

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»



УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ММРК имени И.И. Месяцева  
ФГАОУ ВО «МГТУ»

И.В. Артеменко

«29» мая 2021 года



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Учебного предмета: ОУП.12 Физика  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности: 11.02.03 Эксплуатация оборудования радиосвязи и  
электрорадионавигации судов  
квалификация: техник  
форма обучения: очная

Мурманск  
2021 г.

**Рассмотрено и одобрено на заседании** методической комиссии преподавателей дисциплин общеобразовательной подготовки по специальностям, реализуемым ММРК им. И.И. Месяцева

**Разработано** в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413 с изменениями и дополнениями.

Председатель МК

Клепцова О.А. \_\_\_\_\_

Протокол № 9 от « 29 » мая 2021 г.

Автор (составитель):

Яров В.Н., преподаватель первой категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Ф. , ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

Эксперт (рецензент):

Ярова О.Ю., преподаватель первой категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Ф. , ученая степень, звание, должность, квалиф. категория







## Содержание

Введение.....	7
Тематический план видов практических работ обучающихся.....	9
Практическая работа № 1.....	8
Практическая работа № 2.....	14
Практическая работа № 3.....	18
Практическая работа № 4.....	22
Практическая работа № 5.....	27
Практическая работа № 6.....	31

## Введение

**1.1. Методические указания по практическим работам обучающихся по учебной дисциплине «Физика»** разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего (полного) общего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413 с изменениями и дополнениями от 29 июня 2017 №613; примерной программой общеобразовательной учебной дисциплины «Физика» для профессиональных образовательных организаций, одобренной научно-методическим советом федерального государственного автономного учреждения «Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО») в качестве примерной программы для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования протокол № 3 от 21 июля 2015 г.

**1.2. Цели и задачи практической работы** – целью проведения практических работ является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения и ключевые компетенции.

### **Требования к результатам освоения:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

У1 – описывать и объяснять физические явления и свойства веществ: движение небесных тел и искусственных спутников Земли; свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию; распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;

У2 – отличать гипотезы от научных теорий; делать выводы на основе экспериментальных данных; приводить примеры, показывающие, что наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; что физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;

У3 – приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио- и телекоммуникаций; квантовой физики и создания ядерной энергетики, лазеров;

У4 – воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать достоверность естественно-научной информации, содержащейся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях;

У5 – использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств, бытовых электроприборов; оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды; рационального природопользования и защиты окружающей среды.

### **знать:**

З1 – смысл понятий: физическое явление, гипотеза закон, теория, вещество, взаимодействие электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения, планета, звезда, галактика, Вселенная;

З2 – смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;

33 – смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;

34 – вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование ключевых компетенций в соответствии с ФГОС среднего общего образования (табл. 1)

Таблица 1 - Компетенции, формируемые дисциплиной «Физика» в соответствии с ФГОС среднего общего образования

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Требования к знаниям, умениям, практическому опыту</b>
КК 1	Ценностно-смысловые компетенции	У 1–4, 31–4
КК 2	Общекультурные компетенции	У 4–5, 34
КК 3	Учебно-познавательные компетенции	У 1 – У5, 31 – 34
КК 4	Информационно-коммуникативные компетенции	У 1–5, 31–4
КК 5	Социально-трудовые компетенции	У 4–5, 31–4
КК 6	Компетенции личного самосовершенствования	У5, 31 –4



## 2. Тематический план видов практических работ обучающихся

Наименование разделов и тем	Содержание практической работы обучающихся	Аудиторная учебная нагрузка, час	Практическая работа обучающегося, час
1	2	4	5
<b>Раздел 1. Механика</b>		<b>12</b>	<b>6</b>
Тема 1.1. Кинематика.	Практическая работа № 1: Решение задач по теме «Кинематика». Движение тела, брошенного под углом к горизонту.	6	2
Тема 1.3. Силы в механике	Практическая работа № 2: Решение задач по теме «Законы Ньютона. Силы в механике»	2	2
Тема 1.4. Законы сохранения в механике.	Практическая работа № 3: Решение задач по теме «Законы сохранения в механике».	4	2
<b>Раздел 2. Молекулярная физика. Термодинамика.</b>		<b>2</b>	<b>2</b>
Тема 2.3. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы.	Практическая работа № 4: Решение задач по теме «Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики».	2	2
<b>Раздел 3. Электродинамика</b>		<b>10</b>	<b>4</b>
Тема 3.2. Постоянный электрический ток.	Практическая работа № 5: Решение задач по теме: «Закон Ома для полной цепи».	4	2
Тема 3.5. Электромагнитная индукция.	Практическая работа № 6: Решение задач по теме: «Сила Ампера. Сила Лоренца», «Вычисление энергии магнитного поля тока».	6	2
<b>Всего</b>		<b>24</b>	<b>12</b>

### Порядок выполнения практической работы обучающихся

#### Практическая работа № 1

**Тема: Решение задач по теме «Кинематика»**

**Цель занятия:** закрепить знания по темам «поступательное движение», «вращательное движение», «траектория», «перемещение», «путь», «скорость», «равномерное движение», «равноускоренное движение». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач кинематики.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение уравнений координат и скоростей для одномерного равномерного и равноускоренного движений, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Кинематика»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 1.

## **Рекомендуемая литература:**

### *Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с.
4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

## **Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Равномерное прямолинейное движение. 2.Равноускоренное прямолинейное движение. 3.Свободное падение. 4.Средняя скорость. 5.Мгновенная скорость. 6. Ускорение. 7.Ускорение свободного падения. 8. Относительность движения.

### **Методические рекомендации для решения задач:**

1. Прочитать условие задачи. Выяснить, какие физические явления или процессы в ней заданы.
2. Установить, какие физические законы справедливы для явления, заданных в условии задачи.
3. Записать все данные (с их единицами) и искомые в задаче величины.
4. Записать все данные задачи в СИ.
5. Сделать чертеж, схему или рисунок с обозначением данных задачи.

6. Записать математически необходимые физические законы и определения физических величин, учитывая при записи условия задачи.
7. Решить задачу в общем виде относительно искомых величин, получить “рабочую формулу”.
8. Произвести проверку размерности полученной формулы.
9. Вычислить значения искомых величин с учетом правил приближенных вычислений.

### Задача 1

С воздушного шара, опускающегося вниз с постоянной скоростью 2 м/с, бросили вертикально вверх груз со скоростью 18 м/с относительно земли. Определить расстояние между шаром и грузом в момент, когда груз достигает высшей точки своего подъема. Через какое время груз пролетит мимо шара, падая вниз?

Дано:  $v_{01}=2$  м/с,  $v_{02}=18$  м/с

Найти:  $s$ -?  $\tau$  - ?

### Решение

Направим ось  $OY$  вертикально вверх, начало совместим с точкой  $O$ , в которой находился шар в момент бросания груза. Тогда уравнения движения груза и воздушного шара:

$$y_1 = -v_{01}t; \quad y_2 = v_{02}t - gt^2/2.$$

Скорость движения груза изменяется по закону  $v_2 = v_{02} - gt$ .

В наивысшей точке  $B$  подъема груза  $v_2=0$ . Тогда время подъема до этой точки  $t_{\text{под}}=v_{02}/g$ .

Координата груза в точке  $B$

$$y_{2B} = v_{02}t_{\text{под}} - gt_{\text{под}}^2/2 = v_{02}^2/2g.$$

За это время воздушный шар опустился до точки  $A$ ; его координата

$$y_{1A} = -v_{01}t_{\text{под}} = -v_{01} \cdot v_{02}/g.$$

Расстояние между точками  $A$  и  $B$ :  $s = y_{2B} - y_{1A} = v_{02}^2/2g + v_{01} \cdot v_{02}/g$ .

Через промежуток времени  $\tau$ , когда камень пролетит мимо шара, координаты тел будут одинаковы:  $y_{1C} = y_{2C}$ ;

$$-v_{01}\tau = v_{02}\tau - g\tau^2/2.$$

Отсюда

$$\tau = 2(v_{01}+v_{02})/g \approx 4 \text{ с.}$$

*Ответ:*  $\tau = \approx 4$  с.

### Задача 2

С какой скоростью и по какому курсу должен лететь самолет, чтобы за два часа пролететь на север 300 км, если во время полета дует северо-западный ветер под углом  $30^\circ$  к меридиану со скоростью 27 км/ч?

Дано:  $t=7,2/10^3$ с;  $l=3 \cdot 10^5$ м;  $\alpha=30^\circ \approx 0,52$  рад;  $v_2 \approx 7,2$  м/с.

Найти:  $v_2$  -?  $\varphi$  -?

## Решение

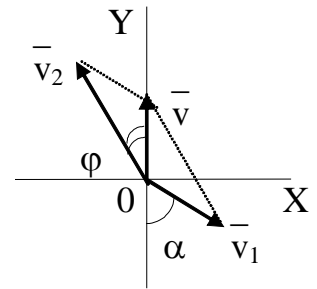
Рассмотрим движение самолета в системе отсчета, связанной с землей.

Проведем ось  $OX$  в направлении на восток, а ось  $OY$  - на север.

Тогда скорость движения самолета в выбранной системе отсчета

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \quad (1),$$

где  $v = l/t$  (2).



Уравнение (1) в проекции на оси

$$OX: 0 = v_1 \sin \alpha - v_2 \sin \varphi; \quad OY: v = v_2 \cos \varphi - v_1 \cos \alpha, \quad \text{или} \quad v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \varphi,$$

$$v_2 \cos \varphi = v_1 \cos \alpha + v \quad (3).$$

Разделив эти уравнения почленно, получим  $\operatorname{tg} \varphi = v_1 \sin \alpha / (v_1 \cos \alpha + v)$ ,

или с учетом (2)  $\operatorname{tg} \varphi = v_1 \sin \alpha / (v_1 \cos \alpha + l/t)$ ;

$$\varphi = \operatorname{arctg} v_1 \sin \alpha / (v_1 \cos \alpha + l/t) \approx 0,078 \text{ рад.}$$

Возводя в квадрат правые и левые части уравнений (3) и складывая полученные уравнения, находим

$$v_2^2 \sin^2 \varphi + v_2^2 \cos^2 \varphi = v_1^2 \sin^2 \alpha + (v_1 \cos \alpha + v)^2,$$

откуда  $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2v_1 v \cos \alpha + v^2}$ , или с учетом (2)

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2v_1 v \cos \alpha + (l/t)^2} \approx 48,4 \text{ (м/с)}.$$

*Ответ:*  $v_2 \approx 48,4 \text{ м/с}$ .

### Задача 3

Мяч бросили со скоростью 10 м/с под углом  $40^\circ$  к горизонту. Найти: 1) на какую высоту поднимется мяч; 2) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю, 3) сколько времени он будет в движении.

Дано:  $v_0 = 10 \text{ м/с}$ ,  $\alpha = 40^\circ$ .

*Найти:*  $s_y$  - ?  $s_x$  - ?  $t$  - ?

## Решение

1) Найдем наибольшую высоту  $s_{y \max}$ , на которую поднимается тело, брошенное со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Имеем (см. рис.):  $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ ; (1)

$$s_y = v_0 t \sin \alpha - gt^2/2. \quad (2)$$

В верхней точке  $v_y = 0$  и из (1) получим  $v_0 \sin \alpha = gt_1$ , отсюда время подъема мяча

$$t_1 = v_0 \sin \alpha / g.$$

Подставляя  $t_1$  в (2), получим

$$s_{y \max} = v_0^2 \sin^2 \alpha / (2g) = 2,1 \text{ м.}$$

2) Найдем дальность полета  $s_{x \max}$  тела, брошенного под углом к горизонту.

Имеем: 
$$v_x = v_0 \cos \alpha, \quad (3)$$

$$s_x = v_x t = v_0 t \cos \alpha. \quad (4)$$

Тело упадет на горизонтальную плоскость через время  $t_2 = 2t_1 = 2v_0 \sin \alpha / g$ .

Подставляя  $t_2$  в (4), получим  $s_{x \max} = v_0^2 \sin 2\alpha / g = 10,0$  м.

$$t_2 = 2t_1 = 2v_0 \sin \alpha / g = 1,3 \text{ с.}$$

*Ответ:*  $t_2 = 1,3$  с.

### Задания для самоконтроля

1. Зависимость координаты  $x$  тела от времени  $t$  имеет вид:  $x = 1 + 4t - 2t^2$ . Чему равна проекция скорости тела на ось  $Ox$  в момент времени  $t = 1$  с при таком движении.
2. Лодка должна попасть на противоположный берег реки по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Скорость течения реки  $u$ , а скорость лодки относительно воды  $v$ . Чему должен быть равен модуль скорости лодки относительно берега?
3. Пароход движется по реке против течения со скоростью 5 м/с относительно берега. Определите скорость течения реки, если скорость парохода относительно берега при движении в обратном направлении равна 8 м/с.
4. Тело брошено вертикально вверх. Через 0,5 с после броска его скорость 20 м/с. Какова начальная скорость тела? Соппротивлением воздуха пренебречь.

### Выводы и предложения по данной практической работе

Важно усвоить понятия механики (перемещение, скорость, энергия и др.), т.к. они применимы также и для описания тепловых, электрических, магнитных и др. явлений. Необходимо научиться читать и составлять графики процессов.

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте прямую и обратную задачи кинематики.
2. Раскройте суть понятий «траектория», «путь», «перемещение».
3. Поясните, какими способами можно задать положение материальной точки.
4. Какие системы отсчёта являются инерциальными, а какие – неинерциальными? Приведите примеры таких систем.
5. Поясните, что называется радиусом-вектором.
6. Поясните, что называется проекцией вектора на ось.
7. Запишите в векторной форме уравнение равномерного прямолинейного движения материальной точки.
8. Запишите в векторной форме уравнение равноускоренного прямолинейного движения материальной точки.

9. Поясните, что такое мгновенная скорость. Как направлена мгновенная скорость в данной точке траектории?
10. Поясните, что такое средняя путевая скорость.

## **Практическая работа № 2**

**Тема: Решение задач по теме «Законы Ньютона. Силы в механике»**

**Цель занятия:** закрепить знание законов Ньютона, границы их применимости. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение законов Ньютона.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение законов Ньютона, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Законы Ньютона. Силы в механике»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 2.

**Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с.
4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Законы Ньютона. 2.Закон Гука. 3.Сила упругости. 4.Закон всемирного тяготения. 5.Сила тяжести. 6.Ускорение свободного падения. 7.Вес, невесомость, перегрузки.

#### Алгоритм решения задач:

1. Изобразить на рисунке силы, действующие на каждое тело в инерциальной системе отсчета, считая, что все силы приложены к центру масс тела. Указать векторы скорости и ускорения.
2. Записать уравнение второго закона Ньютона в векторной форме ( $\mathbf{F}=\mathbf{ma}$ , где  $\mathbf{F}$  – равнодействующая сила) для каждого из тел в отдельности.
3. Выбрать координатные оси. Если заранее известно направление ускорения, то целесообразно направить одну из осей вдоль ускорения, а вторую (если она требуется) перпендикулярно ему.
4. Проецируя второй закон Ньютона на координатные оси, получить систему уравнений для нахождения неизвестных величин.
5. Записать дополнительные формулы (для определения массы, скорости, координат, силы трения и т.д.).
6. Решить полученную систему уравнений, используя аналитические выражения для всех сил и дополнительные условия

#### Задача 1

Тело массой 300 кг лежит на полу кабины грузового подъемника, поднимающегося вверх. Ускорение кабины  $3 \text{ м/с}^2$ . Определить силу давления тела на пол кабины.

Дано:

$$m = 300 \text{ кг,}$$

$$a = 3 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$P - ?$$

### Решение.

Второй закон Ньютона для тела запишется в виде:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

где  $\vec{N}$  – сила реакции опоры.

Рассмотрим два случая:

а) ускорение тела направлено вверх:

$$ma = N_1 - mg,$$

отсюда  $N_1 = ma + mg$ .

По третьему закону Ньютона  $P_1 = N_1$ ,  $P_1 = ma + mg$ ,  $P_1 = 3,84$  кН.

б) ускорение направлено вниз:  $-ma = N_2 - mg$ , следовательно  $N_1 = mg - ma$ ,

т.е.  $P_2 = mg - ma$ ,  $P_2 = 2,04$  кН.

Ответ:  $P_1 = 3,84$  кН,  $P_2 = 2,04$  кН.

### Задача 2:

На экваторе некоторой планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества этой планеты  $3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Определить период вращения планеты вокруг своей оси.

Дано:

$$R = R_{\text{п}} / 2,$$

$$\rho = 3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Найти:

$T$  - ?

### Решение.

На тело, находящееся на поверхности планеты, действуют:  $\vec{F}$  – сила тяготения со стороны планеты,  $\vec{N}$  – сила нормальной реакции планеты. По определению,

$$F = GMm/R^2,$$

где  $M$  – масса планеты,  $m$  – масса тела,  $R$  – радиус планеты.

$$\text{Масса планеты: } M = \rho V = (4/3)\pi R^3 \rho,$$

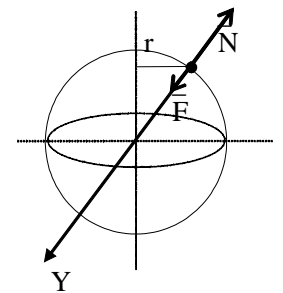
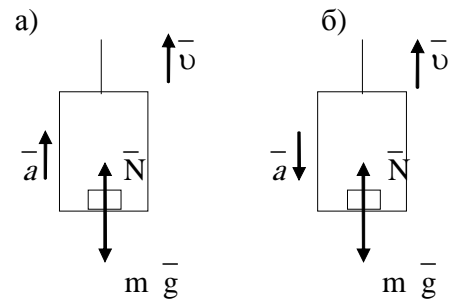
$$\text{а } F = G(4/3)\pi R^3 \rho m / R^2 = G(4/3)\pi R \rho m. \quad (1)$$

$$\text{По второму закону Ньютона: } m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}_n$$

$$\text{в скалярной форме относительно оси } Y: \quad F - N = ma_n, \quad (2)$$

$$\text{или } (4/3)G\pi R\rho m - N = ma_n. \quad (3)$$

где  $N$  – сила нормальной реакции поверхности на экваторе.





Рассмотрим два частных случая движения тела.

1. Тело находится на полюсе, т.е.  $r=0$ , тогда линейная скорость тела  $v=2\pi r/T=0$ .

Следовательно, уравнение (3) примет вид  $(4/3)G\pi R\rho m - N=0$ ,

$$\text{Откуда } N_{\Pi}=(4/3)G\pi R\rho m \quad 4)$$

$N_{\Pi}$  - сила нормальной реакции на полюсе.

2. Тело находится на экваторе. В этом случае  $r=R$  и  $v=2\pi r/T$ . Тогда уравнение (3) примет

вид:  $(4/3)G\pi R\rho m - N=m(2\pi r)^2/RT^2$ , откуда

$$T=\sqrt{\frac{m4\pi^2 R}{4\pi G\rho m R/3 - N}}, \quad (5)$$

По условию задачи,  $P_{\Sigma}=P_{\Pi}/2$ . Поскольку  $P=N$ , то  $N=N_{\Pi}/2$ , или с учетом (4)

$$N=(2/3) G\pi R\rho m.$$

Подставим формулу (6) в (5):  $T=(6\pi/G\rho)^{1/2}\approx 9,7\cdot 10^3$  с.

*Ответ:*  $T=9,7\cdot 10^3$  с.

### **Задания для самоконтроля:**

1. Сила тяги, развиваемая тепловозом, равна  $100\cdot 10^3$  Н. Определите его мощность, если при равномерном прямолинейном движении за минуту он прошел 600 м.
2. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 5 м/с, догоняет тележку массой 40 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью они продолжают движение?
3. Первая космическая скорость для Земли  $v_3 = 8$  км/с. Какова первая космическая скорость для планеты, масса которой такая же как у Земли, а радиус в два раза больше?

### **Выводы и предложения по данной практической работе**

Для замкнутой системы тел, если между телами системы действуют только консервативные силы, полная механическая энергия системы остается постоянной. Важно усвоить понятия механики (перемещение, скорость, энергия и др.), т.к. они применимы также и для описания тепловых, электрических, магнитных и др. явлений. Законы механики лежат в

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулировать основную задачу динамики, раскрыть суть понятий «сила», «масса», «импульс».
2. Какие системы отсчёта являются инерциальными, а какие – неинерциальными? Приведите примеры таких систем.

3. Сформулируйте первый закон Ньютона. В чем состоит явление инерции?
4. Сформулировать второй закон Ньютона.

### Практическая работа № 3

**Тема: Решение задач по теме « Законы сохранения в механике»**

**Цель занятия:** закрепить понятие всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса; границы их применимости. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач механики.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение законов Ньютона, законов сохранения в механике, вычисление работы и мощности, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Законы сохранения в механике»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 3.

**Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с.
4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

### **Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Законы Ньютона. 2.Закон Гука. 3.Сила упругости. 4.Закон всемирного тяготения. 5.Сила тяжести. 6.Ускорение свободного падения. 7.Вес, невесомость, перегрузки. 8.Импульс тела. 9. Кинетическая энергия. 10. Потенциальная энергия . 11. Законы сохранения в механике.

#### **Алгоритм решения задач динамики:**

1. Изобразить на рисунке силы, действующие на каждое тело в инерциальной системе отсчета, считая, что все силы приложены к центру масс тела. Указать векторы скорости и ускорения.
2. Записать уравнение второго закона Ньютона в векторной форме ( $\mathbf{F}=\mathbf{ma}$ , где  $\mathbf{F}$  – равнодействующая сила) для каждого из тел в отдельности.
3. Выбрать координатные оси. Если заранее известно направление ускорения, то целесообразно направить одну из осей вдоль ускорения, а вторую (если она требуется) перпендикулярно ему.
4. Проецируя второй закон Ньютона на координатные оси, получить систему уравнений для нахождения неизвестных величин.
5. Записать дополнительные формулы (для определения массы, скорости, координат, силы трения и т.д.).
6. Решить полученную систему уравнений, используя аналитические выражения для всех сил и дополнительные условия.

#### **Задача 1**

Орудие массой 5 т закреплено на платформе массой 10 т, стоящей на рельсах. платформа. Из орудия производится выстрел вдоль рельсов. Масса снаряда 100 кг; его начальная скорость относительно орудия 500 м/с. Определить скорость платформы в первый момент выстрела, если: 1) платформа стояла неподвижно; 2) платформа двигалась со скоростью 18 км/ч и выстрел был произведен в направлении ее движения; 3) платформа двигалась со скоростью 18 км/ч и выстрел был произведен в направлении, противоположном направлению ее движения.

Дано:  
 $m_1=10^4$  кг  
 $m_2=5 \cdot 10^3$  кг  
 $m_3=100$  кг  
 $v_0=500$  м/с  
 $v_1=5$  м/с  
Найти:  
 $v_x$  - ?

### Решение

1) При неподвижной платформе начальная скорость снаряда относительно земли равна его скорости относительно орудия. На основании закона импульса имеем

$$(m_1+m_2+m_3)v_1 = m_3 v_0 + (m_1+m_2) v_x.$$

В рассматриваемом случае  $v_1=0$ . Тогда

$$v_x = -m_3 v_0 / (m_1+m_2) = -3,33 \text{ м/с} = -12 \text{ км/ч}.$$

Знак “минус” указывает, что, если принять направление движения снаряда положительным, т.е. если принять  $v_0 > 0$ , то  $v_x < 0$ , платформа стала двигаться в направлении, противоположном направлению движения снаряда.

2) Если выстрел был произведен в направлении движения платформы, то начальная скорость снаряда относительно земли равна  $v_2 = v_1 + v_0$ , и тогда закон сохранения импульса

$$(m_1+m_2+m_3) v_1 = m_3 (v_0 + v_1) + (m_1+m_2) v_x,$$

откуда  $v_x = \{(m_1+m_2+m_3)v_1 - m_3 (v_0 + v_1)\} / (m_1+m_2) = 1,67 \text{ м/с} = 6 \text{ км/ч}$ .

Отметим, что  $v_x > 0$ , т.е. платформа продолжает двигаться в том же направлении, но с уменьшенной скоростью.

### Задача 2

Груз массой 0,5 кг падает с некоторой высоты на плиту массой 1 кг, укрепленную на пружине жесткостью  $9,8 \cdot 10^2$  Н/м. В момент удара груз обладал скоростью 5 м/с. Определить наибольшее сжатие пружины, если удар неупругий.

Дано:  
 $m_1=0,5$  кг,  
 $m_2=1$  кг,  
 $k=9,8 \cdot 10^2$  Н/м,  
 $v_1=5$  м/с.  
Найти:  
 $x$  - ?

### Решение

Так как в системе действуют только силы тяжести и упругости, то система является замкнутой и выполняется закон сохранения энергии. Полная механическая энергия груза вместе с плитой после удара равна потенциальной энергии сжатой пружины:

$$(m_1+m_2)v_2^2/2 + (m_1+m_2)gx = kx^2/2, \quad (1)$$

где  $v_2$  - скорость груза и плиты после удара, которую найдем по закону сохранения импульса:

$$m_1v_1=(m_1+m_2)v_2. \text{ Откуда } v_2 = m_1v_1/(m_1+m_2).$$

$$\text{Подставим это выражение в (1): } kx^2 - 2g(m_1+m_2)x - m_1^2v_1^2/(m_1+m_2)=0.$$

Решая это уравнение, после подстановки числовых значений получим

$$x = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

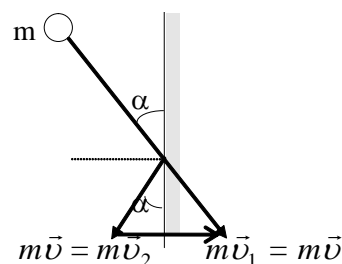
$$\text{Ответ: } x = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

### Задача 3

Шар массой  $m$ , двигаясь со скоростью  $v$ , упруго ударяется о стенку под углом  $\alpha$ . Определить импульс силы, полученный стенкой.

Дано:  $m, v, \alpha$ .

Найти:  $F\Delta t$  - ?



### Решение

Изменение импульса шара численно равно импульсу силы, который получит стенка  $\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ . Из рис.:  $F\Delta t = 2mv \sin \alpha$ .

$$\text{Ответ: } F\Delta t = 2mv \sin \alpha$$

### Задания для самоконтроля:

1. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 5 м/с, догоняет тележку массой 40 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью они продолжают движение?
2. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником, имеет массу 200 кг. Какую скорость получит лодка, если охотник выстрелит в горизонтальном направлении? Масса пули 0,01 кг, а ее скорость 800 м/с<sup>2</sup>.
3. Молотком, масса которого 200г, забивают гвоздь в доску одним ударом 200 мм. Определите среднюю силу сопротивления доски, если средняя скорость молотка перед ударом равна 4 м/с?

4. На нити, выдерживающей силу натяжения 10 Н, поднимают груз массой 500 г из состояния покоя вертикально вверх. Считая движение равноускоренным, а силу сопротивления движению постоянной и равной 1 Н, найти предельную высоту, на которую можно поднять груз за 1 с.

#### **Выводы и предложения по данной практической работе**

Для замкнутой системы тел, если между телами системы действуют только консервативные силы, полная механическая энергия системы остается постоянной. Важно усвоить понятия механики (перемещение, скорость, энергия и др.), т.к. они применимы также и для описания тепловых, электрических, магнитных и др. явлений. Законы механики лежат в основе теории работы машин и механизмов, расчетов строительных конструкций.

#### **Контрольные вопросы**

1. Дать определение импульса тела. Сформулировать закон сохранения импульса.
2. Раскрыть суть понятий «работа силы», «работа потенциальных сил», «мощность», «механическая энергия».
3. Дать определение кинетической энергии, потенциальной энергии.
4. Сформулировать закон сохранения механической энергии. Раскрыть суть закона сохранения полной механической энергии в поле потенциальных сил

### **Практическая работа № 4**

**Тема: Решение задач по теме «Основы МКТ и термодинамики».**

**Цель занятия:** закрепить смысл физических величин: внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты; смысл законов термодинамики. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач термодинамики.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение газовых законов, первого начала термодинамики, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Основное уравнение МКТ», «Основы термодинамики»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 4.

#### **Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.

2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.

3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с

4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

#### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).

2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013

5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

#### **Содержание и порядок выполнения работы:**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Молекулярно-кинетическая теория. 2.Тепловое движение. 3. Молекула. 4..Атом. 5.Диффузия. 6.Броуновское движение. 7.Количество вещества. 8.Молярная масса. 9.Абсолютный нуль температуры. 10.Уравнение состояния идеального газа. 11.Газовые законы. 12.Изопроцессы. 13.Первое начало термодинамики.

#### **Алгоритм решения задач.**

1. Записать краткое условие задачи и выяснить, что необходимо найти.
2. Перевести значения физических величин в Международную систему единиц (СИ), при необходимости.
3. Сделать анализ условия задачи, при необходимости выполнить рисунок.
4. Записать формулы, связывающие физические величины, характеризующие рассматриваемое явление.
5. Решить полученные уравнения.
6. Проанализировать полученный результат.

### Задача 1

Найти среднюю кинетическую энергию одной молекулы гелия He при температуре  $t=27^\circ\text{C}$ .

#### Решение

Средняя полная энергия молекулы определяется по формуле

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} k T \quad (1)$$

где  $i$  — число степеней свободы молекулы;  $k$  — постоянная Больцмана;  $T$  — термодинамическая температура газа:  $T = t + T_0$ , где  $T_0 = 273 \text{ K}$ .

Число степеней свободы  $i$  одноатомной молекулы, какой является молекула гелия, равно 3. Подставим значения величин в (1):

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} (27 + 273) \text{ Дж} = 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

### Задача 2

10 г кислорода находятся под давлением 3 атм при температуре  $10^\circ\text{C}$ . После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10 л. Найти: 1) объем газа до расширения; 2) температуру газа после расширения; 3) плотность газа до расширения; 4) плотность газа после расширения.

Дано:  $m = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$ ;  $p = 3 \text{ атм} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $T_1 = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$ ,  
 $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $V_2 = 10 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ,  $p = \text{const}$ ,  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$

Найти:  $V_1 = ?$   $T_2 = ?$   $\rho_1 = ?$   $\rho_2 = ?$

#### Решение

Будем считать кислород в состоянии 1 (до расширения) и в состоянии 2 (после расширения) идеальным газом, тогда он подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона и его состояния 1 и

2 определяются уравнениями:  $p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1$  и  $p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$ .

Так как по условию задачи  $p_1 = p_2 = p$ , т.е. процесс расширения кислорода изобарический, то из этих уравнений можно найти искомые величины:

$$V_1 = (m/\mu)(RT_1 / p); \quad T_2 = pV_2\mu / (m \cdot R).$$

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, находим соотношение для плотности газа:

$\rho = m / V = p\mu / (RT)$ . Тогда плотности газа в состояниях 1 и 2 равны:

$$\rho_1 = p\mu / (RT_1); \quad \rho_2 = p\mu / (RT_2).$$

В полученные выражения подставим числовые значения.

$$\text{Ответ: } V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \quad T_2 = 1170 \text{ K}; \quad \rho_1 = 4,14 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_2 = 1 \text{ кг/м}^3.$$

### Задача 3:

В баллоне объемом 10 л находится гелий под давлением 1 МПа при температуре 300 К. После того как из баллона был израсходован гелий массой 10 г, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.



Дано:  $V = 10\text{л} = 1 \cdot 10^{-2}\text{м}^3$ ;  $p_1 = 1\text{ МПа} = 1 \cdot 10^6\text{ Па}$ ;  $T_1 = 300\text{К}$ ;  $m = 10\text{г} = 1 \cdot 10^{-2}\text{ кг}$

*Найти:*  $p_2 = ?$

### Решение

Воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона, применив его дважды к начальному и конечному состояниям газа:

$$p_1 V = (m_1/\mu)RT_1 \quad (1); \quad p_2 V = (m_2/\mu)RT_2 \quad (2),$$

где  $m_1$  и  $m_2$  - массы гелия в начальном и конечном состояниях. Выразим массы  $m_1$  и  $m_2$  из уравнений (1) и (2):

$$m_1 = p_1 V \mu / (RT_1) \quad (3); \quad m_2 = p_2 V \mu / (RT_2) \quad (4).$$

Вычитая из (3) равенство (4), получаем

$$m = m_1 - m_2 = \frac{\mu p_1 V}{RT_1} - \frac{\mu p_2 V}{RT_2}.$$

Отсюда найдем искомое давление:

$$p_2 = \frac{RT_2}{\mu V} \left( \frac{\mu p_1 V}{RT_1} - m \right) = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{\mu} \frac{RT_2}{V}.$$

После вычисления получим:  $p_2 = 3,64 \cdot 10^5\text{ Па}$ .

*Ответ:*  $p_2 = 3,64 \cdot 10^5\text{ Па}$ .

### Задача 4

Нагреватель тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, имеет температуру  $t_1 = 200^\circ\text{С}$ . Определить температуру охладителя, если при получении от нагревателя количества теплоты 1 Дж машина совершает работу 0,4 Дж? Потери на трение и теплоотдачу не учитывать.

Дано:  $T_1 = 473\text{К}$ ,  $Q_1 = 1\text{ Дж}$ ,  $A = 0,4\text{ Дж}$ .

*Найти:*  $T_2 = ?$

### Решение

Температуру охладителя найдем, используя выражение для КПД машины, работающей по циклу Карно,

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1. \quad \text{Отсюда} \quad T_2 = T_1 (1 - \eta) \quad (1)$$

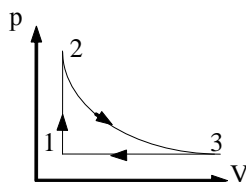
Термический КПД тепловой машины выражает отношение количества теплоты, которое превращено в механическую работу  $A$ , к количеству теплоты  $Q_1$ , которое получено рабочим телом тепловой машины из внешней среды (от нагревателя), т.е.  $\eta = A / Q_1$ . Подставив это выражение в формулу (1), найдем:  $T_2 = T_1 (1 - A / Q_1)$  (2)

После вычислений по формуле (2) получим  $T_2 = 284\text{ К}$ .

*Ответ:*  $T_2 = 284\text{ К}$ .

### Задания для самоконтроля

1. Определить среднюю квадратичную скорость молекул азота при нормальных условиях ( $P = 10^5$  Па и  $\rho = 1,25$  кг/м<sup>3</sup>).
2. Сколько молекул газа заключено в объеме 2,5 м<sup>3</sup>, если он при температуре 235К находится под давлением  $9,45 \cdot 10^5$  Па.
3. Каким должен быть наименьший объем баллона, помещающего массу 6,4 кг кислорода, если его стенки при температуре 20°C выдерживают давление 15,7 МПа?
4. Некоторая масса идеального изобарно нагревается, а затем после изотермического сжатия и изохорного охлаждения возвращается в исходное состояние. Изобразить эти процессы в координатах  $p, V$  и  $p, T$
5. 12 г газа занимает объем 4 л при температуре 7°C. После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равной 0,6 кг/м<sup>3</sup>. До какой температуры нагрели газ?
6. На рисунке дан график изменения состояния идеального газа, масса которого не меняется. Представьте эти процессы на графике в координатах  $(p, T)$  и  $(V, T)$ .



### Выводы по данной практической работе

Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую. Изменение внутренней энергии системы при переходе из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе. Первое начало термодинамики – доказательство невозможности создания вечного двигателя 1 рода, который совершал бы работу без затраты энергии извне.

### Контрольные вопросы

1. Какая теория называется молекулярно-кинетической теорией? Какие положения лежат в её основе?
2. Что называют молекулой, атомом?
3. Какая физическая величина называется количеством вещества? Что называется постоянной Авогадро?
4. Какие величины характеризуют состояния макроскопических тел? Что называется тепловым равновесием? Что называется температурой?
5. Какая температура называется абсолютной? Чему равен абсолютный нуль температуры по шкале Цельсия?
6. Объяснить, почему температура – это мера средней кинетической энергии газа.

7. Записать основное уравнение МКТ идеального газа.
8. Раскрыть суть уравнения Клапейрона-Менделеева.
9. Дать определение внутренней энергии системы, внутренней энергии идеального газа.
10. Раскрыть физическую природу работы и теплоты как формы передачи энергии.
11. Как формулируется первый закон термодинамики? Применение этого закона для изопроцессов.
12. Объяснить принцип действия тепловой машины. Дать определение КПД теплового двигателя.

### **Практическая работа № 5**

**Тема: Решение задач по теме: «Закон Ома для полной цепи»**

**Цель занятия:** сформировать представление о постоянном электрическом токе; развить навыки самостоятельной работы, отработать методы решения задач.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение закона Ома для участка цепи и для полной цепи, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой;

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон Ома для полной цепи»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 6.

**Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с
4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).

2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013.

5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

### Алгоритм решения задач.

1. Записать краткое условие задачи и выяснить, что необходимо найти.
2. Перевести значения физических величин в Международную систему единиц (СИ), при необходимости.
3. Нарисовать схематический чертеж, на котором изобразить элементы электрической цепи.
4. Решать задачу надо в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
5. После получения расчётной формулы для проверки правильности её следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине.
6. При подстановке в расчётную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать  $3,52 \times 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \times 10^{-3}$  и т.п.

### Задача 1:

Два сопротивления  $R_1 = 12$  Ом и  $R_2 = 4$  Ом соединены параллельно. Последовательно к ним включено сопротивление  $R_3 = 3$  Ом. Найти силу тока, идущего через сопротивление  $R_1$ , если напряжение на сопротивлении  $R_3$  равно 9 В.

Дано:

$$R_1 = 12 \text{ Ом}$$

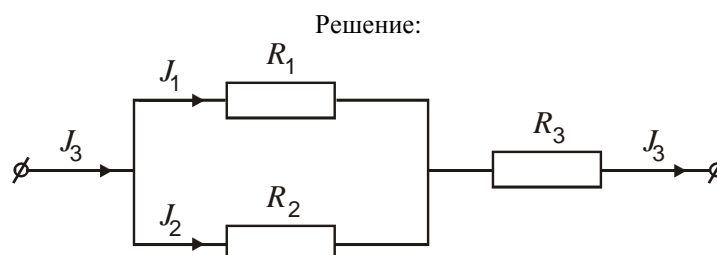
$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$U_3 = 9 \text{ В}$$

Найти:

$$J_1 - ?$$



По закону Ома для участка цепи

$$J_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ А.}$$

Ток  $J_3$  разветвляется на токи  $J_1$  и  $J_2$ , поэтому

$$J_3 = J_1 + J_2. \quad (1)$$

При параллельном соединении проводников  $R_1$  и  $R_2$ :

$$U_1 = U_2, \quad \text{или} \quad J_1 \cdot R_1 = J_2 \cdot R_2.$$

Отсюда

$$J_2 = \frac{R_1}{R_2} \cdot J_1.$$

Подставим это выражение в формулу (1):

$$J_3 = J_1 + \frac{R_1}{R_2} \cdot J_1,$$

отсюда

$$J_1 = \frac{J_3 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

$$J_1 = \frac{3 \cdot 4}{12 + 4} = \frac{12}{16} = 0,75 \text{ А.}$$

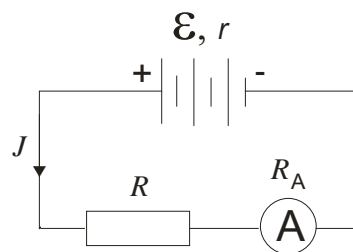
Ответ:  $J_1 = 0,75 \text{ А.}$

## Задача 2

ЭДС источника тока равна 2,17 В, внутреннее сопротивление 1 Ом. К источнику подключено сопротивление 2 Ом, последовательно соединенное с амперметром сопротивлением 0,1 Ом. Найти показания амперметра.

Дано:
$\mathcal{E} = 2,17 \text{ В}$
$r = 1 \text{ Ом}$
$R = 2 \text{ Ом}$
$R_A = 0,1 \text{ Ом}$
$J - ?$

Решение



Через амперметр и сопротивление  $R$ , соединенные последовательно, проходит одинаковый ток. По закону Ома для замкнутой цепи

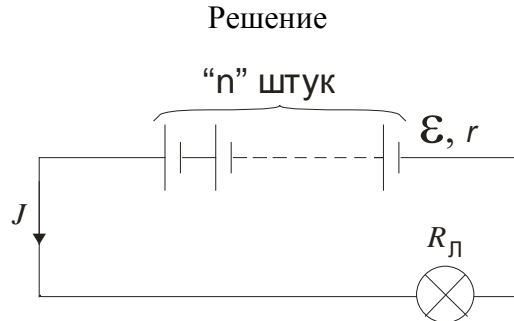
$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + R_A + r},$$
$$J = \frac{2,17}{2 + 0,1 + 1} = 0,7 \text{ А.}$$

Ответ:  $J = 0,7 \text{ А.}$

### Задача 3

Батарейка для фонаря имеет ЭДС 4,5 В и внутреннее сопротивление  $r=3,5$  Ом. Сколько таких батареек надо соединить последовательно, чтобы питать лампу, рассчитанную на напряжение  $U=127$  В и мощность  $P=60$  Вт?

Дано:  
 $\mathcal{E} = 4,5$  В  
 $r = 3,5$  Ом  
 $U = 127$  Ом  
 $P = 60$  Вт  
 $n - ?$



При последовательном соединении источников тока общая ЭДС равна сумме ЭДС отдельных источников, а внутренние сопротивления источников также складываются. Закон Ома для замкнутой цепи, в которой действуют «n» одинаковых источников, запишем в виде

$$J = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{R_{\text{л}} + n \cdot r} \quad (1)$$

Сопротивление лампы  $R_{\text{л}}$  выразим из соотношения

$$P = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} \rightarrow R_{\text{л}} = \frac{U^2}{P}$$

Силу тока  $J$  – из равенства

$$P = J \cdot U \rightarrow J = \frac{P}{U}$$

Тогда уравнение (1) имеет вид

$$\frac{P}{U} = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{\frac{U^2}{P} + n \cdot r} \rightarrow n = \frac{U^2}{U \cdot \mathcal{E} - P \cdot r};$$

$$n = \frac{127^2}{127 \cdot 4,5 - 60 \cdot 3,5} \approx 45$$

Ответ:  $n = 45$ .

### Задания для самоконтроля

1. На концах медного проводника длиной  $l = 10$  м поддерживается разность потенциалов 17 В. Определить плотность тока. Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.
2. Определить удельное сопротивление проводника длиной 2 м, если при разности потенциалов 4 В на его концах плотность тока в проводнике  $106$  А/м<sup>2</sup>.
3. Определить сопротивление медной проволоки, масса которой 1 кг, площадь поперечного сечения  $0,1$  мм<sup>2</sup>. Плотность меди  $8900$  кг/м<sup>3</sup>, ее удельное сопротивление  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

4. Последовательно соединены 10 равных сопротивлений. Во сколько раз изменится сопротивление цепи, если их соединить параллельно?
5. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода в чайнике закипает через 15 мин, при включении другой – через 30 мин. Через какое время закипит вода в чайнике, если включить две обмотки: а) последовательно; б) параллельно?

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение силе тока в электрической цепи.
2. Дайте определение плотности тока.
3. Раскройте суть понятий: «электродвижущая сила источника (ЭДС)», «сторонние силы», «напряжение и падение напряжения», «Электрическое сопротивление проводников».
4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи с источником тока и для полной цепи.
5. Приведите формулы для сопротивлений и токов при последовательном соединении резисторов.
6. Приведите формулы для сопротивлений и токов при параллельном соединении резисторов.
7. Приведите формулы для работы и мощности тока
8. Записать Закон Джоуля -Ленца.

### **Практическая работа № 6**

**Тема: Решение задач по теме: «Сила Ампера. Сила Лоренца». Вычисление энергии магнитного поля.**

**Цель занятия:** сформировать представление о магнитном поле и его свойствах; развитие навыков самостоятельной работы, отработка методов решения задач.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на определение силы Лоренца, силы Ампера, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой; графически изображать магнитное поле; уметь определить удельный заряд электрона.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Магнитное поле и его свойства»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 6.

#### **Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.

2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2013 год.
3. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования/А.В. Фирсов; под ред. Т.И.Трофимовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 432с
4. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач: учеб. Пособие для учреждений нач. и сред. Проф. образования/Т.И.Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2013.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
3. Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2013.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2015.

### **Содержание и порядок выполнения работы**

- Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Магнитное поле. 2.Магнитная индукция. 3.Вектор магнитной индукции. 4.Сила Ампера. 5.Сила Лоренца. 6. Энергия магнитного поля.

#### **Алгоритм решения задач.**

1. Записать краткое условие задачи и выяснить, что необходимо найти.
2. Перевести значения физических величин в Международную систему единиц (СИ), при необходимости.
3. Нарисовать схематический чертеж, на котором изобразить контур с током и направление линий индукции магнитного поля. Указать углы между направлениями вектора индукции и отдельными элементами тока в контуре в том случае, когда контур состоит из нескольких прямолинейных проводников.



4. Используя правило левой руки, определить направление векторов сил, действующих со стороны поля на каждый элемент контура, и изобразить векторы этих сил на чертеже.
5. Записать уравнение для закона Ампера и выразить из него искомую величину через заданные.
6. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях описывается основным уравнением динамики материальной точки с учетом сил, действующих на заряженную частицу со стороны магнитного и электрического полей.
7. Следует сделать чертеж и указать на нем линии индукции магнитного поля и линии напряженности электрического поля, изобразить вектор начальной скорости и отметить знак заряда частицы.
8. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу (рекомендуется учитывать, что сила тяжести ничтожно мала по сравнению с силами электромагнитного поля). При определении направления силы Лоренца следует пользоваться правилом левой руки.
9. В ряде задач к уравнениям динамики необходимо добавлять кинематические соотношения. Решить полученные уравнения.
10. Проанализировать полученный результат.

### **Задача 1**

В однородном магнитном поле, индукция которого 1 Тл, движется равномерно прямой проводник длиной 20 см, по которому течет ток 2 А. Скорость проводника равна 15 см/с и направлена перпендикулярно вектору индукции. Найти работу перемещения проводника за 5 с.

Дано:

$$B = 1 \text{ Тл}$$

$$l = 20 \text{ см}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$v = 0,15 \text{ м/с}$$

$$\Delta t = 5 \text{ с}$$

Найти:

$$A - ?$$

### **Решение.**

1 способ. Работа по перемещению проводника в магнитном поле с учетом закона Ампера:

$$A = F \Delta x = F v \Delta t = I B l v \Delta t.$$

2 способ. Работа по перемещению проводника в магнитном поле

$A = I \Delta \Phi$ , где  $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$  - изменение магнитного потока. В данном случае  $\Delta \Phi = B \Delta S$ , где  $\Delta S$  - площадка, которую пересекает проводник при своем движении за промежуток времени  $\Delta t$ . Из рисунка видно, что  $\Delta S = l v \Delta t$ .

Тогда

$$A = IB l v \Delta t.$$

Подставим числовые значения.

*Ответ:*  $A = 0,3$  Дж.

### Задача 2

При силе тока в проводнике 20 А на участок прямого проводника длиной 50 см в однородном магнитном поле действует сила Ампера 12 Н. Вектор индукции магнитного поля направлен под углом  $37^\circ$  к проводнику ( $\sin 37^\circ \approx 0,6$ ;  $\cos 37^\circ \approx 0,8$ ). Определить значение модуля индукции магнитного поля.

### Решение

Сила Ампера, действующая со стороны магнитного поля на проводник с током, определяется выражением  $F_A = IBL \sin \alpha$ ,

где  $\alpha$  — угол между направлением вектора магнитной индукции и проводником. Отсюда находим приблизительное значение модуля индукции магнитного поля

$$B = \frac{F_A}{IL \sin \alpha} = \frac{12}{20 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ м} \cdot \sin 37^\circ} \approx \frac{1,2}{0,6} = 2 \text{ Тл}.$$

*Ответ:*  $B = 2$  Тл.

### Задача 3

Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 5 Тл со скоростью 1 км/с, направленной под некоторым углом к силовым линиям магнитного поля. Найдите все возможные значения модуля силы Лоренца, действующей на электрон.

*Справочные данные:* элементарный электрический заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

### Решение

На движущийся в магнитном поле электрон действует сила Лоренца, величина которой, определяется соотношением

$$F_L = e v B \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  — угол между вектором скорости частицы и вектором магнитной индукции.

Поскольку про угол  $\alpha$  неизвестен, необходимо рассмотреть все возможные его значения из интервала  $0 \leq \alpha \leq \pi$ . При этом синус угла пробегает все значения от 0 до 1. Таким образом, минимальное значение силы Лоренца равно нулю, то есть магнитное поле на электрон вообще не действует, когда электрон летит вдоль линии магнитного поля ( $\alpha=0$ ) или против нее ( $\alpha=\pi$ ). Максимального значения сила Лоренца достигает, когда электрон летит перпендикулярно силовым линиям:

$$F_{L \max} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 5 \text{ Тл} \cdot 1000 \text{ м/с} \cdot 1 = 8 \cdot 10^{-16} \text{ Н}.$$

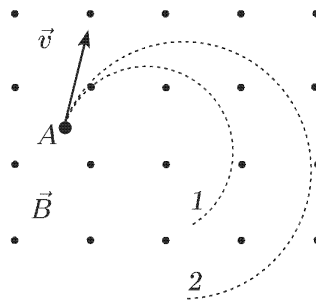
*Ответ:*  $F_{L \max} = 8 \cdot 10^{-16}$  Н.

### Задания для самоконтроля

6. Чему равна сила Лоренца, действующая на электрон, движущийся со скоростью  $10^7$  м/с по окружности в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,5 Тл?

7. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого равна 0,5 Тл, со скоростью 20000 км/с перпендикулярно линиям индукции. Определите силу, с которой магнитное поле действует на электрон. Чему равна работа этой силы?

8. На рис. изображены траектории двух частиц, имеющих одинаковые заряды и вылетающих из точки А в магнитном поле с одинаковыми скоростями. Определите знак заряда частиц и объясните причину несовпадения траекторий их движения



9. Угол между проводником с током и направлением вектора магнитной индукции однородного магнитного поля увеличивается от  $30^0$  до  $90^0$ . Как при этом изменится сила Ампера?

10. По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, находящимся на расстоянии 10 см друг от друга, текут токи силой 5 А в каждом. Определить индукцию магнитного поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводниками, если проводники параллельны и токи текут в противоположных направлениях.

11. Какова индукция магнитного поля, если на перпендикулярный вектору индукции проводник с током силой 250 А и с активной длиной 6 м действует сила 180 Н?

### Выводы по данной практической работе

Магнитное поле порождается только движущимися зарядами, в частности электрическим током. В отличие от электрического поля магнитное поле обнаруживается по его действию только на движущиеся заряды. Магнитное поле материально, так как оно действует на тела, и, следовательно, обладает энергией.

### Контрольные вопросы

1. Раскройте суть понятий: «магнитное поле», «вектор индукции магнитного поля», «графическое изображение полей», «взаимодействие токов», «магнитный поток».
2. Сформулируйте закон Ампера.

3. Расскажите о действии магнитного поля на движущийся заряд. Какая сила называется силой Лоренца? Запишите формулу для определения силы, с которой магнитное поле действует на движущийся заряд.
4. Сформулируйте правила правой руки и буравчика.
5. Поясните, почему сила Лоренца не меняет модуля скорости заряженной частицы?
6. Приведите формулу, по которой определяется период обращения по окружности заряженной частицы в однородном магнитном поле.