

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

«26» мая 2023 года



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Учебного предмета: ОУП.13 Физика  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности: 35.02.11 Промышленное рыболовство  
квалификация: техник  
профиль: естественно-научный  
форма обучения: очная

Мурманск  
2023 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 2020 г. № 413 с изменениями и  
дополнениями (ред. Приказа  
Минпросвещения России от 12.08.2022 г.  
№ 732)

Председатель МК

Клепцова О.А. \_\_\_\_\_

Протокол № 10 от « 21 » апреля 2023 г.

Автор (составитель):

Яров В.Н., преподаватель высшей категории «ММРК имени  
И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

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

Эксперт (рецензент):

Ярова О.Ю., преподаватель высшей категории «ММРК имени  
И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

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

## Содержание

Введение.....	4
Тематический план видов практических работ обучающихся.....	6
Практическая работа № 1.....	7
Практическая работа № 2.....	12
Практическая работа № 3.....	14
Практическая работа № 4.....	21
Практическая работа № 5.....	22
Практическая работа № 6.....	26
Практическая работа № 7.....	30
Практическая работа № 8.....	33
Практическая работа № 9.....	36
Практическая работа № 10.....	40
Практическая работа № 11.....	43
Практическая работа № 12.....	45
Практическая работа № 13.....	48
Практическая работа № 14.....	52
Практическая работа № 15.....	55
Практическая работа № 16.....	59
Практическая работа № 17.....	64
Практическая работа № 18.....	68
Практическая работа № 19.....	70
Практическая работа № 20.....	72
Практическая работа № 21.....	75
Практическая работа № 22.....	78
Практическая работа № 23.....	83
Практическая работа № 24.....	85
Практическая работа № 25.....	87
Практическая работа № 26.....	89
Практическая работа № 27.....	91
Практическая работа № 28.....	94

## Введение

**1.1. Методические указания по практическим работам обучающихся по учебной дисциплине «Физика»** разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 17 мая 2020 г. № 413 с изменениями и дополнениями; примерной рабочей программой общеобразовательной дисциплины «Физика» для профессиональных образовательных организаций, одобренной на заседании Педагогического совета ФГБОУ ДПО ИРПО в качестве примерной программы для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования протокол № 13 от «29» сентября 2022г., учебным планом очной формы обучения, утвержденным 27.05.2023 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 – проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты;
- У2 – выдвигать гипотезы и строить модели;
- У3 – применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ;
- У4 – практически использовать физические знания; использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды;
- У5 – описывать и объяснять физические явления и свойства тел: свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;
- У6 – отличать гипотезы от научных теорий;
- У7 – 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; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;
- У8 – приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;
- У9 – оценивать достоверность естественно-научной информации; воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях;
- У10 – применять полученные знания для решения физических задач;
- У11 – определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле; измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей.

### **знать:**

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

32 – 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 учебного предмета направлен на формирование общих компетенций в соответствии с ФГОС СПО (табл. 1).

Таблица 1 - Компетенции, формируемые учебным предметом «Физика» в соответствии с ФГОС СПО

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Требования к знаниям, умениям, практическому опыту</b>
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	У1 – У12, 31 – 34
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	У2, У6, У9, 31 – 34
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях	У1, У2, У4, У7, У11 31 – 34
ОК 04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде	У 1 – У3, У7, У8 31 – 34
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	У2, У3, У5, У7, У8, 31 – 34
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	У4, У5, У7, 31 – 34

## 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>38</b>	<b>16</b>
Тема 1.1. Кинематика	Практическая работа № 1: Методы расчета погрешностей результатов измерений и представление экспериментальных данных.	10	2
	Практическая работа № 2: Измерение объема тела простой геометрической формы и обработка результатов измерений.		2
	Практическая работа № 3: Решение задач по теме «Кинематика поступательного движения»		2
	Практическая работа № 4: Решение задач по теме «Кинематика вращательного движения»		2
	Практическая работа № 5: Решение задач по теме «Относительность механического движения»		2
Тема 1.2. Динамика. Силы в механике	Практическая работа № 6: Решение задач по теме «Законы Ньютона. Силы в механике»	6	2
Тема 1.3. Законы сохранения в механике.	Практическая работа № 7: Решение задач по теме «Закон сохранения импульса».	16	2
	Практическая работа № 8: Решение задач по теме «Закон сохранения механической энергии».		2
<b>Раздел 2. Молекулярная физика. Термодинамика.</b>		<b>30</b>	<b>8</b>
Тема 2.1. Основы молекулярно-кинетической теории	Практическая работа № 9: Решение задач по теме «Основы молекулярно-кинетической теории газов».	10	2
	Практическая работа № 10: Решение задач по теме «Уравнение Клапейрона-Менделеева»		2
Тема 2.2. Основы термодинамики	Практическая работа № 11: Решение задач по теме «Изопроцессы в идеальном газе»	12	2
	Практическая работа № 12: Решение задач по теме «Основы термодинамики».		2
<b>Раздел 3. Электродинамика</b>		<b>44</b>	<b>20</b>
Тема 3.1. Электрическое поле	Практическая работа № 13: Решение задач по теме «Закон Кулона»	16	2
	Практическая работа № 14: Решение задач по теме «Напряженность электростатического поля»		2

	Практическая работа № 15: Решение задач по теме «Потенциал электростатического поля»		2
	Практическая работа № 16: Решение задач по теме «Емкость. Конденсаторы»		2
Тема 3.2. Постоянный электрический ток	Практическая работа № 17: Решение задач по теме «Закон Ома для полной цепи»	14	2
	Практическая работа № 18: Решение задач по теме «Закон Джоуля-Ленца»		2
	Практическая работа № 19: Решение задач по теме «Мощность постоянного тока»		2
Тема 3.4. Магнитное поле	Практическая работа № 20: Решение задач по теме «Сила Ампера»	6	2
	Практическая работа № 21: Решение задач по теме «Сила Лоренца»		2
Тема 3.5. Электромагнитная индукция.	Практическая работа № 22: Решение задач по теме «Электромагнитная индукция»	6	2
<b>Раздел 4. Колебания и волны</b>		<b>16</b>	<b>4</b>
Тема 4.2. Электромагнитные колебания	Практическая работа № 23: Решение задач по теме «Переменный электрический ток»	10	2
	Практическая работа № 24: Решение задач по теме «Трансформаторы»		2
<b>Раздел 5. Оптика</b>		<b>10</b>	<b>6</b>
Тема 5.1. Волновая оптика	Практическая работа № 25: Решение задач по теме: «Законы отражения и преломления света»	4	2
Тема 5.2. Волновые свойства света	Практическая работа № 26: Решение задач по теме «Дифракционная решетка»	4	2
<b>Раздел 6. Элементы квантовой физики</b>		<b>10</b>	<b>2</b>
Тема 6.1. Световые кванты	Практическая работа № 27: Решение задач по теме: «Фотоэффект»	4	2
Тема 6.3. Физика атомного ядра	Практическая работа № 28: Решение задач по теме «Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада»	4	2
<b>Всего</b>		<b>148</b>	<b>56</b>

### Порядок выполнения практической работы обучающихся

#### Практическая работа № 1

**Тема: Введение в лабораторный практикум. Методы расчета погрешностей результатов измерений и представление экспериментальных данных.**

**Цель работы:** изучить теорию рассматриваемого вопроса, изучить понятия абсолютной, относительной погрешностей результатов измерений; доверительного интервала.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** использовать физические приборы, проводить наблюдения для экспериментального исследования, анализировать результаты эксперимента; обрабатывать результаты измерений, делать выводы на основе полученных экспериментальных данных, строить и читать графики.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Расчет погрешностей результатов прямых и косвенных измерений»; микрокалькулятор.

#### **Перечень используемых источников:**

##### *Основная*

1. Мякишев, Г. Я. Физика: 11 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений: базовый и профильный уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. В.И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. - 17-е изд., перераб. и доп.; 18-е изд. - Москва: Просвещение, 2018, 2008. - 398, [1] с.
2. Мякишев, Г. Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б.
3. Физика. Механика: 10 кл.: профильный уровень: учебник для общеобразоват. учреждений / [Балашов М. М. и др.]; под ред. Г. Я. Мякишева. - 12-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2019. - 495, [1] с.

##### *Дополнительная:*

1. Фирсов, А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей : учебник для нач. и сред. проф. образования / А. В. Фирсов; под ред. Т. И. Трофимовой. - 4-е изд., стер. - Москва: Академия, 2020.
2. Дмитриева, В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля : сб. задач: учебник для нач. и сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. - Москва: Академия, 2020. - 255, [1] с.
3. Кузнецов С.И. Справочник по физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Кузнецов С.И., Рогозин К.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 219 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66399.html>.

#### **Порядок выполнения лабораторных работ**

*Допуск.* Для получения допуска к выполнению лабораторной работы обучающийся должен знать: требования техники безопасности; цель работы; порядок ее выполнения. В лабораторной тетради необходимо подготовить формуляр лабораторного отчета, содержащий:

- номер и название лабораторной работы;
- цель работы;
- используемые приборы и принадлежности;
- упрощенную схему установки;
- краткий конспект по теории;
- краткое описание метода измерений с расчетными формулами;
- таблицы для внесения результатов измерений.

*Выполнение.* Приступая к выполнению лабораторной работы, необходимо убедиться в наличии всех необходимых принадлежностей. С оборудованием следует обращаться аккуратно, в случае неисправности прибора немедленно обратиться к преподавателю. Преподаватель руководит экспериментальной работой обучающегося, записью результатов измерений. По окончании измерений необходимо выключить электроприборы и сдать принадлежности преподавателю. Работа в лаборатории заканчивается выполнением предварительных расчетов. Окончание экспериментальной части работы отмечается преподавателем в учебной карточке и лабораторной тетради обучающегося.

*Отчет.* К следующему занятию обучающийся самостоятельно заканчивает оформление отчета: обработку полученных экспериментальных данных, расчет погрешностей прямых и косвенных измерений, построение графиков. Отчет должен заканчиваться *выводом*, содержащим анализ результатов эксперимента, сопоставление их с аналогичными результатами в таблицах, справочниках и т.п. и объяснением причин возможных отклонений. Отметка о выполнении обучающимся отчета заносится преподавателем в учебную карточку и лабораторную тетрадь.

*Защита.* Обучающийся должен ответить на вопросы по теории в части, касающейся данной лабораторной работы, обосновать принятую методику измерений и обработки данных, вывести самостоятельно расчетные формулы. Выполнение работы на этом завершается, выставляется итоговая оценка за работу.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в лабораторной работе:** 1. Абсолютная погрешность. 2. Относительная погрешность. 3. Доверительный интервал. 4. Приборная погрешность.

**Оборудование:** измерительные приборы штангенциркуль, микрометр, мензурка.

### Порядок выполнения работы

Научиться пользоваться приборами для измерения линейных размеров тел.

#### *Миллиметровая линейка*

Всем известная миллиметровая линейка (рис.2.1) пригодна для измерения самых разнообразных деталей. Цена деления линейки  $C = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ ; точность отсчета  $\Delta x_{\text{пр.}} = \pm 0,5 \text{ мм} = \pm 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Однако по такой линейке можно отсчитать только целое число миллиметров. А миллиметр при современных точностях обработки стал весьма большой единицей длины, поэтому линейку применяют только для грубых измерений.

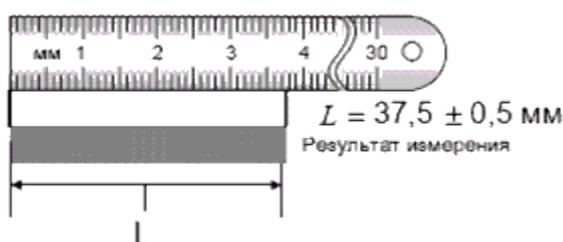


Рис. 2.1

Совмещение двух линеек в более совершенном инструменте - штангенциркуле позволяет измерить размеры с точностью до 0,1 мм.

#### *Штангенциркуль*

Штангенциркуль – инструмент для линейных измерений наружных размеров деталей и заготовок и отверстий в них.

Представляет собой металлическую линейку (штангу) с упорами (губками) на одном конце для измерения внутренних (верхние губки) и наружных (внутренние губки) размеров. По линейке перемещается ползунок с такими же, как у линейки, упорами и штырём-глубиномером, скользящим по специальному жёлобу в теле линейки.

Ползун имеет вспомогательную шкалу (нониус), совмещённую с основной шкалой линейки (рис.2). Деления нониуса нанесены так, что при перемещении ползуна на 0.1 мм с одним из делений основной шкалы совпадает первое деление нониуса, на 0.3 мм – третье, на 0.7 мм – седьмое, на 1 мм – десятое деление нониуса. Штангенциркули обеспечивают точность измерений не ниже 0.1 мм, а некоторые – до 0.02 мм.

Так как штангенциркуль оснащен нониусом, то точность отсчета по прибору совпадает в этом случае с ценой деления нониуса.

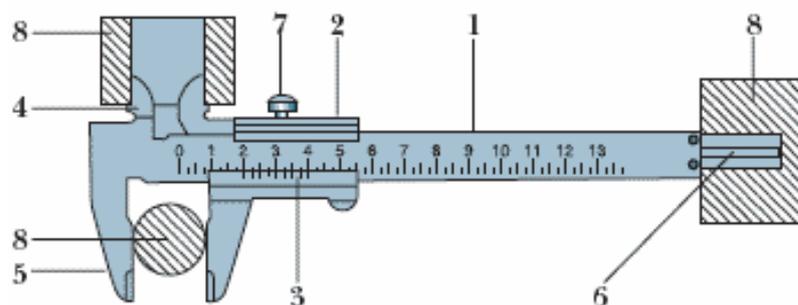


Рис.2.2: 1 – штанга; 2 – ползун; 3 – нониус; 4 – верхние губки; 5 – нижние губки; 6 – глубиномер; 7 – стопорный винт; 8 – деталь, заготовка.



Рис. 2.3.

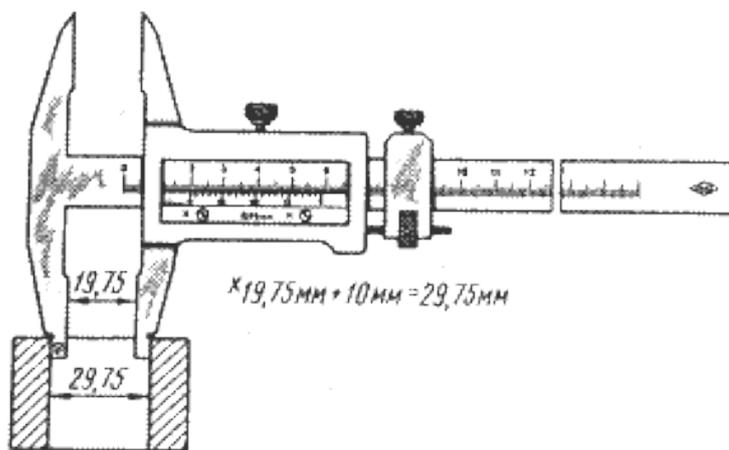


Рис. 2.4. Отсчет показаний при внутренних измерениях

*Порядок отсчёта показаний штангенциркуля по шкалам штанги и нониуса:*

- считают число целых миллиметров, для этого находят на шкале штанги штрих, ближайший слева к нулевому штриху нониуса, и запоминают его числовое значение;
- считают доли миллиметра, для этого на шкале нониуса находят штрих, ближайший к нулевому делению и совпадающий со штрихом шкалы штанги, и умножают его порядковый номер на цену деления (0,1 мм) нониуса;
- подсчитывают полную величину показания штангенциркуля, для этого складывают число целых миллиметров и долей миллиметра;
- при измерении штангенциркулем целое число миллиметров отсчитывают по миллиметровой шкале до нулевого штриха нониуса, а десятые доли миллиметра — по шкале нониуса начиная от нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо рисккой миллиметровой шкалы (рис. 5).

На рис. 5 показаны положения шкал штангенциркуля при отсчёте размеров:

**а** – 0,5 мм;      **б** – 6,9 мм;      **в** – 34,3 мм.

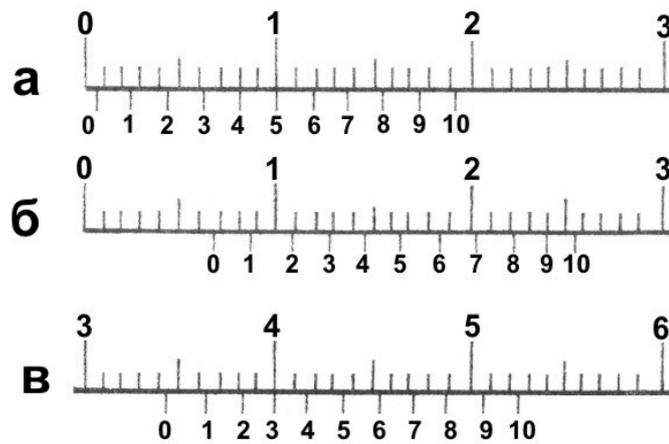


Рис.2.5.

### *Микрометр*

Микрометр — инструмент (прибор), предназначенный для измерений в области малых размеров с низкой погрешностью (до 2 мкм), преобразовательным механизмом которого является микропара винт - гайка.

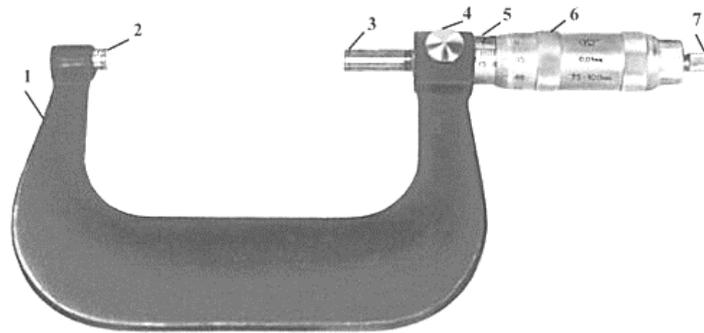


Рис. 2.6. Гладкий микрометр МГ с пределом измерения 75—100 мм;

1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопор; 5 – стебель;  
6 – барабан; 7 – трещотка.

Действие микрометра основано на перемещении винта вдоль оси при вращении его в неподвижной гайке. Перемещение пропорционально углу поворота винта вокруг оси. Полные обороты отсчитывают по шкале, нанесённой на стебле микрометра, а доли оборота – по круговой шкале, нанесённой на барабане. Оптимальным является перемещение винта в гайке лишь на длину не более 25 мм из-за трудности изготовления винта с точным шагом на большей длине. Поэтому микрометр изготавливают нескольких типоразмеров для измерения длин от 0 до 25 мм, от 25 до 50 мм и т. д.

При измерении детали сначала отсчитывается целое число миллиметров, а затем число на барабане, соответствующее сотым долям миллиметра.

### *Порядок проведения измерений*

1. Измеряемый предмет устанавливается между пяткой и микрометрическим винтом, при этом вращая барабан, устанавливают шпиндель очень близко от предмета.

*Замечание:* держать инструмент следует левой рукой за изоляционную часть дуги, так чтобы тепло руки не меняло размер дуги и не нарушало точность измерений.

2. Шпиндель осторожно приближают до соприкосновения с измеряемым предметом.

*Замечание:* крутите против часовой стрелки (если смотреть с торца, где нарезка) барабан прибора, пока измеряемая деталь не зайдёт в зазор между измерительными торцами. Затем крутите по часовой стрелке до упора.

**ВНИМАНИЕ!** Закручивать надо только держа за нарезку на самом конце вращающегося барабана – тогда при упоре измерительных торцов в деталь эта часть барабана начнёт прокручиваться, издавая звук, как трещотка. Это значит, что измерительные торцы упёрлись в деталь и надо снимать показания. (Если крутить за большой барабан, то можно нечаянно перекрутить прибор и сорвать его.)

*Замечание:* для более точного определения размеров предмет следует закрепить.

3. Замеряем размер при помощи нониуса барабана в мм, который соответствует горизонтальному указательному штриху шкалы стебля.
4. Определяем общий размер измеряемого объекта.
5. Вращая барабан в обратном направлении, освободить предмет.

#### *Отсчет показаний*

Главная деталь микрометра – точный микрометрический винт, ввернутый в гайку, называемую стеблем. При одном обороте винт перемещается вдоль своей оси на 0,5 мм. На винте неподвижно насажен барабан, на котором по окружности нанесено 50 делений. Таким образом, поворот винта на одно деление равен  $1/50$  полного оборота, или 0,01 мм ( $0,5\text{мм}/50 = 0,01\text{ мм}$ ).

Таким образом, цена деления микрометра  $C = 0,01\text{ мм} = 10^{-5}\text{ м}$ , точность отсчета

$$\Delta x_{\text{пр.}} = \pm 0,005\text{ мм} = \pm 0,5 \cdot 10^{-5}\text{ м.}$$

#### **Контрольные вопросы**

1. Поясните, как определяется абсолютная погрешность.
2. Поясните, как определяется относительная погрешность.
3. Дать определение доверительного интервала.
4. Дать определение класса точности прибора.
5. Поясните, как определяется приборная погрешность.

#### **Практическая работа № 2**

**Тема: Методы расчета погрешностей результатов измерений и представление экспериментальных данных.**

**Цель работы:** изучить теорию рассматриваемого вопроса, Научиться пользоваться простейшими приборами для измерения длин (линейкой, штангенциркулем, микрометром). Научиться обрабатывать результаты измерений и представлять экспериментальные данные на примере измерения объема тела простой геометрической формы.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** развить навыки расчета погрешностей результатов прямых и косвенных измерений, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы; измерительный прибор штангенциркуль или микрометр; прямоугольный параллелепипед; теоретические материалы

«Расчет погрешностей результатов измерений»; дидактические карточки с заданиями по вариантам; микрокалькулятор.

### Перечень используемых источников:

#### Основная

4. Мякишев, Г. Я. Физика: 11 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений: базовый и профильный уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. В.И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. - 17-е изд., перераб. и доп.; 18-е изд. - Москва: Просвещение, 2018. - 398, [1] с.
5. Мякишев, Г. Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б.
6. Физика. Механика: 10 кл.: профильный уровень: учебник для общеобразоват. учреждений / [Балашов М. М. и др.]; под ред. Г. Я. Мякишева. - 12-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2019. - 495, [1] с.

#### Дополнительная:

4. Фирсов, А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей : учебник для нач. и сред. проф. образования / А. В. Фирсов; под ред. Т. И. Трофимовой. - 4-е изд., стер. - Москва: Академия, 2020.
5. Дмитриева, В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля : сб. задач: учебник для нач. и сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. - Москва: Академия, 2020. - 255, [1] с.
6. Кузнецов С.И. Справочник по физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Кузнецов С.И., Рогозин К.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 219 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66399.html>.

### Содержание и порядок выполнения работы

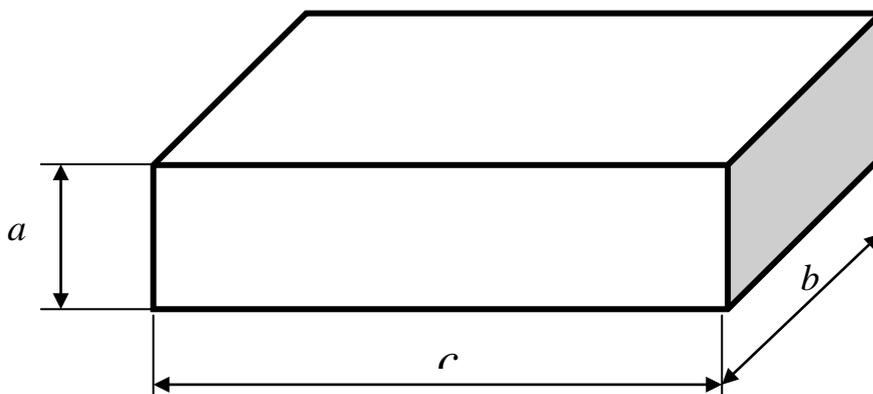
**Вопросы теории, рассматриваемые в лабораторной работе:** 1. Прямые измерения. 2. Косвенные измерения. 3. Абсолютная погрешность. 4. Относительная погрешность. 5. Доверительный интервал. 6. Класс точности прибора.

#### Порядок выполнения работы:

##### Расчет погрешности прямых измерений

Объем прямоугольного параллелепипеда рассчитывается по формуле:  $V = a \cdot b \cdot c$ ,  
где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – стороны параллелепипеда.

При выполнении лабораторной работы производятся прямые измерения сторон  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$  и косвенные измерения  $V$ .



1. Измерить каждую сторону параллелепипеда несколько раз (количество измерений задается преподавателем). Результаты каждого измерения записать в таблицу 2.2..
2. Вычислить среднее арифметическое значение из  $n$  измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

3. Найти погрешности отдельных измерений

$$\Delta x_i = \bar{x} - x_i.$$

4. Вычислить квадраты погрешностей отдельных измерений

$$(\Delta x_1)^2, (\Delta x_2)^2, \dots, (\Delta x_n)^2.$$

5. Вычислить среднеквадратичную погрешность среднего значения

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}}.$$

6. Определить коэффициент Стьюдента  $t_{n\alpha}$  по таблице для доверительной вероятности  $P=0,95$  и числа произведенных измерений  $n$ .

Коэффициенты Стьюдента  $t_{pn}$

Таблица 2.1.

$n$	$P$			
	0,9	0,95	0,98	0,99
2	6,31	12,7	31,8	63,7
3	2,92	4,30	6,96	9,92
4	2,35	3,18	4,54	5,84
5	2,13	2,78	3,75	4,60

7. Вычислить случайную погрешность результата измерений

$$\Delta x = t_{n\alpha} \sigma_{\bar{x}}.$$

8. Если случайная погрешность результата измерений  $\Delta x$  окажется сравнимой\* с систематической (погрешностью прибора  $\Delta x_{np}$ ), то в качестве погрешности результата измерений следует взять величину

$$\Delta x = \sqrt{(t_{n\alpha} \sigma_{\bar{x}})^2 + (\Delta x_{np})^2}.$$

9. Окончательный результат записать в виде

$$x = \bar{x} \pm \Delta x.$$

10. Оценить относительную погрешность результата измерений

$$\delta = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\%.$$

*Правила представления результата измерения*

\* если  $\Delta x_{сист} < 0,8 \sigma_{\bar{x}}$ , то следует пренебречь систематической составляющей погрешности и учитывать только случайную погрешность результата в виде  $\Delta x = t_{n\alpha} \sigma_{\bar{x}}$ . Если  $\Delta x_{сист} > 0,8 \sigma_{\bar{x}}$ , то, наоборот, следует пренебречь случайной составляющей и результат измерений характеризовать его систематической погрешностью

Все результаты измерений, а также вычисленный по ним окончательный результат приводят вместе с погрешностью, которую выражают в тех же единицах, что и саму измеряемую величину, например:  $l = (1,572 \pm 0,004) \text{ м}$ .

Среднее значение  $\langle x \rangle$  необходимо округлять так, чтобы оно оканчивалось цифрой того же разряда, что и  $\Delta x$  после её округления. Т.е. число и его погрешность всегда записывается так, чтобы их последние цифры принадлежали одному и тому же десятичному разряду. Значения погрешностей следует округлять, оставляя одну значащую цифру<sup>1</sup>. Округлять предпочтительно в сторону большего значения.

Примеры:

1. Получено:  $U = 124,4 \text{ В}$ ;  $\Delta U = 1,1 \text{ В}$ .

Следует записать:  $U = (124,4 \pm 1,1) \text{ В}$ .

2. Получено:  $V = 2,678 \cdot 10^3 \text{ см/с}$ ;  $\Delta V = 3,2 \text{ см/с}$ .

Следует записать:  $V = (2,678 \pm 0,003) \cdot 10^3 \text{ см/с}$ .

В промежуточных выкладках при расчете погрешностей нужно удерживать три-четыре значащие цифры.

При представлении окончательных результатов физических измерений часто применяют запись числовых значений в виде десятичной дроби, умноженной на необходимую степень числа десять.

Примеры:

1. При обработке группы результатов измерений получены:  
 $\langle x \rangle = 965,332$  и  $\Delta x = 8,35$ .

Результат округления записывают в виде:  $x = 965 \pm 8$ .

2. При обработке группы результатов измерений получены:  
 $\langle x \rangle = 0,003893$  и  $\Delta x = 0,000282$ .

Результат округления записывают в виде:  $x = (38,9 \pm 2,8) \cdot 10^4$ .

3. Числа 3106; 0,0285; 0,120 записывают так:

$3,106 \cdot 10^3$ ;  $2,85 \cdot 10^{-2}$ ;  $1,2 \cdot 10^{-1}$ .

### ***Расчет погрешности косвенных измерений***

1. Объем прямоугольного параллелепипеда рассчитывается по формуле:

$V = a \cdot b \cdot c$ , где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – стороны параллелепипеда.

Для каждого прямого измерения величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , входящих в расчетную формулу для определения объема параллелепипеда, провести обработку в описанной выше последовательности (таблица 2.2).

---

<sup>1</sup> Строго говоря, погрешность результата измерения  $\Delta x$  следует выражать одной или двумя значащими цифрами. Две цифры оставляют при наиболее точных измерениях, а также в тех случаях, когда цифра старшего разряда числа, выражающего погрешность, меньше или равна 3.

Таблица 2.2

№ изм.	$a_i$ , мм	$b_i$ , мм	$c_i$ , мм	$V$ , мм <sup>3</sup>
1				
2				
3				
4				
5				
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$				
$(\Delta x_i)^2 = (\bar{x} - x_i)^2$				
$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}}$				
$t_{pn}$				
$\Delta_{cl} x$				
$\Delta_{np} x$				
$\Delta x$				
$x = \bar{x} \pm \Delta x$				
$\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\%$				

### Обработка результатов косвенных измерений

Расчет случайной погрешности измерения объема

упрощенным методом:

1. По первому набору параметров  $a_1, b_1, c_1$  рассчитать по формуле  $V = abc$  первое значение объема  $V_1$ , по второму набору значений  $a_2, b_2, c_2$  рассчитать второе значение объема  $V_2$ . Таким же образом рассчитать объем для всех наборов параметров  $a, b, c$ . В результате получим набор значений объема:  $V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n$ .
2. Далее следует поступать с этими значениями объема так, как если бы они были получены в прямом измерении, то есть рассчитать случайную погрешность измерения объема по формуле:

$$\Delta_{cl} V = t_{pn} \cdot \sigma_{\bar{V}} = t_{pn} \sqrt{\frac{\sum (\Delta V_i)^2}{n(n-1)}}$$

Расчет случайной погрешности косвенного измерения упрощенным методом рекомендуется применять лишь в случае, когда относительная погрешность не превышает 2-3%. В этом случае данный метод дает результаты, близкие к величине погрешности, полученной «методом дифференцирования».

Для расчета приборной погрешности измерения объема воспользоваться формулой:

$$\Delta_{np} V = \bar{V} \sqrt{\left(\frac{\Delta_{np} a}{\bar{a}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{np} b}{\bar{b}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{np} c}{\bar{c}}\right)^2}$$

Суммарная погрешность измерения объема:

$$\Delta V = \sqrt{(\Delta_{сл} V)^2 + (\Delta_{np} V)^2}$$

Относительная погрешность измерения объема:

$$\delta_v = \frac{\Delta V}{\bar{V}} \cdot 100\%$$

- При необходимости учесть систематическую (приборную) погрешность каждой серии измерений

$$\Delta X_i = \sqrt{(t_{на} \sigma_{\bar{X}_i})^2 + (\Delta X_{np_i})^2},$$

где индекс  $i$  относится к соответствующей измеренной величине, а  $\Delta X_{np_i}$  – систематическая погрешность прибора, используемого для измерения  $X_i$ .

- Вычислить наиболее вероятное значение  $X$ :

$$\bar{X} = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m)$$

- Вычислить частные производные  $\frac{\partial f}{\partial X_1}, \frac{\partial f}{\partial X_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial X_m}$  при средних значениях величин  $X_1,$

$X_2, \dots, X_m$ .

- Вычислить абсолютную погрешность косвенного измерения  $X$  по общей формуле

$$\Delta X = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i}\right)^2 (\Delta X_i)^2}.$$

где  $m$  – число независимых непосредственно измеренных величин.

- Записать окончательный результат в виде

$$X = \bar{X} \pm \Delta X.$$

- Оценить относительную погрешность косвенного измерения  $X$ :

$$\delta = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \cdot 100\%.$$

### Контрольные вопросы

- Расскажите, какие измерения называются прямыми; косвенными.
- Дайте определение абсолютной погрешности, относительной погрешности.
- Дайте определение погрешности: случайной, систематической, приборной.
- Поясните, как рассчитать приборную погрешность измерительных приборов имеющих класс точности, не имеющих класса точности.
- Поясните, что такое доверительная вероятность, доверительный интервал.
- Поясните, как рассчитать случайную погрешность прямых измерений.
- Поясните, как записать доверительный интервал (с учетом правил округления).

## Практическая работа № 3

### Тема: Кинематика поступательного движения

**Цель занятия:** закрепить понятия «траектория», «путь», «перемещение», «скорость», «ускорение». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме «кинематика поступательного движения».

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи по теме, 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

#### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Путь. 2.Перемещения. 3.Скорость. 4.Ускорение. 5.Ускорение свободного падения.

### Алгоритм 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

Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой (ось  $x$ ) имеет вид  $x = A + Bt + Ct^3$ , где  $A=4$  м,  $B=2$  м/с,  $C=-0,5$  м/с<sup>3</sup>. Для момента времени  $t_1=2$  с определить:

- 1) координату точки  $x_1$  точки; 2) мгновенную скорость  $v_1$ ; 3) мгновенное ускорение  $a_1$ .

Дано:  $x = A + Bt + Ct^3$ ,  $A=4$  м,  $B=2$  м/с,  $C=-0,5$  м/с<sup>3</sup>,  $t_1=2$  с.

*Найти:  $x_1$ ;  $v_1$ ;  $a_1$ .*

#### Решение

- 1) Подставим в уравнение движения вместо  $t$  заданное значение времени  $t_1$ :

$$x_1 = A + Bt_1 + Ct_1^3.$$

Подставим в это выражение значения  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $t_1$  и произведем вычисления:  $x_1 = 4$  м.

- 2) Мгновенная скорость:  $v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2$ .

Тогда в момент времени  $t_1$  мгновенная скорость

$$v_1 = B + 3Ct_1^2.$$

Подставим сюда значения  $B, C, t_1$ :  $v_1 = -4$  м/с.

Знак минус указывает на то, что в момент времени  $t_1=2$  с точка движется в отрицательном направлении координатной оси.

- 3) Мгновенное ускорение:  $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 6Ct$ .

Мгновенное ускорение в момент времени  $t_1$  равно  $a_1 = 6Ct_1$ .

Подставим значения  $C, t_1$ :  $a_1 = -6$  м/с<sup>2</sup>.

Знак минус указывает на то, что направление вектора ускорения совпадает с отрицательным направлением координатной оси, причем в условиях данной задачи это имеет место для любого момента времени.

#### Задача 2

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

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

### Задача 3

Мяч бросили со скоростью  $10 \text{ м/с}$  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  $s_{y \text{ max}}$ , на которую поднимается тело, брошенное со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту.

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt; \tag{1}$$

$$s_y = v_0 t \sin \alpha - gt^2/2. \tag{2}$$

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

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

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

Имеем:  $v_x = v_0 \cos \alpha,$  (3)

$$s_x = v_x t = v_0 t \cos \alpha. \tag{4}$$

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

Подставляя  $t_2$  в (4), получим

$$s_{x \text{ max}} = v_0^2 \sin 2\alpha / g = 10,0 \text{ м}.$$

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

Ответ:  $s_{y \text{ max}} = 2,1 \text{ м}; s_{x \text{ max}} = 10,0 \text{ м}; t_2 = 1,3 \text{ с}$ .

### Задания для самоконтроля

1. Движение материальных точек выражается уравнением  $x_1 = 20 + 2t - 4t^2$  и  $x_2 = 2 - 2t + t^2$  (длина в метрах, время в секундах). В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми?
2. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с<sup>2</sup>, затем в течение 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м – равнозамедленно до остановки. Постройте графики зависимости  $v(t)$  и  $a(t)$ , найдите среднюю скорость за все время движения велосипедиста.
3. Тело, двигавшееся прямолинейно и равноускоренно, прошло за первую секунду 1 м, за вторую – 2 м, какова его начальная скорость?
4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. За какое время тело пройдет путь, равный 50 м?
5. Тело начинает двигаться вдоль прямой с постоянным ускорением. Через 30 мин ускорение тела меняется по направлению на противоположное, оставаясь таким же по величине. Через какое время от начала движения тело вернется в исходную точку? Ответ представьте в минутах и округлите до десятых.

### Выводы и предложения по данной практической работе

Любое равномерное движение, происходящее с постоянной скоростью  $\vec{v}$  вдоль произвольной прямой, можно разложить на два независимых равномерных и прямолинейных движения вдоль осей  $OX$  и  $OY$   $v_x$  и  $v_y$ . Скорость тела в любой точке

траектории  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  и направлена по касательной к траектории движения.

### Контрольные вопросы

1. Сформулировать основную задачу кинематики.
2. Раскрыть суть понятий «траектория», «путь», «перемещение», «скорость», «ускорение».
3. Пояснить, что такое система отсчета, система координат.
4. Приведите уравнения равномерного прямолинейного движения.
5. Приведите уравнения равноускоренного прямолинейного движения.

### Практическая работа № 4

#### Тема: Кинематика вращательного движения

**Цель занятия:** закрепить понятия: «угловая скорость», «угловое ускорение», «частота вращения», «период». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме занятия.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Кинематика вращательного движения»; 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

## **Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Угловая скорость. 2.Угловое ускорение. 3.Связь линейных и угловых величин. 4.Частота вращения. 5.Период обращения.

### **Алгоритм 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

Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

Дано:  $\omega=20$  рад/с,  $N=10$  об

Найти:  $\varepsilon$ -?

### Решение

При равномерном вращательном движении имеют место следующие два уравнения:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2 / 2 \quad \text{и} \quad \omega = \omega_0 + \varepsilon t.$$

По условию  $\omega_0=0$ , тогда эти уравнения примут вид:  $\varphi = \varepsilon t^2 / 2$  и  $\omega = \varepsilon t$ .

Решая их и учитывая, что  $\varphi = 2\pi N$ , получим окончательно  $\varepsilon = \omega^2 / 4\pi N = 3,2$  рад/с.

### Задача 2

Колесо радиусом 10 см вращается с постоянным угловым ускорением 3,14 рад/с<sup>2</sup>. Найти для точек на ободе колеса к концу первой секунды после начала движения: 1) угловую скорость, 2) линейную скорость, 3) тангенциальное ускорение, 4) нормальное ускорение, 5) полное ускорение и 6) угол, составляемый направлением полного ускорения с радиусом колеса.

Дано:  $R=0,1$  м,  $\varepsilon=3,14$  рад/с<sup>2</sup>

Найти:  $\omega$  - ?  $v$  - ?  $a_\tau$  - ?  $a_n$  - ?

### Решение

1) При равнопеременном вращательном движении угловая скорость  $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ .

По условию  $\omega_0 = 0$ , тогда  $\omega = \varepsilon t$ , т.е.  $\omega$  растет пропорционально времени. К концу первой секунды  $\omega = 3,14$  рад/с.

2) Так как  $v = \omega R$ , то линейная скорость также пропорционально времени. К концу первой секунды  $v = 3,14$  м/с.

3) Тангенциальное ускорение  $a_t = \varepsilon R$  не зависит от времени  $t$ .

В нашем случае  $a_t = 0,314$  м/с<sup>2</sup>.

4) Нормальное ускорение  $a_n = \omega^2 R = \varepsilon^2 t^2 R$ , т.е. нормальное ускорение растет пропорционально квадрату времени: при  $t=1$  с  $a_n = 0,986$  м/с<sup>2</sup>.

5) Полное ускорение растет со временем по закону (см. рис.):

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_t \sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}. \quad \text{При } t=1 \text{ с } a = 1,03 \text{ м/с}^2.$$

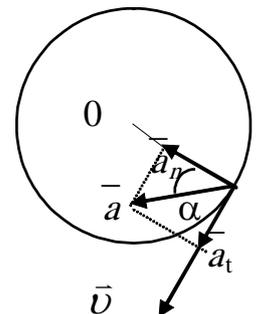
6) Имеем  $\sin \alpha = \frac{a_t}{a} = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}}$ , где  $\alpha$  - угол, составляемый

направлением полного ускорения с радиусом колеса.

В начальный момент времени, т.е. при  $t=0$ ,  $a = a_t$  - полное ускорение направлено по касательной.

При  $t \rightarrow \infty$   $a = a_n$  (так как  $a_t = \text{const}$  и  $a_n$  пропорционально времени), т.е. при  $t \rightarrow \infty$  полное ускорение направлено по нормали.

К концу первой секунды  $\sin \alpha = a_t / a_n = 0,314 / 1,03 = 0,305$ , т.е.  $\alpha = 17^\circ 46'$ .



### Задания для самоконтроля

1. Даны кинетические уравнения движения точки по окружности:  $S = 2t$  и  $\varphi = 5t$ . На каком расстоянии от оси вращения находится удаленная точка?

2. Во сколько раз линейная скорость конца минутной стрелки часов больше линейной скорости часовой стрелки, если минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой?

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

Угловая скорость и угловое ускорение являются аксиальными векторами, их направления совпадают с осью вращения.

Угловая скорость тела при равнопеременном вращении  $\omega = \omega_0 + \epsilon t$ .

Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими вращение материальной точки, выражается следующими формулами:

Длина пути, пройденного точкой по дуге окружности радиусом  $R$ :

$$s = \varphi R \quad (\varphi - \text{угол поворота тела}).$$

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулировать основную задачу кинематики, раскрыть суть понятий «угловая скорость», «угловое ускорение», «радиус-вектор».
2. Приведите связь между линейными и угловыми величинами при вращательном движении.
3. Поясните, что такое аксиальный вектор.
4. Поясните, что такое полярная система координат.

## **Практическая работа № 5**

### **Тема: Относительность механического движения**

**Цель занятия:** закрепить знания по темам: «Относительность механического движения», «Принцип относительности Галилея». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон сложения скоростей»; 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Абсолютная скорость. 2. Относительная скорость. 3. Переносная скорость. 4. Закон сложения скоростей.

#### Задача 1

В течение какого времени скорый поезд длиной 150 м, идущий со скоростью 72 км/ч, будет проходить мимо товарного поезда длиной 300 м, идущего навстречу со скоростью 36 км/ч?

**Дано:**

$$l_1 = 150 \text{ м}$$

$$v_1 = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$$

$$l_2 = 300 \text{ м}$$

$$v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$t = ?$$

**Решение:**

$$t = \frac{l_1 + l_2}{v_{\text{отн}}}; \quad \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1; \quad v_{\text{отн}} = v_2 - (-v_1) = v_2 + v_1;$$

$$t = \frac{l_1 + l_2}{v_1 + v_2} = \frac{150 + 300}{20 + 10} = 15 \text{ (с)}.$$

*Ответ:*  $t = 15 \text{ с}.$

#### Задача 2

Вагон шириной 2,4 м, движущийся со скоростью 15 м/с, был пробит пулей, летевшей перпендикулярно к движению вагона. Смещение отверстий в стенках вагона относительно друг друга равно 6 см. Какова скорость пули?

**Дано:**

$$b = 2,4 \text{ м}$$

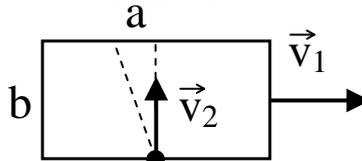
$$v_1 = 15 \text{ м/с}$$

$$l_2 = 300 \text{ м}$$

$$a = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$$

$$v_2 = ?$$

**Решение:**



Время, за которое пуля пролетает расстояние, равное ширине вагона, и время смещения одинаково:

$$t = \frac{b}{v_2}; \quad t = \frac{a}{v_1}.$$

Тогда 
$$\frac{b}{v_2} = \frac{a}{v_1}.$$

Следовательно, 
$$v_2 = \frac{bv_1}{a} = \frac{2.4 \cdot 15}{0.06} = 600 \text{ (м/с)}.$$

*Ответ:*  $v_2 = 600 \text{ м/с}.$

#### **Задания для самоконтроля**

1. Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир, идущий вверх по движущемуся эскалатору.

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

В практике движение одного и того же тела рассматривают в разных системах отсчета, при этом кинематические характеристики движения при переходе из одной системы отсчета в другую могут изменяться или оставаться одинаковыми. С точки зрения кинематики все системы отсчета пригодны для описания движения тел, выбор системы отсчета определяется соображениями удобства, целесообразности.

#### **Контрольные вопросы**

1. Поясните, что такое инвариантные величины в кинематике.
2. Поясните, что такое относительные величины в кинематике.
3. Поясните, что такое абсолютная скорость.
4. Поясните, что такое переносная скорость.
5. Поясните, что такое относительная скорость.

### **Практическая работа № 6**

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

**Цель занятия:** изучить законы 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 № 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### **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  $P_1 = N_1$ ,  $P_1 = ma + mg$ ,  $P_1 = 3,84 \text{ кН}$ .

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

т.е.  $P_2 = mg - ma$ ,  $P_2 = 2,04 \text{ кН}$ .

*Ответ:*  $P_1 = 3,84 \text{ кН}$ ,  $P_2 = 2,04 \text{ кН}$ .

**Задача 2:**

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

Дано:

$$P = P_{\text{п}} / 2,$$

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

Найти:

$T$  - ?

**Решение.**

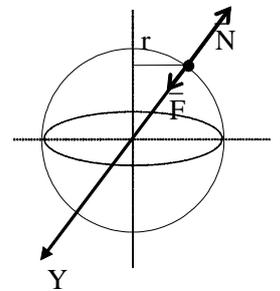
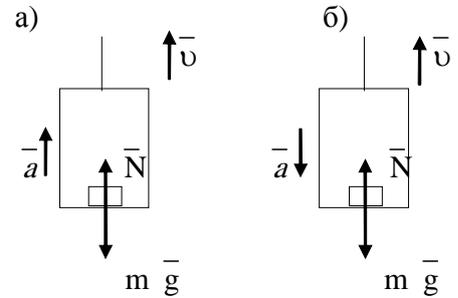
На тело, находящееся на поверхности планеты, действуют:  $\vec{F}$  – сила тяготения со стороны планеты,  $\vec{N}$  – сила нормальной реакции планеты. По определению,

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

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

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

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



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

в скалярной форме относительно оси  $Y$ :  $F - N = ma_n$ , (2)

или  $(4/3)G\pi R\rho m - N = ma_n$ . (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  $(4/3)G\pi R\rho m - N = 0$ ,

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

$N_{\text{п}}$  - 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,  $P_{\text{э}} = P_{\text{п}}/2$ . Поскольку  $P = N$ , то  $N = N_{\text{п}}/2$ , 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?
4. Чему равен модуль ускорения автомобиля массой 1000 кг при торможении на горизонтальной поверхности, если коэффициент трения об асфальт равен 0,4?

### Выводы и предложения по данной практической работе

Механику (динамику), основанную на законах Ньютона, называют ньютоновской или классической механикой. Классическая механика оказывается верной для очень широкого круга явлений. С ее помощью рассчитывают движение автомобилей, искусственных спутников, жидкостей и газов и т.д.

## Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основную задачу динамики, раскройте суть понятий «сила», «масса», «ускорение».
2. Поясните, какие системы отсчёта являются инерциальными, а какие – неинерциальными? Приведите примеры таких систем.
3. Сформулируйте первый закон Ньютона. В чем состоит явление инерции?
4. Сформулируйте второй закон Ньютона.
5. Сформулируйте второй закон Ньютона.
6. Поясните, как направлено ускорение тела, вызванное действующей на него силой. Если на тело действует несколько сил, как определяется равнодействующая сил?
7. Сформулируйте третий закон Ньютона. Как направлены силы взаимодействия? Выполняется ли третий закон Ньютона при взаимодействии на расстоянии или только путём непосредственного контакта?
8. Поясните, что называют весом тела? В чем различие между силой тяжести и весом тела, действующим на тело?
9. Поясните, какую силу называют силой тяжести? По какой формуле определяют модуль силы тяжести?
10. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Раскройте суть понятий «гравитационное поле», «сила тяжести», «вес тела», «невесомость».

## Практическая работа № 7

### Тема: Решение задач по теме «Закон сохранения импульса»

**Цель занятия:** закрепить понятие импульса тела; импульса силы; рассмотреть второй закон Ньютона в импульсной форме. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение закона сохранения импульса.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон сохранения импульса»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 5.

### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

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

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Импульс тела. 2.Импульс силы. 3.Второй закон Ньютона в импульсной форме. 4. Закон сохранения импульса.

### **Алгоритм решения задач динамики**

1. Определить, какие тела входят в систему и замкнута ли она.
2. Сделать рисунок, на котором обозначить направления осей координат, векторов импульса тел до и после взаимодействия.
3. Записать в векторном виде закон сохранения импульса.
4. Записать закон сохранения импульса в проекциях на оси координат.
5. Из полученного выражения найти искомую величину и вычислить ее значение.

### **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:*

$$m_1=10^4 \text{ кг}$$

$$m_2=5 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$m_3=100 \text{ кг}$$

$$v_0=500 \text{ м/с}$$

$$v_1=5 \text{ м/с}$$

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

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

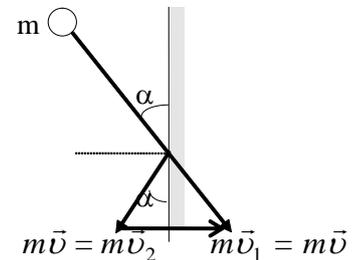
Дано:  $m, v, \alpha$ .

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.:  $F\Delta t = 2mv \sin \alpha$ .

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 продолжат 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 200 г, 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**

Важно усвоить понятия механики, 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. Сформулировать основную задачу динамики, раскрыть суть понятий «сила», «масса», «импульс».
2. Поясните понятия «импульс тела», «импульс силы».
3. Сформулируйте второй закон Ньютона в импульсной форме.
4. Поясните, как направлено ускорение тела, вызванное действующей на него силой. Если на тело действует несколько сил, как определяется равнодействующая сил?
5. Сформулируйте закон сохранения импульса. Дать определение импульса тела.

### **Практическая работа № 8**

#### **Тема: Закон сохранения механической энергии**

**Цель занятия:** закрепить понятия «энергия», «потенциальная энергия», «кинетическая энергия». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение закона сохранения механической энергии.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон сохранения механической энергии»; 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

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

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Энергия. 2.Консервативные силы. 2.Потенциальная энергия. 3.Кинетическая энергия. 4.Закон сохранения механической энергии.

### **Алгоритм решения задач**

1. Сделать схематический чертеж, указать на нем энергетические состояния системы.
2. Проверить систему на замкнутость. Если система замкнута, можно применить закон сохранения механической энергии.
3. Если система тел не замкнута, то изменение механической энергии системы равно работе внешних сил.
4. При необходимости использовать кинематические формулы и формулы динамики.

### **Задача 1**

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:

$$m_1=0,5 \text{ кг,}$$

$$m_2=1 \text{ кг,}$$

$$k=9,8 \cdot 10^2 \text{ Н/м,}$$

$$v_1=5 \text{ м/с.}$$

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:

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

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

$$x = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

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

## Задания для самоконтроля

1. Определить кинетическую энергию тела массой 1 кг, брошенного горизонтально со скоростью 20 м/с в конце четвертой секунды его движения.
2. К одному концу нити длиной 1 подвешен груз массой 1 кг, другой конец укреплен неподвижно. На какой угол нужно отвести груз от положения равновесия, чтобы при прохождении груза через это положение нить испытывала силу натяжения 15 Н? Сопротивлением воздуха пренебречь.
3. Небольшой шарик соскальзывает без трения по наклонному желобу, переходящему в «мертвую петлю» радиусом R с высоты  $h = 3R$ . С какой силой давит шарик в нижней и верхней точках петли?
4. Тело массой 1 кг с начальной скоростью 14 м/с падает с высоты 300 м и углубляется в песок на глубину 50 см. Найдите среднюю силу сопротивления почвы. Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ представьте в килоньютонах и округлите до целого числа.

**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 кинетической энергии, потенциальной энергии.
2. Сформулировать закон сохранения механической энергии. Раскрыть суть закона сохранения полной механической энергии в поле потенциальных сил.
3. Раскрыть суть понятий «работа силы», «работа потенциальных сил», «мощность», «механическая энергия».

## Практическая работа № 9

### Тема: Решение задач по теме «Основы молекулярно-кинетической теории газов»

**Цель занятия:** закрепить смысл физических величин: давление, число степеней свободы молекулы, средняя кинетическая энергия частиц вещества. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение основного уравнения кинетической теории газов, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Основное уравнение МКТ»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 9.

#### 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, 2018 год.

2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

##### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.

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., 2019.

4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018

5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

#### 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.

#### 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:  $p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$  и  $p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2$ .

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 сосуде находится  $3,59 \cdot 10^{20}$  молекул азота, которые оказывают на стенки сосуда давление 20 кПа. Каков объем сосуда, если средняя квадратичная скорость молекул 300 м/с?

Дано:  $N=3,59 \cdot 10^{20}$ ;  $p=20$  кПа= $2 \cdot 10^4$  Па;  $v=300$  м/с;  $\mu=28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль

*Найти:  $V$  - ?*

### Решение

Объем сосуда можно найти, зная  $n$  - число молекул в единице объема:  $V = N/n$ .

Для отыскания  $n$  воспользуемся основным уравнением молекулярно-кинетической теории:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2.$$

Откуда  $n = 3p / (m_0 v^2)$ .

Масса одной молекулы азота  $m_0 = \mu / N_A$ , объем сосуда  $V = \mu n v^2 / (3p N_A)$

$$V = 28 \cdot 10^{-3} \cdot 3,59 \cdot 10^{20} \cdot 9 \cdot 10^4 / (3 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{23}) \approx 8 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}.$$

### Задача 4

Определить плотность газа, если средняя квадратичная скорость его молекул 1800 м/с, давление  $2 \cdot 10^4$  Па.

Дано:  $v_{\text{кв}}=1800$  м/с;  $p=2 \cdot 10^4$  Па.

*Найти:  $\rho$  - ?*

### Решение

Плотность газа может быть выражена следующим образом:  $\rho = n m_0$ .

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v_{\text{кв}}^2 = \frac{1}{3} \rho v_{\text{кв}}^2.$$

Отсюда  $\rho = 3p / v_{\text{кв}}^2$ .

$$\rho = 3 \cdot 2 \cdot 10^4 / (18^2 \cdot 10^4) \approx 0,014 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

### Задача 5

Найти среднюю квадратичную скорость, среднюю кинетическую энергию поступательного движения и среднюю полную кинетическую энергию молекул гелия и азота при температуре 27°C. Определить полную энергию всех молекул 100 г каждого из газов.

Дано:  $\mu_1=4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;  $\mu_2=28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;  $m_1=m_2=m=100\text{г}=0,1$  кг.

*Найти:  $v_{\text{кв}}$  - ?  $\epsilon_n$  - ?  $\epsilon$  - ?  $U$  - ?*

### Решение

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы любого газа определяется его абсолютной температурой:  $\epsilon_n = \frac{3}{2} kT$ , где  $k$  - постоянная Больцмана. Средняя квадратичная скорость молекул газа зависит от массы его молекул (следовательно, и от молярной массы):

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}.$$

Средняя полная энергия молекулы зависит не только от температуры, но и от структуры молекул - от числа  $i$  степеней свободы  $\varepsilon = \frac{i}{2} kT$ . Полная кинетическая энергия всех молекул равна для идеального газа его внутренней энергии:  $U = \varepsilon N$ , где  $N$  - число всех молекул.

$N$  определим из соотношения:  $N = N_A m / \mu \Rightarrow U = \frac{i}{2} k T N_A m / \mu = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T$ .

Для гелия  $v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu_1}} = 1370$  м/с; для азота:  $v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu_2}} = 517$  м/с.

Гелий - одноатомный газ, следовательно,  $i=3$ , тогда

$$\varepsilon_{n1} = \varepsilon_{n2} = \varepsilon_1 = \frac{3}{2} kT = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}; \quad U_1 = (3/2)(m/\mu_1)RT = 9,35 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

Азот - двухатомный газ, следовательно,  $i=5$  и

$$\varepsilon_2 = \frac{5}{2} kT = 10,4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}; \quad U_2 = (5/2)(m/\mu_2)RT = 2,23 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

### 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?

### Выводы по данной практической работе:

Основное уравнение кинетической теории газов

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \overline{\varepsilon_i}$$

где  $n$  - число молекул в единице объема (концентрация -  $n = N/V$ ),  $m_0$  - масса молекулы,  $\overline{\varepsilon_i} = \frac{3}{2} kT$  - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы,  $k = R / N_A = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - постоянная Больцмана.

### Контрольные вопросы

1. Поясните, какие положения лежат в основе молекулярно-кинетической теории.
2. Поясните, что называют молекулой, атомом.
3. Поясните, 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. Дайте определение абсолютной температуры. Чему равен абсолютный нуль температуры по шкале Цельсия?
6. Объясните, почему температура - это мера средней кинетической энергии газа.
7. Запишите основное уравнение МКТ идеального газа.

## Практическая работа № 10

### Тема: Решение задач по теме «Уравнение Клапейрона-Менделеева»

**Цель занятия:** закрепить смысл физических величин: плотность вещества, концентрация вещества, масса, молярная масса, универсальная газовая постоянная, абсолютная температура, давление газа. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Уравнение Клапейрона-Менделеева»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 8.

#### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

##### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

## Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Плотность вещества. 2. Концентрация вещества. 3. Масса. 4. Молярная масса. 5. Универсальная газовая постоянная. 6. Абсолютная температура. 7. Средняя кинетическая энергия частиц вещества. 8. Давление газа.

### 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

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 2

Нагреватель тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, имеет температуру  $t_1 = 200^\circ \text{C}$ . 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:*  $T_2 = 284 \text{ К}$ .

### 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

Вспользуемся 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:

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

После вычисления получим:

$$p_2 = 3,64 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

### Задания для самоконтроля

1. 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.

2. 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?
3. Аквариум наполовину заполнен водой. С какой силой давит вода на стенку аквариума длиной 50 см, если высота стенок аквариума 40 см? Плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>.

**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. Дайте определение понятий «масса», «плотность вещества», «концентрация вещества».
2. Дайте определение понятий «моль вещества», «молярная масса».
3. Поясните физический смысл универсальной газовой постоянной.
4. Раскройте суть уравнения Клапейрона-Менделеева.

## Практическая работа № 11

### Тема: Решение задач по теме «Изопроцессы в идеальном газе»

**Цель занятия:** закрепить смысл законов для изопроцессов в идеальном газе. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Изопроцессы в идеальном газе»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 9.

### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы:**

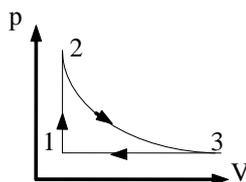
**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Газовые законы. 2.Изопроцессы. 3. Изотермический процесс. 4. Изобарный процесс. 5. Изохорный процесс.

**Алгоритм решения задач**

1. Записать краткое условие задачи и выяснить, что необходимо найти.
2. Представить, какой газ участвует в том или ином процессе.
3. Определить давление, объем и температуру, характеризующие каждое состояние газа.
4. Записать уравнение объединенного газового закона для данных состояний.
5. Если в процессе один из параметров состояния газа остается неизменным, применить закон Бойля-Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.
6. Записать математически все вспомогательные условия.
7. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

**Задания для самоконтроля**

1. 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  $p, T$
2. 12 г газа занимает объем 4 л при температуре  $7^{\circ}\text{C}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равной  $0,6 \text{ кг/м}^3$ . До какой температуры нагрели газ?
3. 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**

Многие процессы в газах, происходящие в природе и осуществляемые в технике, происходят так, что изменяются только два параметра состояния газа. Мы рассмотрели три таких процесса: изотермический, изохорный, изобарный.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение изопрцесса в идеальном газе.
2. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта для изотермического процесса.
3. Сформулируйте закон Гей-Люссака для изобарного процесса.
4. Сформулируйте закон Шарля для изохорного процесса.
5. Изобразите графики изопрцессов на диаграммах P-V, P-T, V-T.

## Практическая работа № 12

### Тема: Решение задач по теме « Основы 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 «Основы термодинамики»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 10.

### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

#### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018

5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Газовые законы. 2. Изопроцессы. 3. Работа газа. 4. Количество теплоты. 5. Внутренняя энергия. 6. Первое начало термодинамики.

### Алгоритм решения задач

7. Записать краткое условие задачи и выяснить, что необходимо найти.
8. Перевести значения физических величин в Международную систему единиц (СИ), при необходимости.
9. Сделать анализ условия задачи, при необходимости выполнить рисунок.
10. Записать формулы, связывающие физические величины, характеризующие рассматриваемое явление.
11. Решить полученные уравнения.
12. Проанализировать полученный результат.

### Задача 1

Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Исходное состояние одноатомного газа соответствует давлению  $5 \text{ атм}$ , температуре  $300\text{К}$  и объему  $2 \text{ л}$ . В конце изотермического расширения объем стал равен  $5 \text{ л}$ , а в конце адиабатического -  $8 \text{ л}$ . Найти КПД цикла, работу за один цикл, количество теплоты, взятого от нагревателя и переданного холодильнику за один цикл.

*Дано:*  $V_1=2\text{л}=2\cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ,  $p_1=5\text{атм}=5,1013\cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $T_1=300\text{К}$ ,

$V_2=5\cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ,  $V_3=8\cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  —————.

*Найти:*  $\eta$  - ?  $A$  - ?  $Q_1$  - ?  $Q_2$  - ?

*Решение.* При изотермическом расширении из первого состояния во второе изменение внутренней энергии  $\Delta U=0$ . Поэтому, исходя из первого закона термодинамики, найдем это количество полученной от нагревателя теплоты  $Q_1$ , равной работе при расширении газа:  $Q_1=A_1=(m/\mu) RT \ln (V_2/V_1)$ . Используя условие задачи, находим:  $m/\mu=p_1 V_1/(RT_1)$ . Тогда

$$Q_1=p_1 V_1 \ln (V_2/V_1).$$

$$\text{КПД цикла Карно } \eta=(T_1-T_2)/T_1.$$

Температуру холодильника найдем, используя уравнение Пуассона

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} : T_2= T_1 (V_2 / V_3)^{\gamma-1}. \text{ Следовательно, } \eta=1-(V_2 / V_3)^{\gamma-1}.$$

КПД тепловой машины выражается формулой  $\eta=(Q_1-Q_2)/Q_1$ , откуда

$$Q_2=(1-\eta)\cdot Q_1.$$

Работа за один цикл  $A= Q_1-Q_2$ .

$$Q_1=5\cdot 10^5 \cdot 2\cdot 10^{-3} \ln (5/2) \approx 10^3 \text{ (Дж)}.$$

Для одноатомного газа  $\gamma=(3+2)/3\approx 1,6$ , тогда  $\eta=1 - (5/8)^{1,6-1}=0,24$ .

$$Q_2= 10^3 \cdot 0,76 =760 \text{ (Дж)}.$$

$$A=240 \text{ (Дж)}.$$

## Задача 2

Нагреватель тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, имеет температуру  $t_1 = 200^\circ\text{C}$ . 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:  $T_1=473\text{K}$ ,  $Q_1=1\text{ Дж}$ ,  $A=0,4\text{ Дж}$ .

Найти:  $T_2$  - ?

### Решение

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

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

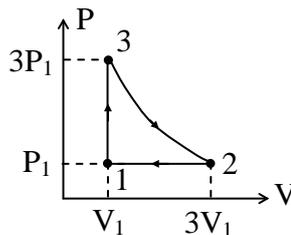
Термический КПД тепловой машины выражает отношение количества теплоты, которое превращено в механическую работу  $A$ , к количеству теплоты  $Q_1$ , которое получено рабочим телом тепловой машины из внешней среды (от нагревателя), т.е.  $\eta = A / Q_1$ . Подставив это выражение в формулу (1), найдем: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

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

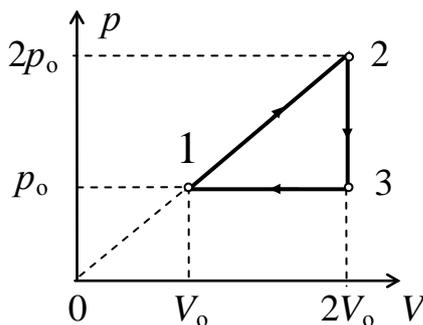
Ответ:  $T_2 = 284\text{ К}$ .

### Задания для самоконтроля

1. В идеальном тепловом двигателе абсолютная температура нагревателя в 4 раза больше абсолютной температуры холодильника. Если, не меняя температуры нагревателя, повысить температуру холодильника на 25%, то КПД этого двигателя станет равным.
2. При изготовлении льда в холодильнике потребовалось 5 мин для того, чтобы охладить воду от  $4^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  и еще 1 ч 40 мин, чтобы превратить ее в лед. Определите удельную теплоту плавления льда.
3. Изобразить процесс изменения состояния 1 моль идеального газа, представленный на рисунке, в координатах  $(p, V)$  и  $(p, T)$ . Найти: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу; 3) количество теплоты, переданное газу.



4. Тепловая машина, рабочим телом которой является 1 моль идеального газа, совершает замкнутый цикл, изображенный на рисунке. Найдите КПД машины. Ответ представьте в процентах и округлите до целого числа.



**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. Дать определение количества теплоты.
2. Дать определение работы газа.
3. Дать определение внутренней энергии системы, внутренней энергии идеального газа.
4. Раскрыть физическую природу работы и теплоты как формы передачи энергии.
5. Как формулируется первый закон термодинамики? Примените этот закон для известных Вам изопроцессов.
6. Объясните принцип действия тепловой машины.
7. Дайте определение КПД теплового двигателя.
8. Расскажите о цикле Карно.

### **Практическая работа № 13**

#### **Тема: Решение задач по теме «Закон Кулона»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «сила», «электрический заряд», «взаимодействие зарядов». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение закона Кулона.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон Кулона»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 13.

#### **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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

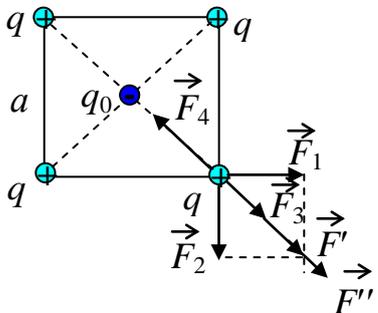
1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
2. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Сила. 2. Взаимодействие зарядов. 3. Закон сохранения заряда. 4. Закон Кулона.

**Задача 1**

Четыре одинаковых положительных точечных заряда  $3 \cdot 10^{-9}$  Кл находятся в вершинах квадрата. Найдите величину заряда, помещенного в центр квадрата, при котором система находится в равновесии. Ответ представьте в нанокюлонах и округлите до десятых.

Дано:	Решение:	
$q = 3 \cdot 10^{-9}$ Кл		
$q_0 = ?$		

Так как по условию задачи система находится в равновесии, то должно выполняться условие равновесия.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0.$$

Так как заряды в вершинах квадрата одинаковы, расстояние между ними одинаковы, то и силы, действующие на эти заряды, будут одинаковы. Поэтому на рисунке для простоты расставим силы только на один заряд. Чтобы вся система находилась в равновесии, в центр квадрата необходимо поместить отрицательный заряд.

Сила, действующая на заряд, называется кулоновской силой и определяется она по закону Кулона.

$$F_k = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2},$$

где  $k - \text{const}$ ,  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды. Так как среда в задаче не указана, считаем, что  $\epsilon = 1$ ,  $r$  - расстояние между зарядами.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

$\pi = 3,14$ ,  $\epsilon_0$  - электрическая постоянная.

$$\epsilon_0 = 8,75 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Тогда, подставив численные значения, получим значение  $k$ .

$$k = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,75 \cdot 10^{-12}} = 9 \cdot 10^9 (\text{м}/\Phi).$$

Пусть сторона квадрата будет  $a$ .

Из рисунка видно, что

$$F_1 = F_2 = k \frac{q^2}{a^2}. \quad F_3 = k \frac{q^2}{2a^2} = 0,5 k \frac{q^2}{a^2}. \quad F_4 = 2k \frac{|q||q_0|}{a^2}.$$

Сначала просуммируем силы  $F_1$  и  $F_2$ .

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}'.$$

В скалярном виде результирующая сила находится по теореме Пифагора.

$$F' = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = F_1 \sqrt{2} = 1,4 \frac{kq^2}{a^2}.$$

Теперь удобно сложить силы  $F_3$  и  $F'$ . Они направлены по одной прямой в одну сторону. следовательно, их результирующая  $F''$  будет равна их скалярной сумме.

$$F'' = F' + F_3 = 1,4 \frac{kq^2}{a^2} + 0,5 \frac{kq^2}{a^2} = 1,9 \frac{kq^2}{a^2}.$$

Осталось сложить две силы  $F_4$  и  $F''$ . Эти силы в сумме должны давать ноль (условие равновесия). Согласно рисунку они направлены по одной прямой в противоположные стороны. Значит, модули этих сил должны быть равны.

$$2 \frac{k|q||q_0|}{a^2} = 1,9 \frac{kq^2}{a^2}.$$
$$2|q_0| = 1,9 q.$$

Тогда величина заряда, помещенного в центр квадрата

$$|q_0| = 0,95 q.$$
$$|q_0| = 0,95 q.$$

$$q_0 = -0,95 q = -0,95 \cdot 3 \cdot 10^{-9} = -2,85 \cdot 10^{-9} (\text{Кл}) \approx -2,9 (\text{нКл}).$$

Ответ:  $q_0 = -2,9$  нКл

## Задача 2

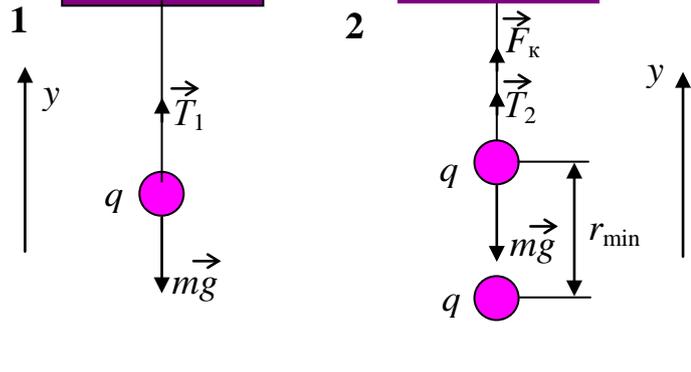
Маленький шарик массой 100 мг и зарядом 16,7 нКл подвешен на нити. На какое расстояние надо подвести к нему снизу одноименный и равный ему заряд, чтобы сила натяжения нити уменьшилась вдвое? Принять  $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ ,  $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$ . Ответ представьте в сантиметрах и округлите до целого числа.

**Дано:**

$$m = 100 \text{ мг} = 10^{-4} \text{ кг}$$
$$q = 16,7 \text{ нКл} = 16,7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$
$$T_1 = 2 T_2$$
$$k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$$
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$r_{\min} = ?$$

**Решение:**



1. В первом случае сила тяжести шарика уравнивается силой натяжения нити.

$$T_1 = mg.$$

2. Во втором случае с появлением одноименного заряда первый шарик приподнимается вверх за счет кулоновской силы отталкивания. Сила натяжения нити при этом уменьшается (в 2 раза – по условию задачи). И шарик вновь достигает положения равновесия.

$$T_2 = mg - F_k.$$

Но по условию  $T_1 = 2 T_2$ .

$$mg = 2 mg - 2F_k,$$
$$mg = 2 mg - 2 \frac{kq^2}{r_{\min}^2},$$
$$2 \frac{kq^2}{r_{\min}^2} = mg.$$

Выразим отсюда расстояние  $r_{\min}$ , на которое надо подвести снизу одноименный и равный заряд.

$$r_{\min}^2 = 2 \frac{kq^2}{mg},$$
$$r_{\min} = q \sqrt{\frac{2k}{mg}} = 16,7 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9}{10^{-4} \cdot 10}} = 70,9 \cdot 10^{-3} (\text{м}) = 0,07 (\text{м}) = 7 (\text{см}).$$

*Ответ:*  $r_{\min} = 7 \text{ см}$

### Задания для самоконтроля

1. Два одинаковых заряженных шарика притягиваются друг к другу. После того как шарики привели в соприкосновение и раздвинули на расстояние в 2 раза большее, чем прежде, сила взаимодействия между ними уменьшилась в 12 раз. Каков максимальный заряд (по величине) первого шарика, если заряд второго шарика был равен  $10^{-9}$  Кл? Ответ представьте в нанокюлонах.
2. Два маленьких одинаковых металлических шарика несут разноименные заряды  $+q$  и  $-5q$ . Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменился модуль силы взаимодействия шариков?

**Выводы и предложения по данной практической работе:** закон Кулона применим для неподвижных точечных зарядов, т.е. зарядов, распределенных на телах, линейные размеры которых малы по сравнению с расстоянием между ними.

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте закон Кулона.
2. Запишите формулу для закона в векторной форме. Определить границы применимости этого закона.
3. Приведите минимальный заряд, который известен в настоящее время.
4. Поясните, как взаимодействуют электрические заряды.
5. Рассчитайте, во сколько раз кулоновская сила отталкивания протонов больше силы их гравитационного притяжения.
6. Сформулируйте закон сохранения заряда.

### **Практическая работа № 14**

**Тема: Решение задач по теме «Напряженность электростатического поля»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «электростатическое поле», «электрический заряд», «напряженность электростатического поля», «принцип суперпозиции полей».

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на определение напряженности электростатического поля, на применение принципа суперпозиции полей, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Напряженность электростатического поля»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 11.

#### **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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).

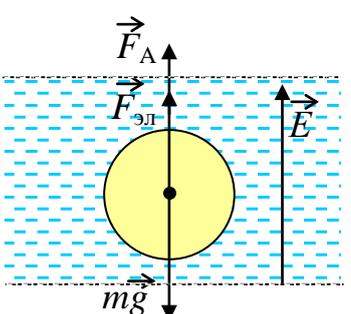
- Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
- Самойленко П.И. Сборник задач по физике для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
- Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
- Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Электростатическое поле. 2.Напряженность электрического поля. 3.Принцип суперпозиции полей.

#### Задача 1

Шар, диаметр которого 1 см и заряд 1 мкКл, погружен в масло плотностью 800 кг/м<sup>3</sup>. Плотность материала шара 8600 кг/м<sup>3</sup>. Определите направленную вертикально вверх напряженность электрического поля, в которое надо поместить шар, чтобы он находился в равновесии. Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ представьте в киловольтах на метр и округлите до целого числа.

Дано:	Решение:	
$d = 10^{-2} \text{ м}$ $q = 10^{-6} \text{ Кл}$ $\rho_m = 800 \text{ кг/м}^3$ $\rho_{ш} = 8600 \text{ кг/м}^3$ $g = 10 \text{ м/с}^2$		<p>Шар плавает в масле. Значит все силы, действующие на него, скомпенсированы.</p> $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 -$ <p>первое условие равновесия.</p> $F_A + F_{эл} = mg,$

$$\rho_m g V + qE = \rho_{ш} Vg.$$

Из полученного выражения найдем напряженность электрического поля.

$$E = \frac{\rho_{ш} - \rho_m}{q} gV,$$

где  $V$  – объем шара.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{d}{2} \right)^3 = \frac{\pi d^3}{6}.$$

Тогда

$$E = \frac{\rho_{ш} - \rho_m}{q} \cdot \frac{g \pi d^3}{6} = \frac{8600 - 800}{10^{-6}} \cdot \frac{10 \cdot 3,14 \cdot 10^{-6}}{6} = 40820 \text{ (В/м)} = 41 \text{ (кВ/м)}.$$

Ответ:  $E = 41 \text{ кВ/м}$

### Задания для самоконтроля

1. Вдоль линий напряженности однородного электрического поля движется, замедляясь, электрон. В некоторый момент скорость электрона  $1,8 \text{ Мм/с}$ . Какова напряженность поля, если скорость электрона уменьшилась вдвое через  $0,1 \text{ мкс}$ ? Удельный заряд электрона принять равным  $1,8 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$ .
2. В вершинах острых углов ромба со стороной  $1 \text{ м}$  помещены положительные заряды по  $1 \text{ нКл}$ , а в вершине одного из тупых углов — положительный заряд  $5 \text{ нКл}$ . Определите напряженность электрического поля в четвертой вершине ромба, если меньшая диагональ ромба равна его стороне,  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ .

**Выводы и предложения по данной практической работе:** по принципу суперпозиции электрических полей, напряженность результирующего поля, созданного несколькими точечными зарядами, равна векторной (геометрической) сумме напряженностей складываемых полей.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите, какая величина характеризует силовое действие электростатического поля на пробный заряд в рассматриваемой точке.
2. Сформулируйте определение напряженности электрического поля, Какова единица напряженности?
3. Поясните, как напряженность поля, созданного точечным зарядом, зависит от расстояния. Запишите ее выражение.
4. Поясните, что такое силовые линии напряженности электрического поля.
5. Укажите, где начинаются и заканчиваются линии напряженности электрического поля.
6. Поясните, какое электростатическое поле называют однородным.
7. Поясните, почему внутри проводящей сферы напряженность электростатического поля равна нулю.

### Практическая работа № 15

**Тема: Решение задач по теме «Потенциал электростатического поля»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «потенциальная энергия», «работа электрического поля», «потенциал электростатического поля», «связь напряженности и потенциала». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи по теме «Потенциал электростатического поля», пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Потенциал электростатического поля»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 12.

**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, 2018 год.

- Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
- 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», 2018. – 432с.
- 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

- Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
- Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
- 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., 2019.
- Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
- Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

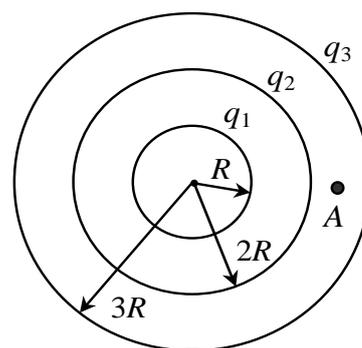
**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Потенциальная энергия. 2. Работа электрического поля. 3. Потенциал электростатического поля. 4. Связь напряженности и потенциала.

**Задача 1**

Точечный заряд  $q$  создает на расстоянии  $R$  от него электрическое поле с потенциалом  $\varphi_1 = 10$  В. Три концентрические сферы радиусами  $R$ ,  $2R$  и  $3R$  имеют равномерно распределенные по их поверхностям заряды

$q_1 = + 2q$ ,  $q_2 = - q$ ,  $q_3 = + q$  соответственно (см. рисунок).



Каков потенциал поля в точке А, отстоящей от центра сфер на расстоянии  $2,5 R$ ? Ответ представьте в единицах СИ и округлите до десятых.

Дано:	Решение:
$q_0 = q$ $R_1 = R$ $\varphi_0 = 10 \text{ В}$ $q_1 = 2q$ $q_2 = -q$ $q_3 = +q$ $R_A = 2,5R$	Потенциал рассчитывается по формуле: $\varphi_0 = \frac{kq_0}{R_1} = \frac{kq}{R}, \quad (1)$ где (см. предыдущую задачу) $k = 9 \cdot 10^9 (\text{м/Ф}).$
$\varphi_A = ?$	Из формулы (1) выражаем величину заряда $q$ :

$$q = \frac{\varphi_0 R}{k}. \quad (2)$$

Выразим все заряды через заданный потенциал  $\varphi_0$ .

$$q_0 = q = \frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_1 = 2q = 2 \frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_2 = -q = - \frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_3 = +q = \frac{\varphi_0 R}{k}. \quad (3)$$

Потенциал в точке А равен сумме потенциалов, создаваемых всеми зарядами.

$$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3. \quad (4)$$

Распишем потенциал для каждой точки с учетом  $\varphi_0$ .

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{\left(\frac{1,5 + 3,5}{2}\right)R} = \frac{2kq}{2,5R} = \frac{2kq}{2,5R} = 0,8\varphi_0 = 8 \text{ (В)}.$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{\left(\frac{0,5 + 4,5}{2}\right)R} = \frac{-kq}{2,5R} = -0,4\varphi_0 = -4 \text{ (В)}.$$

$$\varphi_3 = \frac{kq_3}{\left(\frac{0,5 + 5,5}{2}\right)R} = \frac{kq}{3R} = \frac{1}{3}\varphi_0 = \frac{10}{3} \text{ (В)}.$$

Подставим полученные значения в уравнение (4) и определим потенциал поля в точке А:

$$\varphi_A = 8 - 4 + \frac{10}{3} = 7,3 \text{ (В)}.$$

**Ответ:**  $\varphi_A = 7,3 \text{ В}$

### Задача 2

Ртутный шарик, потенциал которого 1,2 кВ, разбивается на 27 одинаковых капелек. Определите потенциал каждой капельки. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до целого числа.

Дано:	Решение:
$\varphi = 1,2 \cdot 10^3 \text{ В}$ $N = 27$	Потенциал большой капли равен: $\varphi = \frac{kQ}{R}. \quad (1)$
$\varphi_k = ?$	И потенциал маленькой капли: $\varphi_k = \frac{kq}{r}. \quad (2)$

Для решения задачи нужно найти соотношение между зарядами и радиусами большой и маленькой капли. Совершенно очевидно, что если большая капля делится на равные части, то и заряд делится поровну.

$$Q = Nq. \quad (3)$$

Кроме того, на 27 частей делится масса капли.

$$M = Nm.$$

Массу распишем через плотность и объем.

$$\rho V = N\rho V_k,$$

где объем капли:

$$V_k = \frac{4}{3}\pi R^3.$$

$$\rho \frac{4}{3}\pi R^3 = N\rho \frac{4}{3}\pi r^3,$$

$$R^3 = N \cdot r^3,$$

$$R = r\sqrt[3]{N}. \quad (4)$$

Решая совместно уравнения (1), (2), (3) и (4), найдем потенциал маленькой капли.

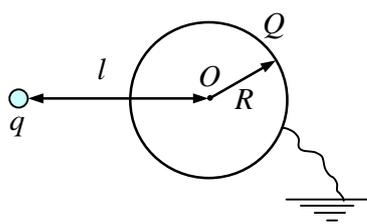
$$\frac{\varphi}{\varphi_k} = \frac{kQ}{R} \cdot \frac{r}{kq_k} = \frac{Nq_k \cdot r}{r^3\sqrt[3]{N} \cdot q_k} = \frac{N}{\sqrt[3]{N}} = \sqrt[3]{N^2} \Rightarrow$$

$$\varphi_k = \frac{\varphi}{\sqrt[3]{N^2}} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{\sqrt[3]{27^2}} = 133 \text{ (В)}$$

Ответ:  $\varphi_k = 133 \text{ В}$

### Задача 3

Какой заряд (в мкКл) появится на заземленной проводящей сфере радиусом 3 см, если на расстоянии 10 см от ее центра поместить точечный заряд -20 мкКл?

Дано:	Решение:
$R = 0,03 \text{ м}$ $q = -20 \text{ мкКл}$ $l = 0,1 \text{ м}$ $Q = ?$	 <p>Если на некотором расстоянии от центра сферы поместить точечный заряд <math>q</math>, то на сфере появится заряд <math>Q</math>, который должен распределиться по сфере таким образом, чтобы потенциал</p>

всех точек внутри сферы и на ее поверхности стал равен нулю. Ясно, что в этом случае заряд будет распределен неравномерно. Но, если приравнять нулю потенциал центра сферы, то его можно вычислить, используя метод суперпозиции.

$$\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2 = 0. \quad (1)$$

Вклад точечного заряда  $q$  равен:

$$\varphi_1 = \frac{kq}{l}.$$

Тогда вклад зарядов, распределенных по сфере

$$\varphi_2 = \sum \frac{k\Delta Q_i}{R} = k \frac{\sum \Delta Q_i}{R} = k \frac{Q}{R}.$$

Так как потенциал центра сферы равен нулю (1), то

$$0 = -\frac{kq}{l} + \frac{Q}{R}.$$

Отсюда определим заряд на заземленной проводящей сфере.

$$Q = \frac{qR}{l} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 0,03}{0,1} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)} = 6 \text{ (мкКл)}.$$

*Ответ:*  $Q = 6$  мкКл

### Задания для самоконтроля

1. Ртутный шарик, потенциал которого 1,2 кВ, разбивается на 27 одинаковых капелек. Определите потенциал каждой капельки. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до целого числа.
2. Два точечных заряда –  $1 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $4 \cdot 10^{-8}$  Кл расположены на расстоянии 0,2 м друг от друга в вакууме. Определить напряженность и потенциал поля в точке посередине между зарядами. На каком расстоянии от положительного заряда напряженность равна нулю?

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Потенциал электрического поля, созданного системой точечных зарядов, в данной точке в соответствии с принципом суперпозиции электрических полей равен алгебраической сумме потенциалов, создаваемых отдельными точечными зарядами.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение потенциала.
2. Приведите связь напряженности и потенциала. По картине эквипотенциальных поверхностей нарисуйте картину силовых линий поля.
3. Поясните, можно ли, зная потенциал, однозначно вычислить напряженность электрического поля в некоторой точке пространства.
4. Поясните, можно ли, зная напряженность, однозначно вычислить потенциал электрического поля в некоторой точке пространства.
5. Поясните, чему равна работа поля по перемещению заряда по эквипотенциальной поверхности.
6. Приведите примеры расчета разности потенциалов простейших электростатических полей.

## Практическая работа № 16

**Тема: Решение задач по теме «Емкость. Конденсаторы»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «емкость конденсатора», «энергия заряженного конденсатора», «соединение конденсаторов в батарею». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на определение емкости конденсатора, на определение емкости батареи конденсаторов, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Емкость. Конденсаторы»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 14.

**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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

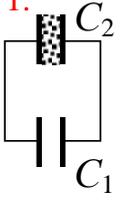
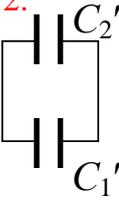
5. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
6. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
7. 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., 2019.
8. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
9. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Конденсатор. 2.Емкость конденсатора. 3.Энергия заряженного конденсатора. 4.Соединение конденсаторов.

**Задача 1**

Два одинаковых по размерам плоских конденсатора, один из которых воздушный, а второй заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 5, соединены, как показано на рисунке. Конденсаторы зарядили до напряжения 100 В и отключили от источника напряжения. Какую работу надо совершить, чтобы вытащить диэлектрическую пластинку из конденсатора? Емкость воздушного конденсатора  $C = 1$  мкФ. Ответ представьте в миллиджоулях.

Дано:	Решение:
$\varepsilon_1 = 1$ $\varepsilon_2 = 5$ $U_1 = U_2 = 100 \text{ В}$ $C_1 = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$ $A = ?$	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>1.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2.</p>  </div> </div> <p>Пока конденсатор подключен к источнику напряжения, на его пластинах накапливается заряд. После отключения накопленный заряд остается постоянным: <math>q = \text{const}</math>. Если</p>

теперь из конденсатора вынуть диэлектрическую пластинку, то изменится его энергия, которую можно рассчитать по формуле:

$$W = \frac{q^2}{2C}. \quad (1)$$

Тогда работа, которую нужно совершить в данном случае, найдем из выражения

$$A = \Delta W = W_2 - W_1 = \frac{(q_0')^2}{2C_0'} - \frac{q_0^2}{2C_0} = \frac{q_0^2}{2} \left( \frac{1}{C_0'} - \frac{1}{C_0} \right). \quad (2)$$

Для этого определим заряд на конденсаторе.

$$C = \frac{q}{U} \Rightarrow q = CU.$$

$$C_1 = 10^{-6} \text{ Ф}, \quad q_1 = 10^{-6} \cdot 10^2 = 10^{-4} \text{ Кл.}$$

Чтобы найти заряд на втором конденсаторе, запишем его емкость через геометрические размеры.

$$C_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d}, \quad C_2 = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d} \Rightarrow$$

$$C_2 = 5C_1 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}. \quad \text{Тогда } q_2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл.}$$

После удаления диэлектрической пластинки емкость конденсаторов стала одинаковой (оба конденсатора стали воздушными)

$$C_1' = C_2' = C_1 = 10^{-6} \text{ Ф.}$$

А их суммарная емкость

$$\text{для первого случая: } C_0 = C_1 + C_2 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.} \quad (3)$$

$$\text{для второго случая: } C_0' = 2C_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.} \quad (4)$$

Заряд на каждом конденсаторе стал равным:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{10^{-4} + 5 \cdot 10^{-4}}{2} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ (Кл)}.$$

Суммарный заряд:

$$q_0 = q_0' = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Кл.} \quad (5)$$

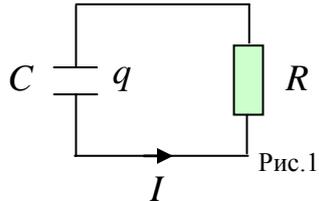
В выражение (2) для работы подставим полученные значения  $C_0$ ,  $C_0'$ ,  $q_0$  (выражения 3, 4, 5) и рассчитаем работу, которую надо совершить, чтобы вытащить диэлектрическую пластинку из конденсатора.

$$A = \frac{36 \cdot 10^{-8}}{2} \left( \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{6 \cdot 10^{-6}} \right) = 0,06 \text{ (Дж)} = 60 \text{ (мДж)}.$$

Ответ:  $A = 60$  мДж.

### Задача 2

Конденсатор зарядили до 100 В и подключили к нему резистор. Сразу после этого за некоторый интервал времени в цепи выделилось в виде тепла энергия 1 Дж, а за следующий такой же интервал – энергия 0,3 Дж. Определите емкость конденсатора. Принять, что за одинаковый интервал времени энергия конденсатора уменьшается в одинаковое число раз. Ответ представьте в микрофарадах и округлите до целого числа.

Дано:	Решение:
$U = 100$ В $W_1 = 1$ Дж $W_2 = 0,3$ Дж $C = ?$	 <div style="float: right; text-align: right;"> <p>Сила тока по определению:</p> <math display="block">I = \frac{dq'}{dt} = -\frac{dq}{dt}, \quad (1)</math> </div>

где  $q$  – заряд на конденсаторе, который можно определить из соотношения

$$q = CU. \quad (2)$$

По закону Ома:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (3)$$

Решая совместно (1), (2) и (3), получим:

$$-C \frac{dU}{dt} = \frac{U}{R} \quad \text{или} \quad -\frac{dU}{U} = \frac{dt}{CR}.$$

Проинтегрировав полученное выражение, имеем

$$\int_{U_0}^U \frac{dU}{U} = -\int \frac{dt}{CR}. \Rightarrow \ln \frac{U}{U_0} = -\frac{t}{CR}. \quad (4)$$

1) Из рисунка 2 видно, что за первый интервал времени  $t_1 = \Delta t$ .

$$\ln \frac{U_1}{U_0} = -\frac{\Delta t}{CR}.$$

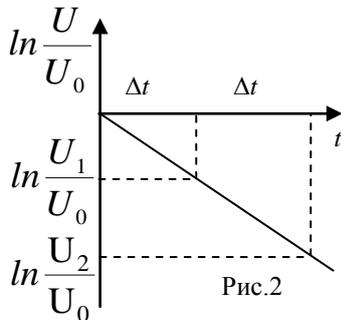
Прологарифмировав это выражение, получим:

$$U_1 = U_0 e^{-\frac{\Delta t}{CR}}.$$

Тогда энергию, которая выделится за этот интервал времени, запишем в виде:

$$W_1 = \frac{CU_0^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \left( 1 - e^{-\frac{2\Delta t}{CR}} \right). \quad (5)$$

2) Энергия  $W_2$ , которая выделится за следующий интервал времени (рис.2), рассчитывается аналогично:



$$t_2 = \Delta t \cdot 2. \quad \ln \frac{U_2}{U_0} = -\frac{2\Delta t}{CR}. \quad U_2 = U_0 e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}.$$

$$W_2 = \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} = \frac{CU_0^2 e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}}{2} - \frac{CU_0^2 e^{-\frac{4\Delta t}{CR}}}{2} = \frac{CU_0^2 e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}}{2} \left(1 - e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}\right).$$

С учетом того, что согласно выражению (5):  $\frac{CU_0^2}{2} \left(1 - e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}\right) = W_1$ , то

$$W_2 = W_1 e^{-\frac{2\Delta t}{CR}}. \quad \Rightarrow \quad e^{-\frac{2\Delta t}{CR}} = \frac{W_2}{W_1}. \quad (6)$$

Подставим полученное выражение (6) в выражение (5) для энергии  $W_1$ .

$$W_1 = \frac{CU_0^2}{2} \left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right).$$

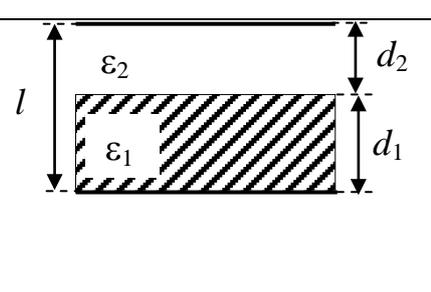
Отсюда и определим емкость конденсатора.

$$C = \frac{2W_1^2}{U_0^2(W_1 - W_2)} = \frac{2 \cdot 1}{10^4(1 - 0,3)} = 286 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)} = 286 \text{ (мкФ)}.$$

Ответ:  $C = 286 \text{ мкФ}$

### Задача 3

Плоский конденсатор имеет площадь пластин  $2000 \text{ см}^2$ , расстояние между которыми  $0,5 \text{ мм}$ . В конденсаторе находится пластинка слюды ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $0,3 \text{ мм}$ , в остальной части – воздух. Определите емкость конденсатора. Электрическая постоянная равна  $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ . Ответ представьте в нанофарадах и округлите до десятых.

Дано:	Решение:
$s = 2000 \text{ см}^2 = 0,2 \text{ м}^2$ $l = 0,5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ $\epsilon = 7$ $d = 0,3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ $C \text{ (нФ)} = ?$	 <p>Емкость такого конденсатора можно рассчитать как емкость двух последовательно соединенных конденсаторов.</p>

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2},$$

где

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}.$$

Тогда получим:

$$C = \frac{\frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d_1} \cdot \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d_2}}{\frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d_1} + \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d_2}} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1},$$

где

$$d_2 = l - d_1 = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ (мм)}.$$

Окончательно:

$$C = \frac{7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2}{7 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,3} = 7,3 \cdot 10^{-9} \text{ (Ф)} = 7,3 \text{ (нФ)}.$$

Ответ:  $C = 7,3$  нФ.

#### Задача 4

Энергия плоского воздушного конденсатора, отключенного от источника тока, равна 20 мкДж. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами такого конденсатора в 3 раза? Ответ представьте в микроджоулях.

Дано:	Решение:
$W = 20 \text{ мкДж} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$	Так как конденсатор отключен от источника тока, то величина заряда на его пластинах постоянна
$d_2 = 3d_1$	
$A \text{ (мкДж)} = ?$	

$$q = \text{const.}$$

Тогда энергию конденсатора удобнее рассчитывать по формуле

$$W = \frac{q^2}{2C}, \quad (1)$$

где  $C$  – емкость конденсатора.

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}. \quad (2)$$

Так как расстояние  $d$  между пластинами конденсатора увеличили в три раза, то его емкость уменьшится в три раза (см. уравнение 2). А энергия конденсатора увеличится (уравнение 1). Следовательно, чтобы увеличить расстояние между пластинами конденсатора нужно совершить работу, равную

$$A = \Delta W = W_2 - W_1.$$

С учетом (1) и (2) найдем работу, которую нужно совершить.

$$\begin{aligned} A &= \frac{q^2}{2C_2} - \frac{q^2}{2C_1} = \frac{q^2}{2} \left( \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1} \right) = \frac{q^2}{2} \left( \frac{d_2}{\varepsilon \varepsilon_0 S} - \frac{d_1}{\varepsilon \varepsilon_0 S} \right) = \\ &= \frac{q^2}{2\varepsilon \varepsilon_0 S} (d_2 - d_1) = \frac{q^2}{2\varepsilon \varepsilon_0 S} (3d_1 - d_1) = \frac{q^2 \cdot 2d_1}{2\varepsilon \varepsilon_0 S} = 2W = 40 \text{ (мкДж)}. \end{aligned}$$

Ответ:  $A = 40$  мкДж

### Задания для самоконтроля

1. Как изменится напряженность электрического поля плоского воздушного конденсатора, отсоединенного от источника э.д.с., если расстояние между обкладками увеличить в 5 раз?
2. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $0,01 \text{ м}^2$ . Расстояние между ними 5 мм. Какая разность потенциалов была приложена к пластинам конденсатора, если при разряде конденсатора выделилось  $50 \text{ мкДж}$  тепла? Принять  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ . Ответ представьте в киловольтах и округлите до десятых.
3. Воздушный плоский конденсатор емкостью  $5 \text{ мкФ}$  заполняют жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 6. Конденсатор какой емкости (в мкФ) надо соединить последовательно с данным, чтобы такая батарея вновь имела емкость  $5 \text{ мкФ}$ ?
4. Энергия плоского воздушного заряженного конденсатора, отключенного от источника тока, равна  $W$ . Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами в  $k$  раз?
5. Три одинаковых конденсатора соединены последовательно (АВ). Разность потенциалов между точками А и В  $1000 \text{ В}$ , энергия батареи конденсаторов равна  $1 \text{ Дж}$ . Какова емкость каждого конденсатора?

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Для получения необходимой емкости конденсаторы соединяют в батареи, применяя при этом параллельное, последовательное и смешанное соединение.

### Контрольные вопросы

1. Поясните, что такое конденсатор, каково его применение.
2. Приведите известные Вам типы конденсаторов.
3. Поясните, что такое емкость конденсатора, ее единица измерения.
4. Приведите формулу определения емкости конденсаторов, соединенных последовательно.
5. Приведите формулу определения емкости конденсаторов, соединенных параллельно.

### Практическая работа № 17

**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 по теме.

**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 № 17.

**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, 2018 год.

2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.

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., 2019.

4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.

5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

#### **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 чертёж, 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  $R_1 = 12 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 4 \text{ Ом}$  соединены параллельно. Последовательно к ним включено сопротивление  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ . Найти силу тока, идущего через сопротивление  $R_1$ , если напряжение на сопротивлении  $R_3$  равно 9 В.

Дано:

$$R_1 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

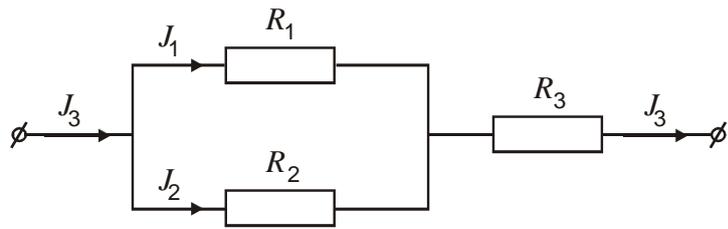
$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$U_3 = 9 \text{ В}$$

Найти:

$$J_1 - ?$$

Решение:



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:

$$\mathcal{E} = 2,17 \text{ В}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

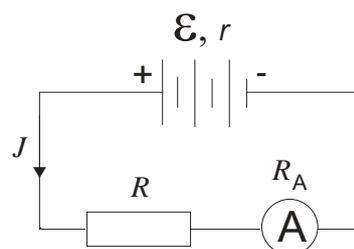
$$R = 2 \text{ Ом}$$

$$R_A = 0,1 \text{ Ом}$$

Найти:

$$J - ?$$

Решение



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

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + R_A + r},$$

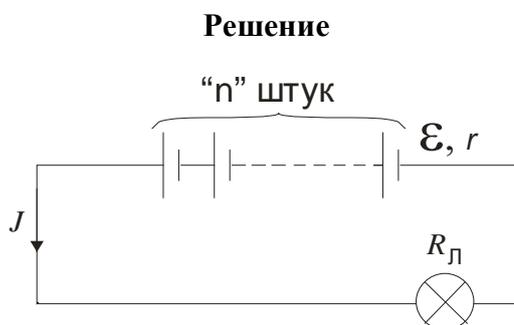
$$J = \frac{2,17}{2 + 0,1 + 1} = 0,7 \text{ А.}$$

Ответ:  $J = 0,7 \text{ А.}$

### Задача 3

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

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



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  $106 \text{ А/м}^2$ .
3. Определить сопротивление медной проволоки, масса которой 1 кг, площадь поперечного сечения  $0,1 \text{ мм}^2$ . Плотность меди  $8900 \text{ кг/м}^3$ , 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.

### Практическая работа № 18

#### Тема: Решение задач по теме «Закон Джоуля-Ленца»

**Цель занятия:** закрепить понятия «электрический ток», «электрическое сопротивление», «напряжение», «энергия», «работа», «количество теплоты». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение закона Джоуля-Ленца.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Закон Джоуля-Ленца»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 16.

#### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Электрический ток. 2. Энергия. 3. Работа. 4. Количество теплоты. 5. Закон Джоуля-Ленца.

#### Задача 1

Как изменится температура медного провода, если по нему в течение 0,5 с пропускать ток плотностью  $9 \text{ А/мм}^2$ , а 25% тепловой энергии отдается окружающей среде? Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , плотность меди  $8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоемкость меди  $380 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Удельное сопротивление меди считать постоянным. Результат представьте в единицах СИ и округлите до сотых.

**Дано:**

$$\tau = 0,5 \text{ с}$$

$$j = 9 \text{ А/мм}^2 = 9 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$$

$$Q_{\text{отд}} = 0,25Q$$

$$\rho_{\text{уд}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$\rho_{\text{пл}} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$C = 380 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$$

$$\Delta T - ?$$

**Решение:**

$$Q = J^2 \cdot R \cdot \tau; \quad J = j \cdot S; \quad R = \rho_{\text{уд}} \frac{l}{S}$$

$$Q_{\text{пол}} = C \cdot m \cdot \Delta T; \quad m = \rho_{\text{пл}} \cdot l \cdot S;$$

$$Q_{\text{пол}} = 0,75Q;$$

$$C \cdot \rho_{\text{пл}} \cdot l \cdot S \cdot \Delta T = 0,75 \cdot j^2 \cdot S^2 \cdot \rho_{\text{уд}} \cdot \frac{l}{S} \cdot \tau, \text{ отсюда}$$

$$\Delta T = \frac{j^2 \cdot \rho_{\text{уд}} \cdot 0,75 \cdot \tau}{C \cdot \rho_{\text{пл}}} = \frac{81 \cdot 10^{12} \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 0,5 \cdot 0,75}{380 \cdot 8,9 \cdot 10^3} = 0,15 \text{ (К)}$$

**Ответ:**  $\Delta T = 0,15 \text{ К}$

## Задача 2

На сколько изменилась температура медного проводника, если его сопротивление возросло в 2 раза, начальная температура 20°C?

*Решение*

Зависимость сопротивления от температуры выражается формулой

$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$ ; где  $R_0$  – сопротивление при  $t = 0^\circ\text{C}$ .  $R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta t)$ , отсюда

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} = \frac{2R_1 - R_1}{\alpha R_1} = \frac{1}{\alpha} = 250.$$

*Ответ:*  $\Delta t = 250^\circ\text{C}$ .

## Задания для самоконтроля

1. Электрический чайник, содержащий 1 л воды подключен к генератору с э.д.с. 120 В и внутренним сопротивлением 4 Ома. На сколько градусов нагреется вода за 1 минуту, если на зажимах генератора напряжение 110 В? К.п.д. чайника 70%.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Если электрический ток протекает в цепи, где не происходят химические реакции и не совершается механическая работа, то энергия электрического поля превращается во внутреннюю энергию проводника и его температура возрастает.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение силы тока.
2. Дайте определение сопротивления проводника.
3. Дайте определение электрического напряжения.
4. Приведите формулы для работы и мощности тока.
5. Запишите Закон Джоуля -Ленца.

## Практическая работа № 19

**Тема: Решение задач по теме «Мощность постоянного тока»**

**Цель занятия:** закрепить понятия работа и мощность электрического тока, тепловое действие тока. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Мощность постоянного тока»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 17.

**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, 2018 год.

- Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
- 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», 2018. – 432с.
- 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

- Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
- Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
- 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., 2019.
- Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
- Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Сила тока. 2.Напряжение. 3.Электрическое сопротивление. 4. Работа электрического тока. 5.Мощность электрического тока.

**Задача 1**

При замыкании на сопротивление 5 Ом батарея элементов дает ток 1 А. Ток короткого замыкания батареи 6 А. Какую полезную наибольшую мощность может дать батарея?

<b>Дано:</b>	<b>Решение:</b>
$R = 5 \text{ Ом}$	Закон Ома для полной цепи: $J = \frac{\varepsilon}{R + r}$ , т.е. $\varepsilon = J(R + r)$ . $J_{\text{кз}} = \frac{\varepsilon}{r}$ ,
$J = 1 \text{ А}$	следовательно, $r = \frac{JR}{J_{\text{кз}} - J} = \frac{1 \cdot 5}{6 - 1} = 1 \text{ (Ом)}$ ; $\varepsilon = J_{\text{кз}} \cdot r = 6 \text{ (В)}$
$J_{\text{кз}} = 6 \text{ А}$	
$P_{\text{max}} - ?$	

Наибольшая мощность выделяется на сопротивление  $R$ , если  $R = r = 1 \text{ (Ом)}$ .

$$P_{\text{max}} = J^2 R = \frac{\varepsilon^2 r}{(r + r)^2} = 9 \text{ (Вт)}.$$

**Ответ:**  $P_{\text{max}} = 9 \text{ Вт}$ .

## Задача 2

Электрический чайник, содержащий 1 л воды подключен к генератору с э.д.с. 120 В и внутренним сопротивлением 4 Ома. На сколько градусов нагреется вода за 1 минуту, если на зажимах генератора напряжение 110 В? К.п.д. чайника 70%.

**Дано:**

$$V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\varepsilon = 120 \text{ В}$$

$$r = 4 \text{ Ом}$$

$$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$U = 110 \text{ В}$$

$$\eta = 70\% = 0.7$$

---

$$\Delta T - ?$$

**Решение:**

$$J = \frac{\varepsilon - U}{r} = 2,5 \text{ (А)}. \text{ Коэффициент полезного действия } \eta = \frac{Q}{A}, \text{ где } Q =$$

$$cm\Delta T, A = JUt. \text{ Тогда } \Delta T = \frac{\eta JUt}{cm} = \frac{0.7 \cdot 2,5 \cdot 110 \cdot 60}{4200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}} = 2,8. \Delta t = \Delta T =$$

$$2,8^\circ\text{C}.$$

*Ответ:*  $\Delta T = 2,8 \text{ К}.$

### Задания для самоконтроля

1. Определить время, необходимое для нагревания на электрической плитке мощностью 1200 Вт при КПД 75% 2 кг льда, взятого при температуре  $-16^\circ\text{C}$ , для превращения его в воду и нагревания полученной воды до температуры кипения.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Работа электрического поля при упорядоченном движении электронов в проводнике пропорциональна силе тока, напряжению и времени. Мощность электрического тока равна отношению работы ко времени, за которое она совершается.

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
2. Приведите формулу работы постоянного тока на участке цепи.
3. Приведите формулу мощности постоянного тока.

## Практическая работа № 20

**Тема: Решение задач по теме: «Сила Ампера»**

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

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на определение 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 «Сила Ампера»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 18.

## **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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

## **Содержание и порядок выполнения работы**

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

### **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. В ряде задач к уравнениям динамики необходимо добавлять кинематические соотношения. Решить полученные уравнения.

7. 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

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

Подставим числовые значения.

*Ответ:*  $A = 0,3 \text{ Дж}$ .

### 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  $F_A = I B L \sin \alpha$ ,

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

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

*Ответ:*  $B = 2 \text{ Тл}$ .

### Задания для самоконтроля

1. Угол между проводником с током и направлением вектора магнитной индукции однородного магнитного поля увеличивается от  $30^\circ$  до  $90^\circ$ . Как при этом изменится сила Ампера?
2. 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.

3. 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?
4. 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.

**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 левой руки и буравчика.

## Практическая работа № 21

### Тема: Решение задач по теме: «Сила Лоренца»

**Цель занятия:** сформировать представление о магнитном поле и его свойствах; развить навыки самостоятельной работы, отработать методы определения силы Лоренца.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Сила Лоренца»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 19.

### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.
4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б.Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

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

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

### **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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. В ряде задач к уравнениям динамики необходимо добавлять кинематические соотношения. Решить полученные уравнения.
7. Проанализировать полученный результат.

### **Задача 1**

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

$$F_{\text{Л}} = e v B \sin \alpha,$$

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

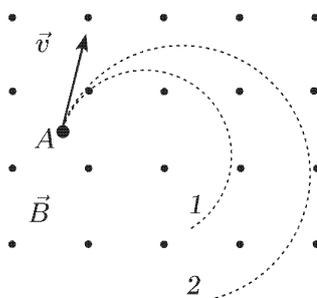
Поскольку про угол  $\alpha$  неизвестен, необходимо рассмотреть все возможные его значения из интервала  $0 \leq \alpha \leq \pi$ . При этом синус угла пробегает все значения от 0 до 1. Таким образом, минимальное значение силы Лоренца равно нулю, то есть магнитное поле на электрон вообще не действует, 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:

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

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

### Задания для самоконтроля

1. 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?
2. 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?
3. 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



4. Угол между проводником с током и направлением вектора магнитной индукции однородного магнитного поля увеличивается от  $30^\circ$  до  $90^\circ$ . Как при этом изменится сила Ампера?
5. 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.

## Практическая работа № 22

### Тема: Решение задач по теме: «Электромагнитная индукция»

**Цель занятия:** уяснить суть закона Фарадея и правила Ленца для электромагнитной индукции. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение закона Фарадея для электромагнитной индукции.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Электромагнитная индукция»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 20.

#### Рекомендуемая литература:

##### *Основная:*

5. Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
6. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
7. 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», 2018. – 432с.
8. 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», 2018. – 288с.

##### *Дополнительная:*

6. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
7. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
8. 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., 2019.

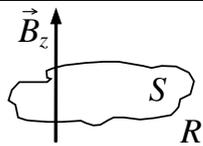
9. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
10. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Индукционный ток. 2. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. 3. Правило Ленца.

#### Задача 1

Плоская горизонтальная фигура площадью  $0,1 \text{ м}^2$ , ограниченная проводящим контуром с сопротивлением  $5 \text{ Ом}$ , находится в однородном магнитном поле. Пока проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось  $Z$  медленно и равномерно возрастает от  $B_{1z} = -1,5 \text{ Тл}$  до некоторого конечного значения  $B_{2z}$  по контуру протекает заряд  $0,08 \text{ Кл}$ . Найдите  $B_{2z}$ . Ответ представьте в единицах СИ. [2,5]

Дано:	Решение:
$S = 0,1 \text{ м}^2$ $R = 5 \text{ Ом}$ $B_{1z} = -1,5 \text{ Тл}$ $\Delta q = 0,08 \text{ Кл}$	 <p>Контур пронизывает магнитный поток</p> $\Phi = BS \cos \alpha = BS,$ <p>так как <math>\alpha = 0</math>, а <math>\cos \alpha = 1</math>.</p>
$B_{2z} = ?$	

Так как магнитная индукция меняется (по условию задачи), то в контуре возникает ЭДС индукции.

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{S \Delta B}{\Delta t} = \frac{S}{\Delta t} (B_{2z} - B_{1z}). \quad (1)$$

С возникновением эдс индукции по контуру протекает индукционный ток.

$$I = \frac{\varepsilon}{R}.$$

Но сила тока по определению

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Тогда

$$\frac{\varepsilon}{R} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = \frac{R \Delta q}{\Delta t}. \quad (2)$$

Сравнивая выражения (1) и (2), получим.

$$\frac{S}{\Delta t} (B_{2z} - B_{1z}) = \frac{R \Delta q}{\Delta t} \quad \text{или} \quad S (B_{2z} - B_{1z}) = R \Delta q.$$

Из полученного уравнения определим искомую индукцию  $B_{2z}$ .

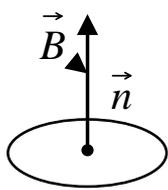
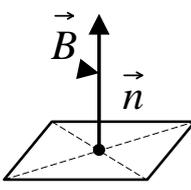
$$B_{2z} = \frac{R \Delta q}{S} + B_{1z}.$$

$$B_{2z} = \frac{0,08 \cdot 5}{0,1} + 1,5 = 2,5 \text{ (Тл)}.$$

Ответ:  $B_{2z} = 2,5$  Тл

### Задача 2

Кольцо радиусом 10 см из медной проволоки диаметром 1 мм помещено в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции. Кольцо деформируют в квадрат. Какое количество электричества протечет через сечение проволоки? Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. Результат представьте в единицах СИ и округлите до десятых.

Дано:	Решение:
$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ $B = 1 \text{ Тл}$ $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ $\Delta q = ?$	<div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 20px;"> <p>Кольцо, помещенное в однородное магнитное поле, пронизывает магнитный поток.</p> <math display="block">\Phi = B s \cos \alpha.</math> <p>Здесь <math>\alpha</math> - угол между вектором магнитной индукции и вектором</p> </div> </div>

нормали к поверхности кольца. Из рисунка понятно, что  $\alpha = 0$ , а  $\cos \alpha = 1$ . Тогда

$$\Phi = B s. \quad (1)$$

Когда кольцо деформируют в квадрат, меняется его площадь. Так площадь кольца

$$s_1 = \pi r^2,$$

а площадь квадрата

$$s_2 = a^2,$$

где  $a$  – сторона квадрата, равная четверти его периметра. А периметр равен длине окружности кольца  $l = 2\pi r$ , то есть

$$a = \frac{2\pi r}{4} = \frac{\pi r}{2}.$$

Тогда

$$s_2 = \frac{\pi^2 r^2}{4}.$$

Если же меняется площадь  $s$ , то меняется магнитный поток.

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = B (s_2 - s_1),$$

$$\Delta \Phi = B \left( \frac{\pi^2 r^2}{4} - \pi r^2 \right) = B \pi r^2 \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right).$$

Изменение магнитного потока вызывает возникновение ЭДС индукции в контуре

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \pi r^2}{\Delta t} \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right),$$

а, следовательно, по контуру протекает индукционный ток, равный

$$i = \frac{\varepsilon_i}{R}, \quad (2)$$

где сопротивление проводника  $R = \frac{\rho l}{S_{\text{пр}}}$ .  $l = 2\pi r$ ;  $S_{\text{пр}} = \frac{\pi d^2}{4}$ , следовательно

$$R = \frac{8\pi r \rho}{\pi d^2} = \frac{8r\rho}{d^2}.$$

Тогда уравнение (2) запишем в виде:

$$i = \frac{B\pi r^2}{\Delta t} \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right) \cdot \frac{d^2}{8r\rho} = \frac{B\pi r d^2}{8\rho \Delta t} \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right). \quad (3)$$

Но по определению сила тока записывается в виде:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (4)$$

Приравняв правые части выражений (3) и (4), получим.

$$\frac{B\pi r d^2}{8\rho \Delta t} \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right) = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Из полученного уравнения найдем количество электричества, которое протечет через сечение проволоки.

$$\Delta q = \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right) \frac{B\pi r d^2}{8\rho}.$$

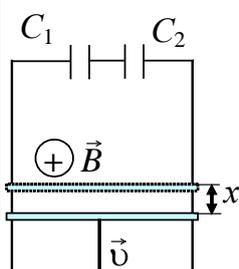
Подставив численные значения, имеем:

$$\Delta q = \left( \frac{\pi}{4} - 1 \right) \frac{1 \cdot \pi \cdot 0.1 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 1.7 \cdot 10^{-8}} = 0,5 \text{ (Кл)}$$

Ответ:  $\Delta q = 0,5$  Кл

### Задача 3

По двум горизонтальным параллельным проводникам, отстоящим друг от друга на 0,5 м, перемещают с постоянной скоростью 10 м/с проводник-перемычку. Между левыми концами проводников включены последовательно два конденсатора, причем емкость второго в 1,5 раза больше емкости первого. Вся система находится в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости, в которой лежат проводники. Найдите величину индукции поля, если на втором конденсаторе напряжение равно 0,5 В. Ответ представьте в единицах СИ.

Дано:	Решение:
$l = 0,5 \text{ м}$ $v = 10 \text{ м/с}$ $C_2 = 1,5C_1$ $U_2 = 0,5 \text{ В}$	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Вся система представляет собой замкнутый контур, помещенный в магнитное поле. Этот контур пронизывает магнитный поток</p> <math display="block">\Phi_1 = BS_1 \cos \alpha.</math> </div> </div>

$B = ?$

Т.к.  $\alpha = 0$  (это угол между вектором магнитной индукции и нормалью), то  $\cos\alpha = 1$  и  $\Phi_1 = BS_1$ .

Через время  $\Delta t$  переключка переместится на расстояние  $x = v\Delta t$ . Площадь контура увеличится на величину, равную

$$\Delta S = xl = v\Delta tl.$$

Изменится тогда и магнитный поток.

$$\Delta\Phi = B\Delta S = Bv\Delta tl.$$

Изменение магнитного потока вызывает возникновение ЭДС индукции магнитного поля.

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{Bv\Delta tl}{\Delta t} = vBl.$$

$$B = \frac{\varepsilon_i}{vl}.$$

Но ЭДС индукции есть сумма напряжений на конденсаторах.

$$\varepsilon_i = U_1 + U_2.$$

Так как

$$C_1 = \frac{q_1}{U_1} \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{q_2}{U_2}.$$

Конденсаторы соединены последовательно, следовательно,  $q_1 = q_2$ . Тогда

$$C_1 U_1 = C_2 U_2, \quad C_1 U_1 = 1,5 C_1 U_2, \quad U_1 = 1,5 U_2 = 0,75 \text{ В.}$$

$$\varepsilon_i = 0,75 + 0,5 = 1,25.$$

$$B = \frac{\varepsilon_i}{vl} = \frac{1,25}{10 \cdot 0,5} = 0,25 \text{ (Тл)}.$$

*Ответ:*  $B = 0,25$  Тл

### Задания для самоконтроля

1. Квадратная рамка из медной проволоки, площадь которой  $25 \text{ см}^2$ , помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $0,1$  Тл. Нормаль к плоскости рамки параллельна вектору магнитной индукции. Площадь сечения проволоки рамки  $1 \text{ мм}^2$ . Какой заряд пройдет по рамке после выключения поля? Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Ответ представьте в единицах СИ и округлите до тысячных.
2. Виток из проволоки сечением  $S$ , удельным сопротивлением  $\rho$  и диаметром  $D$  расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  перпендикулярно к полю. Какой заряд пройдет по витку, если направление поля изменить на противоположное? Виток вытянуть в сложенную вдвое прямую? Площадь, ограниченная витком, уменьшалась равномерно.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Явление возникновения ЭДС в проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле, называется электромагнитной индукцией. ЭДС индукции равна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Индукционный ток всегда направлен таким образом, что его действие противоположно действию причины, вызвавшей его.

## Контрольные вопросы

1. Поясните, что называется явлением электромагнитной индукции.
2. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
3. Объясните, в чем заключается правило Ленца.
4. Расскажите о вихревом электрическом поле.
5. Поясните, что называют явлением самоиндукции.
6. Поясните, что такое индуктивность контура. От чего она зависит?

## Практическая работа № 23

### Тема: Решение задач по теме «Переменный электрический ток»

**Цель занятия:** закрепить понятия амплитудное значение ЭДС индукции, период переменного тока, частота переменного тока, емкостное и индуктивное сопротивления переменного тока. Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Переменный электрический ток»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 23.

### 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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

#### *Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 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., 2019.
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., 2019.

4. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
5. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Переменный ток. 2.Емкостное сопротивление. 3.Индуктивное сопротивление. 4.Закон Ома для цепи переменного тока.

#### Задача 1

Контур состоит из катушки индуктивностью 28 мкГн ( $1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}$ ), сопротивления 1 Ом и конденсатора емкостью 2222 пФ ( $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$ ). Какую мощность будет потреблять контур, если в нем поддерживать незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе 5 В? Результат представьте в милливаттах и округлите до целого числа.

<b>Дано:</b>	<b>Решение</b>
$L = 28 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$	$P = J_{\text{д}}^2 \cdot R; \quad J_{\text{д}} = \frac{J_m}{\sqrt{2}}; \quad P = \frac{J_m^2 \cdot R}{2}$
$R = 1 \text{ Ом}$	
$C = 2222 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$	$\frac{C \cdot U_m^2}{2} = \frac{L \cdot J_m^2}{2}$ , отсюда $J_m^2 = \frac{C \cdot U_m^2}{L}$ , тогда
$U_m = 5 \text{ В}$	
$P - ?$	

$$P = \frac{C \cdot U_m^2 \cdot R}{2 \cdot L} = \frac{2222 \cdot 10^{-12} \cdot 25 \cdot 1}{2 \cdot 28 \cdot 10^{-6}} = 992 \cdot 10^{-6} \text{ (Вт)} = 0,992 \text{ (мВт)} \approx 1 \text{ (мВт)}$$

*Ответ:*  $P = 1 \text{ мВт}$

#### Задача 2

Ток в идеальном колебательном контуре изменяется по закону

$$J(t) = 0,01 \cos(1000t) \text{ А.}$$

Найдите индуктивность контура, если емкость конденсатора равна 20 мкФ.

<b>Дано:</b>	<b>Решение</b>
$J(t) = 0,01 \cos(1000t) \text{ А}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad L = \frac{1}{\omega^2 C}; \quad \omega = 1000 \text{ (рад/с);}$
$C = 20 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$	
$L - ?$	$L = \frac{1}{10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 0,05 \text{ (Гн)} = 50 \text{ (мГн).}$

*Ответ:*  $L = 50 \text{ мГн.}$

### Задания для самоконтроля

1. Рамка, содержащая 100 витков площадью поперечного сечения витка  $400 \text{ см}^2$ , вращается в магнитном поле с индукцией  $1,56 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ . Определить ЭДС индукции через 0,01 с после начала движения рамки, если амплитудное значение ЭДС равно 2,5 В.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Переменный ток – это электрический ток, изменяющийся со временем. Он представляет собой вынужденные колебания, происходящие с частотой вынуждающих ЭДС. Переменный ток получают с помощью генераторов тока. Работа большинства современных генераторов основана на явлении электромагнитной индукции.

### **Контрольные вопросы**

1. Поясните, какой ток называют переменным. Как осуществляется генерирование переменного тока?
2. Поясните, что называют мгновенными значениями тока, напряжения, ЭДС.
3. Поясните, как определяются действующие (эффективные) значения тока и напряжения.
4. Сформулируйте закон Ома для цепи переменного тока.
5. Поясните, чему равна мощность в цепи переменного тока.

## **Практическая работа № 24**

### **Тема: Решение задач по теме: «Трансформаторы»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «трансформатор», «коэффициент трансформации», «холостой ход трансформатора». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи по теме «Трансформаторы», пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Трансформаторы»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 24.

### **Рекомендуемая литература:**

#### *Основная:*

9. Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
10. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
11. 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», 2018. – 432с.
12. 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», 2018. – 288с.

#### *Дополнительная:*

11. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).

12. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
13. 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., 2019.
14. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
15. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Трансформаторы. 2. Холостой ход трансформатора. 3. Работа нагруженного трансформатора. 4. Коэффициент трансформации.

#### Задача 1

Первичная обмотка трансформатора с коэффициентом трансформации 5 включена в сеть напряжением 220 В. Сопротивление вторичной обмотки трансформатора 2 Ом, ток во вторичной обмотке 3 А. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки. Потерями в первичной обмотке пренебречь.

**Дано:**

$$k = 5$$

$$U_1 = 220 \text{ В}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$J_2 = 3 \text{ А}$$

$$U_2 = ?$$

**Решение**

Коэффициент трансформации  $k = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$ ;  $\varepsilon = U + J \cdot r$ . В первичной обмотке

$J_1$  мал,  $\varepsilon_1 \approx U_1$ ;  $\varepsilon_2 = U_2 + J_2 r_2$ ,  $r_2$  – сопротивление вторичной обмотке.

Тогда  $k = \frac{U_1}{U_2 - J_2 R_2}$ . Отсюда можем посчитать  $U_2 = \frac{U_1}{k} - J_2 R_2 = 38 \text{ В}$ .

**Ответ:**  $U_2 = 38 \text{ В}$ .

#### Задания для самоконтроля

1. Трансформатор повышает напряжение с 220 до 3000 В. Во вторичной обмотке протекает ток 0,1 А. Определить силу тока в первичной обмотке, если КПД трансформатора составляет 96%.
2. Определить сопротивление вторичной обмотки трансформатора, если при включении первичной обмотки в сеть с напряжением 220 В во вторичной обмотке течет ток 5 А, а напряжение на ее концах составляет 12 В. Коэффициент трансформации равен 0,1. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Трансформатор – устройство для преобразования переменного напряжения и силы тока. Основной его характеристикой является коэффициент трансформации.

#### **Контрольные вопросы**

1. Опишите устройство трансформатора.
2. Расскажите о назначении трансформаторов.
3. Поясните, чем определяется коэффициент трансформации.
4. Опишите работу трансформатора на холостом ходу.
5. Опишите работу нагруженного трансформатора.

#### **Практическая работа № 25**

**Тема: Решение задач по теме: «Законы отражения и преломления света»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «луч», «отражение света», «преломление света». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение законов отражения и преломления света.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Законы отражения и преломления света»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 25.

#### **Рекомендуемая литература:**

##### *Основная:*

13. Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
14. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
15. 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», 2018. – 432с.
16. 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», 2018. – 288с.

##### *Дополнительная:*

16. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
17. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.

18. 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., 2019.
19. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
20. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Свет. 2.Скорость света. 3.Законы отражения света. 4.Законы преломления света. 5.Полное отражение.

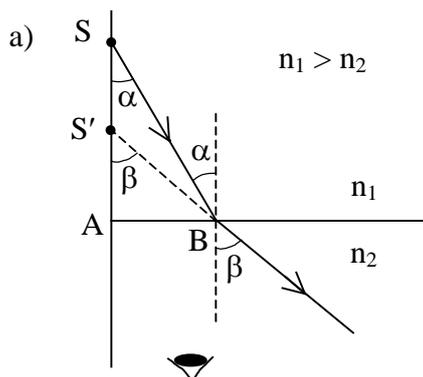
#### Задача 1

1. Светящуюся точку, находящуюся в среде с показателем преломления  $n_1$ , рассматривают невооруженным глазом из среды с показателем преломления  $n_2$ . Каково будет кажущееся расстояние точки до границы раздела сред, если светящаяся точка находится от этой границы на расстоянии  $h_0$ , а глаз расположен так, что в него попадают лучи, падающие на границу раздела под небольшими углами? Рассмотреть два случая: 1)  $n_1 > n_2$ ; 2)  $n_1 < n_2$ .

#### Решение

$$\Delta SAB: AB = SA \operatorname{tg} \alpha$$

$$= h_0 \operatorname{tg} \alpha;$$



$$\Delta S'AB: AB = S'A \operatorname{tg} \beta = H_1 \operatorname{tg} \beta;$$

$$h_0 \operatorname{tg} \alpha = H_1 \operatorname{tg} \beta;$$

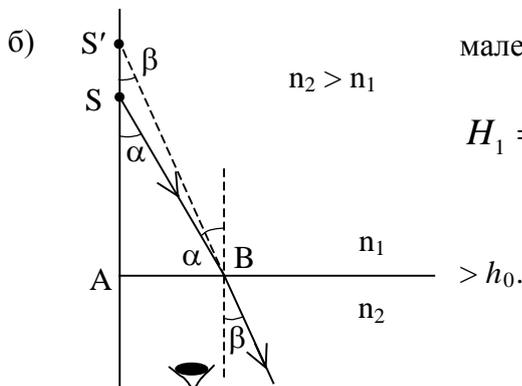
$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{H_1}{h_0}; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1},$$

т.к. угол  $\alpha$  берем

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha. \quad \frac{H_1}{h_0} = \frac{n_2}{n_1};$$

$$H_1 = h_0 \frac{n_2}{n_1}; H_2$$

Ответ:



маленьким, то

$$H_1 = h_0 \frac{n_2}{n_1}; H_1 < h_0.$$

а)  $H_1 < h_0$ .    б)  $H_2 > h_0$ .

## Задача 2

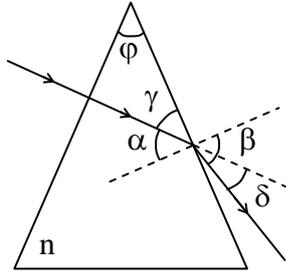
Монохроматический луч падает нормально на боковую поверхность призмы, преломляющий угол которой равен  $40^\circ$ . Показатель преломления материала призмы для этого луча равен 1,5. Найдите угол отклонения луча, выходящего из призмы, от первоначального направления.

Дано:

$$\varphi = 40^\circ$$

$$n = 1.5$$

$$\delta = ?$$



Решение

$$\alpha + \varphi = 90^\circ; \alpha + \gamma = 90^\circ; \alpha = \varphi. \text{ Используем закон}$$

$$\text{преломления: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}, \text{ отсюда } \sin \beta = n \sin \alpha;$$

$$\beta = \arcsin(n \sin \alpha) = 74,5^\circ;$$

$$\delta = \beta - \alpha = 74,5 - 40 = 34,5^\circ.$$

Ответ:  $\delta = 34,5^\circ$

## Задания для самоконтроля

1. Луч света выходит из диэлектрика в вакуум. Предельный угол равен  $42^\circ$ . Определить скорость света в диэлектрике.
2. На каком расстоянии от предмета нужно поместить экран, чтобы двояковыпуклая линза с радиусами кривизны поверхностей 0,2 м и показателем преломления  $n=1,5$  давала действительное изображение предмета, увеличенное в два раза?
3. Луч света направлен в сероуглероде на границу с воздухом под углом  $39^\circ$ . Выйдет ли луч в воздух?

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Преломление света при переходе из одной среды в другую вызвано различием в скоростях распространения света в той и другой среде.

## Контрольные вопросы

1. Расскажите, как с помощью закона отражения построить изображение точечного источника света в плоском зеркале.
2. Объясните, почему нельзя использовать плоское зеркало в качестве киноэкрана.
3. Поясните физический смысл показателя преломления.
4. Укажите, в чем отличие относительного показателя преломления от абсолютного.
5. Приведите примеры наблюдения полного отражения.

## Практическая работа № 26

**Тема: Решение задач по теме «Дифракционная решетка»**

**Цель занятия:** закрепить понятия «дифракция волн», «дифракционная решетка», «период дифракционной решетки». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи по теме «Дифракционная решетка», пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, графическими средствами, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Дифракционная решетка»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 26.

**Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

17. Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
18. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
19. 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», 2018. – 432с.
20. 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

21. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
22. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
23. 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., 2019.
24. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
25. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Дифракция света. 2. Дифракционная решетка. 3. Период дифракционной решетки. 4. Границы применимости законов геометрической оптики.

**Задача 1**

Какой наибольший порядок спектра натрия ( $\lambda = 590$  нм) можно наблюдать при помощи дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм, если свет падает на решетку нормально?

**Дано:**

$$\lambda = 590 \text{ нм} = 5,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$N = 500$$

$$l = 10^{-3} \text{ м}$$

$k_{\max} - ?$

**Решение**

Условие мах на дифракционной решетке:  $d \sin \varphi = k \lambda$ , где  $k$  будет мах, если мах будет  $\sin \varphi$ . А  $\sin_{\max} \varphi = 1$ , тогда  $k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$ , где

$$d = \frac{l}{N}; \quad k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{l}{N \lambda} = \frac{10^{-3}}{500 \cdot 5,9 \cdot 10^{-7}} = 3,4.$$

$k$  может принимать только целые значения, следовательно,  $k_{\max} = 3$ .

Ответ:  $k_{\max} = 3$ .

### Задача 2

Период дифракционной решетки 4 мкм. Дифракционная картина наблюдается с помощью линзы с фокусным расстоянием  $F = 40$  см. Определите длину световой волны падающего нормально на решетку света (в нм), если первый максимум получается на расстоянии 5 см от центрального.

Дано:

$$d = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$l = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$F = 40 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$k = 1$$

$$\lambda - ?$$

Решение

Запишем условие максимума для дифракционной решетки:  $d \sin \varphi = k \lambda$ .

Угол  $\varphi$  можно определить из геометрии:  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{F}$ . Для малых углов ( $\varphi < 10^\circ$ )

$$\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi, \text{ тогда } \sin \varphi = \frac{l}{F} \quad \lambda = \frac{d \sin \varphi}{k} = \frac{dl}{kF}.$$

Ответ:  $\lambda = 500$  нм

### Задания для самоконтроля

1. На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр, падает плоская монохроматическая волна длиной 0,5 мкм. Определить наибольший порядок спектра спектра, который можно наблюдать при нормальном падении лучей на решетку.
2. На щель шириной 2 мкм падает перпендикулярно монохроматический свет с длиной волны 0,589 мкм. Найти все углы, в направлении которых наблюдаются максимумы света.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Дифракционная решетка разлагает свет в спектр. С помощью дифракционной решетки можно проводить очень точные измерения длины световой волны. Если период решетки известен, то определение длины волны сводится к измерению угла  $\varphi$ , соответствующего направлению на максимум.

### Контрольные вопросы

1. Поясните, что называют дифракцией света. При каких условиях она наблюдается?
2. Объясните дифракцию на одной щели.
3. Объясните, что понимают под разрешающей способностью дифракционной решетки.

## Практическая работа № 27

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

**Цель занятия:** закрепить знания по теме «Световые кванты». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач на применение законов фотоэффекта.

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

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Световые кванты»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 27.

**Рекомендуемая литература:**

*Основная:*

21. Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, Физика 10 класс, учебник для общеобразовательных учреждений базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
22. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 год.
23. 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», 2018. – 432с.
24. 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

26. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).
27. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
28. 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., 2019.
29. Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
30. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

**Содержание и порядок выполнения работы**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1.Фотон. 2.Импульс фотона. 3.Энергия фотона. 4.Внешний фотоэффект. 5.Внутренний фотоэффект. 6. Законы фотоэффекта.

**Задача 1**

Определите задерживающее напряжение, необходимое для прекращения эмиссии электронов с фотокатода, если на его поверхность падает излучение с длиной волны 0,4 мкм, а красная граница фотоэффекта 0,67 мкм. Постоянная Планка  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, скорость света в вакууме  $3 \cdot 10^8$  м/с. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до сотых.

**Дано:**

$$\lambda = 0,4 \text{ мкм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\lambda_{\text{кр}} = 0,67 \text{ мкм} = 6,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$U_3 - ?$$

**Решение**

Формула Эйнштейна для фотоэффекта:  $h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$  или

$$h \frac{c}{\lambda} = A + eU_3. \text{ Для красной границы фотоэффекта}$$

$$h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} = A, \text{ тогда } U_3 = \frac{hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right)}{|e|} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{4 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{6,7 \cdot 10^{-7}} \right)}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,25 \text{ (В)}.$$

*Ответ:*  $U_3 = 1,25 \text{ В}$

### Задача 2

Чему равна масса фотона рентгеновского излучения с длиной волны  $2,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ?

**Дано:**

$$\lambda = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$m - ?$$

**Решение**

Энергия фотона:  $\varepsilon = h \frac{c}{\lambda}$ ; энергия и масса связаны соотношением:

$$\varepsilon = mc^2. \text{ Тогда } mc^2 = h \frac{c}{\lambda}; \text{ отсюда } m = \frac{h}{c\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-10}} = 8,8 \cdot 10^{-31} \text{ (кг)}.$$

*Ответ:*  $m = 8,8 \times 10^{-31} \text{ кг}$

### Задача 3

Пучок ультрафиолетовых лучей с длиной волны  $1 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  сообщает металлической поверхности за 1 секунду энергию  $10^{-6} \text{ Дж}$ . Определить силу возникшего фототока, если фотоэффект вызывают 1% падающих фотонов.

**Дано:**

$$\lambda = 10^{-7} \text{ м}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$W = 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$N_2 = 0,01N_1$$

$$J - ?$$

**Решение**

$W = \varepsilon N_1$ ,  $N_1 = \frac{\varepsilon}{W}$ , где  $W$  – энергия всех фотонов в пучке,  $N_1$  – число фотонов в

пучке,  $\varepsilon = h \frac{c}{\lambda}$  – энергия одного фотона;

$$N_1 = \frac{W\lambda}{hc}; N_2 = 0,01N_1; J = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{|e|N_2}{\Delta t} = \frac{|e|0,01W\lambda}{hc\Delta t} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ (А)}.$$

*Ответ:*  $J = 8 \times 10^{-10} \text{ А}$

### Задания для самоконтроля

1. Какова длина волны фотона, масса которого равна массе покоящегося электрона?
2. Красная граница для некоторого металла составляет 0,6 мкм. Металл освещается светом, длина волны которого 0,4 мкм. Определить максимальную скорость электронов, выбиваемых светом из металла.

**Выводы и предложения по данной практической работе:** Волновые и квантовые свойства света не исключают, а взаимно дополняют друг друга. Они выражают истинные закономерности распространения света и взаимодействия его с веществом. Электромагнитное излучение представляет собой сложную форму материи, которая имеет двойственную корпускулярно-волновую природу.

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте гипотезу Планка.
2. Поясните, что такое квант.
3. Приведите формулу энергии кванта.
4. Поясните, чему равны энергия, масса и импульс фотона.
5. Поясните, что такое внешний фотоэффект.
6. Поясните, что такое красная граница фотоэффекта.

### **Практическая работа № 28**

**Тема: Решение задач по теме: «Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада»**

**Цель занятия:** закрепить знания по теме «Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада». Развить навыки самостоятельной работы при отработке методов решения задач по теме.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучающиеся на занятии:** решать задачи на применение закона радиоактивного распада, пользуясь известными теоретическими положениями, математическим аппаратом, вычислительной техникой.

**Наглядные пособия, оборудование:** теоретические материалы «Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы № 28.

#### **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, 2018 год.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, Физика 11 класс, учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни, М.: Просвещение, 2018 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», 2018. – 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», 2018. – 288с.

*Дополнительная:*

1. Физика. Подробные ответы на задания ЕГЭ и решение типовых задач: 10-11 классы/ И.Л.Касаткина.– Ростов н/Д: Феникс, 2018.– 509, [2] с.: ил.– (Большая перемена).

- Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2019.
- 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., 2019.
- Маркина В. Г.. Физика 11 класс: поурочные планы по учебнику Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. – Волгоград: Учитель, 2018.
- Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач. — М., 2020.

### Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. Стабильные и нестабильные ядра. 2. Альфа-распад. 3. Бета-распад. 4. Закон радиоактивного распада.

#### Задача 1

В результате  $\alpha$ -распада ядро некоторого элемента превратилось в ядро радона  ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ . Что это был за элемент?

Решение



По закону сохранения массы и заряда:  $A = 4 + 222 = 226$ ;  $Z = 2 + 86 = 88$ .

В таблице Менделеева порядковый номер 88 имеет радий.

Следовательно, это  ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ .

### Контрольные вопросы

- Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода  ${}_{8}\text{O}^{17}$ .
- На сколько уменьшилась энергия атома, если при переходе из одного энергетического состояния в другое атом излучил свет длиной волны  $6,56 \cdot 10^{-7}$  м?
- В какое ядро превращается сурьма  ${}_{51}\text{Sb}^{123}$  после четырех  $\beta$ -распадов?