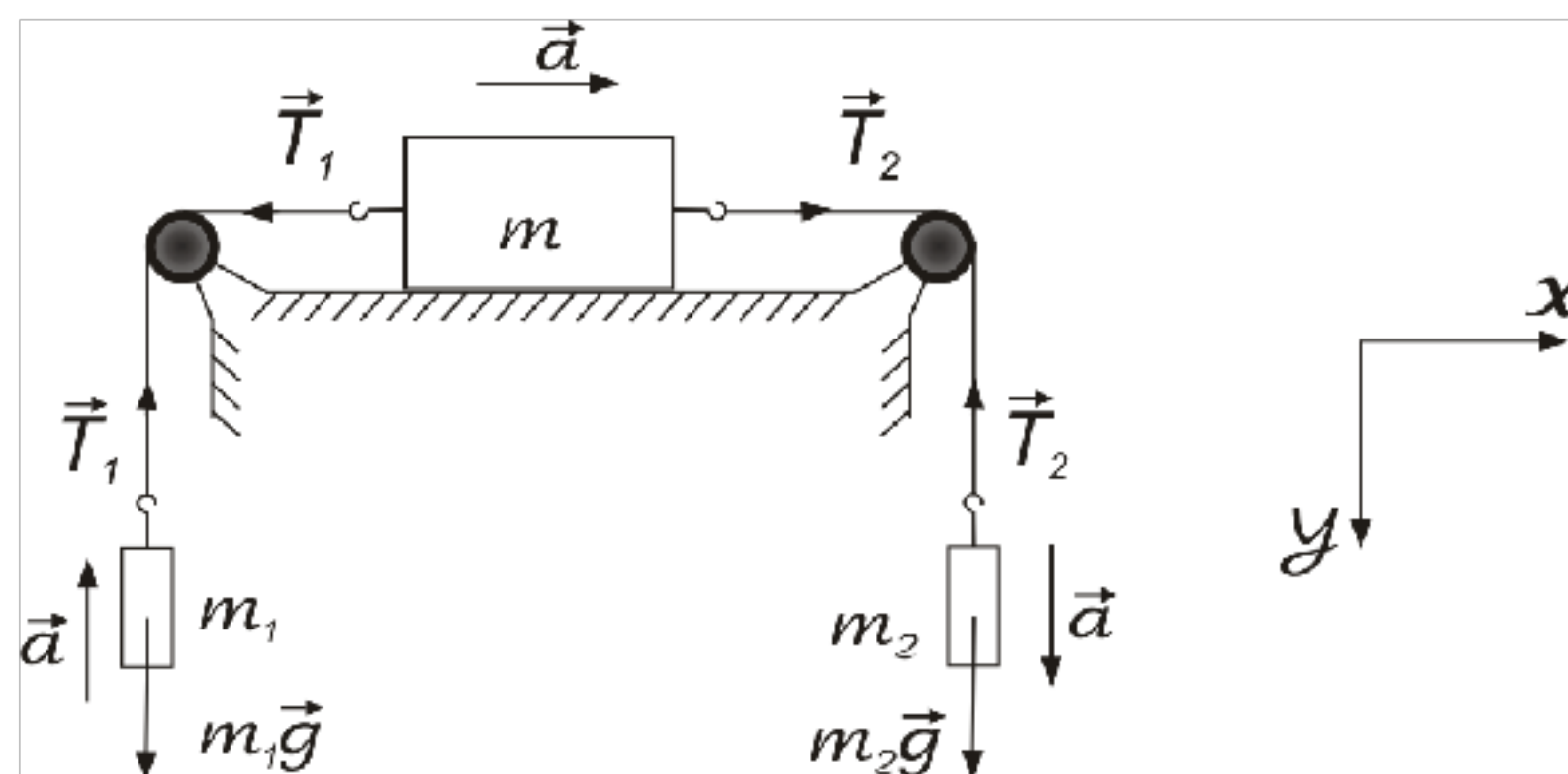
$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 3 \text{ кг.}$$

$$a - ?$$

$$T_1 - ?$$

$$T_2 - ?$$



Распишем силы, действующие на тела. Выберем систему координат, как указано на рисунке (на груз  $m$ , лежащий на столе вообще-то действуют еще две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Но так как трением в задаче пренебрегается, то действие этих сил из рассмотрения мы исключаем).

Запишем второй закон Ньютона для каждого участвующего в движении тела:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 \\ m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T}_2 \\ m \vec{a} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 \end{cases}$$

(Поскольку шнуры считаются нерастяжимыми, то все тела движутся с одинаковым ускорением  $a$ ).

Выбираем направление ускорения, как указано на рисунке (по направлению часовой стрелки). Спроецируем систему уравнений на выбранные оси координат:

$$\begin{cases} -m_1 a = m_1 g - T_1 \\ m_2 a = m_2 g - T_2 \\ m a = T_2 - T_1 \end{cases} \quad (1)$$

Из второго уравнения (1) вычитаем первое:

$$(m_2 + m_1)a = (m_2 - m_1)g - (T_2 - T_1)$$

$$(m_2 + m_1)a = (m_2 - m_1)g - ma$$

$$(m_2 + m_1 + m)a = (m_2 - m_1)g, \text{ тогда}$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1 + m} g \quad (2)$$

Подставляем численные значения:

$$a = \frac{3-2}{3+2+3} 10 = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ м/с}^2.$$

$$T_1 = m_1 g + m_1 a = m_1 (g + a) = 2(10 + 1,25) = 22,5 \text{ Н},$$

$$T_2 = m_2 (g - a) = 3(10 - 1,25) = 26,2 \text{ Н}.$$

**Задача 2.** Через блок, укрепленный на конце стола, перекинута нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы, один из которых ( $m_1 = 400$  г) движется по поверхности стола, а другой ( $m_2 = 600$  г) — вдоль вертикали вниз. Коэффициент  $f$  трения груза о стол равен 0,1. Считая нить и блок невесомыми, определить: 1) ускорение  $a$ , с которым движутся грузы; 2) силу натяжения  $T$  нити.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



Решение.

Выбрав оси координат (рис), запишем для каждого груза уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекциях на эти оси:

$$m_2 a = m_2 g - T$$

Учитывая, что

, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} m_1 a = T - f m_1 g, \\ m_2 a = m_2 g - T, \end{cases}$$

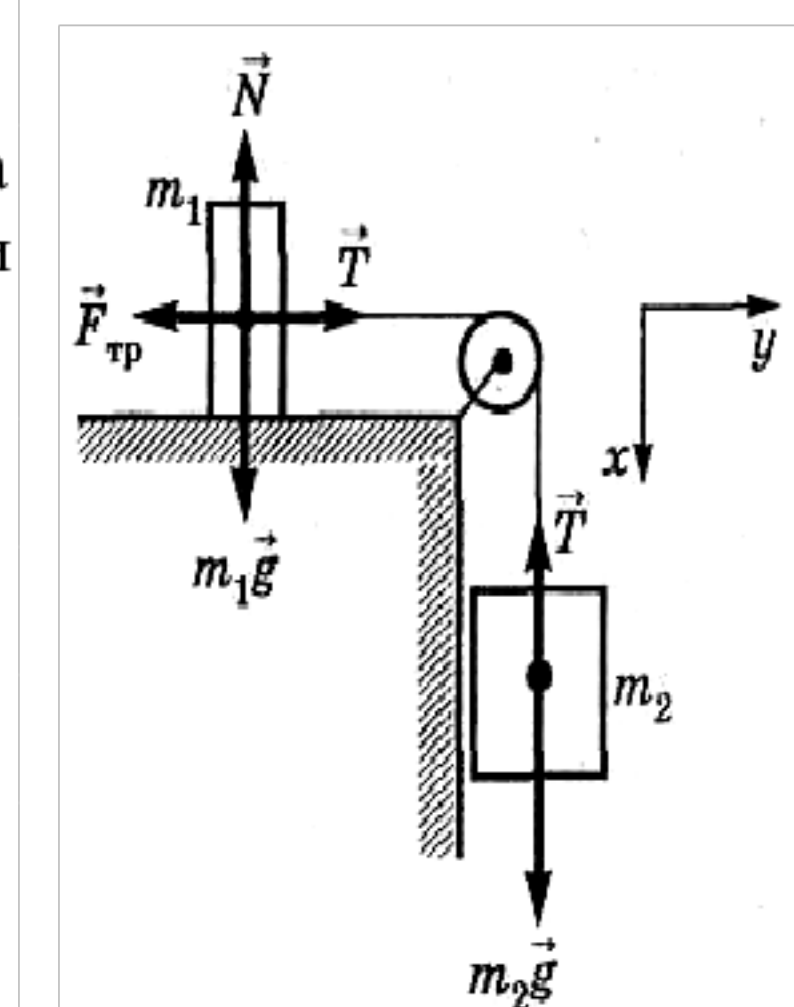
откуда искомое ускорение:

$$a = \frac{(m_2 - f m_1) g}{m_1 + m_2}$$

Силу натяжения нити найдем из второго уравнения системы:

$$T = m_2 (g - a)$$

Вычисляя, получаем: 1)  $a = 5,49 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $T = 2,59 \text{ Н}$ .



**Задача 3.** При падении тела с большой высоты его скорость  $v_{\text{уст}}$  при установившемся движении достигает  $80 \text{ м/с}$ . Определить время  $\tau$ , в течение которого, начиная от момента начала падения, скорость становится равной  $v_{\text{уст}}/2$ . Силу сопротивления воздуха принять пропорциональной скорости тела.

Решение.

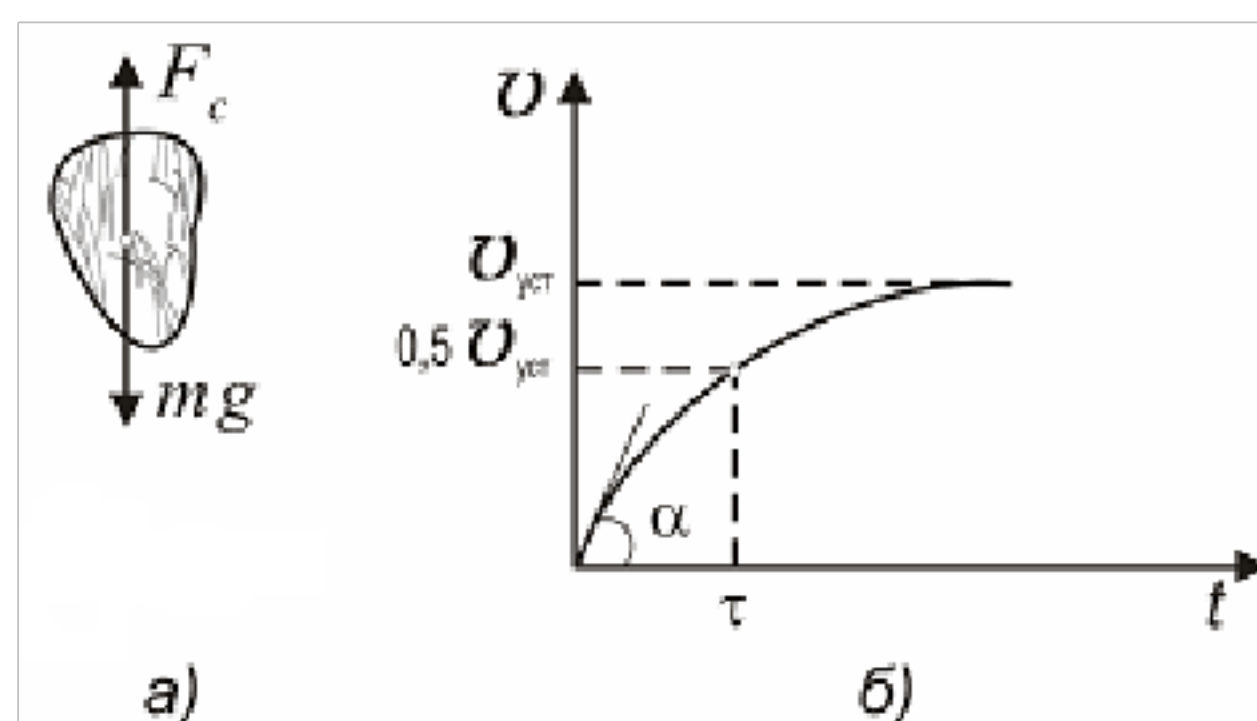
На падающее тело действуют две силы (рис. а): сила тяжести  $mg$  и сила сопротивления воздуха  $F_c$ .

Сила сопротивления воздуха по условиям задачи пропорциональна скорости тела и противоположна ей по направлению:

$$\vec{F}_c = -k\vec{v},$$

(1)

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от размеров, формы тела и от свойств окружающей среды.



Напишем уравнение движения тела в соответствии со вторым законом Ньютона в векторной форме:  $m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} + \vec{F}_c$ . Заменяя  $\vec{F}_c$  согласно (1), получим:

$$(2) \quad m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - k\vec{v}.$$

Спроецируем все векторные величины на вертикально вниз направленную ось и напишем уравнение (2) для проекций:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv.$$

После разделения переменных получим

$$\frac{dv}{mg - kv} = \frac{dt}{m}.$$

Выполним интегрирование, учитывая, что при изменении времени от нуля до  $\tau$  (искоемое время) скорость возрастает от нуля до  $\frac{1}{2}v_{уст}$  (рис. 1, б):

$$\int_0^{\frac{1}{2}v_{уст}} \frac{dv}{mg - kv} = \int_0^{\tau} \frac{dt}{m}; \quad -\frac{1}{k} \left| \ln(mg - kv) \right|_0^{\frac{1}{2}v_{уст}} = \frac{\tau}{m}.$$

Из полученного выражения найдем искомое время:

$$\tau = \frac{m}{k} \ln \frac{mg}{mg - \frac{1}{2}kv_{уст}} \quad (3)$$

Входящий сюда коэффициент пропорциональности  $k$  определим из следующих соображений. При установившемся движении (скорость постоянна) алгебраическая сумма проекций на вертикальную ось действующих на тело сил равна нулю, т. е.  $mg - kv_{уст} = 0$

, откуда  $k = \frac{mg}{v_{уст}}$ .

Подставим найденное значение  $k$  в формулу (3):

$$\tau = \frac{mv_{уст}}{mg} \ln \frac{mg}{mg - \frac{1}{2} \frac{mg}{v_{уст}} v_{уст}}$$

После сокращений и упрощений получим:  $\tau = \frac{v_{уст}}{g} \ln 2$



Подставив численные значения, получим  $\tau = 5,66$  с. Проверка размерности результата в данном случае не обязательна, так как она очевидна.

### Вопросы и задания

1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
2. Взаимодействие тел. Сила, масса.
3. Импульс (количество движения).
4. Закон сохранения импульса.
5. Второй закон Ньютона.
6. Третий закон Ньютона.
7. Изолированная система материальных тел.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Самолет летит в горизонтальном направлении с ускорением  $a = 20 \text{ м/с}^2$ . Какова перегрузка пассажира самолета? (Перегрузкой называется отношение силы  $F$ , действующей на пассажира, к силе тяжести  $P$ ).
2. Автоцистерна с керосином движется с ускорением  $a = 0,7 \text{ м/с}^2$ . Под каким углом  $\varphi$  к плоскости горизонта расположен уровень керосина в цистерне?
3. Бак в тендере паровоза имеет длину  $l = 4 \text{ м}$ . Какова разность  $\Delta l$  уровней воды у переднего и заднего концов бака при движении поезда с ускорением  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ ?
4. Катер массой  $m = 2 \text{ т}$  трогается с места и в течение времени  $\tau = 10 \text{ с}$  развивает при движении по спокойной воде скорость  $v = 4 \text{ м/с}$ . Определить силу тяги  $F$  мотора, считая ее постоянной. Принять силу сопротивления  $F_c$  движению пропорциональной скорости; коэффициент сопротивления  $k = 100 \text{ кг/с}$ .
5. Начальная скорость  $v_0$  пули равна  $800 \text{ м/с}$ . При движении в воздухе за время  $t = 0,8 \text{ с}$  ее скорость уменьшилась до  $v = 200$ . Масса  $m$  пули равна  $10 \text{ г}$ . Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости, определить коэффициент сопротивления  $k$ . Действием силы тяжести пренебречь.
6. Материальная точка массой  $m = 2 \text{ кг}$  движется под действием некоторой силы  $F$  согласно уравнению  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $C = 1 \text{ м/с}^2$ ,  $D = -0,2 \text{ м/с}^3$ . Найти значения этой силы в моменты времени  $t_1 = 2 \text{ с}$  и  $t_2 = 5 \text{ с}$ . В какой момент времени сила равна нулю?
7. Наклонная плоскость, образующая угол  $\alpha = 25^\circ$  с плоскостью горизонта, имеет длину  $l = 2 \text{ м}$ . Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время  $t = 2 \text{ с}$ . Определить коэффициент трения  $\mu$  тела о плоскость.
8. На гладком столе лежит брусок массой  $m = 4 \text{ кг}$ . К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых  $m_1 = 1 \text{ кг}$  и  $m_2 = 2 \text{ кг}$ . Найти ускорение  $a$ , с которым движется брусок, и силу  $T$  натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь.

СЕРТИФИКАТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023

9. Два бруска массами  $m_1 = 1 \text{ кг}$  и  $m_2 = 4 \text{ кг}$ , соединенные шнуром, лежат на столе. С каким ускорением  $a$  будут двигаться бруски, если к одному из них приложить силу  $F = 10 \text{ Н}$ , направленную горизонтально? Какова будет сила  $T$  натяжения шнура, соединяющего



бруску, если силу 10 Н приложить к первому бруску? Ко второму бруску? Трением пренебречь.

10. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перевешен шнур, к концам которого привязали грузы массами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **5.1.2 Перечень основной литературы:**

1. Физика для вузов: механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3;-URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>
3. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. – 232 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883>

#### **5.1.3 Перечень дополнительной литературы:**

1. Лекции по учебной дисциплине «Основы теоретической физики». Электродинамика. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.И. Кухарь. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2017. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70731.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс / В.А. Никеров. – 2-е изд. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 452 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «ФИЗИКА» для студентов направления подготовки  
08.03.01 Строительство, Городское строительство и хозяйство

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## Содержание

| №<br>п/п |                                                                                                                                                                                                     | Стр. |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|          | Введение                                                                                                                                                                                            |      |
| 1.       | Цель и задачи изучения дисциплины                                                                                                                                                                   |      |
| 2.       | Оборудование и материалы                                                                                                                                                                            |      |
| 3.       | Наименование лабораторных работ                                                                                                                                                                     |      |
| 4.       | Содержание лабораторных работ                                                                                                                                                                       |      |
| 4.1      | Лабораторная работа № 1. <b>Простейшие физические модели, положение материальной точки.</b> Обработка результатов физического эксперимента. Изучение движения тела брошенного под углом к горизонту |      |
| 4.2      | Лабораторная работа № 2. <b>Скорость. Вычисление пройденного пути.</b> Изучение законов динамики поступательного и вращательного движений с помощью машины Атвуда                                   |      |
| 5        | Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины                                                                                                                                         |      |
| 5.1      | Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины                                                                                                                  |      |
| 5.2      | Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине                                                                                                          |      |
| 5.3      | Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины                                                                                             |      |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Введение

Лабораторные занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Физика», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Лабораторные занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Лабораторные занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении экспериментных задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью лабораторных занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

## 2. Оборудование и материалы

Лабораторный стенд «Скамья Жуковского». Лабораторный стенд «Машина Атвуда». Лабораторный стенд «Маятник Максвелла». Набор демонстрационный «Механические явления». Набор лабораторный «Механика» (расширенный). Весы технические настольные с разновесами демонстрационный. Набор демонстрационный «Динамика вращательного движения». Трубка Ньютона. Набор демонстрационный «Газовые законы и свойства насыщенных паров». Набор демонстрационный «Молекулярная физика и тепловые явления». Набор демонстрационный «Звуковые колебания и волны». Набор демонстрационный «Динамика вращательного движения». Набор демонстрационный «Газовые законы и свойства насыщенных паров». Набор демонстрационный «Молекулярная физика и тепловые явления».

Комплект учебной мебели.

## 3. Наименование практических работ

| № Темы дисциплины         | Наименование тем дисциплины, их краткое содержание                                                                                                                                                  | Объем часов | Из них практическая подготовка, часов |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 семестр                 |                                                                                                                                                                                                     |             |                                       |
| 1                         | Лабораторная работа № 1. <b>Простейшие физические модели, положение материальной точки.</b> Обработка результатов физического эксперимента. Изучение движения тела брошенного под углом к горизонту | 1,5         |                                       |
| 2                         | Лабораторная работа № 2. <b>Скорость. Вычисление пройденного пути.</b> Изучение законов динамики поступательного и вращательного движений с помощью машины Атвуда                                   | 1,5         |                                       |
| <b>Итого за 1 семестр</b> |                                                                                                                                                                                                     | <b>3</b>    |                                       |
| <b>Итого</b>              |                                                                                                                                                                                                     | <b>3</b>    |                                       |

Сертификат: 2C0000043E94B3B32205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



#### 4. Содержание лабораторных работ

##### Лабораторная работа № 1

**Тема работы.** Обработка результатов физического эксперимента. Изучение движения тела, брошенного под углом к горизонту.

**Цель работы.** Изучить методы количественного и графического представления экспериментальных результатов. Подтвердить на опыте справедливость формул кинематики.

##### **Теоретическая часть.**

##### **Классификация погрешностей**

Истинное значение физической величины абсолютно точно определить нельзя. При измерениях физических величин под действием самых разнообразных причин возникают *погрешности* измерений. Все погрешности принято разделять на *систематические, случайные и промахи* (ошибки).

*Систематической* называют такую погрешность, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины. Такие погрешности появляются вследствие неисправности приборов, неточности метода исследования, каких-либо упущений экспериментатора, а также при использовании для вычислений неточных зависимостей (формул), констант и т.д.

*Случайной* называется погрешность, которая вызывается действием не поддающихся контролю многочисленных, независимых друг от друга факторов. Значение случайной погрешности колеблется от одного измерения к другому, что делает невозможным точное предсказание результата в каждом отдельном измерении. Однако при рассмотрении повторных измерений обнаруживается характерная закономерность результатов, их определенная устойчивость, которая и служит основой для математической обработки опытных данных, вычисления случайных погрешностей.

*Промахом* или *ошибкой* называют такую погрешность измерения, которая оказывается значительно больше ожидаемой при данных условиях. Ошибка обязательно должна быть исключена из результатов измерений.

##### **Определение погрешностей при прямых измерениях**

*Прямыми* называют такие измерения, при которых физическая величина измеряется непосредственно при помощи прибора.

Пусть  $x$  – действительное значение измеряемой величины, а  $x_1$  – показания прибора. Абсолютной погрешностью называется величина

$$|\Delta x| = |x_1 - x|. \quad (1)$$

Точность измерения характеризуется отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины

$$\varepsilon = \frac{|\Delta x|}{x}. \quad (2)$$

Это отношение называется *относительной погрешностью* и выражается в процентах.

Погрешности, допускаемые при прямых измерениях, нередко называются *приборными*, так как обусловлены классом точности прибора, который указывается либо на

самом приборе, либо в паспорте. В тех случаях, когда на приборе класс точности не указан, абсолютная погрешность принимается равной половине цены деления.

Случайные погрешности имеют статистический характер, их математическая обработка производится с помощью теории вероятностей. При многократном измерении равновероятно получить результат как больший, так и меньший, чем истинное значение измеряемой величины.

Пусть проведено  $n$  измерений величины  $x$  и в результате получено  $n$  значений:  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Величина

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3)$$

называется *средним арифметическим* значением, является хорошим приближением к истинному значению измеряемой величины и, как правило, используется как окончательный итог серии измерений.

Рассмотрим несколько основных этапов упрощенной математической обработки результатов измерений.

1. Находим среднее арифметическое значение измеряемой величины  $\langle x \rangle$ .
2. Вычисляем абсолютные погрешности результатов отдельных измерений

$$|\Delta x_i| = |x_i - \langle x \rangle| \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

Абсолютная погрешность имеет размерность измеряемой величины и характеризует качество отдельных измерений.

3. Вычисляем среднюю абсолютную погрешность

$$|\langle \Delta x \rangle| = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n}. \quad (5)$$

4. Вычисляем относительную погрешность

$$\varepsilon = \left| \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \right| \cdot 100\%. \quad (6)$$

5. Записываем окончательный результат  $x = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle$ . (7)

### Определение погрешностей при косвенных измерениях

В большинстве случаев при проведении физических экспериментов исследуемая физическая величина не может быть измерена непосредственно, для ее определения требуется измерить ряд других величин, а искомую найти, подставив найденные значения в формулу, выражающую зависимость искомой величины от непосредственно измеряемых величин. Такие измерения называют косвенными.

Для определения погрешностей косвенных измерений можно воспользоваться формулами дифференцирования, т.к. формулы погрешностей получаются в том же приближении, что и формулы для дифференциала функции. Во многих случаях, когда формула удобна для логарифмирования, оказывается более удобной формула

относительной погрешности. Относительная погрешность  $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x}$ , но  $d(\ln x) = \frac{dx}{x}$  и,

следовательно,  $\Delta(\ln x) = \frac{\Delta x}{x}$ .



Иначе говоря, относительную погрешность можно рассчитать, если взять дифференциал натурального логарифма, определяющий зависимость данной величины от измеряемых величин. Наиболее часто встречающиеся формулы приведены в таблице 1.

Таблица 1.

| Математическая операция | Абсолютная погрешность                   | Относительная погрешность                                      |
|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $x+y$                   | $\Delta x + \Delta y$                    | $\frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$                            |
| $x-y$                   | $\Delta x + \Delta y$                    | $\frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$                            |
| $xy$                    | $y\Delta x + x\Delta y$                  | $\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$                      |
| $xyz$                   | $yz\Delta x + xz\Delta y + xy\Delta z$   | $\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta z}{z}$ |
| $x/y$                   | $\frac{y\Delta x - x\Delta y}{y^2}$      | $\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$                      |
| $x^n$                   | $nx^{n-1} \cdot \Delta x$                | $n \frac{\Delta x}{x}$                                         |
| $\sqrt[n]{x}$           | $\frac{1}{n} x^{\frac{1}{n}-1} \Delta x$ | $\frac{1}{n} \frac{\Delta x}{x}$                               |
| $\frac{x}{1 \pm x}$     | $\frac{\Delta x}{(1 \pm x)^2}$           | $\frac{\Delta x}{x(1 \pm x)}$                                  |
| $e^x$                   | $e^x \Delta x$                           | $\Delta x$                                                     |
| $\ln x$                 | $\frac{\Delta x}{x}$                     | $\frac{\Delta x}{x \ln x}$                                     |
| $\sin x$                | $\cos x \Delta x$                        | $ctgx \cdot \Delta x$                                          |
| $\cos x$                | $\sin x \Delta x$                        | $tgx \cdot \Delta x$                                           |
| $tgx$                   | $\frac{\Delta x}{\cos^2 x}$              | $\frac{2\Delta x}{\sin 2x}$                                    |
| $ctgx$                  | $\frac{\Delta x}{\sin^2 x}$              | $\frac{2\Delta x}{\sin 2x}$                                    |

## Изучение движения тела, брошенного под углом к горизонту

Тело, брошенное под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ , будет двигаться по криволинейной траектории, в любой точке которой вектор скорости может быть разложен на две составляющие – горизонтальную и вертикальную (рис.1).

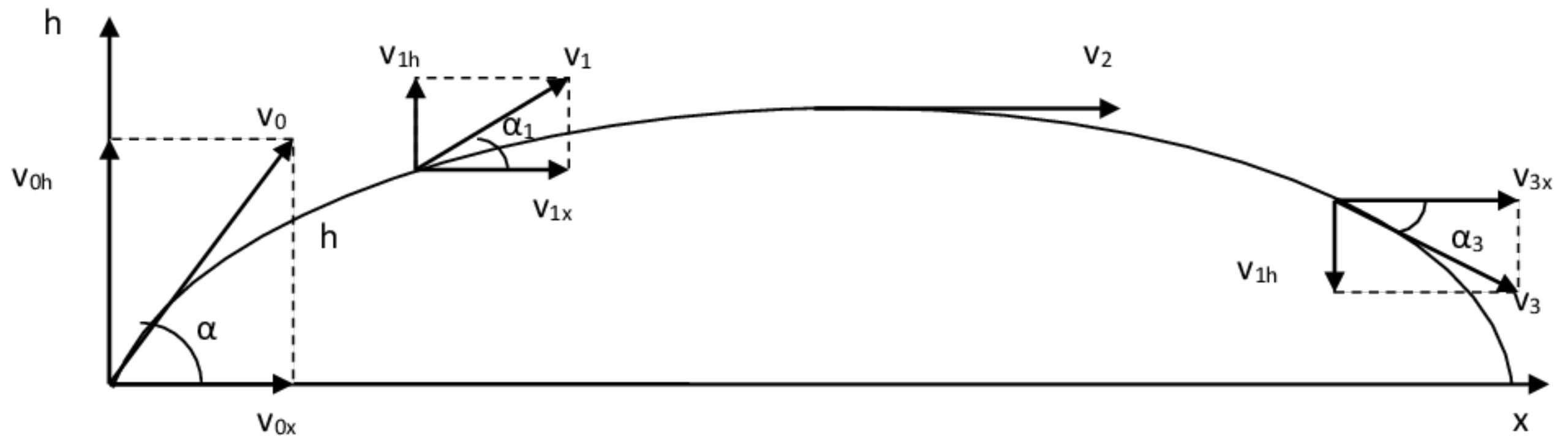


Рис.1.

Проекции этих векторов на оси координат, начало которых выбрано в точке бросания, равны:

$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y &= v_0 \cdot \sin \alpha - gt \end{aligned} \quad (1)$$

При этом горизонтальная составляющая скорости не будет меняться с течением времени, т. к. ускорение свободного падения не имеет горизонтальной составляющей, а направленно вертикально вниз. Вертикальная составляющая скорости будет меняться по закону равнопеременного движения с ускорением  $a = g$ .

Изменение координат тела имеет вид.

$$\begin{aligned} x &= v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y = h &= v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Траектория тела, брошенного под углом к горизонту, представляет собой параболу. В вершине этой параболы вертикальная составляющая скорости равна нулю. В точке падения скорость тела равна по абсолютной величине скорости тела в точке бросания, а направление ее составляет тот же угол, что и в точке бросания. Это следует из симметрии параболы и имеет место в отсутствие сопротивления воздуха.

Начальную скорость тела, брошенного под углом к горизонту можно определить из уравнения (1).

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Где  $\ell$  - дальность полета - изменение положения тела по оси x.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$v_0 = \frac{\ell}{\cos \alpha \cdot t} \quad (3)$$



Время полета можно определить из уравнения (2). В наивысшей точке траектории движения тела скорость  $v_y=0$ . Время, соответствующее этому моменту, составляет половину всего времени полета тела, тогда

$$0 = v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{gt}{2},$$

отсюда время полета тела

$$t = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3) получим

$$v_0 = \sqrt{\frac{\ell \cdot g}{\sin 2\alpha}} \quad (5)$$

Основной задачей механики является определение положения тела в пространстве в любой момент времени. Зная координаты тела всегда можно найти его скорости и ускорения (по определению этих величин). Основными законами, связывающими эти величины, силы и массу тела являются законы Ньютона и законы сохранения.

#### **Оборудование и материалы.**

Установка, состоящая из пружинного пистолета с шариком и линейки.

#### **Указания по технике безопасности.**

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. При выполнении лабораторных работ с применением полетов баллистических тел не следует находиться в области полета тела.
5. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
6. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

#### **Задания.**

1. Определите взвешиванием массу шарика  $m$ . Вычислите относительную погрешность массы  $m$ .

2. Закрепите пистолет на высоте  $h$  под углом  $\alpha$ . Вычислите относительные погрешности высоты  $h$  и угла  $\alpha$ .

3. Растянув пружину пистолета на  $x$  см, определите по динамометру силу  $F$ . Вычислите относительные погрешности  $x$  и  $F$ .

4. Выстрелите 5-7 раз при одних и тех же значениях  $x$  и  $F$ . При каждом выстреле измеряйте дальность полета  $S$ . Вычислите относительную погрешность непосредственного измерения дальности  $S$ .

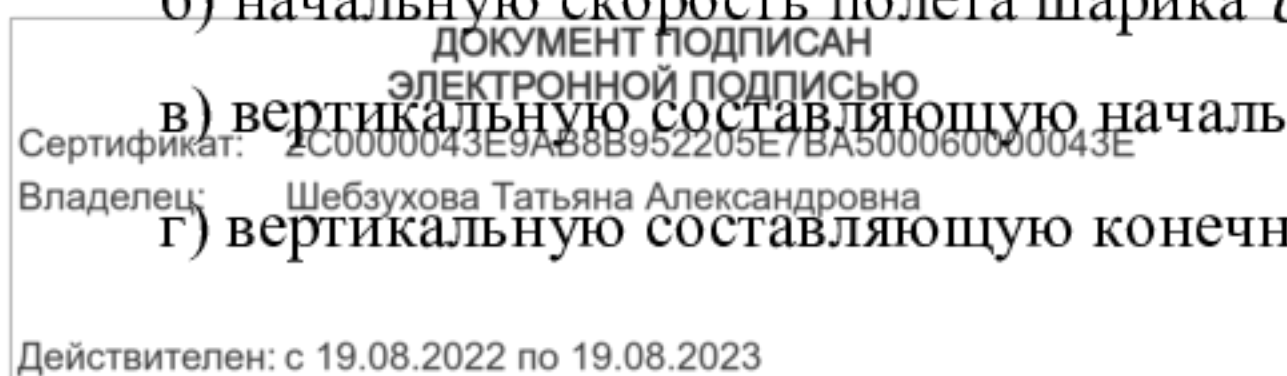
5. Вычислите:

а) коэффициент жесткости пружины пистолета  $k$ ;

б) начальную скорость полета шарика  $v_0$ ;

в) вертикальную составляющую начальной скорости  $v_{0y}$ ;

г) вертикальную составляющую конечной скорости  $v_y$ ;



д) горизонтальную составляющую начальной скорости  $U_{0x}$ ;

е) горизонтальную составляющую конечной скорости  $U_x$ .

6. Вычислите дальность полета по и сравните со значением, полученным в пункте 4.

7. Вычислите изменение импульса шарика за время полета  $|\Delta \vec{p}|$ . Вычислите силу, изменившую импульс шарика за время полета.

8. Сравните значения потенциальной энергии сжатой пружины, начальной кинетической энергии шарика и конечной энергии шарика.

### **Содержание отчета.**

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

### **Контрольные вопросы.**

1. Сформулируйте принцип суперпозиции движений. Где он применяется?
2. Выведите уравнение для определения полета шарика, брошенного под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $U_0$ .
3. Выведите максимальную высоту подъема шарика, брошенного под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $U_0$ .
4. Выведите уравнение дальности полета шарика, брошенного под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $U_0$ .
5. Под каким углом надо бросить тело, чтобы дальность полета была максимальна? При каком угле бросания высота полета равна его дальности?

## **Лабораторная работа № 2**

**Тема работы.** Изучение законов динамики поступательного движения с помощью машины Атвуда

**Цель работы.** Проверка законов поступательного движения с помощью машины Атвуда.

### **Теоретическая часть.**

Поступательным движением называют движение, при котором любая линия, проведенная в теле, остается параллельной самой себе. При таком движении траектории, скорость и ускорения точек тела совпадают. Следовательно, движение тела можно заменить движением его одной точки. Чаще всего, выбирают движение центра тяжести тела.

**Основное уравнение** поступательного движения, (второй закон Ньютона) имеет вид:

$$m \cdot \vec{a} = \sum \vec{F}$$

|                                                    |  |
|----------------------------------------------------|--|
| ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН                                  |  |
| Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E |  |
| Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна          |  |
| Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023           |  |



где  $m$  – масса,  $\vec{a}$  – ускорение тела,  $\sum \vec{F}$  – сумма сил, действующих на тело.

Вращательным движением называют движение, при котором точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения. Основное уравнение вращательного движения (второй закон Ньютона) имеет вид:

$$I \cdot \vec{\varepsilon} = \sum \vec{M},$$

Где  $I_i = m_i \cdot r_i^2$  – момент инерции материальной точки, момент инерции вращающегося тела, равен сумме моментов инерции всех материальных точек этого тела:

$I = \sum I_i$   $\sum \vec{M}$  – сумма моментов сил, действующих на тело. Момент силы – величина

равная произведению модуля силы на плечо этой силы. Плечом силы называют кратчайшее расстояние от оси (центра) вращения до линии действия силы.

Машина Атвуда (рис.1) представляет собой блок радиуса  $R$ , через который перекинута нить с грузами  $m_1$  и  $m_2$ . Если  $m_2 > m_1$ , то, учитывая, что нить нерастяжима, грузы придут в движение с одинаковым ускорением  $\vec{a}$ . Блок будет вращаться с угловым ускорением  $\vec{\varepsilon}$ , точки на его ободе будут иметь тангенциальное ускорение равное ускорению грузов. Уравнения движения грузов и блока, принимая направление движения по оси  $X$ , будут иметь вид:

$$T_1 - m_1 \cdot g = m_1 \cdot a \quad (1)$$

$$T_2 - m_2 \cdot g = m_2 \cdot a \quad (2)$$

$$T_2 \cdot R - T_1 \cdot R - M_{тр} = I \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Где  $T_1$  и  $T_2$  – силы натяжения нити слева и справа от блока,  $M_{тр}$  – момент силы трения, угловое ускорение  $\varepsilon = a/R$ .

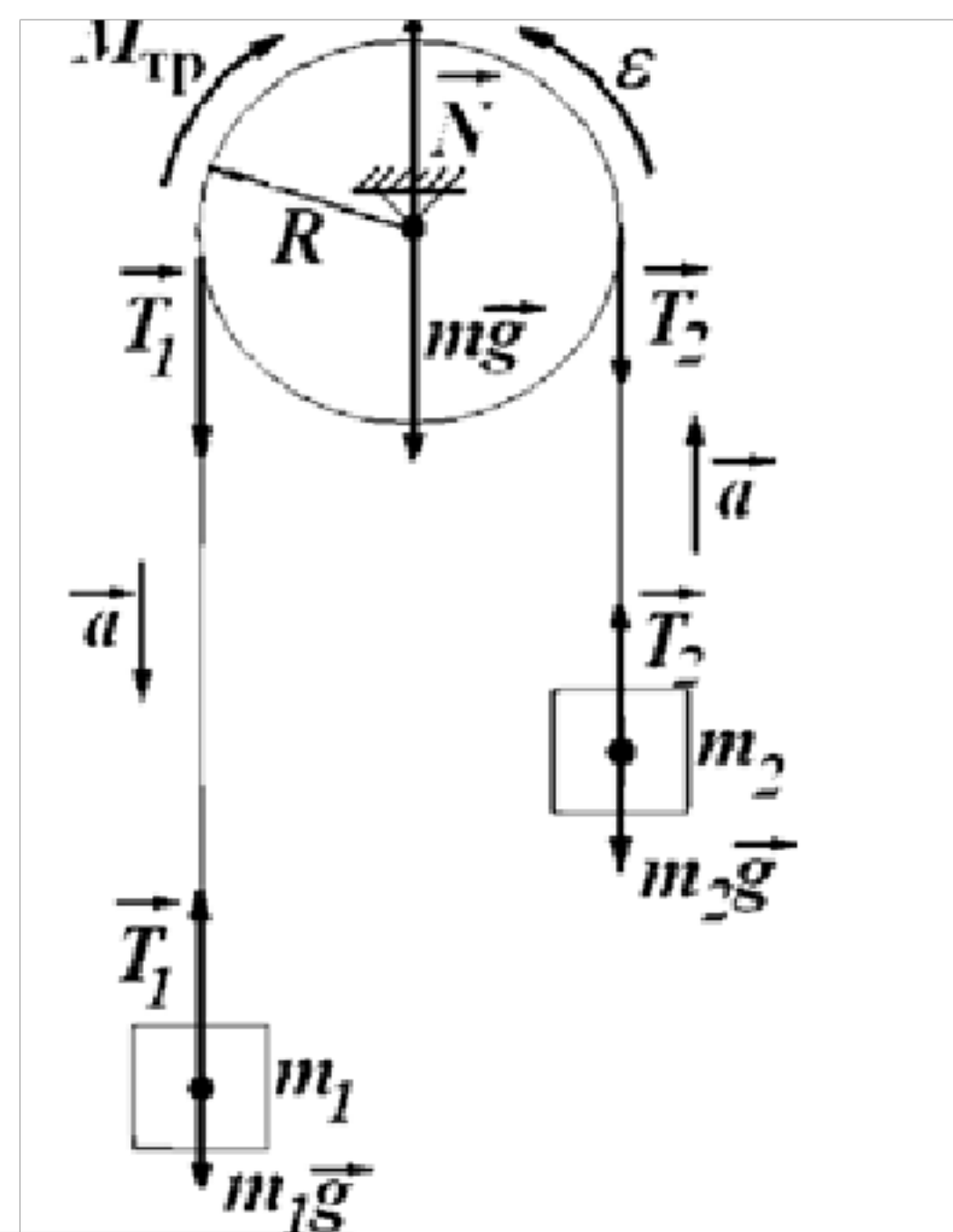


Рисунок 1 - машина Атвуда.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Описание установки, вывод расчетных формул

Общий вид установки приведён на рисунке 2. На вертикальной стойке 1 расположены три кронштейна: нижний 2, средний 3, верхний 4.

На верхнем кронштейне 4 крепится блок, через который перекинута нить с грузами 5, одинаковой массы. Внизу находится электромагнит, который при подаче на него напряжения удерживает систему с грузами в неподвижном состоянии.

На вертикальной стойке 1 укреплена сантиметровая линейка 8, по которой определяют начальное и конечное положение грузов, а, следовательно, и пройденный путь. Начальное положение определяют визуально по нижнему срезу груза, конечное - по индексу (красная метка) среднего кронштейна.

Секундомер с цифровой индикацией времени закреплён на основании прибора. Принцип работы прибора заключается в следующем. Когда на концах нити висят грузы одинаковой массы  $m_1 = 100$  г, система находится в равновесии. Если на один из грузов положить перегрузок массой  $\Delta m$ , ( $m_2 = m_1 + \Delta m$ ) система выходит из равновесия и движется равноускоренно. Масса блока равна 102 грамма, радиус блока равен 7 см, момент инерции блока равен половине произведения массы его и квадрата его радиуса (как сплошного диска).

При равноускоренном движении ускорение грузов можно найти из известного соотношения

$$S = \frac{gt^2}{2}$$

$S = h$  - путь, пройденный грузами,

$t$  - время их движения. Экспериментальное значение ускорения найдем через известный

путь и время:  $a = 2 \cdot S / t^2$

При проведении опыта с одними значениями пройденного пути  $S$  и массы перегрузки  $\Delta m_1$  из первых двух уравнений системы можно определить силы натяжения нитей:

$$T_1 = m_1 \cdot (a + g)$$

$$T_2 = m_2 \cdot (a + g)$$

Зная силы натяжения третьего уравнения можно найти момент сил трения:

$$M_{тр} = (T_2 - T_1) \cdot R - I \cdot \varepsilon$$

Опыт с одними перегрузками провести для двух значений  $S$  (0,6 м и 0,8 м). Сравнить значения сил натяжения и моменты сил трения для этих двух серий момента.

### Оборудование и материалы.

Машина Атвуда, электромагнит, секундомер, набор перегрузов.

### Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Проявлять осторожность и аккуратность при непосредственной работе с грузами, пружинами и иными необходимыми для работы приспособлениями.

Сертификат:  
Владелец:

2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



6. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

**Задания.**

1. Включить в сеть шнур питания прибора.
2. Переместить нить с грузами так, чтобы правый груз занял верхнее положение.
3. Включить электромагнит, удерживающий систему в положении покоя.
4. Положить на правый груз один из перегрузков. Установить средний кронштейн на отметке  $h_1 = 0,6$  м, или  $0,8$  м. Включить секундомер одновременно с выключением электромагнита.
5. Записать по показаниям секундомера время движения груза.
6. Повторить опыт с выбранным перегрузком не менее пяти раз.
7. Повторить опыт при другой высоте.  $h_2$ .
8. Определить по результатам опыта среднее значение времени  $t_{cp}$  и рассчитать по формуле значение ускорения.
9. Вычислить силы натяжения нитей и момент силы трения.
10. По данным опыта с одним значением  $S$  вычислять кинетическую энергию грузов в конечный момент движения

$$K_{cp} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot a^2 \cdot t^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot 2 \cdot S^2}{t^2}$$

11. Вычислить кинетическую энергию блока

$$K_{bl} = \frac{I \cdot \omega^2}{2} = \frac{m \cdot R^2 \cdot v^2}{2 \cdot 2 \cdot R^2} = \frac{m \cdot v^2}{4} = \frac{m \cdot S^2}{t^2}$$

12. Вычислить изменение потенциальной энергии грузов

$$\Delta P = m \cdot g \cdot S$$

13. Найти значение выражения  $\Delta P - (K_{cp} + K_{bl})$

14. Объяснить полученный результат.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

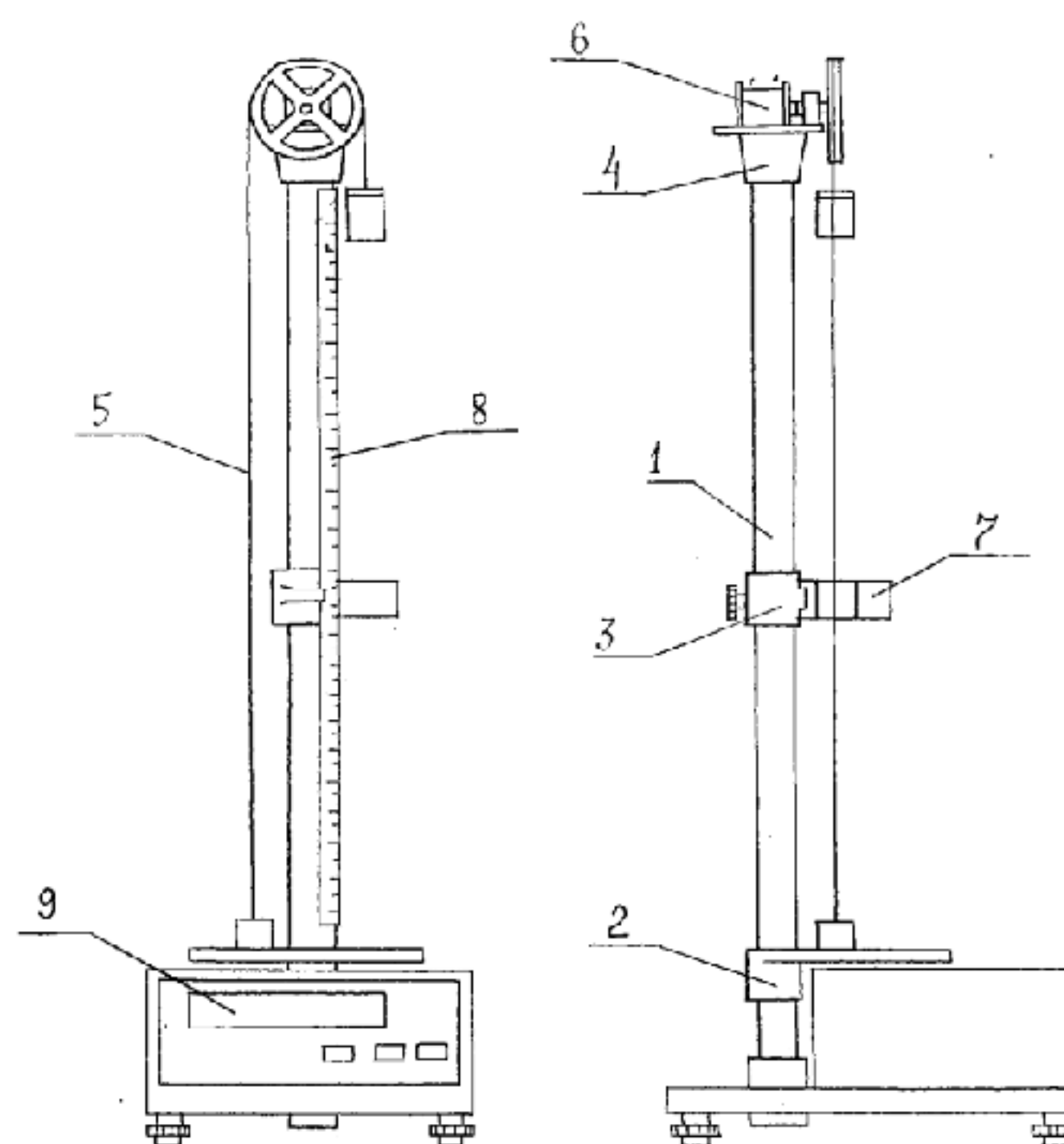


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

### **Содержание отчета.**

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

### **Контрольные вопросы.**

1. Дайте определение поступательного движения твердого тела.
2. Что такое материальная точка и абсолютно твердое тело?
3. Объясните, что такое система отсчета?
4. Перечислите и объясните основные кинематические характеристики поступательного движения.
5. Сформулируйте первый закон Ньютона.
6. Дайте определения массы и импульса тела.
7. Сформулируйте второй закон Ньютона.
8. Что такое равнодействующая сила?
9. Объясните третий закон Ньютона.
10. Дать определение сил упругости. Что такое упругая деформация ?
11. На чем основывается вывод расчетных формул в данной лабораторной работе?



## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### 5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Физика для вузов: механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3;-URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>
3. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. – 232 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883>

#### 5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Лекции по учебной дисциплине «Основы теоретической физики». Электродинамика. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.И. Кухарь. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2017. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70731.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс / В.А. Никеров. – 2-е изд. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 452 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по организации и проведению самостоятельной работы

по дисциплине «ФИЗИКА»

для студентов направления подготовки

08.03.01 Строительство, Городское строительство и хозяйство

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Содержание

### Введение

- 1    Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «ФИЗИКА»
- 2    План-график выполнения самостоятельной работы
- 3    Контрольные точки и виды отчетности по ним
- 4    Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 5    Список рекомендуемой литературы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец:    Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## **Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Физика»**

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

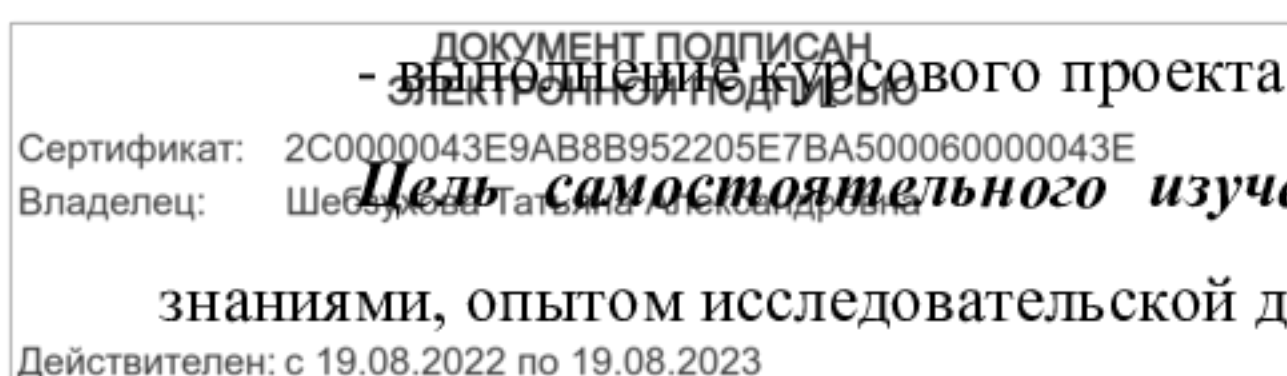
Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;

- выполнение курсового проекта.

**Цель самостоятельного изучения литературы** – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.



**Задачами** самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

**Цель самостоятельного решения задач** - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

**Задачами** самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

**Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы** по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

**Задачами** данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

| Код, формулировка компетенции                                                                                                                                                           | Код, формулировка индикатора                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата | <p>ИД-5 ОПК-1<br/>Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач;</p> <p>ИД-6 ОПК-1<br/>Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.</p> | <p>Знает основные физические явления и законы механики, электротехники, теплотехники, оптики и ядерной физики и их математическое описание; методы анализа физических явлений в технических устройствах и системах; Методы решения практических задач исследования и моделирования физических и химических явлений и процессов в своей предметной области. Умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач. Владеет знаниями физических явлений, элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.</p> |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

### План-график выполнения самостоятельной работы

| Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)            | Вид деятельности студентов                          | Средства и технологии оценки | Объем часов, в том числе |                                    |       |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------|
|                                                         |                                                     |                              | СРС                      | Контактная работа с преподавателем | Всего |
| 1 семестр                                               |                                                     |                              |                          |                                    |       |
| ОПК-1<br>ИД-5 <sub>ОПК-1</sub><br>ИД-6 <sub>ОПК-1</sub> | Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9   | Конспект                     | 42,06                    | 4,67                               | 46,7  |
|                                                         | Подготовка к лекциям                                | Конспект                     | 0,27                     | 0,03                               | 0,3   |
|                                                         | Подготовка к практическим занятиям                  | Решенная задача              | 0,54                     | 0,06                               | 0,6   |
|                                                         | Подготовка к лабораторным занятиям                  | отчет                        | 0,81                     | 0,09                               | 0,9   |
|                                                         | Контрольная работа                                  | Решенная задача              | 9                        | 1                                  | 10    |
| Итого за 1 семестр:                                     |                                                     |                              | 52,65                    | 5,85                               | 58,5  |
| 2 семестр                                               |                                                     |                              |                          |                                    |       |
| ОПК-1<br>ИД-5 <sub>ОПК-1</sub><br>ИД-6 <sub>ОПК-1</sub> | Самостоятельное изучение литературы по темам №10-17 | Конспект                     | 42,06                    | 4,67                               | 46,7  |
|                                                         | Подготовка к лекциям                                | Конспект                     | 0,27                     | 0,03                               | 0,3   |
|                                                         | Подготовка к практическим занятиям                  | Решенная задача              | 0,54                     | 0,06                               | 0,6   |
|                                                         | Подготовка к лабораторным занятиям                  | отчет                        | 0,81                     | 0,09                               | 0,9   |
|                                                         | Контрольная работа                                  | Решенная задача              | 9                        | 1                                  | 10    |
| Итого за 2 семестр:                                     |                                                     |                              | 52,65                    | 5,85                               | 58,5  |
| Итого:                                                  |                                                     |                              | 105,3                    | 11,7                               | 117   |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шубрукова Татьяна Александровна  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;



— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

#### Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

#### Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Физика» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов знакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

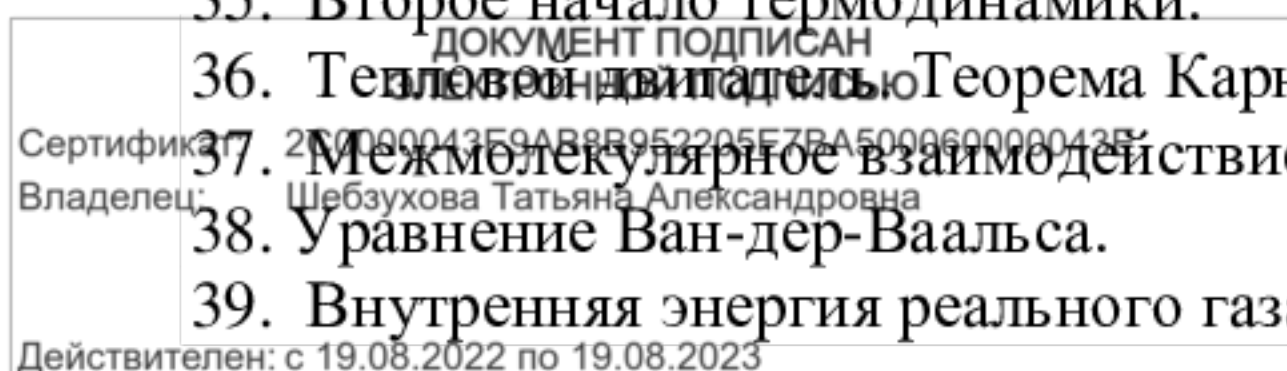
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

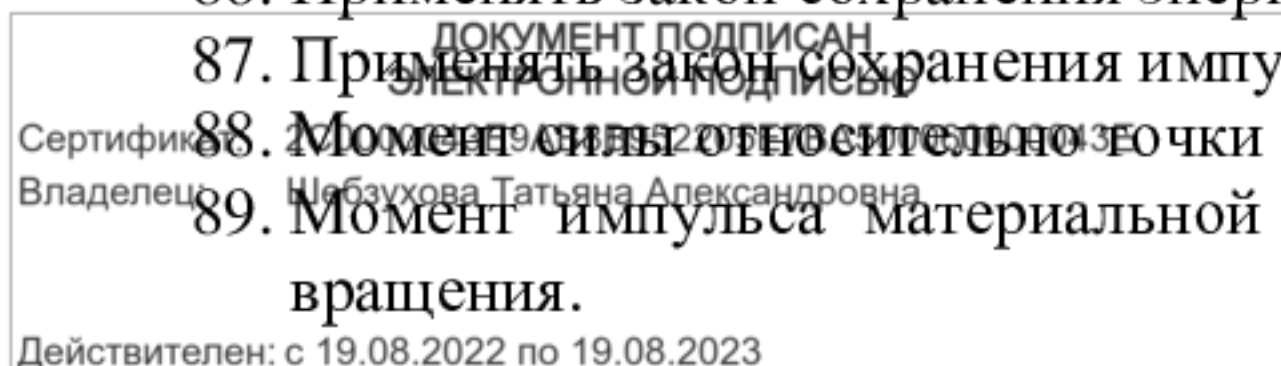
### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия кинематики. Уравнения движения материальной точки.
2. Угловая скорость и угловое ускорение.
3. Тангенциальное, нормальное и полное ускорения.
4. Законы Ньютона.
5. Принцип относительности Галилея.
6. Упругие силы, относительная деформация, механическое напряжение, закон Гука.
7. Закон сохранения импульса.
8. Центр масс инерции. Движение центра инерции
9. Работа, мощность, энергия: понятия и взаимосвязь.
10. Кинетическая, потенциальная и полная механическая энергия тела.
11. Закон сохранения энергии.
12. Связь потенциальной энергии и силы.
13. Кинематика вращательного движения.
14. Момент силы. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
15. Момент импульса и закон его сохранения.
16. Кинетическая энергия при вращательном движении. Момент инерции. Теорема Штейнера.
17. Колебательные процессы в механике. Механические гармонические колебания.
18. Энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.
19. Свободные затухающие колебания.
20. Вынужденные колебания. Резонанс.
21. Уравнение состояния идеального газа.
22. Основы молекулярно-кинетической теории. Изопроцессы в газах.
23. Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа по скоростям.
24. Барометрическая формула.
25. Распределение Больцмана.
26. Внутренняя энергия идеального газа
27. Внутренняя энергия многоатомного газа Работа в термодинамике.
28. Работа газа при изотермическом процессе.
29. Первое начало термодинамики.
30. Работа газа при изменении его объема.
31. Адиабатный и политропный процессы.
32. Теплоемкость. Уравнение Майера.
33. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
34. Энтропия. Неравенство Клаузиуса.
35. Второе начало термодинамики.
36. Тепловые двигатели. Теорема Карно.
37. Межмолекулярное взаимодействие.
38. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
39. Внутренняя энергия реального газа.





40. Жидкости и их описание.
41. Смачивание. Капиллярные явления.
42. Диаграмма состояния. Тройная точка.
43. Понятие электрического заряда. Закон Кулона. Закон сохранения заряда.
44. Электрический диполь.
45. Электрическое поле. Напряженность поля.
46. Теорема Гаусса для напряженности электрического поля.
47. Разность потенциалов. Связь напряженности и разности потенциалов.
48. Основные уравнения электростатики в вакууме.
49. Диэлектрики в электрическом поле.
50. Проводники в электрическом поле.
51. Емкость уединенного проводника.
52. Конденсаторы. Емкость конденсатора.
53. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора.
54. Энергия электрического поля.
55. Электродвижущая сила. Закон Ома для однородного и неоднородного участка цепи.
56. Сопротивление проводников.
57. Правила Кирхгофа и их применение к расчету электрических цепей.
58. Закон Джоуля – Ленца.
59. Работа и мощность тока.
60. Классическая электронная теория проводимости металлов. Эффект Холла.
61. Находить скорость и ускорение, среднюю, среднюю путевую, мгновенную скорости.
62. Нормальное, тангенциальное и полное ускорение.
63. Находить угловую скорость и угловое ускорение.
64. Применять законы Ньютона.
65. Применять закон сохранения энергии.
66. Применять закон сохранения импульса
67. Момент силы относительно точки и относительно оси вращения.
68. Момент импульса материальной точки относительно точки и относительно оси вращения.
69. Основные параметры макросистем.
70. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева).
71. Количество теплоты. Теплоемкость. Связь удельной и молярной теплоемкостей.
72. Уравнение состояния реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса).
73. Применение первого начала термодинамики к адиабатическому процессу.
74. Уравнение Пуассона.
75. Диаграмма состояния. Тройная точка.
76. Работа по перемещению заряда в электростатическом поле.
77. Потенциал поля точечного заряда.
78. Сила тока и плотность тока.
79. Закон Ома в обобщенной форме.
80. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца
81. Методами решения задач по кинематике.
82. Методами решения задач по динамике.
83. Нормальное, тангенциальное и полное ускорение.
84. Находить угловую скорость и угловое ускорение.
85. Применять законы Ньютона.
86. Применять закон сохранения энергии.
87. Применять закон сохранения импульса
88. Момент силы относительно точки и относительно оси вращения.
89. Момент импульса материальной точки относительно точки и относительно оси вращения.

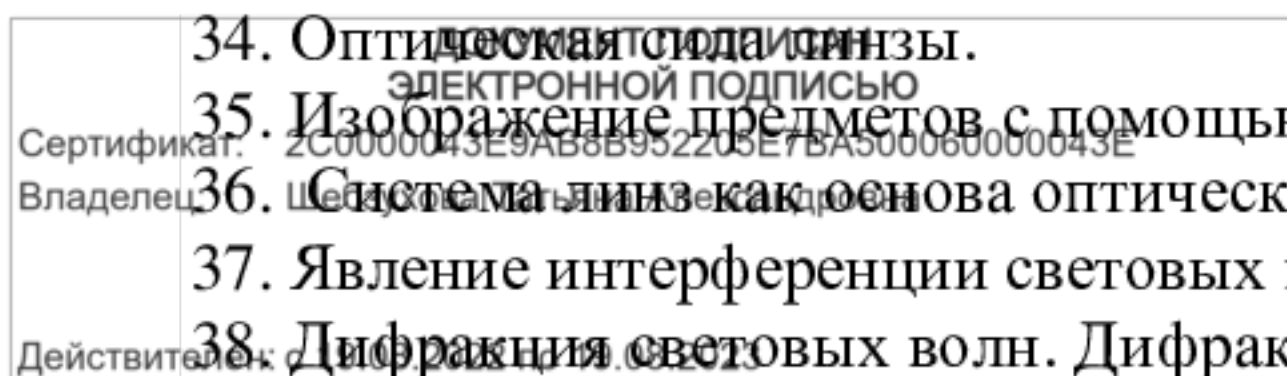




90. Уравнение состояния идеального газа.
91. Количество теплоты. Теплоемкость.
92. Связь удельной и молярной теплоемкостей.
93. Уравнение состояния реального газа.
94. Применение первого и второго начала термодинамики.
95. Тепловой двигатель. Теорема Карно.
96. Межмолекулярное взаимодействие.
97. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
98. Внутренняя энергия реального газа.
99. Сила тока и плотность тока. Закон Ома в обобщенной форме.
100. Вывод закона Джоуля - Ленца.

### Вопросы к экзамену 2 семестр

1. Магнитное поле и его основные характеристики.
2. Закон Био - Савара - Лапласа и его применение.
3. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов.
4. Магнитная индукция.
5. Сила Лоренца.
6. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.
7. Некоторые применения магнитного поля. Эффект Холла.
8. Теорема о циркуляции вектора. Магнитные поля соленоида и тороида.
9. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитного поля.
10. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея.
11. Индукционный ток. Правило Ленца.
12. Природа ЭДС индукции. ЭДС индукции в неподвижных проводниках.
13. Циркуляция вектора напряжённости вихревого электрического поля.
14. Токи Фуко. Скин-эффект.
15. Уравнения Максвелла.
16. Явление самоиндукции. Индуктивность проводников.
17. Явления при замыкании и размыкании токов в цепи с индуктивностью.
18. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля
19. Колебательный контур.
20. Описание электромагнитных колебаний в колебательном контуре.
21. Свободные колебания. Вынужденные колебания.
22. Закон полного тока. Ток смещения.
23. Единая теория электрических и магнитных явлений Максвелла.
24. Система уравнений Максвелла.
25. Скорость распространения электромагнитного поля.
26. Релятивистская трактовка магнитных явлений (общие положения).
27. Переменный электрический ток: основные понятия и законы.
28. Вихревое электрическое поле.
29. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока
30. Фотометрия. Основы геометрической оптики.
31. Законы отражения и преломления света.
32. Явление полного внутреннего отражения. Принцип Ферма.
33. Линзы, формула тонкой линзы.
34. Оптические системы линзы.
35. Изображение предметов с помощью линз. Зеркала.
36. Система линз как основа оптических приборов.
37. Явление интерференции световых волн.
38. Дифракция световых волн. Дифракционная решетка.





39. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.
40. Дисперсия света. Поглощение света.
41. Рассеяние света. Эффект Доплера.
42. Поляризация света.
43. Законы теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана.
44. Закон Вина.
45. Фотоэффект.
46. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
47. Масса, энергия и импульс фотона.
48. Давление света. Эффект Комптона и его элементарная природа.
49. Модели атома Томсона и Резерфорда.
50. Линейчатый спектр атома водорода. Постулаты Бора.
51. Спектр атома водорода по Бору.
52. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества.
53. Некоторые свойства волн де Бройля.
54. Общее уравнение Шредингера.
55. Элементы современной физики атомов и молекул.
56. Состав, заряд атомного ядра. Массовое и зарядовое числа.
57. Дефект массы и энергия связи ядра. Спин ядра и его магнитный момент.
58. Ядерные силы, их свойства, модели ядра. Закон радиоактивного распада.
59. Элементарные частицы. Космическое излучение.
60. Классификация элементарных частиц. Физическая картина мира.
61. Закон Ампера.- Взаимодействие параллельных токов.
62. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
63. Работа по перемещению проводника в магнитном поле.
64. Правило Ленца. Вращение рамки в магнитном поле. Вихревые токи.
65. Токи при размыкании и замыкании цепи.
66. Взаимная индукция.
67. Уравнение свободных колебаний.
68. Затухающие колебания в колебательном контуре.
69. Вынужденные электромагнитные колебания.
70. Переменный ток. Переменный ток через резистор
71. Переменный ток через катушку индуктивности.
72. Переменный ток через конденсатор.
73. Цепь переменного тока, содержащая R-L-C.
74. Резонанс напряжений.
75. Резонанс токов.
76. Шкала электромагнитных волн.
77. Линзы и их характеристики.
78. Методы наблюдения интерференции света.
79. Полосы равного наклона.
80. Полосы равной толщины.
81. Кольца Ньютона.
82. Дифракция Френеля.
83. Дифракция Фраунгофера.
84. Дифракция на пространственной решетке.
85. Различия в дифракционном и призматическом спектрах.
86. Естественный и поляризованный свет.
87. Прохождение света через два поляризатора. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков.
88. Двойное лучепреломление.
89. Искусственная оптическая анизотропия, вращение плоскости поляризации.

|                                           |                                 |
|-------------------------------------------|---------------------------------|
| ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН<br>ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ |                                 |
| Сертификат:                               | 19.08.2022 16:55:17             |
| Владелец:                                 | Шебзухова Татьяна Александровна |
| Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023  |                                 |

90. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками».
91. Туннельный эффект.
92. Спектр атома водорода.
93. Спин электрона. Спиновое квантовое число.
94. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры. Поглощение.
95. Спонтанное и вынужденное излучение.
96. Волны Де-Бройля и квантовые условия Бора.
97. Вероятность нахождения микрочастицы.
98. Уравнение Шредингера в операторной форме.
99. Потенциальный ящик и потенциальный барьер.
100. Принцип Паули.

### ***Методические указания по подготовке к контрольной работе***

Контрольная работа – это самостоятельная письменная работа студента, которая должна показать не только его владение теоретическим материалом, но и продемонстрировать практические умения проводить расчеты.

Цели выполнения контрольной работы заключаются:

- закрепить и систематизировать теоретические знания и практические навыки студента;
- научить работать с литературой – изучать, анализировать информацию из научных источников;

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

| Код, формулировка компетенции                                                                                                                                                           | Код, формулировка индикатора                                                                                                                                                                     | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата | ИД-5 ОПК-1<br>Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач; | Знает основные физические явления и законы механики, электротехники, теплотехники, оптики и ядерной физики и их математическое описание; методы анализа физических явлений в технических устройствах и системах; Методы решения практических задач исследования и моделирования физических и химических явлений и |
| ИД-6 ОПК-1<br>Демонстрирует знание                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Сертификат:  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Документ подписан электронной подписью  
2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



|  |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики. | процессов в своей предметной области. Умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач. Владеет знаниями физических явлений, элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики. |
|--|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Список рекомендуемой литературы

#### *Перечень основной литературы:*

1. Дмитриева Е.И. Физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.И. Дмитриева. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 143 с. — 978-5-4486-0445-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79822.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс : учебник / В.А. Никеров. - 2-е изд. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. - 452 с. : ил. - ISBN 978-5-394-02349-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>

#### *Перечень дополнительной литературы:*

1. Романова, В.В. Физика: примеры решения задач : учебное пособие / В.В. Романова. - Минск : РИПО, 2017. - 348 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-503-737-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=487974>

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по выполнению контрольной работы  
по дисциплине «ФИЗИКА» для студентов направления подготовки  
08.03.01 Строительство, Городское строительство и хозяйство

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## Содержание

| №<br>п/п |                                                                                    | Стр. |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------|
|          | Введение                                                                           |      |
| 1.       | Цель и задачи изучения дисциплины                                                  |      |
| 2.       | Оборудование и материалы                                                           |      |
| 3.       | Наименование контрольных работ                                                     |      |
| 4.       | Список контрольных работ                                                           |      |
| 5.       | Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины |      |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## Введение

Контрольная работа создаёт оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Физика». Контрольные работы проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью контрольных работ является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

При выполнении контрольной работы реализуются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

| Код, формулировка компетенции                                                                                                                                                           | Код, формулировка индикатора                                                                                                                                                                 | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата | ИД-5 ОПК-1 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач | Знает основные физические явления и законы механики, электротехники, теплотехники, оптики и ядерной физики и их математическое описание; методы анализа физических явлений в технических устройствах и системах;<br>Умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач. |
|                                                                                                                                                                                         | ИД-6 ОПК-1 Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики                                                                                               | Владеет знаниями физических явлений, элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.                                                                                                                                                                                                                                                      |

Для оценивания контрольной работы студент должен выполнить 2 задачи: по последней цифре студенческого билета и последняя цифра студенческого билета +10.

А также привести ответы на вопросы

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шабзукова Татьяна Александровна

**Вопросы и задания.**

1. Постоянный электрический ток и его характеристики. Закон Ома для участка цепи.

2. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для замкнутой цепи.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

## 2. Формулировка задания и ее объем

3. Работа и мощность тока. Закон Джоуля - Ленца.
4. Классическая электронная теория электропроводимости металлов и ее недостаточность
5. Обобщенный закон Ома. Правила Кирхгофа.
6. Электрический ток в металлах. Объяснить как протекает ток в металлах

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Три батареи с ЭДС  $E_1 = 12$  В,  $E_2 = 5$  В и  $E_3 = 10$  В и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r$ , равными 1 Ом, соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Определить силы токов  $I$ , идущих через каждую батарею.
2. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС  $E$  каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление  $r = 0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R = 1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.
3. Внутреннее сопротивление  $r$  батареи аккумуляторов равно 3 Ом. Сколько процентов от точного значения ЭДС составляет погрешность, если, измеряя разность потенциалов на зажимах батареи вольтметром с сопротивлением  $R_B = 200$  Ом, принять ее равной ЭДС?
4. Зашунтированный амперметр измеряет токи силой до  $I = 10$  А. Какую наибольшую силу тока может измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление  $R_a$  амперметра равно 0,02 Ом и сопротивление  $R_{ш}$  шунта равно 5 мОм?
5. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I = 3$  А в течение времени  $t = 10$  с. Определить заряд  $Q$ , прошедший в проводнике.
6. Даны 12 элементов с ЭДС  $E = 1,5$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,4$  Ом. Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление  $R = 0,3$  Ом? Определить максимальную силу тока  $I_{\max}$ .
7. Два элемента ( $E_1 = 1,2$  В,  $r_1 = 0,1$  Ом;  $E_2 = 0,9$  В,  $r_2 = 0,3$  Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление  $R$  соединительных проводов равно 0,2 Ом. Определить силу тока  $I$  в цепи.
8. Определить силу тока короткого замыкания источника тока, если при внешнем сопротивлении  $R_1 = 50$  Ом сила тока в цепи  $I_1 = 0,2$  А, а при  $R_2 = 110$  Ом сила тока в цепи  $I_2 = 0,1$  А.
9. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением  $R_B = 1$  кОм. Показания амперметра  $I = 0,5$  А, вольтметра  $U = 100$  В. Определить сопротивление  $R$  катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составит погрешность, если не учитывать сопротивления вольтметра?
10. К источнику тока с ЭДС  $E = 1,5$  В присоединили катушку с сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Амперметр показал силу тока, равную  $I_1 = 0,5$  А. Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока  $I$  в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определить внутренние сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  первого и второго источников тока.
11. По проводнику сопротивлением  $R = 3$  Ом течет ток, сила которого возрастает. Количество теплоты  $Q$ , выделившееся в проводнике за время  $\tau = 8$  с, равно 200 Дж. Определить количество электричества  $q$ , протекшее за это время по проводнику. В начальный момент времени сила тока в проводнике равна нулю.
12. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 12$  Ом равномерно убывает от  $I_0 = 5$  А до  $I = 0$  в течение времени  $t = 10$  с. Какое количество теплоты  $Q$  выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени?

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



13. Сила тока в проводнике сопротивлением  $r = 100$  Ом равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I_{\max} = 10$  А в течение времени  $\tau = 30$  с. Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся за это время в проводнике.

14. При силе тока  $I_1 = 3$  А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, при силе тока  $I_2 = 1$  А – соответственно  $P_2 = 10$  Вт. Определить ЭДС  $E$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

15. Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена только первая секция, то вода закипает через  $t_1 = 15$  мин, если только вторая, то через  $t_2 = 30$  мин. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить последовательно? Параллельно?

16. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. ЭДС  $E$  батареи равна 24 В, внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность  $P = 80$  Вт. Вычислить силу тока  $I$  в цепи и КПД  $\eta$  нагревателя.

17. ЭДС  $E$  батареи равна 20 В. Сопротивление  $R$  внешней цепи равно 2 Ом, сила тока  $I = 4$  А. Найти КПД батареи. При каком значении внешнего сопротивления  $R_1$  КПД будет равен 99%?

18. К батарее аккумуляторов, ЭДС  $E$  которой равна 2 В и внутреннее сопротивление  $r$  равно 0,5 Ом, присоединен проводник. Определить: 1) сопротивление  $R$  проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность  $P$ , которая при этом выделяется в проводнике.

19. ЭДС батареи аккумуляторов  $E = 12$  В, сила тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

20. Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение  $U$  на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление  $R$  реостата равно 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность  $P = 120$  Вт. Найти силу тока в цепи.

21. В медном проводнике длиной  $l = 2$  м и площадью  $S$  поперечного сечения, равной  $0,4$  мм<sup>2</sup>, идет ток. При этом каждую секунду выделяется количество теплоты  $Q = 0,35$  Дж. Сколько электронов  $N$  проходит за 1 секунду через поперечное сечение этого проводника?

22. Плотность тока  $j$  в медном проводнике равна 3 А/мм<sup>2</sup>. Найти напряженность  $E$  электрического поля в проводнике.

23. Плотность тока  $j$  в алюминиевом проводе равна 1 А/мм<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов, предполагая, что число свободных электронов, предполагая, что число свободных электронов в 1 см<sup>3</sup> алюминия равно числу атомов.

24. Определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока  $I = 10$  А и сечении  $S$  проводника, равном 1 мм<sup>2</sup>. Принять, что каждый атом меди приходится два электрона проводимости.

25. Сила тока  $I$  в металлическом проводнике равна 0,8 А, сечение проводника  $S = 4$  мм<sup>2</sup>. Принимая, что в каждом кубическом сантиметре металла содержится  $n = 22,5 \cdot 10^{22}$  свободных электронов, определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  их упорядоченного движения.

26. В медном проводнике объемом  $V = 6$  см<sup>3</sup> при прохождении по нему постоянного тока за время  $t = 1$  мин выделилось количество теплоты  $Q = 216$  Дж. Вычислить напряженность  $E$  электрического поля в проводнике.

27. Металлический проводник движется с ускорением  $a = 100$  м/с<sup>2</sup>. Используя классическую теорию электропроводности металлов, определить напряженность  $E$  электрического поля в проводнике.

28. Медный диск радиусом  $R = 0,5$  м равномерно вращается ( $\omega = 10^4$  рад/с) относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить разность потенциалов  $U$  между центром диска и его крайними точками.

29. Металлический стержень движется вдоль своей оси со скоростью  $v=200$  м/с. Определить заряд  $Q$ , который протечет через гальванометр, подключаемый к концам стержня, при резком его торможении, если длина  $l$  стержня равна 10 м, а сопротивление  $R$  всей цепи (включая цепь гальванометра) равно 10 мОм.

30. Удельная проводимость  $\gamma$  металла равна 10 МСм/м. Вычислить среднюю длину  $\langle l \rangle$  свободного пробега электронов в металле, если концентрация  $n$  свободных электронов равна  $10^{28}$  м<sup>-3</sup>. Среднюю скорость  $u$  хаотического движения электронов принять равной  $10^6$  м/с.

### **3. Общие требования к написанию и оформлению работы**

#### **Основные требования к работе**

При выполнении и оформлении контрольной по ГОСТу надо учитывать общие требования, которые предъявляются к работе:

- студент должен придерживаться заданной тематики;
- запрещено менять тему самостоятельно без обращения к преподавателю;
- при оформлении работы нужно учитывать нормы и ГОСТы;
- контрольная выполняется на основании не менее семи источников, выбранных автором;
- работа должна быть авторской, в ней должны содержаться собственные выводы студента;
- текст контрольной должен иметь объем не менее 7 листов.

#### **Оформление по ГОСТу текста контрольной**

Когда работа выполнена, ее необходимо привести в соответствующий вид согласно ГОСТам:

- контрольную набирают в Word или другом текстовом редакторе с аналогичным функционалом;
- при наборе нужно использовать шрифт Times New Roman;
- интервал между строк — полуторный;
- размер шрифта — 14;
- текст выравнивается по ширине;
- в тексте делают красные строки с отступом в 12,5 мм;
- нижнее и верхнее поля страницы должны иметь отступ в 20 мм;
- слева отступ составляет 30 мм, справа — 15 мм;
- контрольная всегда нумеруется с первого листа, но на титульном листе номер не

ставят; **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

– номер страницы в работе всегда выставляется в верхнем правом углу;

– заголовки работы оформляются жирным шрифтом;

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



- в конце заголовков точка не предусмотрена;
- заголовки набираются прописными буквами;
- все пункты и разделы в работе должны быть пронумерованы арабскими цифрами;
- названия разделов размещаются посередине строки, подразделы – с левого края;
- работа распечатывается в принтере на листах А4;
- текст должен располагаться только на одной стороне листа.

**Работа имеет такую структуру:**

1. Титульный лист;
2. Оглавление и введение;
3. Основной текст и расчет контрольной;
4. Заключительная часть работы;
5. Перечень использованной литературы и источников;
6. Дополнения и приложения.

Если в работе есть приложения, о них надо упоминать в оглавлении.

Ссылки нумеруются арабскими цифрами, при этом учитывают структуру работы (разделы и подразделы).

**4. Рекомендации по выполнению задания**

**Законы постоянного тока.**

**Цель занятия.** Изучить законы постоянного тока

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции.** Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводников. Источники тока. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС. Закон Ома для полной цепи. Разветвленные цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность тока. Закон Джоуля - Ленца. Тепловое действие электрического тока и его применение в технике. Элементарная классическая теория электропроводности металлов. Границы применимости классической теории электропроводности. Контактные явления. Владеет способностью применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач.

**Актуальность темы.** Основные понятия и законы постоянного тока применяется при решении инженерных задач.

**Теоретическая часть.**

**Характеристики электрического тока и условия его существования**

В электростатике изучались явления, обусловленные неподвижными зарядами. Если по какой-либо причине возникает упорядоченное движение зарядов и через поверхность переносится заряд, отличный от нуля, то говорят, что возникает электрический ток.

Количественной характеристикой электрического тока служит сила тока – величина заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Если за время  $dt$  через поверхность переносится заряд  $dq$ , то сила тока равна:



$$I = \frac{dq}{dt}$$

Единицей силы тока является ампер (А). За направление тока принимается направление, в котором перемещаются положительные заряды или направление, противоположное направлению движения отрицательных зарядов. Свободные заряды, которые перемещаются в среде, называются носителями тока.

Электрический ток может быть распределен неравномерно по поверхности, через которую он течет. Более детально ток можно охарактеризовать с помощью вектора плотности тока  $\vec{j}$ . Пусть заряженные частицы движутся в определенном направлении со скоростью  $\vec{u}$ . Вектором плотности тока  $\vec{j}$  называется вектор, по направлению совпадающий с направлением скорости положительных зарядов (или против направления скорости отрицательных зарядов), а по абсолютной величине равный отношению силы тока  $dI$  через элементарную площадку  $dS_{\perp}$ , расположенную в данной точке пространства перпендикулярно к направлению движения носителей, к ее площади.

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}$$

Число носителей тока в единице объема  $n$  называется плотностью носителей тока. Заряд отдельного носителя будет обозначаться  $e$ .

Если свободными зарядами являются, например, электроны, а положительные заряды неподвижны (это имеет место в металлах), то плотность носителей будет совпадать с числом свободных электронов в единице объема.



Вектор плотности тока можно выразить через плотность носителей тока и скорость их движения. Количество заряда, перенесенного за время  $dt$  через некоторую поверхность  $S$ , перпендикулярную к вектору скорости (рис. 20.1), равно  $dq = n \cdot e \cdot u \cdot dt \cdot S$ . За время  $dt$  площадку  $S$  пересекут все свободные заряды в параллелепипеде с основанием  $S$  и длиной  $u dt$ . Если площадка  $S$  достаточно мала, то плотность тока в её пределах можно считать постоянной и тогда:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{dq}{S dt} = \frac{n \cdot e \cdot u \cdot dt \cdot S}{S \cdot dt} = n \cdot e \cdot u.$$

В векторной форме:

$$\vec{j} = n \cdot e \cdot \vec{u}$$

Сила тока через произвольную поверхность

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$



Электрический ток, обусловленный движением свободных зарядов в проводниках различной природы, называется током проводимости.

Свободные заряды в проводнике испытывают столкновения с атомами проводника. За время «свободного пробега»  $\tau$  между двумя столкновениями заряд в проводнике приобретает направленную скорость вдоль внешнего электрического поля:

$$\vec{u} = \vec{w}\tau = \frac{e\vec{E}}{m_0}\tau$$

где  $\vec{E}$  напряженность электрического поля в проводнике. После очередного столкновения скорость теряется. Затем, до следующего столкновения, происходит новое наращивание направленной скорости.

Из вышеизложенного следует, что **условиями существования тока** является:

- а) Наличие свободных зарядов;
- б) Наличие электрического поля внутри проводника, чтобы поддерживать перемещение зарядов.

### ***Электродвижущая сила, напряженность***

Если бы на носитель тока действовали только силы электростатического поля, то под действием этих сил положительные носители перемещались бы из места с большим потенциалом к месту с меньшим потенциалом, а отрицательные носители двигались бы в обратном направлении. Это привело бы к выравниванию потенциалов, и в результате ток бы прекратился. Чтобы этого не произошло, должны иметься участки на которых перенос положительных зарядов происходит в сторону возрастания  $\varphi$ , т.е. против сил электростатического поля. Перенос носителей на этих участках возможен лишь с помощью сил не электростатического происхождения, называемых сторонними силами. Физическая природа сторонних сил может быть различна. Например, химическая (как в аккумуляторах), механическая, магнитная и другие.

Величина, равная отношению работы сторонних сил по перенесению заряда к величине этого заряда называется электродвижущей силой (ЭДС).

ЭДС измеряется в тех же единицах что и потенциал, т.е. в вольтах (В).

Стороннюю силу, действующую на заряд, можно представить в виде  $\vec{F}_{стор} = \vec{E}_{стор}q$ , где  $\vec{E}_{стор}$  - напряженность поля сторонних сил. Работа сторонних сил над зарядом на некотором участке 1-2:

$$A_{стор}^{1-2} = q \int_1^2 \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

Разделив обе части согласно определению ЭДС на заряд, получим:

$$\varepsilon_{12} = \frac{A_{стор}^{1-2}}{q} = \int_1^2 \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

Для замкнутой цепи:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

$$\varepsilon = \oint \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023





Хаотическое тепловое движение электронов в металлах можно характеризовать средней скоростью  $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot m_e}}$  (для комнатных температур  $\langle v \rangle \sim 10^3 \text{ м/с}$ ). При наличии внешнего поля электроны обладают еще некоторой средней скоростью направленного движения  $\vec{u}$ . Обычно  $u \sim 10^{-2} \div 10^{-3} \text{ м/с}$ , то есть  $u \ll \langle v \rangle$ .

### **Вывод законов Ома и Джоуля-Ленца из электронных представлений**

#### **Закон Ома.**

Средний путь, проходимый свободно движущимися электронами между двумя последовательными столкновениями с ионами решетки называется средней длиной свободного пробега  $\lambda$ . Среднее время между двумя столкновениями  $\tau = \frac{\lambda}{v}$  (определяется скоростью хаотического движения). При наличии поля  $\vec{E}$  направленная скорость электронов накапливается за время свободного пробега и к моменту следующего соударения достигает максимальной величины:

$$\vec{u}_{max} = \vec{w} \tau = \frac{e\vec{E}}{m} \frac{\lambda}{v}.$$

Скорость  $\vec{u}$  изменяется за время пробега линейно. Поэтому ее среднее за пробег значение равно половине максимального значения.

$$\langle \vec{u} \rangle = \frac{1}{2} \vec{u}_{max} = \frac{1}{2} \frac{e\vec{E}}{m} \frac{\lambda}{v}$$

Плотность тока:

$$\vec{j} = n \cdot e \cdot \langle \vec{u} \rangle = \frac{n \cdot e^2 \cdot \lambda}{2mv} \vec{E}$$

Коэффициент пропорциональности между  $\vec{j}$  и  $\vec{E}$  обозначим  $\sigma = \frac{n \cdot e^2 \cdot \lambda}{2mv}$  ( $\sigma$  - проводимость). В результате получим закон Ома в локальной форме (параметры относятся к данной точке сечения проводника).

$$\boxed{\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}}$$

Плотность тока в проводнике пропорциональна напряженности электрического поля  $\vec{E}$ . Коэффициентом пропорциональности является проводимость. (Замечание. Сравним полученную формулу с известной  $I = \frac{U}{R}$ . Проводимость  $\sigma$  обратно пропорциональна удельному сопротивлению  $\rho$   $\sigma = \frac{1}{\rho}$ . Плотность тока  $j = \frac{I}{S}$ . Напряженность поля  $E = \frac{U}{l}$

( $l$  - длина проводника). Тогда  $\frac{I}{S} = \frac{1}{\rho} \frac{U}{l}$ , или  $I = \frac{U}{\rho \cdot l} S = \frac{U}{R}$ , что и требовалось.)







В современной квантовой теории показывается, что электроны внутри металла, как и электроны в атоме не могут иметь любую энергию, а лишь вполне дискретные значения энергии – энергия электронов квантуется.

A diagram of a node where two currents,  $I_1$  and  $I_3$ , enter from the bottom left and bottom right respectively, and one current,  $I_2$ , exits upwards.

Рис. 20.3

Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$$\sum I_k = 0$$

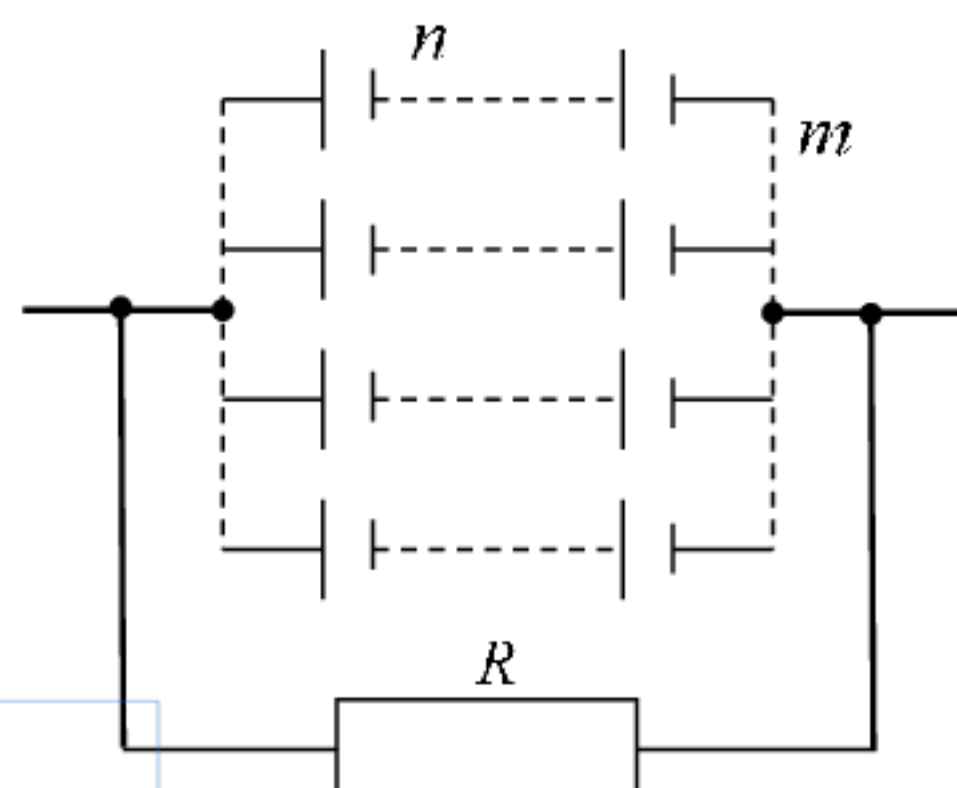
При этом токи, идущие к узлу, принято считать положительными, а от узла – отрицательными (можно и наоборот – это несущественно).

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0.$$

Алгебраическая сумма произведений сил токов в отдельных участках произвольного замкнутого контура на их сопротивления (сумма падений напряжений) равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в этом контуре.

$$\sum I_k R_j = \sum \varepsilon_i$$

**Задача 1.** Даны 12 элементов с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r=0,4 \text{ Ом}$ . Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление  $R=0,3 \text{ Ом}$ ? Определить максимальную силу тока  $I_{max}$ .

 $N=12$  $r=0, 4 \text{ } O_M$  $R=0,3 \text{ } O_M$ 
$$I_{max} = ?$$


Предположим, что соединение состоит из  $m$  параллельно соединенных ветвей по  $n$  последовательно соединенных элементов в каждой (см. рис.). Очевидно,  $N = m \cdot n$ , При последовательном соединении ЭДС и внутреннего сопротивления элементов

Документ подписан  
электронной подписью  
Сертификат: [10200031234567890122205575A55008220000105](#)  
Владелец: [Шебзухова Татьяна Александровна](#)  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

складываются; поэтому ЭДС каждой ветви  $\mathcal{E}_B = n \mathcal{E}$ , а внутреннее сопротивление  $r_B = n \cdot r$ .

При параллельном соединении  $\mathcal{E}$  системы равна  $\mathcal{E}$  отдельного элемента и  $\frac{1}{r_c} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{r_i}$ . Следовательно, ЭДС соединения равна ЭДС отдельной ветви  $\mathcal{E}_C = \mathcal{E}_B$ , а внутреннее сопротивление соединения  $r_c = \frac{r_B}{m}$ .

Таким образом, для батареи элементов имеем  $\mathcal{E}_C = n \mathcal{E}$ , и  $r_c = \frac{nr}{m}$ .

По закону Ома для замкнутой цепи получим

$$I = \frac{\mathcal{E}_C}{r_c + R} = \frac{n \mathcal{E}}{\frac{nr}{m} + R} = \frac{n \cdot n \mathcal{E}}{nr + mR} = \frac{N \mathcal{E}}{n \cdot r + mR} \quad (1)$$

Так как  $N = m \cdot n$  и  $n = \frac{N}{m}$ , то окончательно получим

$$I = \frac{N \mathcal{E}}{\frac{N}{m} r + mR} = \frac{N \mathcal{E} \cdot m}{Nr + m^2 R} \quad (2)$$

Исследуем на экстремум функцию  $I(m)$ , представленную формулой (2).

$$I'(m) = \left( \frac{N \mathcal{E} \cdot m}{Nr + m^2 R} \right)' = \frac{N \mathcal{E} \cdot (Nr + m^2 R) - N \mathcal{E} \cdot m \cdot (2mR)}{(Nr + m^2 R)^2} \quad (3)$$

Приравнявая (3) к нулю

$$\frac{N \mathcal{E} (Nr + m^2 R) - 2N \mathcal{E} \cdot m^2 R}{(Nr + m^2 R)^2} = 0,$$

найдем максимальное значение  $m$ . В результате получим

$$m = \sqrt{\frac{Nr}{R}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,4}{0,3}} = 4, \text{ и } n = \frac{N}{m} = \frac{12}{4} = 3.$$

Таким образом:

$$I_{\max} = \frac{N \mathcal{E}}{nr + mR} = \frac{12 \cdot 1,5}{3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,3} = 7,5 \text{ А}.$$

Ответ: соединение состоит из четырех ветвей по 3 последовательно соединенных элементов, максимальный ток 7,5 А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



**Задача 2.** При силе тока  $I_1=3$  А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность  $P_1=18$  Вт, при силе тока  $I_2=1$  А – соответственно  $P_2=10$  Вт. Определить ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

Дано:

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_1=3$ А         | Так как мощность $P = I \cdot U$ , то напряжение в первом случае<br>$U_1 = \frac{P_1}{I_1}$ , а во втором $U_2 = \frac{P_2}{I_2}$ .<br><br>Из закона Ома для замкнутой цепи - $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ .<br><br>Из приведенных выше равенств следует                                                                                                                                             |
| $P_1=18$ Вт       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $I_2=1$ А         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $P_2=10$ Вт       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $\mathcal{E} = ?$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $r = ?$           | $\begin{cases} \mathcal{E} = I_1 r + U_1 \\ \mathcal{E} = I_2 r + U_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \mathcal{E} = I_1 r + \frac{P_1}{I_1} \\ \mathcal{E} = I_2 r + \frac{P_2}{I_2} \end{cases}$ $I_1 r + \frac{P_1}{I_1} = I_2 r + \frac{P_2}{I_2} \Rightarrow r = \frac{P_2 I_1 - P_1 I_2}{I_1 I_2 (I_1 - I_2)} = 2 \text{ Ом},$ и $\mathcal{E} = I_1 r + \frac{P_1}{I_1} = 12 \text{ В}.$ |

**Задача 3.** По железному проводнику, диаметром  $d = 0,6$  мм, течет ток 16 А. Определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  направленного движения электронов, считая, что концентрация  $n$  свободных электронов равна концентрации  $n'$  атомов проводника.

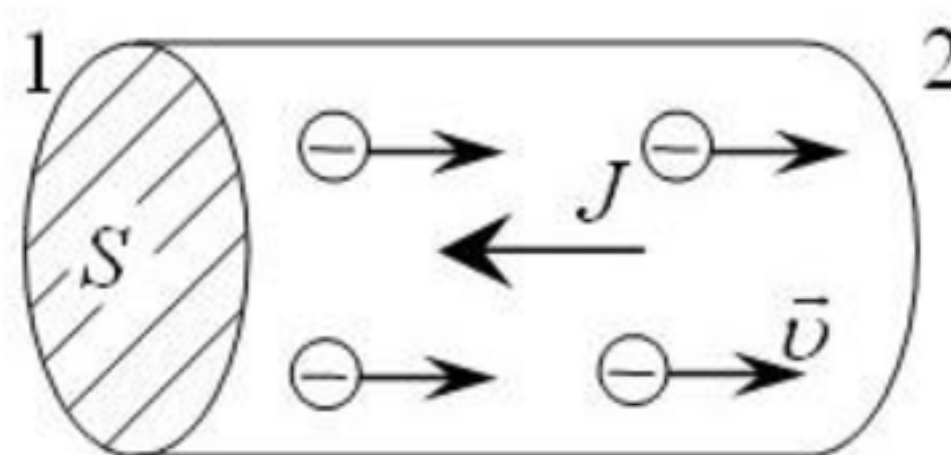
Дано:

$$d = 0,6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$I = 16 \text{ А}$$

$$n = n'$$

$$\langle v \rangle = ?$$



Средняя скорость упорядоченного движения электронов

$$\langle v \rangle = \frac{l}{t} \quad (1)$$

где  $t$  – время, в течение которого все свободные электроны, находящиеся между сечениями 1 и 2, пройдя сечение 2 (см. рис.), перенесут заряд  $Q = e \cdot N$ , создавая ток силой

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{eN}{t} \quad (2)$$

где  $e$  – элементарный заряд,  $N$  – число электронов проводника,  $l$  – его длина.

Очевидно, что число электронов  $N = n \cdot V = n \cdot l \cdot S$  (3)

где  $V$  – объем, а  $S$  – площадь сечения проводника. По условию,  $n = n'$ , следовательно



$$n = n' = \frac{N_A}{V_m} = \frac{N_A}{M / \rho} = \frac{N_A \cdot \rho}{M}, \quad (4)$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $\rho$  – плотность железа  $\left( \rho = 7,87 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ ,

$M$  – молярная масса железа  $\left( M = 56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right)$ .

Подставляя (4) в (3), а затем в (2), окончательно получим

$$I = \frac{N_A \cdot \rho \cdot l \cdot S \cdot e}{M \cdot t},$$

откуда

$$l = \frac{IMt}{N_A \rho S e}.$$

Подставим полученное выражение в (1), считая, что  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ,

После преобразования найдем, что

$$\langle v \rangle = \frac{4IM}{\pi d^2 N_A \cdot \rho \cdot e} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 56 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \cdot 7,87 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} = 4,2 \text{ мм/с}.$$

### 5. План-график выполнения задания

Работа над расчетно-графической работой может быть представлена в виде выполнения следующих этапов:

| №<br>п/п                      | Наименование этапа                           | Сроки выполнения                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Очная форма обучения</b>   |                                              |                                   |
| 1.                            | Получения задания                            | На первом практическом занятии    |
| 2.                            | Первичная консультация с преподавателем      | На первом практическом занятии    |
| 3.                            | Работа с информационными источниками         | В течении семестра                |
| 4.                            | Написание контрольной работы                 | В течении семестра                |
| 5.                            | Предоставление контрольной работы на кафедру | В течении семестра                |
| 6.                            | Защита контрольной работы                    | На последнем практическом занятии |
| <b>Заочная форма обучения</b> |                                              |                                   |
| 1.                            | Получения задания                            | На первом практическом занятии    |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 12C0000043E9AB8B052265E73A5000690000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна  
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



|    |                                              |                                   |
|----|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 2. | Первичная консультация с преподавателем      | На первом практическом занятии    |
| 3. | Работа с информационными источниками         | В течении сессии                  |
| 4. | Написание контрольной работы                 | В течении сессии                  |
| 5. | Предоставление контрольной работы на кафедру | В течении сессии                  |
| 6. | Защита контрольной работы                    | На последнем практическом занятии |

## 6. Критерии оценивания работы

В целях повышения качества выполняемых контрольных работ преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

### **Оценка «зачтено (отлично)» выставляется, если студент:**

- представил контрольную работу в установленный срок и оформил ее в строгом соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную учебную и страноведческую литературу;
- при выполнении упражнений показал высокий уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, проявил творческий подход при ответе на вопросы, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы;
- выполнил работу грамотно с точки зрения поставленной задачи, т.е. без ошибок и недочетов или допустил не более одного недочета.

### **Оценка «зачтено (хорошо)» выставляется, если студент:**

- представил контрольную работу в установленный срок и оформил ее в соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную литературу;
- при выполнении упражнений показал хороший уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, практически правильно сформулировал ответы на поставленные вопросы, представил общее знание информации по проблеме;
- выполнил работу полностью, но допустил в ней: а) не более одной негрубой

ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.

### **Оценка «зачтено (удовлетворительно)» выставляется, если студент:**

Документ подписан  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

- представил работу в установленный срок, при оформлении работы допустил незначительные отклонения от изложенных требований;
- показал достаточные знания по основным темам контрольной работы;
- использовал рекомендованную литературу;
- выполнил не менее половины работы или допустил в ней а) не более двух грубых ошибок, б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) или не более двух-трех негрубых ошибок, г) или одной негрубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии ошибок, но при наличии 4-5 недочетов.

**Оценка «незачтено (неудовлетворительно)» выставляется:**

- когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «зачтено (удовлетворительно)» или если правильно выполнено менее половины работы;
- если студент не приступал к выполнению работы или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.

## **7. Порядок защиты работы**

Написанная студентом контрольная работа сдается на кафедру в срок для рецензирования. Студент защищает контрольную работу до экзамена (зачета) перед преподавателем. Без защиты КР студент к экзамену (зачету) не допускается.

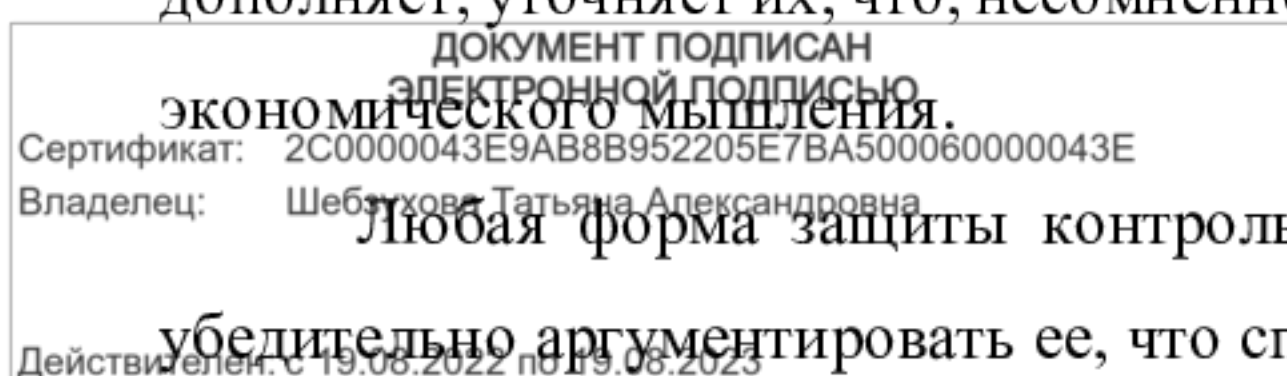
Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, списана из литературных источников или у других авторов, если основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, фрагментарно, в тексте содержатся ошибки, научный аппарат оформлен неправильно, текст написан небрежно.

В ходе защиты контрольной работы задача студента — показать углубленное понимание вопросов конкретной темы, хорошее владение материалом по теме.

Защита контрольной работы может проходить в различных формах по усмотрению преподавателя:

- в форме индивидуальной беседы студента с руководителем по основным положениям работы;
- в форме индивидуальной защиты в присутствии всей группы студентов;
- в форме групповой защиты – одновременной защиты контрольной работы по одному направлению. В этом случае каждый следит за ходом рассуждений товарищей, дополняет, уточняет их, что, несомненно, усиливает работу мысли и способствует развитию

Любая форма защиты контрольной работы учит отстаивать свою точку зрения, убедительно аргументировать ее, что способствует перерастанию знаний в убеждения.





## Рекомендуемая литература

### Основная литература:

1. Физика для вузов: механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3;-URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>
3. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. – 232 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883>

### Дополнительная литература:

1. Лекции по учебной дисциплине «Основы теоретической физики». Электродинамика. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.И. Кухарь. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2017. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70731.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс / В.А. Никеров. – 2-е изд. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 452 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E  
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023