

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра математики и физики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКА (ОБЩАЯ)**

**Б1.Б.07**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Промышленная теплоэнергетика**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	7
4.3 Лабораторные работы .....	17
4.4 Практические занятия.....	17
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	18
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>19</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>20</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>20</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>21</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	21
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы .....	43
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>44</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>45</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>46</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>57</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе.....</b>	<b>58</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Создание базы для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин формирования целостного представления о физических законах окружающего мира в их единстве и взаимосвязи, знакомство с научными методами познания, формирование у студентов подлинно научного мировоззрения, применение положений фундаментальной физики при создании и реализации новых технологий в области промышленной теплоэнергетики.

## Задачи дисциплины

- научить бакалавров отбирать высокоэффективные виды технологий;
- уметь предвидеть использование новых достижений в области физики.

Код компетенции 1	Содержание компетенций 2	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине 3
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	<b>знать:</b> - основные законы физики; <b>уметь:</b> - проводить физический эксперимент, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики; <b>владеть:</b> - основными методами теоретического и экспериментального исследования физических явлений.
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<b>знать:</b> - основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области; <b>уметь:</b> - применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов с применением стандартных программных средств; <b>владеть:</b> - навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.07 «Физика» относится к базовой части учебного плана.

Дисциплина «Физика» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин основных общеобразовательных программ.

Основываясь на изучении дисциплин, «Физика» представляет основу для изучения таких дисциплин как: «Безопасность жизнедеятельности», «Тепломассообмен», «Техническая термодинамика».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Заочная	2	–	324	21	12	9	–	294	2к2к	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Очно-заочная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час)	в т.ч. в интер- активной, ак- тивной, инно- вационной формах, (час)	Распределение на 2-м курсе, час	
			сессия 1	сессия 2
1	2	3	5	6
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	–
Лекции (Лк)	12	4	12	–
Лабораторные работы (ЛР)	9	4	9	–
Контрольная работа	+	–	+	+
Индивидуальные консультации	+	–	+	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>294</b>	<b>–</b>	<b>87</b>	<b>207</b>
Подготовка к лабораторным работам	27	–	27	–
Подготовка к экзамену	147	–	–	147
Выполнение контрольной работы	120	–	60	60
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	<b>+</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>+</b>
Контроль	9	–	–	9
Общая трудоемкость дисциплины, час зач. ед.	<b>324</b>	<b>–</b>	<b>108</b>	<b>216</b>
	9	–	3	6

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раз- дела и те- мы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обуча- ющихся и трудоемкость (час)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обу- чающихся
			лекции	лабора- торные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>63</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>58</b>
1.1	Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения	4,25	0,25	-	4
1.2	Динамика материальной точки. Законы Ньютона	5,45	0,25	0,2	5
1.3	Силы в механике и их классификация	5,45	0,25	0,2	5
1.4	Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность	5,45	0,25	0,2	5
1.5	Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии	5,45	0,25	0,2	5
1.6	Динамика вращательного движения твердого тела. Момент силы, момент инерции	5,45	0,25	0,2	5
1.7	Основной закон динамики вращательно-го движения	5,45	0,25	0,2	5

1.8	Кинематика гармонических колебаний	4,25	0,25	-	4
1.9	Сложение гармонических колебаний	5,45	0,25	0,2	5
1.10	Динамика гармонических колебаний	5,45	0,25	0,2	5
1.11	Затухающие и вынужденные механические колебания	5,45	0,25	0,2	5
1.12	Волны в упругих средах	5,45	0,25	0,2	5
<b>2.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>63</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>59</b>
2.1	Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния	7,25	0,25	-	7
2.2	Основное уравнение МКТ идеального газа	8,55	0,25	0,3	8
2.3	Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана	8,45	0,25	0,2	8
2.4	Физическая кинетика: явления переноса	8,75	0,25	0,5	8
2.5	Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам	7,55	0,25	0,3	7
2.6	МКТ теплоемкости идеального газа	7,45	0,25	0,2	7
2.7	Круговой процесс. Энтропия. Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД	7,75	0,25	0,5	7
2.8	Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	7,25	0,25	-	7
<b>3.</b>	<b>Электромагнетизм</b>	<b>63</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>58</b>
3.1	Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля	3,4	0,2	0,2	3
3.2	Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	3,2	0,2	-	3
3.3	Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля	4,4	0,2	0,2	4
3.4	Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	4,2	0,2	-	4
3.5	Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	4,4	0,2	0,2	4
3.6	Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля	4,2	0,2	-	4
3.7	Постоянный электрический ток. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока	4,4	0,2	0,2	4
3.8	Классическая электронная теория электропроводности металлов	4,2	0,2	-	4
3.9	Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	4,4	0,2	0,2	4
3.10	Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера и сила Лоренца	4,4	0,2	0,2	4
3.11	Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле	4,4	0,2	0,2	4
3.12	Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства	4,4	0,2	0,2	4
3.13	Электромагнитная индукция	4,4	0,2	0,2	4
3.14	Взаимные превращения электрических и магнитных полей	4,2	0,2	-	4

3.15	Электрические колебания	4,4	0,2	0,2	4
<b>4.</b>	<b>Оптика</b>	<b>63</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>59</b>
4.1	Электромагнитные волны	6,6	0,3	0,3	6
4.2	Элементы геометрической оптики	7,5	0,3	0,2	7
4.3	Световая волна. Интерференция световых волн	7,5	0,2	0,3	7
4.4	Дифракции света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	7,4	0,2	0,2	7
4.5	Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	6,5	0,2	0,3	6
4.6	Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	6,2	0,2	-	6
4.7	Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения	7,4	0,2	0,2	7
4.8	Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	7,7	0,2	0,5	7
4.9	Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	6,2	0,2	-	6
<b>5.</b>	<b>Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц</b>	<b>63</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>60</b>
5.1	Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома	8,55	0,25	0,3	8
5.2	Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества	7,25	0,25	-	7
5.3	Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса	8,25	0,25	-	8
5.4	Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева	7,45	0,25	0,2	7
5.5	Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность	8,75	0,25	0,5	8
5.6	Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор	8,25	0,25	-	8
5.7	Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд	7,25	0,25	-	7
5.8	Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц	7,25	0,25	-	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>315</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>294</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. МЕХАНИКА

#### Тема 1.1. Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения

1) Введение. Предмет изучения физики.

*Физика* – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности природы, свойства и строение материи, законы ее движения.

2) Основные понятия кинематики: материальная точка, система отсчета, траектория, путь и вектор перемещения.

3) Скорость и ускорение: средняя и мгновенная скорость, ускорение и его составляющие, среднее и мгновенное ускорение.

4) Кинематические уравнения различных видов движения.

5) Кинематика вращательного движения материальной точки: угловая скорость, угловое ускорение, период и частота вращения.

6) Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями.

## **Тема 1.2. Динамика материальной точки. Законы Ньютона**

- 1) Динамика – раздел механики, изучающий движение тел под действием сил, которые изменяют характер их движения.
- 2) Первый закон Ньютона. Понятие инерциальной системы отсчета.
- 3) Сила. Масса тела. Импульс тела. Второй закон Ньютона. Следствия второго закона Ньютона.
- 4) Третий закон Ньютона.
- 5) Границы применимости законов Ньютона.
- 6) Примеры применения законов Ньютона при решении задач.

## **Тема 1.3. Силы в механике и их классификация**

- 1) Классификация сил.
- 2) Силы упругости: типы деформации, характеристики упругих деформаций, закон Гука, энергия упругой деформации.
- 3) Силы трения: виды трения, сухое трение и его разновидности (трение покоя, трение скольжения, трение качения); вязкое трение.
- 4) Сила тяжести и вес. Понятие невесомости.
- 5) Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.

## **Тема 1.4. Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность**

- 1) Сохраняющиеся величины. Внутренние и внешние силы, понятие изолированной (замкнутой) системы тел.
- 2) Импульс тела. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства. Примеры применения закона сохранения импульса.
- 3) Энергия – универсальная количественная мера всех форм (видов) движения материи. Виды энергии и их взаимопревращаемость: в природе энергия не исчезает, а переходит из одного вида в другой. Связь закона сохранения энергии с однородностью времени.
- 4) Работа и мощность механической силы. Количество энергии, передаваемое от одного тела другому в механическом процессе, называется работой. Работа постоянной и переменной силы.
- 5) Мощность силы, понятие мгновенной мощности, пример расчета работы и мощности, единицы измерения.
- 6) Кинетическая энергия. Изменение кинетической энергии тела связано с работой, которую над телом совершают действующие на него силы, изменяя скорость движения тела.

## **Тема 1.5. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии**

- 1) Поле сил (стационарное, нестационарное). Понятие потенциального поля: работа сил поля на любой замкнутой траектории равна нулю. Консервативные и неконсервативные (диссипативные) силы, примеры.
- 2) Потенциальная энергия тела (частицы) зависит от его координат.
- 3) Потенциальная энергия тела, находящегося в однородном поле силы тяжести.
- 4) Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Связь между потенциальной энергией и консервативной силой.
- 5) Закон сохранения полной механической энергии. Примеры применения.

## **Тема 1.6. Динамика вращательного движения твердого тела.**

### **Момент силы, момент инерции.**

- 1) Момент силы материальной точки и твердого тела. Понятие момента силы относительно точки и относительно оси вращения.



- 2) Понятие момента инерции твердого тела относительно неподвижной оси вращения.
- 3) Примеры расчета момента инерции однородного изотропного диска (сплошного цилиндра), длинного тонкого однородного стержня, однородного шара, тонкого однородного кольца (обруча), полого и сплошного цилиндров, полого шара.
- 4) Теорема Штейнера и ее применение.

### **Тема 1.7. Основной закон динамики вращательного движения**

#### **Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация**

- 1) Закон вращательного движения материальной точки и твердого тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси. Частные случаи закона вращательного движения, примеры решения задач.
- 2) Момент импульса материальной точки и твердого тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси. Единицы измерения.
- 3) Закон сохранения момента импульса, частные случаи его применения.
- 4) Кинетическая энергия материальной точки и твердого тела при вращательном движении относительно неподвижной оси.
- 5) Работа при вращательном движении.
- 6) Применение законов вращательного движения и сохранения момента импульса.

### **Тема 1.8.–1.9. Кинематика гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний**

- 1) Основные характеристики колебаний: амплитуда, частота, фаза и период.
- 2) Скорость и ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания.
- 3) Кинетическая, потенциальная и полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.
- 4) Сложение двух однонаправленных гармонических колебаний одинаковой частоты. Биения.
- 5) Сложение двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний с одинаковыми частотами.
- 6) Фигуры Лиссажу.

### **Тема 1.10. Динамика гармонических колебаний**

- 1) Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Понятие гармонического осциллятора.
- 2) Пружинный маятник: колебания происходят под действием упругой силы. Уравнение движения маятника в отсутствие сил трения (сил сопротивления). Частота и период колебаний пружинного маятника.
- 3) Физический и математический маятники: колебания осуществляются под действием силы тяжести. Вывод формул для частоты и периода колебаний через закон сохранения механической энергии.

### **Тема 1.11. Затухающие и вынужденные механические колебания**

- 1) Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний. Собственная частота колебаний системы. Коэффициент сопротивления и коэффициент затухания.

2) Решение дифференциального уравнения свободных затухающих колебаний. Амплитуда, период и частота затухающих колебаний системы. Понятие времени релаксации и логарифмического коэффициента затухания. Добротность колебательной системы.

3) Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.

### **Тема 1.12. Волны в упругих средах**

- 1) Продольные и поперечные волны. Длина волны.
- 2) Уравнение плоской и сферической бегущей волны.
- 3) Фазовая и групповая скорости волн.
- 4) Энергия и интенсивность волны.
- 5) Интерференция механических волн. Стоячие волны.
- 6) Звуковые волны. Эффект Доплера.

## **Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

### **Тема 2.1. Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния**

- 1) Статистический и термодинамический методы. Состояние термодинамической системы. Параметры состояния. Процесс.
- 2) Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
- 3) Законы идеального газа: Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро, Дальтона.
- 4) Уравнение Менделеева-Клапейрона.

### **Тема 2.2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеального газа**

- 1) Вывод основного уравнения МКТ идеального газа. Средняя квадратичная скорость движения молекул газа.
- 2) Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа и её связь с давлением.
- 3) Понятие температуры. Температура – термодинамический параметр, характеризующий состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Термодинамическая шкала температур, её связь со шкалой Цельсия. Абсолютный нуль температуры.

### **Тема 2.3. Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана**

- 1) Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения. Функция Максвелла. Наиболее вероятная и средняя арифметическая скорость молекул.
- 2) Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
- 3) Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул газа. Эффективный диаметр молекулы.
- 4) Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории: броуновское движение, опыт Штерна и др. Опытное определение постоянной Авогадро.

### **Тема 2.4. Физическая кинетика: явления переноса**

- 1) Термодинамически неравновесные системы. Явления переноса – необратимые процессы: пространственный перенос энергии, массы, импульса.
- 2) Теплопроводность газов. Градиент температуры. Плотность теплового потока. Закон Фурье.
- 3) Диффузия. Градиент плотности. Плотность потока массы. Закон Фика.
- 4) Внутреннее трение (вязкость). Градиент скорости. Плотность потока импульса. Закон

Ньютона. Динамическая вязкость.

### **Тема 2.5. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам**

1) Внутренняя энергия термодинамической системы. Способы изменения внутренней энергии. Понятие числа степеней свободы молекул идеального газа. Закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул.

2) Первый закон термодинамики. Работа газа при изменении его объема. Графическое представление работы.

3) Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Изохорный, изобарный, изотермический процессы и их графическое представление.

### **Тема 2.6. Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) теплоемкости идеального газа**

1) Удельная и молярная теплоемкость вещества. Связь удельной и молярной теплоемкостей. Единицы измерения в СИ.

2) Теплоемкость идеального газа при постоянном объеме и постоянном давлении. Формула Майера.

3) Расчет молярных теплоемкостей идеального газа через число степеней свободы молекул. Зависимость теплоемкости газа от температуры: при низких температурах молекулы газа участвуют только в поступательном движении; при комнатных – добавляется вращательное движение; при высоких температурах кроме поступательного и вращательного движения, необходимо учитывать колебательное движение молекул вещества.

4) Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Показатель адиабаты (коэффициент Пуассона). Работа газа при адиабатном процессе.

### **Тема 2.7. Круговой процесс. Энтропия. Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД**

#### **Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация**

1) Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс. Тепловой и холодильный циклы. Формула для расчета коэффициента полезного действия (КПД) для кругового процесса (цикла).

2) Энтропия, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью. Неравенство Клаузиуса. Адиабатный процесс является изоэнтропийным процессом. Термодинамическая вероятность. Принцип возрастания энтропии для замкнутых систем.

3) Второй закон термодинамики.

4) Тепловые двигатели. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Теорема Карно и термодинамическая шкала температур.

### **Тема 2.8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса**

1) Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.

2) Уравнение Ван-дер-Ваальса – уравнение состояния реального газа: учет собственного объема молекул и учет притяжения молекул.

3) Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ. Критическое состояние вещества.

4) Внутренняя энергия реального газа.

## **Раздел 3. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

### **Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля**

1) Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.

2) Понятие точечного заряда. Закон Кулона.

3) Электрическое поле. Напряженность – силовая характеристика электрического поля. Напряженность электрического поля точечного заряда. Единицы измерения.

4) Напряженность электрического поля системы точечных зарядов. Принцип суперпозиции электрических полей.

### **Тема 3.2. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме**

- 1) Силовые линии поля. Поток вектора напряженности.
- 2) Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме и ее применение к расчету напряженности электрического поля:
  - бесконечной однородно заряженной плоскости;
  - двух разноименно заряженных плоскостей;
  - бесконечного однородно заряженного цилиндра (нити);
  - заряженной сферической поверхности;
  - объемно-заряженного шара.

### **Тема 3.3. Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля**

- 1) Электрический потенциал. Расчет потенциала.
- 2) Разность потенциалов и её расчет.
- 3) Связь между напряженностью и потенциалом поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.
- 4) Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора  $\vec{E}$ .

### **Тема 3.4. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле**

- 1) Электрический диполь. Напряженность и потенциал электрического диполя.
- 2) Диполь в электрическом поле. Энергия диполя.
- 3) Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности.
- 4) Поляризация диэлектриков. Виды поляризации.
- 5) Объемные и поверхностные связанные заряды. Поле внутри диэлектрика.
- 6) Вектор электрической индукции  $\vec{D}$ . Теорема Гаусса для вектора  $\vec{D}$ .
- 7) Граничные условия на границе раздела двух диэлектриков.
- 8) Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности, потенциала и разности потенциалов электростатического поля в изотропных однородных диэлектриках.
- 9) Сегнетоэлектрики и их свойства. Пьезоэффект.

### **Тема 3.5. – 3.6. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация**

- 1) Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике. Электростатическая защита. Электростатический генератор.
- 2) Емкость уединенного проводника.
- 3) Емкость конденсаторов (плоского, сферического, цилиндрического).
- 4) Соединение конденсаторов: последовательное и параллельное.
- 5) Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.
- 6) Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.

### **Тема 3.7. Постоянный электрический ток. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока**

#### **Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация**

- 1) Сила тока, плотность тока. Условия существования тока.
- 2) Закон Ома для однородного участка цепи. Электрическое сопротивление. Соединение проводников (последовательное, параллельное). Закон Ома в дифференциальной форме.
- 3) Разность потенциалов, электродвижущая сила и напряжение.

- 4) Закон Ома для неоднородного участка цепи и замкнутой цепи.
- 5) Правила Кирхгофа для разветвленных электрических цепей.
- 6) Работа силы электрического тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Удельная тепловая мощность.
- 7) Мощность источника тока. Полезная мощность – мощность, потребляемая нагрузкой  $R$ . Расчет максимальной полезной мощности источника тока. КПД источника тока.

### **Тема 3.8. Классическая электронная теория электропроводности металлов**

- 1) Природа носителей тока в металлах.
- 2) Опыты Рикке, Толмена-Стюарта.
- 3) Классическая теория электропроводности металлов. Теория Друде-Лоренца.
- 4) Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца и Видемана-Франца на основе классической теории Друде-Лоренца.
- 5) Недостатки классической теории Друде-Лоренца.

### **Тема 3.9. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме**

- 1) Электрический ток в жидкостях. Законы Фарадея для электролиза.
- 2) Закон Ома для электролитов.
- 3) Электрический ток в газах. Ионизация газов. Закон Ома для газов. Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряд. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный газовые разряды.
- 4) Электрический ток в плазме.

### **Тема 3.10. Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера, сила Лоренца**

- 1) Опыты Ампера и Эрстеда.
- 2) Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля.
- 3) Закон Био-Савара-Лапласа. Расчет индукции магнитных полей, создаваемых токами различной конфигурации.
- 4) Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электрических полях.
- 5) Эффект Холла. Циклотрон. Магнетрон.

### **Тема 3.11. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле**

- 1) Магнитный поток  $\Phi_B$ . Работа проводника с током в однородном магнитном поле.
- 2) Циркуляция вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  (закон полного тока). Поле соленоида и тороида.
- 3) Магнитный момент тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле.

### **Тема 3.12. Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства**

- 1) Намагничивание вещества. Вектор намагниченности.
- 2) Напряженность  $\vec{H}$  магнитного поля. Циркуляция вектора  $\vec{H}$  (закон полного тока). Магнитная проницаемость.
- 3) Уравнения магнитостатики для вещества. Расчет индукции магнитного поля в веществе.
- 4) Виды магнетиков и их свойства. Элементарная теория диа- и парамагнетизма.
- 5) Элементарная теория ферромагнетизма. Обменное взаимодействие. Применение ферромагнетиков.

### **Тема 3.13. – 3.14. Электромагнитная индукция. Взаимные превращения электрических и магнитных полей**

- 1) Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции.
- 2) Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.
- 3) Явление самоиндукции. Индуктивность.
- 4) Токи при замыкании и размыкании электрической цепи.
- 5) Взаимная индукция.
- 6) Токи Фуко и их применение.
- 7) Энергия магнитного поля.
- 8) Вихревое электрическое поле. Токи смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме.

### **Тема 3.15. Электрические колебания**

- 1) Свободные незатухающие электрические колебания в колебательном контуре.
- 2) Свободные затухающие электрические колебания. Добротность системы.
- 3) Вынужденные электрические колебания. Резонанс.
- 4) Переменный электрический ток. Закон Ома. Мощность переменного тока.

## **Раздел 4. ОПТИКА**

### **Тема 4.1. Электромагнитные волны**

- 1) Уравнения электромагнитных волн.
- 2) Опыты Герца по исследованию электромагнитных волн.
- 3) Энергия, импульс и давление электромагнитных волн.
- 4) Шкала электромагнитных волн.

### **Тема 4.2. Элементы геометрической оптики**

- 1) Основные законы геометрической оптики:
- 2) Абсолютный и относительный показатели преломления
- 3) Явление полного отражения и его применение

### **Тема 4.3. Световая волна. Интерференция световых волн**

- 1) Световая волна. Уравнение плоской волны.
- 2) Фазовая скорость электромагнитных волн в веществе.
- 3) Связь модулей амплитуд векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в электромагнитной волне.
- 4) Понятие интенсивности света, связь с амплитудой и с показателем преломления вещества.
- 5) Интерференция световых волн. Понятие когерентности. Разность фаз и оптическая разность хода.
- 6) Способы наблюдения интерференции света: опыт Юнга, зеркала Френеля, бипризма Френеля и др.
- 7) Интерференция света при отражении от тонких пластинок (пленок).
- 8) Применение интерференции света.

### **Тема 4.4. Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера**

- 1) Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.
- 2) Дифракция Френеля от простейших преград.
- 3) Дифракция Фраунгофера от узкой щели.
- 4) Дифракция Фраунгофера на  $N$ -щелях. Дифракционная решетка.
- 5) Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов.
- 6) Применение дифракции света.

#### **Тема 4.5. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера**

- 1) Естественный и поляризованный свет. Плоскость поляризации и плоскость колебаний. Плоскость поляризатора. Закон Малюса.
- 2) Степень поляризации. Виды поляризации.
- 3) Поляризация при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера. Угол полной поляризации.
- 4) Двойное лучепреломление. Обыкновенные и необыкновенные лучи света. Поляризационные призмы и поляроиды. Искусственная оптическая анизотропия.
- 5) Вращение плоскости поляризации в оптически активных средах.

#### **Тема 4.6. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света**

- 1) Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия вещества.
- 2) Основные положения электронной теории дисперсии света.
- 3) Поглощение (абсорбция) света. Коэффициент поглощения. Закон Бугера

#### **Тема 4.7. Квантовая природа излучения. Законы теплового излучения и его характеристики**

- 1) Тепловое излучение и его основные характеристики: энергетическая светимость, испускательная и поглощательная способность.
- 2) Понятие абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа.
- 3) Закон Стефана-Больцмана и закон Вина.
- 4) Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
- 5) Формула Планка – доказательство квантовой природы излучения.
- 6) Оптическая пирометрия.

#### **Тема 4.8. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта**

- 1) Явление фотоэффекта. опыты А.Г. Столетова. Задерживающее напряжение. Красная граница фотоэффекта. Законы фотоэффекта.
- 2) Уравнение А. Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
- 3) Виды фотоэффекта: внешний, внутренний, вентильный (разновидность внутреннего), многофотонный.
- 4) Применение фотоэффекта.

#### **Тема 4.9. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона**

- 1) Энергия, масса и импульс фотона.
- 2) Давление света. Коэффициент отражения.
- 3) Корпускулярно-волновая природа света: в пространстве распространяется в виде электромагнитных волн, взаимодействует с веществом (поглощается и излучается) определенными порциями (квантами), как частицы (фотоны).
- 4) Эффект Комптона и его элементарная теория.

### **Раздел 5. ФИЗИКА АТОМА, АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

#### **Тема 5.1. Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома**

- 1) Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера.
- 2) Модель атома Томсона.
- 3) опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома.
- 4) Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
- 5) Теория Бора водородоподобного атома.

#### **Тема 5.2. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества**

- 1) Гипотеза де Бройля. Движение электронов – волновой процесс. Дифракция электро-

нов при отражении от монокристалла никеля (К. Д. Дэвиссон, Л.Х. Джермер), при прохождении электронного пучка через металлическую фольгу (Дж. П. Томсон, П.С. Тартаковский).

2) Необычные свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.

3) Соотношение неопределенностей Гейзенберга: для координаты и импульса микрочастицы; для энергии и времени.

### **Тема 5.3. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса**

1)  $\Psi$ -функция – волновая функция, характеризует состояние микрочастицы, движущейся в силовом поле. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Смысл  $\Psi$ -функции.

2) Квантование энергии. Полная энергия частицы. Собственные значения энергии и собственные функции. Дискретный и непрерывный (сплошной) спектр.

3) Собственные значения энергии и собственные функции для частицы в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Графики собственных функций и плотности вероятности нахождения частицы на различных расстояниях от стенок ямы.

4) Квантование момента импульса частицы.

5) Прохождение частицы через потенциальный барьер.

### **Тема 5.4. Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева**

1) Атом водорода. Квантовые числа. Понятие кратности вырождения энергетических уровней.

2) Правило отбора и принцип минимума энергии. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома.

3) Периодическая система элементов Менделеева (примеры распределения электронов по оболочкам и подоболочкам химических элементов с  $Z$  от 1 до 19).

### **Тема 5.5. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность**

1) Состав и характеристики атомного ядра (протон, нейтрон – их свойства; зарядовые и массовые числа; изотопы; размеры ядер; спин).

2) Масса и энергия связи ядра. Удельная энергия связи; дефект массы. Модели атомного ядра.

3) Ядерные силы и их свойства.  $\pi$ -мезоны (пионы) – носители ядерных сил.

4) Радиоактивность. Закон радиоактивного превращения. Постоянная распада; период полураспада; среднее время жизни радиоактивного ядра.

5) Правила радиоактивного смещения ( $\alpha$ -распад,  $\beta$ -распад). Активность радиоактивного вещества.

### **Тема 5.6. Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор**

1) Ядерные реакции. Энергия реакции. Примеры ядерных реакций.

2) Деление тяжелых ядер. Тепловые, мгновенные, запаздывающие нейтроны. Цепная ядерная реакция. Атомная бомба.

3) Управляемая цепная реакция. Атомный реактор. Типы реакторов. Атомная энергетика.

### **Тема 5.7. Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд**

1) Ядерный синтез – слияние легких ядер, при котором выделяется огромная энергия. Условия протекания термоядерных реакций синтеза.

2) Схема протонно-протонного цикла (протекает в недрах Солнца и других, подобных по массе звездах).

3) Схема углеродно-азотного цикла (протекает в более массивных звездах при температурах выше  $10^8$  К).

4) Проблемы осуществления управляемого термоядерного синтеза.



## Тема 5.8. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц

- 1) Виды взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное.
- 2) Фундаментальные частицы и кванты полей: классификация, краткая характеристика. Частицы и античастицы. Современная физическая картина мира.

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторных работ</i>	<i>Объем (час)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах (час)</i>
1	1.	Изучение законов сохранения импульса и энергии.	0,5	0,5
2	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника.	0,5	–
3	1.	Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.	0,5	0,5
4	1.	Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний.	0,5	–
5	1.	Универсальный маятник.	0,5	–
6	2.	Изучение газовых законов.	0,5	0,5
7	2.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.	0,5	0,5
8	2.	Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.	0,5	0,5
9	3.	Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона.	0,5	0,5
10	3.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R-моста Уитстона	0,5	–
11	3.	Измерение удельного сопротивления.	0,5	–
12	3.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.	0,5	0,5
13	3.	Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа.	0,5	0,5
14	4.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки.	0,5	–
15	4.	Изучение явления поляризации света	0,5	–
16	4.	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра.	0,5	–
17	4.	Исследование селективного фотоэффекта.	0,5	–
18	5.	Качественный спектральный анализ.	0,5	–
		<b>ИТОГО</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

### 4.4. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Согласно учебному плану студенты профиля подготовки 13.03.01 «Промышленная теплоэнергетика» заочной формы обучения при изучении дисциплины «Физика» выполняют две контрольные работы.

*Цель проведения контрольных работ* – закрепить теоретический материал курса физики.

*Основная тематика:*

- механика;
- молекулярная физика и термодинамика;
- электромагнетизм
- оптика;
- физика атома, атомного ядра и элементарных частиц.

*Содержание.*

Каждая контрольная работа содержит по 8 задач на любые из перечисленных выше разделов физики.

*Структура.*

В контрольной работе необходимо указать номер варианта (соответствует последней цифре номера зачетной книжки или студенческого билета), записать условие задачи, решение с пояснением. В тех случаях, когда это необходимо, нужно сделать чертеж, выполнить вычисления, осуществить проверку единиц измерения и записать ответ.

*Объем:* 1 – 2 страницы на каждую задачу. Выполняется в тетради в клетку объемом 12-14 листов.

Задания по контрольным работам выдаются согласно графику контрольных мероприятий для заочной формы обучения.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки выполнения контрольной работы (заочная форма обучения)</b>
зачтено	Обучающийся правильно решает все восемь задач своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу, при пояснении решения задачи приводит чертежи или графики с обозначением необходимых величин, вывод формул и решение задач сопровождается краткими, но исчерпывающими пояснениями, осуществляет проверку размерности полученной расчетной формулы, после проверки размерности формулы осуществляет численный расчет
не зачтено	Обучающийся решает задачи своего варианта с большим количеством замечаний: безграмотно выполнены чертежи и графики к задачам, работа оформлена не по образцу, ошибки в расчетах, отсутствуют пояснения к решению задач – контрольная работа возвращается на доработку

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>Компетенции</i>  <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОК</i>	<i>ОПК</i>				
		<i>7</i>	<i>2</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<b>1.</b> Механика	63	+	+	2	31,5	Лк, ЛР, СР	1кр, экзамен
<b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика	63	+	+	2	31,5	Лк, ЛР, СР	1кр, экзамен
<b>3.</b> Электромагнетизм	63	+	+	2	31,5	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
<b>4.</b> Оптика	63	+	+	2	31,5	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
<b>5.</b> Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	63	+	+	2	31,5	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
<b><i>всего часов</i></b>	<b>315</b>	<b>157,5</b>	<b>157,5</b>	<b>2</b>	<b>157,5</b>	-	-

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Ким, Д.Б. Физика. Механика: лабораторный практикум / Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро. – 4-е изд. перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2010. – 143 с.
2. Ким, Д.Б. Физика. Электричество и электромагнетизм: лабораторный практикум / Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2014. – 130 с.
3. Рудя, С.С. Физика. Оптика: методические указания по лабораторным работам / С.С. Рудя, Е.Т. Агеева, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2012. – 164 с.
4. Электромагнетизм: курс лекций / Д. Ким [и др.]. – Братск: БрГУ, 2013. – 378 с.
5. Физика. Молекулярная физика и термодинамика: лабораторный практикум/ Д.Б. Ким и др. – Братск: БрГУ, 2014. – 112с.
6. Яскин, А.С. Физика твёрдого тела, атома и атомного ядра: лабораторный практикум/ А.С. Яскин, И.Г. Махро, Е.Т. Агеева. – Братск: БрГУ, 2014. – 160 с.
7. Физика. Методические указания и контрольные задания для бакалавров ЗФО технических профилей/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2013. –140 с.
8. Ким, Д.Б. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие /Д.Б. Ким, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2012. – 145 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия (Лк, ЛР, кр,СР)</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность (экз/чел)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов/ Т.И. Трофимова. – 12 изд., стереотип. – Москва: Академия, 2006. – 560 с.	Лк, ЛР, СР, кр	96	1
2.	Детлаф, А.А. Курс физики: учебное пособие для вузов/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. 7-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 720 с.	Лк, ЛР, СР, кр	100	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов технических вузов / В.С. Волькенштейн. – 3-е издание, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Книжный мир, 2006. – 328 с.	кр	98	1
4.	Трофимова, Т.И. Физика 500 основных законов и формул. Справочник для студ. вузов/ Т.И. Трофимова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2007. – 63 с.	Лк, СР, ЛР, кр	5	0,25
5.	Иродов, И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: учеб. пособие для вузов / И.Е.Иродов. – 6-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 319 с.	Лк, СР	10	1
6.	Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика: Учебник для втузов / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1989. – 432 с.	Лк, ЛР, СР	208	1
7.	Савельев, И.В. Курс общей физики, Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Учебник для вту-	Лк, ЛР,	97	1

	зов / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1988. – 496 с.	СР		
8.	Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела, атомного ядра и элементарных частиц. Учебник для вузов / И.В. Савельев. – М: Наука, 1987. – 304с.	Лк, ЛР, СР	101	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn-p1ai/how-to-search/>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе подготовки к лабораторным работам необходимо изучить методическую литературу, рекомендованную для подготовки к выполнению работы, составить протокол необходимый для выполнения ЛР. Протокол должен включать в себя: название ЛР, цель, приборы и принадлежности, принципиальную схему рабочей установки и таблицу результатов. Ознакомиться с порядком выполнения ЛР. После того как ЛР будет выполнена необходимо оформить отчёт по ЛР и подготовиться к защите ЛР. Лабораторный практикум содержит вопросы для защиты ЛР, на которые студент должен ответить. Для подготовки к защите ЛР студенту необходимо ознакомиться с теоретическим введением в лабораторном практикуме, а также использовать рекомендуемую лабораторным практикумом литературу и свой конспект лекций. Для большего освоения материала ответы на вопросы рекомендуется оформлять в виде конспекта.

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

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра физики**

Лабораторная работа № 31

Измерение величины электрического сопротивления  
с помощью R-моста Уитстона

**ОТЧЕТ**

Выполнил:  
студент гр. ПТЭз-14

С.И. Иванов

Руководитель:  
доцент, к.ф.-м.н.

Д.Б. Ким

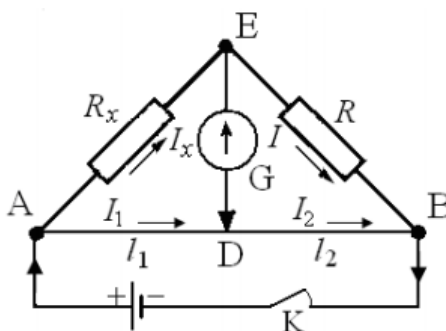
Братск 2014

**Цель работы:**

- 1) Изучение принципа работы измерительной мостовой схемы.
- 2) Определение величины сопротивления двух проводников и величины сопротивления при их последовательном и параллельном соединении.

**Приборы и принадлежности:**

реохорд (цена деления =1мм),  
 набор резисторов с неизвестными сопротивлениями,  
 магазин сопротивлений МСР-60, класс 0,02  
 милливольтметр М45М0МЗ, 1.0,  $\square$ ,  $\text{—}$ ,  $\star$  2 kV,  $\cap$   
 источник постоянного тока.

**Принципиальная схема рабочей установки:****Рис. 1**

$R_x$  – неизвестное сопротивление;  $R$  – прибор с известным сопротивлением (магазин сопротивлений);  $G$  – гальванометр;  $AB$  – реохорд;  $K$  – ключ.

**Рабочие формулы:**

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}; \quad R_{\text{х посл}} = R_{x1} + R_{x2}; \quad R_{\text{х пар}} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}},$$

где  $R_{x1}$  – сопротивление первого резистора,  $R_{x2}$  – сопротивление второго резистора;  $l_1$  и  $l_2$  – длины плеч реохорда.

Таблица результатов

Измеряемое сопротивление	№ n/n	$l_1$	$l_2$	$R$	$R_x$	$R_{xcp}$	Расчетные значения $R_{xпосл}$ , $R_{xпар}$
		мм	мм	Ом	Ом	Ом	
$R_{x1}$	1	90	90	163	163	161	—
	2	80	100	193	154		
	3	100	80	133	166		
$R_{x2}$	1	90	90	25	25	25,3	—
	2	80	100	31	25		
	3	100	80	21	26		
$R_{xпосл}$	1	90	90	181	181	183	181
	2	80	100	222	178		
	3	100	80	152	190		
$R_{xпар}$	1	90	90	22	22	22,3	22
	2	80	100	27	22		
	3	100	80	18	23		

**Формулы расчета погрешности:**

$$E_1 = \frac{\Delta R_{x1}}{\langle R_{x1cp} \rangle} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}; \quad E_2 = \frac{\Delta R_{x2}}{\langle R_{x2cp} \rangle} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}.$$

**Конечный результат:**

$$R_{x1} = (161 \pm 4) \text{ Ом}$$

$$R_{x2} = (25,3 \pm 0,6) \text{ Ом}$$

**Вывод:**

Изучен принцип работы измерительной мостовой схемы; определены величины сопротивления двух проводников и величины сопротивления при их последовательном и параллельном соединении с относительной погрешностью  $E = 2,4\%$ .



## Лабораторная работа № 1

### Изучение законов сохранения импульса и энергии.

*Цель работы:* экспериментальное исследование процесса соударения упругих тел и проверка выполнения в системе соударяющихся тел законов сохранения импульса и механической энергии.

*Приборы и принадлежности:* лабораторная установка FPM-08.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Провести корректировку осевой установки шаров, ослабив фиксирующие гайки, установить шкалы 3, 4 таким образом, чтобы указатели подвесов занимали на шкалах нулевое положение.

2. Нажать клавишу «СЕТЬ».

3. Правый шар отодвинуть в сторону электромагнита и заблокировать его в этом положении, записать значение угла отклонения подвеса правого шара (1) от вертикали  $\alpha$ .

4. Нажать клавишу «ПУСК».

5. После столкновения шаров измерить по шкале углы отклонения шаров  $\alpha'_1$  (правый шар 1) и  $\alpha'_2$  (левый шар 2).

6. Измерение повторить 8 – 10 раз.

7. По формуле

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{gl}$$

вычислить скорость  $v$  правого шара до соударения. Подставив в эту же формулу вместо значения угла  $\alpha$  средние значения  $\langle \alpha'_1 \rangle$  и  $\langle \alpha'_2 \rangle$ , рассчитайте средние скорости  $\langle u_1 \rangle$ ,  $\langle u_2 \rangle$  шаров после соударения.

8. Результаты вычислений занести в таблицу.

9. Поставив значения скоростей шаров  $v$ ,  $\langle u_1 \rangle$  и  $\langle u_2 \rangle$  в формулы

$$p = m_1 v, \quad p' = m_1 \langle u_1 \rangle + m_2 \langle u_2 \rangle, \quad E_k = \frac{m_1 v^2}{2}, \quad E'_k = \frac{m_1 \langle u_1 \rangle^2}{2} + \frac{m_2 \langle u_2 \rangle^2}{2},$$

вычислить сумму импульсов и кинетической энергии до и после удара. Затем сравнить их значения.

10. Сделать вывод о выполнении законов сохранения энергии и импульса.

#### Вопросы для допуска к работе

1. Изложить цель работы.

2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.

3. Поясните смысл и метод определения всех величин, вносимых в таблицу.

#### Вопросы для защиты работы

1. Что называется импульсом тела, энергией?

2. Дайте определение замкнутой системы.

3. какие величины называются интегралами движения? приведите примеры.

4. С чем связаны законы сохранения импульса, энергии, момента импульса?

5. Сформулируйте законы сохранения импульса и механической энергии системы.

6. Приведите определения кинетической и потенциальной энергии, импульса системы.

7. Какие силы называются консервативными и диссипативными?

8. Какие удары называются абсолютно упругими и абсолютно неупругими?

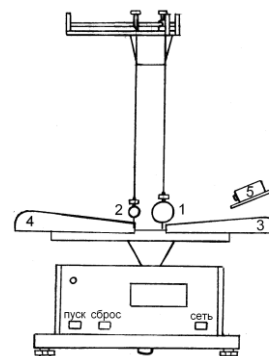
Форма отчетности: отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 6.



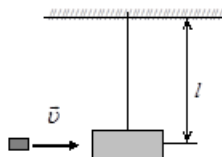
## Лабораторная работа № 2

*Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника*

*Цель работы:* определение скорости пули с помощью баллистического маятника с использованием законов сохранения импульса и энергии.

*Приборы и принадлежности:* баллистический маятник, пружинный пистолет, зеркальная шкала, измерительная линейка, пуля.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*



1. Привести маятник в состояние равновесия
2. Произвести 5 – 6 выстрелов, каждый раз отмечая смещения  $S$  указателя по шкале. Результаты измерений записать в таблицу. Определить среднее арифметическое значение смещения  $\langle S \rangle$ .

3. Вычислить скорость пули по формуле:

$$\langle v \rangle = \frac{M + m}{m} \cdot \langle S \rangle \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

4. Вычислить абсолютную погрешность прямых многократных измерений  $S$ , используя метод Стьюдента.

5. Вычислить относительную погрешность измерения скорости пули

$$E = \frac{\Delta v}{\langle v \rangle} = \frac{\Delta M + \Delta m}{M + m} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta l}{l} \right).$$

6. Найти абсолютную погрешность  $\Delta v = \langle v \rangle \cdot E$ .

7. Окончательный результат записать в виде  $v = \langle v \rangle \pm \Delta v$ .

*Вопросы для допуска к работе*

1. Изложите цель работы, назначение приборов и принадлежностей.
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Какие допущения возможны, если рассматривать систему «маятник-пуля» как замкнутую?
4. Напишите рабочую формулу, примененную в данной работе.

*Вопросы для защиты работы*

1. Что называется импульсом тела и в каких единицах он измеряется в системе СИ?
2. При каком условии систему «маятник-пуля» можно рассматривать как изолированную?
3. В чем состоит закон сохранения импульса? К каким системам он применим? Дайте вывод этого закона и приведите примеры его проявления (его действия).
4. Как найти изменение импульса неизолированной системы?
5. Какие существуют виды механической энергии. Дайте их определения.
6. Для каких систем справедлив закон сохранения механической энергии и как он формулируется?
7. Какой удар называют абсолютно упругим и какой абсолютно неупругим?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 6.

### Лабораторная работа № 3

Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.

Цель работы: экспериментальная проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека в разных ситуациях: для случая когда  $J = \text{const}$ , для случая при  $M = \text{const}$ .

Приборы и принадлежности: маятник Обербека с миллисекундомером FPM-15, штангенциркуль

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Измерить штангенциркулем радиус большого и малого шкивов  $r_1$  и  $r_2$ .

2. Определить массу груза взвешиванием на технических весах с точностью  $\pm 0,1$  г.

3. Проверить соотношение  $\varepsilon_1 / \varepsilon_2 = M_1 / M_2$ . Для этого:

- закрепить цилиндрические подвижные грузы на стержнях на ближайшем расстоянии от оси вращения так, чтобы крестовина была в положении безразличного равновесия;

- намотать нить на большой шкив радиуса  $r_1$  и измерить время движения груза  $t_1$  с высоты  $h$  миллисекундомером;

- опыт повторить 5 раз. Высоту  $h$  не рекомендуется менять в течение всей работы;

- по формулам  $a = \frac{2h}{t^2}$ ,  $\varepsilon = \frac{a}{r}$ ,  $M = m(g - a) \cdot r$  вычислить значения  $a_1$ ,  $\varepsilon_1$ ,  $M_1$ ;

- не меняя расположения подвижных грузов и оставляя тем самым неизменным момент инерции системы, опыт повторить, наматывая нить с грузом на малый шкив радиусом  $r_2$ ;

- по выше приведенным формулам вычислить значения  $a_2$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $M_2$ ;

- проверить справедливость следствия основного закона динамики вращательного движения:  $M_1 / M_2 = \varepsilon_1 / \varepsilon_2$ , при  $J = \text{const}$ .

- данные результатов измерений и вычислений занести в таблицы.

4. Проверить соотношение  $\varepsilon' / \varepsilon_2 = J_2 / J'$ . Для этого:

- раздвинуть подвижные грузы до упоров на концах стержней, но так, чтобы крестовина снова была в положении безразличного равновесия;

- для малого шкива  $r_2$  определить время движения груза  $t'$  по данным 5 опытов;

- по формулам  $a = \frac{2h}{t'^2}$ ,  $\varepsilon = \frac{a}{r}$ ,  $J = \frac{mr^2(g - a)}{a}$  определить значения  $a'$ ,  $\varepsilon'$ ,  $J'$ ;

- при проверке соотношения  $\varepsilon' / \varepsilon_2 = J_2 / J'$  при  $M = \text{const}$  используют значения предыдущего опыта;

- вычислить соотношения  $\varepsilon' / \varepsilon_2$  и  $J_2 / J'$ ;

- результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?

2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Поясните физический смысл величин, входящих в данный закон, укажите единицы их измерения в «СИ».

3. Опишите устройство рабочей установки.

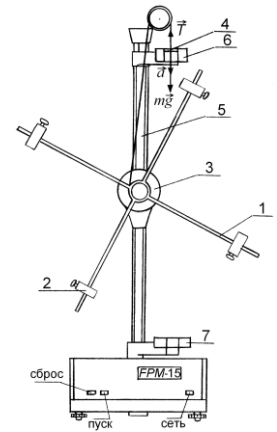
4. Оцените погрешность метода измерений величины углового ускорения.

Вопросы для защиты работы

1. Дайте определения момента сил, момента импульса материальной точки относительно неподвижной точки О.

2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной точки О и неподвижной оси Z.

3. Дайте определение момента инерции материальной точки и твердого тела.



4. Выведите рабочие формулы.

5. Выведите соотношение  $\varepsilon = f(J)$  при  $M = \text{const}$  и  $\varepsilon = f(M)$  при  $J = \text{const}$ .

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 4, № 6.

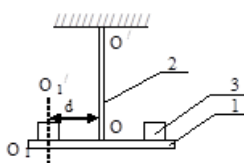
#### Лабораторная работа № 4

*Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний*

*Цель работы:* экспериментальное определение момента инерции диска методом крутильных колебаний.

*Приборы и принадлежности:* диск на упругой проволоке, дополнительные грузы (цилиндры или шары), секундомер, линейка, штангенциркуль.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*



1. Исследуемое тело привести в крутильное колебание. Для этого тело поворачивается относительно оси  $OO'$  на малый угол (не более  $6^\circ$ ) в горизонтальной плоскости и после этого его предоставить самому себе.

2. Секундомером измерить время 30-50 полных колебаний. Опыт повторить не менее 5 раз с одним и тем же выбранным числом колебаний. Найти среднее значение  $\langle t \rangle$ .

3. Определить период колебаний:  $T = \frac{\langle t \rangle}{n}$ , где  $n$  – число крутильных колебаний.

4. На одинаковом расстоянии от проволоки на диск поставить добавочные грузы (шары или цилиндры), проделав 5 опытов для того же числа колебаний  $n$ , найти период колебаний диска с добавочными грузами  $T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}$ .

5. Линейкой измерить расстояние между осями  $OO'$  и  $O_1O_1'$ .

6. Штангенциркулем измерить диаметр  $2r$  добавочного груза ( $r$  – радиус груза).

7. В зависимости от вида используемых добавочных грузов вычислить момент инерции исследуемого тела по формуле  $J = m(2d^2 + r^2) \frac{T^2}{T_1^2 - T^2}$  или  $J = m(2d^2 + \frac{4}{5}r^2) \frac{T^2}{T_1^2 - T^2}$ .

8. Измерить радиус исследуемого диска  $R$  и найти значение момента инерции по проверочной формуле  $J_{\text{пров}} = \frac{m_1 R^2}{2}$ . Масса диска  $m_1 = 1,570$  кг.

9. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти абсолютную погрешность результата  $\Delta J$ .

10. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?

2. Что называется моментом инерции материальной точки? Каков физический смысл данного понятия?

3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента. Каково назначение в работе добавочных грузов?

4. Запишите формулу для периода колебаний крутильного маятника. При каких условиях справедлива эта формула?

*Вопросы для защиты работы*

1. Выведите формулу периода колебаний крутильного маятника.

2. Сформулируйте теорему Штейнера и покажите, как она применяется в проделанной работе.

3. Пользуясь дифференциальным методом, получите формулу относительной погрешности  $\Delta J/J$ .

4. Как повысить точность эксперимента, проведенного на данной установке?

5. Выведите формулу момента инерции сплошного диска, кольца, стержня.
6. Сформулируйте закон сохранения момента импульса, основной закон динамики вращательного движения.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2  
Дополнительная литература № 4, № 6.

## Лабораторная работа № 5

### Универсальный маятник

*Цель работы:* экспериментальное определение ускорения свободного падения методом колебаний математического и оборотного маятников.

*Приборы и принадлежности:* установка ФРМ-04.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

##### Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника

1. Нижний кронштейн 6 вместе с фотоэлектрическим датчиком установите в нижней части колонки так, чтобы длина математического маятника по шкале была не менее 50 см. Затяните вороток 5, фиксируя фотоэлектрический датчик в избранном положении.

2. Поворачивая нижний кронштейн, поместите над датчиком математический маятник.

3. Вращая вороток 10, на верхнем кронштейне установите длину математического маятника, обратив внимание на то, чтобы черта на шарике была продолжением черты на корпусе фотоэлектрического датчика.

4. Отклоните математический маятник на угол  $4 - 5^{\circ}$  от положения равновесия.

5. Нажмите клавишу СБРОС.

6. При подсчете измерителем 30-50 колебаний нажмите клавишу СТОП (при 30 колебаниях нажать при цифре 29, при 50 колебаниях – при цифре 49!). Измерения повторите не менее 5 раз для одного и того же числа колебаний.

7. Определите среднее арифметическое значение времени по формуле:

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

где  $n$  – количество выполненных измерений;  $t_i$  – значение времени, полученное в  $i$  – ом измерении.

8. Определите период  $T_1$  математического маятника.

9. По формуле  $g_1 = \frac{4\pi^2 l}{T_1^2}$  определите ускорение свободного падения  $g_1$ .

##### Определение ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника

1. Поверните верхний кронштейн на  $180^{\circ}$ .

2. Установите оборотный маятник на ножке 14 как указано на рисунке.

3. Отклоните маятник на угол  $4 - 5^{\circ}$  от положения равновесия.

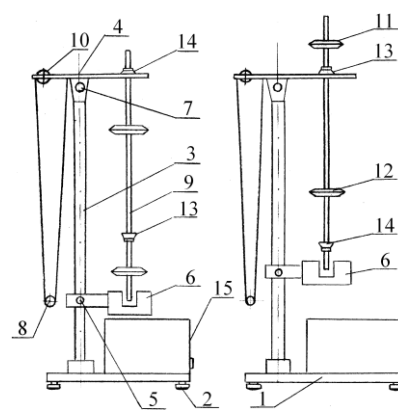
4. Нажмите клавишу СБРОС.

5. После подсчета измерителем 30-50 колебаний нажмите клавишу СТОП. Измеряют не менее 5 раз время 30-50 колебаний маятника.

6. Определите период колебаний оборотного маятника  $T_2$ .

7. Снимите маятник и, перевернув его, подвесьте на втором ноже 13.

8. Нижний кронштейн с фотоэлектрическим датчиком 6 переместите так, чтобы конец стержня маятника перекрывал световой луч, поступающий от лампочки на фотодатчик.



9. Повторите опыт согласно пунктам 3-5. Определив период колебаний  $T_2'$ , сравните результат с полученной выше величиной  $T_2$ . Для обратного маятника расхождения в значениях  $T_2$  и  $T_2'$  не должны превышать 1%.

10. Определите приведенную длину обратного маятника  $L$ , подсчитывая количество насечек на стержне между ножами, которые нанесены через каждые 10 мм.

11. По формуле  $g_2 = \frac{4\pi^2 L}{T_2^2}$  определите ускорение свободного падения  $g_2$ .

12. Оцените относительную ( $E$ ) и абсолютную ( $\Delta g$ ) погрешности результатов измерений по формулам, полученным дифференциальным методом:

$$E_1 = \frac{\Delta g_1}{g_1} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T_1}{T_1}, \quad \Delta g_1 = E_1 g_1;$$

$$E_2 = \frac{\Delta g_2}{g_2} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta T_2}{T_2}, \quad \Delta g_2 = E_2 g_2.$$

Результаты измерений и вычислений заносят в таблицы.

#### Вопросы для допуска к работе

1. Цель работы.
2. Что называется физическим и математическими маятниками? Какой маятник является обратным?
3. Запишите формулу периода колебаний физического маятника и поясните физический смысл входящих в нее величин.
4. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.

#### Вопросы для защиты работы

1. Выведите формулу для периода колебаний физического и математического маятников.
2. Выведите дифференциальные уравнения гармонических колебаний физического и математического маятников, приведите их решения.
3. Что называется приведенной длиной физического маятника?
4. Выведите рабочую формулу для определения ускорения свободного падения.
5. Оцените погрешность методов измерения ускорения свободного падения с помощью математического и обратного маятников.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 4, № 6.

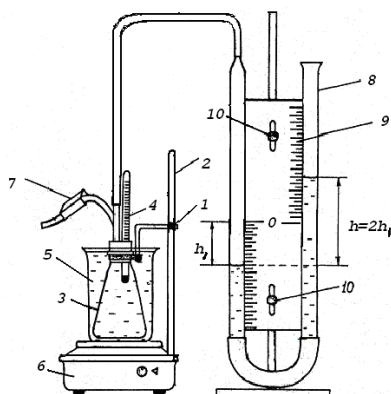
### Лабораторная работа № 6

#### Изучение газовых законов

**Цель работы:** изучение газовых законов; проверка уравнения Клапейрона.

**Приборы и принадлежности:** колба с термометром, водяной манометр, стакан с водой, электрическая плитка со штативом.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Воздух в закрытой колбе нагревают от комнатной температуры до  $40 - 50^\circ\text{C}$  и через каждые  $4 - 6^\circ\text{C}$ , в зависимости от цены деления термометра, фиксируют по шкале манометра значения  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$  соответствующие температурам  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ . Данные измерений занести в таблицу.

2. По формулам  $p_1 = p_0 + 2\rho gh_1$ ;  $V_1 = V_0 + Sh_1$  вычисляют значения давлений  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  и объемов  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ , соответствующие температурам  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ .

3. Используя выражения

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{(p_0 + 2\rho g h_1)(V_0 + S h_1)}{T_1}, \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{(p_0 + 2\rho g h_2)(V_0 + S h_2)}{T_2}, \dots,$$

$$\frac{p_n V_n}{T_n} = \frac{(p_0 + 2\rho g h_n)(V_0 + S h_n)}{T_n}$$

осуществляют проверку закона Клапейрона.

4. Результаты вычислений занести в таблицу.

#### Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте понятие идеального газа.
3. Опишите установку и порядок выполнения работы.
4. Запишите рабочую формулу для проверки уравнения Клапейрона и поясните ее.

#### Вопросы для защиты работы

1. Поясните, почему изучая поведение реальных газов, мы часто пользуемся моделью идеального газа?
2. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и поясните его.
3. Дайте понятие моля вещества, как рассчитывается количество молей идеального газа, число молекул газа?
4. Сформулируйте законы идеального газа. Приведите графики изотерм, изобар, изохор.
5. Используя уравнение Клапейрона, выведите и поясните уравнение.
6. Поясните физический смысл газовой постоянной  $R$ .
7. Что называется термодинамическим процессом?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2, № 3  
Дополнительная литература № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 7

*Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.*

**Цель работы:** экспериментальное определение коэффициента динамической вязкости воды при ламинарном течении жидкости через капиллярную трубку с целью развития у обучающихся профессиональных компетенций, приобретения навыков теоретического и экспериментального исследования, работы с литературой и навыков работы в команде.

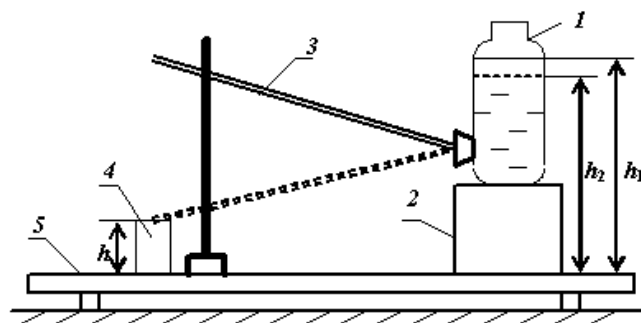
**Приборы и принадлежности:** сосуд с водой, капиллярная трубка, мерный стакан, секундомер, измерительная линейка.

**Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений**

1. Линейкой измеряют высоту уровня жидкости  $h_1$  в сосуде от поверхности
2. Опускают трубку свободным концом в мерный стакан, одновременно включают секундомер и измеряют время  $t$ , в течение которого через трубку в стакан перетекает жидкость объемом 0,1–0,2 литра.
3. Измеряют высоту уровня жидкости в сосуде  $h_2$  после вытекания и высоту конца трубки  $h$  над поверхностью стойки.
4. Опыт повторяют 5 раз для одного и того же объема жидкости. Результаты измерений занесите в таблицу. По формуле

$$\eta = \frac{\pi R^4 \left( \frac{h_1 + h_2}{2} - h \right) \rho g}{8Vl} t$$

рассчитайте значение коэффициента динамической вязкости  $\langle \eta \rangle$ , подставив



среднее арифметическое значение времени  $\langle t \rangle$ .

5. Найдите абсолютную  $\Delta\eta$  и относительную  $E$  погрешность результата, исходя из табличного значения искомой величины  $\Delta\eta = |\eta - \eta_{\text{табл}}|$ ,

*Вопросы для допуска к работе*

1. Сформулируйте цель работы.
2. Что называется коэффициентом динамической вязкости?
3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
4. Запишите рабочую формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

*Вопросы для защиты работы*

1. Объясните возникновение вязкости в жидкостях и запишите формулу Ньютона.
2. Поясните физический смысл коэффициента вязкости  $\eta$  и от чего он зависит?
3. Назовите виды течения вязкой жидкости. Напишите формулу Рейнольдса для течения жидкости в круглой трубе.
4. Выведите формулу Пуазейля и исследуйте ее.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 4, № 6.

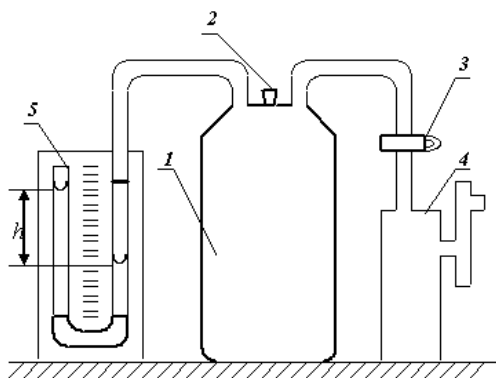
### Лабораторная работа № 8

*Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме*

*Цель работы:* определить методом Клемана-Дезорма отношение теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.

*Приборы и принадлежности:* стеклянный баллон, насос Камовского, U-образный водяной манометр, соединительные шланги

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*



1. Пробкой перекрыть отверстие в крышке баллона и открыть кран, соединяющий баллон с насосом.
2. Вращая рукоятку насоса, накачивают воздух в баллон так, чтобы разность уровней жидкости в трубках U-образного манометра составила 25 – 30 см.
3. Подождать 2-3 мин. пока жидкость не перестанет перетекать из одной трубки манометра в другую.
4. По шкале манометра измерьте установившуюся в конце изохорного разность уровней жидкости в обоих коленах манометра  $h_1$ .

5. На 2-3 секунды вынимают пробку в крышке баллона и выпускают из него часть воздуха. Выждав 1-2 мин. пока газ, охлажденный при адиабатическом расширении, нагреется до комнатной температуры, измеряют разность уровней жидкости в коленах манометра  $h_2$  в конце изохорного нагревания

6. По формуле  $\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$  вычисляют значение  $\gamma$ . Опыт повторяют 8 – 10 раз,
7. Вычисляют абсолютную  $\Delta\gamma$  и относительную  $E$  погрешности
8. Данные результатов измерений и вычислений занесите в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Опишите устройство рабочей установки и ход эксперимента.
3. Какой процесс называется адиабатическим? Какие условия соответствуют осуществлению адиабатического процесса на данной установке?



### Вопросы для защиты работы

1. Что называют удельной теплоемкостью вещества? Молярной теплоемкостью? Какая связь между ними?
2. Сформулируйте первый закон термодинамики.
3. Чему равны молярные теплоемкости идеальных газов при изопроцессах?
4. Получите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.
5. Что называется числом степеней свободы?
6. Запишите выражение для внутренней энергии идеального газа и поясните его.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2  
Дополнительная литература № 4, № 6.

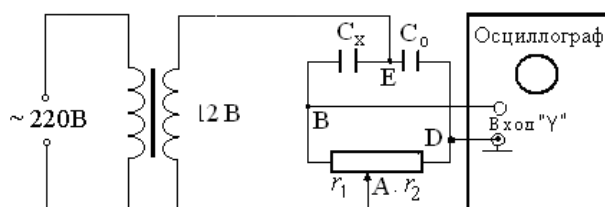
### Лабораторная работа № 9

#### Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона

**Цель работы:** изучение работы С-моста Уитстона и определение емкости конденсаторов; определение емкости конденсаторов при их последовательном и параллельном соединениях.

**Приборы и принадлежности:** набор конденсаторов неизвестной емкости, реостат, магазин емкости, источник питания, осциллограф

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Собрать схему
2. Измерить величину неизвестной емкости. Для этого движок потенциометра установить вблизи середины шкалы и подбором величины емкости магазина и корректировкой положения движка потенциометра уравновесить мост, т.е. добиться на экране осциллографа обращения вертикальной линии в точку.

3. Величину неизвестной емкости рассчитать по формуле:

$$C_x = C_0 \cdot \frac{l_2}{l_1}.$$

4. Вместо  $C_{x1}$  подключить  $C_{x2}$  и измерить его величину
5. В качестве  $C_x$  подключить поочередно соединенные последовательно и параллельно  $C_{x1}$  и  $C_{x2}$  и провести измерения по пункту .

6. По формулам  $C_{\text{пар.}} = C_{x1} + C_{x2}$ ,  $C_{\text{посл.}} = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}}$

7. Результат измерений занести в таблицу.

#### Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Объясните принцип действия измерительной мостовой цепи.
3. Почему в данной работе схема питается переменным током?
4. Оцените погрешность измерения электроемкостей.

#### Вопросы для защиты работы

1. Что называется электроемкостью конденсатора?
2. Выведите условие равновесия С-моста Уитстона.
3. Выведите формулы электроемкостей плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов.
4. Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения конденсаторов и получите формулы электроемкостей этих соединений.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 5, № 7.

## Лабораторная работа № 10

### Измерение величины электрического сопротивления с помощью R-моста Уитстона

Цель работы:

1. Изучение принципа работы измерительной мостовой схемы.
2. Определение величины сопротивления двух проводников и величины сопротивления при их последовательном и параллельном соединении.

Приборы и принадлежности: реохорд, набор резисторов с неизвестными сопротивлениями, магазин сопротивлений, милливольтметр, источник постоянного тока.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Измерение величины сопротивления двух проводников, а также общего сопротивления при их последовательном и параллельном соединениях.

1. Собрать схему.
2. Измерить величину сопротивления  $R_{x1}$ , а также последующих сопротивлений. Повторить измерения при  $l_1 < l_2$  и  $l_1 > l_2$ ,

3. Измеряемая величина сопротивления определяется по формуле

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}.$$

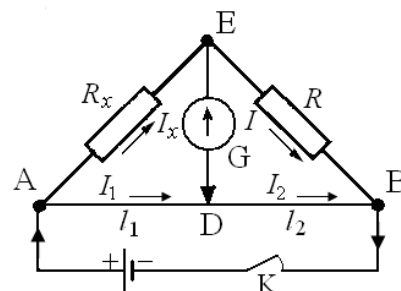
4. Включить в цепь  $R_{x2}$  вместо  $R_{x1}$  и измерить его величину.

5. Измерить величины сопротивлений последовательного и параллельного соединений  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$ , включаемых вместо  $R_x$

6. По формулам  $R_{x-послед} = R_{x1} + R_{x2}$  и

$$R_{x-пар} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}} \text{ рассчитать значения величин сопротивлений}$$

7. Результат измерений занести в таблицу



#### Вопросы для допуска к работе

1. Назовите цель работы.
2. Каков принцип действия моста Уитстона?
3. Изменится ли условие равновесия моста, если гальванометр и источник тока поменять местами?
4. Почему гальванометр, применяемый в мосте Уитстона, имеет двухстороннюю шкалу с нулем посередине?

#### Вопросы для защиты работы

1. Используя законы Кирхгофа, выведите условия равновесия моста Уитстона.
2. Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения проводников и рассчитайте их сопротивления.
3. От каких величин зависит сопротивление изотропного проводника?
4. Каково практическое использование моста Уитстона?
5. Дайте определение электрического потенциала, ЭДС, напряжения.
6. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 5, № 7.

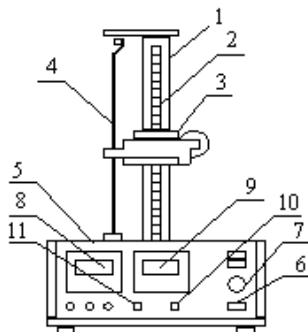
## Лабораторная работа № 11

### Измерение удельного сопротивления

**Цель работы:** изучение законов постоянного тока и простейших приемов расчета разветвленных электрических цепей; определение удельного сопротивления материала проводника.

**Приборы и принадлежности:** установка FPM-01.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Нажатием кнопки 6 прибор включить в сеть, а нажатием кнопки 11 подключить его измерительную схему. После этого прибор готов к работе.
2. Переключатель 10 оставить в отжатом положении. При этом измерения производятся по схеме рис. 1 (точное измерение силы тока).
3. Передвинуть кронштейн 3 на отметку 40 см вверх.
4. При помощи регулятора 7 установить значение силы тока 240 мА по амперметру 9 (стрелка вольтметра 8 должна при этом отклониться не менее чем на 2/3 измерительного диапазона).
5. Установить кронштейн 3 на отметке 32 см (при этом  $l = 0,32$  м) и снять показание вольтметра  $U$ .
6. По формуле

$$\rho_1 = \left( \frac{U}{I} - R_A \right) \frac{S}{l}$$

рассчитать удельное сопротивление  $\rho_1$ .

7. Измерения и вычисления повторить для значений  $l = 0,36$  м; 0,40 м; 0,44 м; 0,48 м или близких к ним.
8. Рассчитать среднее значение удельного сопротивления  $\langle \rho \rangle$ , абсолютную  $\Delta \rho$  и относительную  $E$  погрешности измерений, используя эталонное значение удельного сопротивления  $\rho_s$ .
9. Измерения и вычисления повторить для значений  $l = 0,36$  м; 0,40 м; 0,44 м; 0,48 м. Полученные данные занести в таблицу, представив результаты в виде  $\rho = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho$ .
10. Нажать переключатель 10, что позволит производить измерения по схеме точное измерение напряжения. Прделать операции, указанные в п.п. 3-8, и по формуле

$$\rho_2 = \frac{US}{\left( I - \frac{U}{R_V} \right) l}$$

рассчитать удельное сопротивление  $\rho_2$ .

11. Данные, полученные при вычислениях и измерениях, занести в таблицу.

#### Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Какие способы измерения активного сопротивления используются в данной работе?
3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
4. Запишите рабочие формулы и поясните физический смысл входящих в них величин.

#### Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте правила Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей.
2. Выведите рабочие формулы.
3. При каких соотношениях  $R$ ,  $R_A$  и  $R_V$  пользуются первой схемой измерения? Второй? Объясните.
4. Сравните результаты, полученные в данной работе первым и вторым способом. Какие выводы можно сделать относительно точности измерений этими способами? Почему?
5. Почему в п.4 регулятор устанавливают в такое положение, чтобы стрелка вольтметра отклонялась не менее чем на 2/3 шкалы?

6. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
7. Сформулируйте физический смысл удельного сопротивления  $\rho$ .
8. От каких факторов зависит сопротивление  $R$  однородного изотропного металлического проводника?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2;  
Дополнительная литература № 5, № 7.

### Лабораторная работа № 12

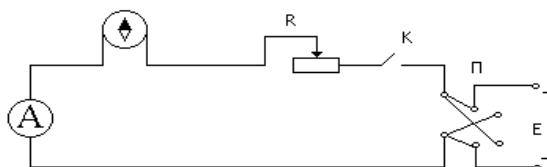
*Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли*

*Цель работы:* определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

*Приборы и принадлежности:* тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, источник постоянного тока, ключ, переключатель полярности.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Собрать электрическую цепь из тангенс-гальванометра, реостата  $R$ , ключа  $K$ , амперметра  $A$  и источника  $E$ .



2. Совместить плоскость кольца катушки с плоскостью магнитного меридиана.
3. Включить постоянный ток, движком реостата установить по круговой шкале компаса угол отклонения стрелки  $\alpha_1 = 45^\circ$ . Величину тока измерять по амперметру, угол  $\alpha_2$  – по шкале тангенс-гальванометра.
4. Поменять направление тока, поддерживая его по величине неизменным, и проделать те же измерения.
5. Вычислить  $\text{tg} \langle \alpha \rangle$  и по формуле

$$H_3 = \frac{I \cdot n}{2R \text{tg} \langle \alpha \rangle}$$

вычислить  $H_3$ . Все измеренные значения и результаты вычислений записать в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Дайте понятие магнитного поля Земли.
3. Опишите метод определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли  $H_3$  с помощью тангенс-гальванометра.
4. Почему измерения выгоднее проводить при угле отклонения магнитной стрелки  $\alpha = 45^\circ$ ?

*Вопросы для защиты работы*

1. Дайте понятие магнитного поля.
2. Дайте характеристики магнитного поля. Каковы их единицы измерения в системе СИ?
3. Сформулируйте и запишите закон Био-Савара–Лапласа.
4. Выведите формулу напряженности в центре кругового тока и рабочую формулу.
5. Выведите формулу напряженности магнитного поля, создаваемого прямым током (конечной длины и бесконечной длины).
6. Дайте определение силовой линии магнитного поля.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 5, № 7.

## Лабораторная работа № 13

### Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа

**Цель работы:** снятие кривой намагничивания; снятие петли гистерезиса и определение затрат энергии на перемагничивание.

**Приборы и принадлежности:** электронный осциллограф, трансформатор, вольтметр, реостат, исследуемый трансформатор, конденсатор, сопротивления

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

##### 1. Снятие кривой намагничивания

1. Собрать схему согласно рис. (прежде чем включить ток, обязательно проверить с преподавателем или лаборантом электрическую схему).

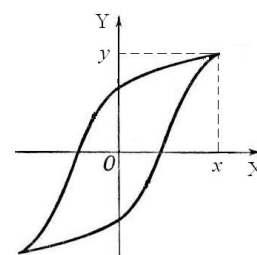
2. С помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) установить максимальное значение напряжение по вольтметру.

3. Включить осциллограф. Рукоятку «Усиление» установить в положение «0,1 В/см». Напряжение  $U_y$  подать на вход «Y» усилителя осциллографа, напряжение  $U_x$  на вход «X» осциллографа. Для построения графика зависимости  $B = f(H)$  определить координаты вершины петли (x, y), уменьшая напряжение  $U_{ab}$  через 4 – 5 вольт от максимального значения напряжения, при котором петля гистерезиса занимает практически всю площадь экрана осциллографа, до 0 В.

Вычислить  $U_x$  и  $U_y$  для каждой из координат и данные измерений и вычислений занести в таблицу 1.

Таблица результатов 1

x, мм	
y, мм	
$U_x$ , В	
$U_y$ , В	



$U_x = U'_x \cdot x$ , где  $U'_x = 0,1$  В/мм – масштаб по оси X.

$U_y = U'_y \cdot y$ , где  $U'_y = 0,01$  В/мм – масштаб по оси Y.

Используя значения таблицы 1 и формул

$$H = \frac{n_1}{R_1} U_x, \quad B = \frac{C R_2}{S N_2} U_y,$$

вычислить  $H$  и  $B$  для каждой точки петли гистерезиса.

Численные параметры исследуемого образца:

$n_1 = 3,6 \cdot 10^4$  вит/м;  $N_2 = 165$  витков;  $C = 10^{-5}$  Ф;  $R_1 = 150$  Ом;  $R_2 = 11 \cdot 10^3$  Ом;  $S = 1,6 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

4. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица результатов 2

B, Тл	
H, А/м	

5. Построить график зависимости  $B = f(H)$ .

##### 2. Снятие петли гистерезиса и определение потерь на перемагничивание сердечника

1. Изображение петли гистерезиса скопировать с экрана осциллографа на кальку при максимальном напряжении и затем перевести изображение с кальки на миллиметровую бумагу.

2. Определить площадь  $S_n$  полученной петли гистерезиса в мм<sup>2</sup>.

3. Вычисление затрат энергии на перемагничивание в единицу времени произвести по формуле

$$Q = k \cdot S_n \cdot \nu,$$

где  $Q$  – количество тепла, выделяемого в единице объема за единицу времени, Дж/(с·м<sup>3</sup>);  $\nu$  – частота переменного тока ( $\nu = 50$  Гц);  $k$  – переводной коэффициент, численно равный энергии, отнесенной к единице объема, соответствующей площади в 1 мм<sup>2</sup> на экране осциллографа;  $S_n$  – площадь петли гистерезиса в мм<sup>2</sup>.

Так как масштаб по оси индукции при усилении вертикального усилителя 0,1 В/см равен  $4,2 \cdot 10^{-2}$  Тл/мм, а масштаб по оси напряженности равен 24 А/(м·мм), то площадь 1 мм<sup>2</sup> соответствует 0,50 Дж/м<sup>3</sup>, т.е.  $k = 1,01$  Дж/(м<sup>3</sup>·мм<sup>2</sup>). Величина  $k \cdot S$  равна удельной энергии, затрачиваемой на перемагничивание за один цикл.

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. В чем заключается явление гистерезиса?
3. Начертите принципиальную электрическую схему рабочей установки.
4. Опишите метод снятия кривой намагничивания.
5. Как определить затраты на перемагничивание ферромагнетика?

#### *Вопросы для защиты работы*

1. На какие типы делятся магнетики? Каковы их основные свойства?
2. Какие ферромагнетики называются «магнитотвердыми», какие «магнитомягкими»?
3. Из каких ферромагнетиков изготавливаются сердечники трансформаторов и дросселей и почему?
4. Как объяснить остаточную намагниченность ферромагнетика?
5. Объясните физический смысл коэрцитивной силы.
6. Выведите рабочие формулы.
7. Что собой представляет ферромагнитный домен?
8. Опишите кривую намагничивания и применение ферромагнетиков.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 5, № 7

### **Лабораторная работа № 14**

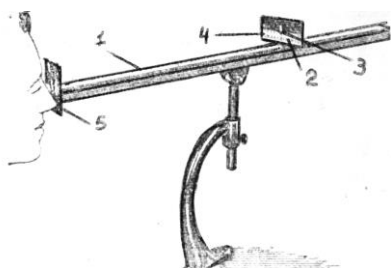
#### *Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки*

**Цель работы:** изучение дифракционного спектра; определение спектрального состава излучения.

**Приборы и принадлежности:** источник света, дифракционная решетка, щель, шкала с делениями.

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Включают лампу накаливания;
2. Передвигают ползушку с прорезанной в ней щелью, устанавливая расстояние  $R$  – от щели до решетки, заданное преподавателем.



3. Измеряют расстояния  $S$  – от центра щели, до красной линии спектра первого порядка, от центра щели до зеленой линии спектра первого порядка и от центра щели до фиолетовой линии спектра первого порядка.

4. Изменяют расстояние  $R$ , перемещая ползушку на следующее заданное расстояние, измеряют следующие значения  $S$  – от центра щели до красной, зеленой, фиолетовой линии спектра первого порядка.

5. Данные заносят в таблицу, которая представлена ниже.
6. Вычисляют длину волн по формуле

$$\lambda = \frac{S \cdot d}{m \cdot R},$$

где  $d = 0,01$  мм,  $m = 1$ .

7. Рассчитывают абсолютную и относительную погрешности.

### Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Объясните, в чем заключается явление дифракции света.
3. Опишите порядок выполнения работы.
4. Опишите устройство и назначение дифракционной решетки в данной работе.

### Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса–Френеля.
2. Что такое зоны Френеля? Как они строятся?
3. При каких условиях наблюдается дифракция Фраунгофера? Дифракция Френеля?
4. Поясните дифракцию от одной щели и постройте ход лучей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
5. Дайте определение дифракционной решетки.
6. Постройте ход лучей при дифракции от  $N$  щелей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
7. Почему при использовании белого света боковые максимумы радужно окрашены, а центральный максимум белый?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 7.

## Лабораторная работа № 15

### Изучение явления поляризации света

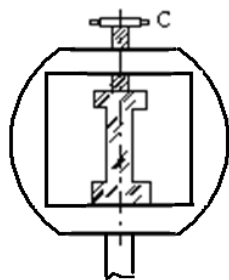
**Цель работы:** получение и наблюдение картины распределения механических напряжений в прозрачных моделях; проверка закона Малюса.

**Приборы и принадлежности:** полярископ, набор прозрачных моделей, микрометр, фотоэлемент, гальванометр.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

##### Задание А. Наблюдение картины распределения механических напряжений

1. Включают лампу осветителя в сеть переменного тока.
2. Исследуемый образец устанавливают в пресс для сжатия, не зажимая его, и помещают его между поляризатором и анализатором. Наблюдают в окуляр в положение образца. Затем дают нагрузку (деформация сжатия), для чего закручивают винт С.



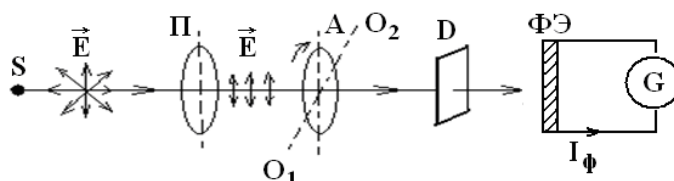
3. Рассматривают картину интерференции и зарисовывают изохроматические линии.

4. Такие же действия производят с другими моделями.

##### Задание В. Проверка закона Малюса

Проверка закона Малюса проводится на установке, оптическая схема которой изображена на рис. ниже.

1. Включают установку в сеть переменного тока.
2. Снимают крышку с фотоэлемента и помещают его вплотную к окуляру.
3. Устанавливают на лимбе анализатора угол  $\alpha = 90^\circ$ , что соответствует углу  $\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2} = 0^0$  и максимальному значению фототока.
4. Поворачивая анализатор, через каждые  $30^\circ$  снимают зависимость силы тока от угла поворота анализатора. Отсчеты производят от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . Результаты измерений заносят таблицу.



$S$  – источник света;  $P$  – поляризатор;  $A$  – анализатор;  $\Phi Э$  – фотоэлемент;  $O_1O_2$  – ось вращения анализатора;  $D$  – матовое стекло;  $G$  – гальванометр.

Анализатор  $A$  может вращаться вокруг оси  $O_1O_2$ . Поворачивая анализатор, изменяем интенсивность света, падающего на фотоэлемент  $\Phi Э$ , соединенный с гальванометром. В зависимости от интенсивности света сила фототока  $I_{\phi}$  будет меняться. Для проверки закона Малюса снимают зависимость силы фототока  $I_{\phi}$  от квадрата косинуса угла  $\phi$ .

#### Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. В чем заключается явление поляризации света?
3. В чем различие естественного света от поляризованного?
4. В чем заключается явление фотоупругости?
5. Сформулируйте закон Малюса.
6. Опишите порядок проведения работы.

#### Вопросы для защиты работы

1. Виды поляризации. Определение плоскополяризованной волны?
2. Явление двойного лучепреломления. Его суть.
3. Свойства обыкновенного и необыкновенного лучей.
4. Волновая поверхность в кристалле. Оптически положительные и оптически отрицательные одноосные кристаллы.
5. Интерференция поляризованных лучей.
6. Призма Николя.
7. Практическое использование метода фотоупругости.
8. Критические замечания к рабочей установке и методу измерений.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2;  
Дополнительная литература № 7

### Лабораторная работа № 16

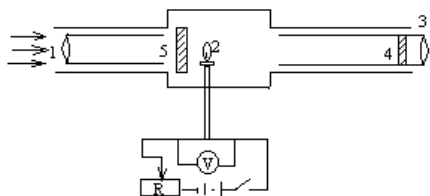
#### Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра

**Цель работы:** изучение работы оптического пирометра и измерение с его помощью температуры нагретого тела; определение постоянной, в законе Стефана-Больцмана и расчёт постоянной Планка.

**Приборы и принадлежности:** пирометр с исчезающей нитью, лампа с вольфрамовой нитью, ваттметр, трансформатор.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собирают электрическую цепь.



2. Перемещая окуляр пирометра, устанавливают его так, чтобы стала отчетливо видна нить пирометрической лампы.

3. Медленно вращая кольцо пирометра, изменяют яркость нити пирометра до тех пор, пока средний участок нити эталонной лампы не сравняется с яркостью нити испытуемой лампы. В этот момент производят отсчет по нижней шкале пирометра: определяют значения яркостной температуры нити лампы.

4. Так как волосок лампочки накаливания не является абсолютно черным телом, то для определения действительной температуры вводят поправку  $\Delta t$ , которую определяют по диаграмме.

5. Опыт повторяют три раза для различных значений мощности  $P$ . Полученные данные



вносят в таблицу результатов.

6. По формулам

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} \text{ и } h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 \sigma}}$$

определяют значения постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка.

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Опишите экспериментальную установку и порядок выполнения работы.
2. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана и поясните физический смысл величин, входящих в него.
3. Запишите рабочие формулы для определения постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Дайте определение основным спектральным характеристикам теплового излучения.
2. Сформулируйте закон Кирхгофа и поясните физический смысл величин, входящих в него.

3. Объясните физический смысл постоянной  $\sigma$ .

4. Запишите функцию Планка. Выведите закон Стефана-Больцмана.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 8

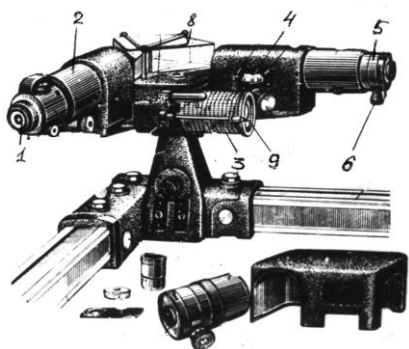
### **Лабораторная работа № 17**

#### *Исследование селективного фотоэффекта*

*Цель работы:* снятие спектральной характеристики селенового фотоэлемента.

*Приборы и принадлежности:* монохроматор УМ-2, лампочка накаливания, селеновый фотоэлемент, гальванометр, дисперсионная кривая монохроматора УМ-2.

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*



1. В качестве источника света включают лампочку накаливания.
2. Устанавливают фотоэлемент вплотную к окуляру выходной щели монохроматора
3. Устанавливают необходимую ширину щелей монохроматора. Примерная ширина выходной и входной щелей (0,2...0,3) мм.
4. Вращая барабан монохроматора 3, отмечают показания микроамперметра, соответствующие тем или иным значениям шкалы барабана. В районе максимума чувствительности фотоэлемента поворачивают барабан на меньший угол, чтобы получить большое количество экспериментальных точек (замеров).
5. Результаты измерений вносят в таблицу.
6. Используя дисперсионную кривую монохроматора, определяют длины волн соответствующих делений барабана.
7. Вычерчивают диаграмму зависимости фототока от длины волны света, т.е. полученная кривая  $I = f(\lambda)$  является спектральной характеристикой фотоэлемента.

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Поясните явление фотоэффекта. Какой тип фотоэффекта изучается в работе?
2. Дайте определение спектральной чувствительности фотоэлемента.
3. Опишите порядок выполнения работы.

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.

2. Поясните устройство и принцип действия вентильного селенового фотоэлемента.
3. Проведите анализ полученных результатов и сделайте выводы.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 8

## Лабораторная работа № 18

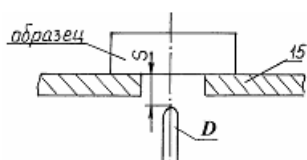
### Качественный спектральный анализ

*Цель работы:* провести качественный анализ образцов латуни.

*Приборы и принадлежности:* стилоскоп СЛ-12 «Спектр», образцы латуни, эталонные образцы, градуировочный график.

*Порядок выполнения работ и обработка результатов измерений*

1. Ознакомиться со стилоскопом.
2. Расположить дисковый электрод  $D$  относительно поверхности столика  $I$  в соответствии с рис. ( $S = 2-3$  мм). Поместить на столик медный электрод-образец, расположив его над дисковым электродом.
3. Установить переключатели (см. рис.2) «перекл. тока» в положение «5А»; переключатели – «катод», «анод» – в положение «выкл»; «комбинированный разряд» – в положение 2; «индуктивность» – «0»; «емкость» – «0»; «фаза» –  $-60^\circ$ ; «количество импульсов» – 1. Включить генератор в сеть 220 В и нажать кнопку «пуск».



Расположение дискового электрода относительно столика:

$I$  – столик для образца;  $D$  – дисковый электрод;

$S$  – расстояние между образцом и электродом

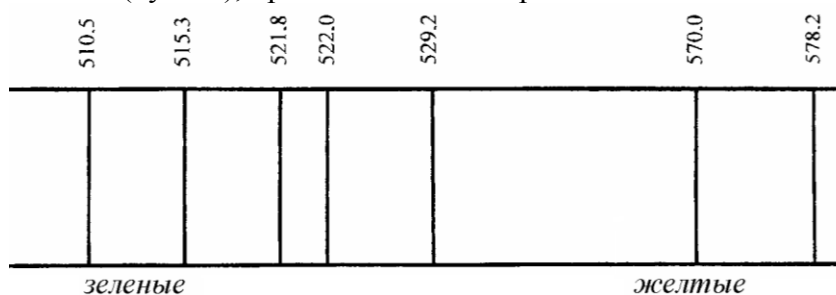
4. Белую точку, нанесенную на маховичке 20, установить против обозначения 20 шкалы.
5. Исследовать спектр меди, рассматривая его линии в окуляр стилоскопа. Вращая маховичок 16, качественно ознакомиться со спектром, различая менее интенсивные линии от более интенсивных.

В качестве отправных линий можно выбрать характерные линии в спектре меди. Особенно характерными являются яркие зеленые линии:

$$\lambda = 510,5 \text{ нм};$$

$$\lambda = 515,3 \text{ нм};$$

$$\lambda = 521,8 \text{ нм} - 522 \text{ нм (дублет), представленные на рис.}$$



6. Наблюдают наиболее интенсивные линии спектра меди: две в желтой части спектра, три – в зеленой, четыре – в синей и четыре – в фиолетовой части спектра. Каждую линию устанавливают против визира окуляра. Записывают их числовые отсчеты по барабану. Отключить генератор от сети.

7. Исследовать спектр цинка. Для этого поместить на столик вместо медного образца цинка. Снова зажечь дугу. Наблюдаемый при этом спектр, представляет собой наложение спектра меди и спектра цинка. Поэтому в анализируемом спектре наряду с линиями цинка обязательно будут присутствовать линии меди, отмеченные в пункте 6. Сравнивая наблюдаемый спектр со спектром меди, отметить интенсивные линии цинка. Характерными в спектре цинка являются красная линия с длиной волны 636,4 нм и голубые с длинами волн 481,0 нм; 472,2 нм; 468,0 нм.

8. Исследовать спектр латуни. Для этого поместить на столик вместо цинкового электрода латунный. Снова зажечь дугу. Сравнить спектр латуни со спектром меди. В нем обязательно будут присутствовать все интенсивные линии, характерные для спектра меди (см. пункт 6), постоянный электрод – медный). В спектре латуни наблюдается наличие четырех интенсивных линий, отсутствующих в спектре меди. Одна имеет красный цвет, другие три – голубой. Записать в протокол соответствующие отсчеты. Отключить генератор от сети. Сравнивая полученный спектр со спектром цинка, убедиться, что появившиеся линии являются линиями цинка, т.е. латунь – это сплав меди с цинком.

9. Обработать результаты измерений, относящиеся к спектру меди. На миллиметровой бумаге построить масштабную линейку спектра меди, где по горизонтали отложить отсчеты по барабану, каждую линию спектра (согласно п. 6) изобразить вертикальной линией.

10. По имеющемуся в лаборатории градуировочному графику определить длины волн, исследованных линий спектра меди. Выписать у линий масштабной линейки (построенной в соответствии с п.9) длину волны в *нм*.

11. Обработать результаты измерений, относящиеся к спектру цинка. На миллиметровой бумаге построить масштабную линейку спектра цинка, где по горизонтали отложить отсчеты по барабану. Каждую линию спектра изобразить вертикальной линией и написать длину волны.

12. Построить масштабную линейку спектра латуни, на которой отметить исследованные спектральные линии. По градуировочному графику определить длины волн исследованных линий. Сопоставляя линейки спектров, сделать вывод о химическом составе латуни.

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дать определение качественного спектрального анализа.
3. Объяснить устройство стилоскопа СЛ-12.
4. Привести порядок выполнения работы.

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Пояснить оптическую схему стилоскопа СЛ-12.
2. Назвать виды спектров.
3. Почему каждый элемент имеет свои характерные линии?
4. В чем состоит преимущество спектрального анализа по сравнению с химическим?
5. Дать критические замечания к работе.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 8

## **9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы**

В процессе изучения физики студент должен выполнить контрольную работу. Решение задач в контрольной работе является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса. Перед выполнением контрольной работы студенту необходимо внимательно ознакомиться с примерами решениями задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочным материалом, приведенным в конце методических указаний. Выбор задач производится по таблице вариантов, приведенной в методических указаниях (номером варианта является последняя цифра в номере зачетки). Правила оформления контрольной работы и примеры решения задач:

1. Условия задач студенты переписывают полностью без сокращений.
2. Все значения величин, заданных в условиях и привлекаемых из справочных таблиц, записывают для наглядности сокращенно (столбиком) в тех единицах, которые заданы, и в единицах той системы, в которой выполняют решение (в единицах СИ).

Пример такой записи.

В задаче указано: «За время  $t = 0,5$  мин вагон прошел путь  $s = 11$  км, масса вагона  $m = 16$  т».

Записывают:

$$\begin{aligned}t &= 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ с;} \\s &= 11 \text{ км} = 11 \cdot 10^3 \text{ м;} \\m &= 16 \text{ т} = 16 \cdot 10^3 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Фрагмент задачи из раздела «Электромагнетизм».

«Рамка площадью  $S = 50 \text{ см}^2$ , содержащая  $N = 100$  витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 40 \text{ мТл}$ ). Частота вращения рамки  $n = 960 \text{ об/мин}$ ».

Записывают:

$$S = 50 \text{ см}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$N = 100 \text{ витков};$$

$$B = 40 \text{ мТл} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Тл};$$

$$n = 960 \text{ об/мин} = 16 \text{ об/с}.$$

Еще один пример задачи из раздела «Оптика».

«На дифракционную решетку, содержащую  $n = 500$  штрихов на  $1 \text{ мм}$ , падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ ».

Записывают:

$$n = 500 \frac{\text{шт}}{\text{мм}} = 5 \cdot 10^2 \frac{\text{шт}}{10^{-3} \text{ м}} = 5 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$$

здесь слово «штрихи» можно опустить, тогда:

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

3. Все задачи следует решать в международной системе единиц (СИ).

4. К большей части задач необходимы поясняющие чертежи или графики с обозначением всех величин. Чертежи следует выполнять аккуратно при помощи чертежных инструментов; объяснение решения должно быть согласовано с обозначениями на чертежах.

5. Необходимо указать физические законы, которые должны быть использованы, и аргументировать возможность их применения для решения данной задачи.

6. С помощью этих законов, учитывая условия задачи, получить необходимые расчетные формулы.

7. Вывод формул и решение задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

8. Используемые в формулах буквенные обозначения должны быть согласованы с обозначениями, приведенными в условии задач и на приведенном рисунке. Дополнительные буквенные обозначения следует сопровождать соответствующими объяснениями.

9. Получив расчетную формулу, необходимо проверить ее размерность.

10. После проверки размерности полученных расчетных формул приводится численное решение задачи.

11. Вычисления следует производить с точностью, соответствующей точности исходных числовых данных условия задачи. Если исходные численные значения даны с точностью до одного знака, то и расчет выполняется с точностью до одного знака. Если они даны с точностью до двух (трех) знаков, то и расчет выполняется с точностью до двух (трех) знаков. Числа следует записывать, используя множитель 10, например не 0,000347, а  $3,47 \cdot 10^{-4}$ .

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются, для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения практических занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7;

Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;

Adobe Reader.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ  
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР</i>
ЛР	Лаборатория оптики и физики твердого тела	Учебная мебель, микроскоп МБУ-4А; пирометр с исчезающей нитью ОПИР-9, ЛАТР, ваттметр ДБ39; установка МУК-0; монохроматор УМ-2, УФ лампа, фотоэлемент источник питания ИПС1, блок амперметра-вольтметра АВ1, стенд с объектами исследований СЗ-ОК01; спектральный аппарат СПЕКТР; вольтметр В7-35; полярископ СМ-3; лампа ФЛ 74011; сахариметр RL-2	37 – 53
ЛР	Лаборатория механики и молекулярной физики	Учебная мебель, FPM-07 – для измерения ускорения свободного падения; FPM-08 – для измерения импульса и механической энергии; FPM-09 – для определения скорости полета пули; FPM-15 – маятник Обербека; FPM-07 – наклонный маятник; FPM-03 – маятник Максвелла; FPM-05 – крутильный маятник с миллисекундомером; FPM-06 – универсальный маятник; установка для определения теплоемкостей газа методом Клемана-Дезорма; электрическая плитка ЭПШ1-0; FPM-10; звуковой генератор ГЗ-109, осциллограф Н3013; генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102.	1 – 27
ЛР	Лаборатория электричества и электромагнетизма	Учебная мебель, магазин сопротивления МСР-60, гальванометр М45МОМ3, реостат РСП; осциллограф С1-73, реостат РСП 500, магазин емкостей Р5025; реостат РСП 1280, вольтметр В7-35, эл. осциллограф УПМ; источник питания АГАТ, амперметр Э514, тангенсгальванометр, реостат РСП 33; вольтметр В7-35, вольтметр Э58; установка FPM-01; осциллограф С1-75, генератор Л 31, вольтметр В7-35; генератор сигналов ГЗ-102; плитка электрическая ЭПШ1-0; осциллограф Н3013, С1-68	28 – 37
кр	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	
СР	Читальный зал №1	Учебная мебель, 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	1. Механика	1.1. Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения	экз. вопросы №1.1–1.3
			1.2. Динамика материальной точки. Законы Ньютона	экз. вопросы №1.4, 1.5
1.3. Силы в механике и их классификация	экз. вопросы №1.6–1.9			
1.4. Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность	экз. вопросы № 1.10			
1.5. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.	экз. вопросы № 1.11, 1.12			
1.6. Динамика вращательного движения твердого тела. Момент силы, момент инерции	экз. вопросы № 1.13, 1.14			
1.7. Основной закон динамики вращательного движения	экз. вопросы № 1.15, 1.16			
1.8. Кинематика гармонических колебаний	экз. вопросы № 1.17, 1.18			
1.9. Сложение гармонических колебаний	экз. вопросы № 1.19, 1.20			
1.10. Динамика гармонических колебаний.	экз. вопросы № 1.21, 1.22			
1.11. Затухающие и вынужденные механические колебания	экз. вопросы № 1.23, 1.24			
1.12. Волны в упругих средах	экз. вопросы № 1.25, 1.26.			
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния.	экз. вопросы № 2.1
			2.2. Основное уравнение МКТ идеального газа	экз. вопросы № 2.2–2.4
			2.3. Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана.	экз. вопросы № 2.5–2.7
			2.4. Физическая кинетика: явления переноса	экз. вопросы № 2.8
			2.5. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.	экз. вопросы № 2.9–2.10
			2.6. МКТ теплоемкости идеального газа	экз. вопросы № 2.11–2.13
			2.7. Круговой процесс. Энтропия.	экз. вопросы

			Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД	№ 2.14–2.16
			2.8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	экз. вопросы № 2.17
		<b>3. Электромагнетизм</b>	3.1. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля	экз. вопросы № 3.1, 3.2
			3.2. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	экз. вопросы № 3.3
			3.3. Потенциал электрического поля. Работа сил электростатического поля.	экз. вопросы № 3.4 – 3.6
			3.4. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	экз. вопросы № 3.7 – 3.9
			3.5. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	экз. вопросы № 3.10 – 3.11
			3.6. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля.	экз. вопросы № 3.12
			3.7. Постоянный электрический ток. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока	экз. вопросы № 3.13 – 3.15
			3.8. Классическая электронная теория электропроводности металлов	экз. вопросы № 3.14 – 3.18
			3.9. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	
			3.10. Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера и сила Лоренца	экз. вопросы № 3.19 – 3.21
			3.11. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле	экз. вопросы № 3.22
			3.12. Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства	экз. вопросы № 3.28 – 3.31
			3.13. Электромагнитная индукция, самоиндукция, индуктивность, взаимная индукция	экз. вопросы № 3.32 – 3.36
			3.14. Взаимные превращения электрических и магнитных полей	экз. вопросы № 3.37
			3.15. Электрические колебания	
		<b>4. Оптика</b>	4.1. Электромагнитные волны	
			4.2. Элементы геометрической оптики	экз. вопросы № 4.1-4.2
			4.3. Световая волна. Интерференция световых волн	экз. вопросы № 4.3 – 4.8
			4.4. Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	экз. вопросы № 4.9 – 4.13
			4.5. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	экз. вопросы № 4.14 – 4.18
			4.6. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	

			4.7. Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения	экз. вопросы № 4.19 – 4.22
			4.8. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	экз. вопросы № 4.23
			4.9. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	экз. вопросы № 4.24, 4.25
		5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	5.1. Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома.	экз. вопросы № 5.1 – 5.3
			5.2. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества	экз. вопросы № 5.1 – 5.3
			5.3. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса	экз. вопросы № 5.1 – 5.3
			5.4. Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева.	экз. вопросы № 5.4 – 5.7
			5.5. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность	экз. вопросы № 5.8 – 5.11
			5.6. Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор.	экз. вопросы № 5.13, 5.14
			5.7. Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд	экз. вопросы № 5.15
			5.8. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц	экз. вопросы № 5.16 – 5.17

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОК-7  ОПК-2	способность к самоорганизации и самообразованию  способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	1.1. Кинематика поступательного движения: мат. точка, траектория, путь, вектор перемещения, скорость, ускорение. 1.2. Кинематика вращательного движения: угловая скорость, ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами. 1.3. Нормальное, тангенциальное и полное ускорение. 1.4. Масса тела. Сила. Законы Ньютона. 1.5. Импульс тела, импульс силы. Закон сохранения импульса. 1.6. Классификация сил. Вид трения. Силы трения. 1.7. Виды деформации. Упругие силы. Закон Гука. 1.8. Сила тяжести и вес. 1.9. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Космические скорости. 1.10. Работа и мощность механической силы. Кинетическая энергия.	1. Механика



	сти; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<p>1.11. Поле сил. Консервативные и неконсервативные силы и системы. Потенциальная энергия.</p> <p>1.12. Закон сохранения полной энергии в механике.</p> <p>1.13. Момент инерции материальной точки, момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.</p> <p>1.14. Кинетическая энергия вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси.</p> <p>1.15. Понятие момента силы, момента инерции твердого тела относительно неподвижной оси. Основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>1.16. Момент импульса материальной точки, твердого тела относительно неподвижной оси. Закон сохранения момента импульса.</p> <p>1.17. Основные характеристики колебательного движения: частота, фаза, период, амплитуда. Уравнение гармонического осциллятора.</p> <p>1.18. Скорость, ускорение и энергия частицы, совершающей гармонические колебания.</p> <p>1.19. Сложение двух гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биение.</p> <p>1.20. Сложение двух взаимно - перпендикулярных колебаний одинаковой частоты. Фигуры Лиссажу.</p> <p>1.21. Пружинный маятник. Период колебания пружинного маятника.</p> <p>1.22. Физический и математический маятники. Периоды их колебаний. Приведенная длина физического маятника.</p> <p>1.23. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Добротность системы.</p> <p>1.24. Вынужденные колебания. Амплитуда и фаза при вынужденных колебаниях. Резонанс и его роль в технике.</p> <p>1.25. Продольные и поперечные волны. Длина волны. Уравнение бегущей плоской волны. Энергия упругой волны.</p> <p>1.26. Интерференция волн. Стоячие волны.</p>	
		<p>2.1. Термодинамический и статический методы исследования. Модель идеального газа и его уравнение состояния.</p> <p>2.2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа. Давление идеального газа.</p> <p>2.3. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл температуры.</p> <p>2.4. Газовые законы и их графики.</p>	<p><b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика</p>

		<p>2.5. Число степеней свободы. Теорема о равнораспределении энергии. Внутренняя энергия идеального газа.</p> <p>2.6. Распределение Максвелла. Опыт Штерна.</p> <p>2.7. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.</p> <p>2.8. Явление переноса. Число столкновений. Эффективное сечение, средняя длина свободного пробега. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение (вязкость) газов.</p> <p>2.9. Внутренняя энергия идеального газа. Количество теплоты. Первый закон термодинамики.</p> <p>2.10. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.</p> <p>2.11. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.</p> <p>2.12. Работа газа в изопроцессах.</p> <p>2.13. Теплоемкость вещества. МКТ теплоемкости идеального газа.</p> <p>2.14. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Принцип работы тепловой и холодильной машин.</p> <p>2.15. Цикл Карно и его КПД.</p> <p>2.16. Приведенная теплота. Энтропия. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса.</p> <p>2.17. Реальные газы. Изотермы реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p>	
		<p>3.1. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля.</p> <p>3.2. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме.</p> <p>3.3. Потенциал электрического поля. Работа сил электростатического поля.</p> <p>3.4. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле.</p> <p>3.5. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле.</p> <p>3.6. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля.</p> <p>3.7. Постоянный электрический ток. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока.</p> <p>3.8. Классическая электронная теория электропроводности металлов.</p> <p>3.9. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме.</p> <p>3.10. Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера и сила Лоренца.</p> <p>3.11. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле.</p>	<p><b>3. Электромагнетизм</b></p>

			<p>3.12. Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства.</p> <p>3.13. Электромагнитная индукция, самоиндукция, индуктивность, взаимная индукция.</p> <p>3.14. Взаимные превращения электрических и магнитных полей.</p> <p>3.15. Электрические колебания.</p>	
			<p>4.1. Законы геометрической оптики.</p> <p>4.2. Смысл абсолютного и относительного показателя преломления. Закон отражения. Явление полного внутреннего отражения.</p> <p>4.3. Интерференция световых волн. Условия максимума и минимума интерференции.</p> <p>4.4. Интерференция от когерентных источников. Оптический путь. Оптическая разность хода волн.</p> <p>4.5. Способы получения интерференции: опыт Юнга, бизеркало и бипризмы Френеля.</p> <p>4.6. Интерференция от тонких пленок.</p> <p>4.7. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.</p> <p>4.8. Применение интерференции: просветление оптики, интерферометр Майкельсона.</p> <p>4.9. Явление дифракции света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.</p> <p>4.10. Дифракция света от круглого отверстия и диска.</p> <p>4.11. Дифракция Фраунгофера: дифракция света на одной щели, на N-щелях. Дифракционная решетка.</p> <p>4.12. Характеристики спектральных приборов и аппаратов: дисперсия и разрешающая сила.</p> <p>4.13. Пространственная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Формула Вульфа-Брэггов. Рентгеноструктурный анализ.</p> <p>4.14. Естественный и поляризованный свет. Поляририд</p> <p>4.15. Закон Малюса.</p> <p>4.16. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.</p> <p>4.17. Двойное лучепреломление. Поляризационные приборы.</p> <p>4.18. Оптически активные вещества. Вращение плоскости поляризации.</p> <p>4.19. Виды излучений. Основные характеристики теплового излучения.</p> <p>4.20. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина и Релея-Джинса.</p> <p>4.21. Квантовая природа излучения. Формула Планка. Объяснение законов Стефана-Больцмана, Вина и Релея-Джинса.</p> <p>4.22. Оптическая пирометрия.</p> <p>4.23. Законы внешнего фотоэффекта. Уравне-</p>	<p><b>4. Оптика</b></p>

			<p>ние Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.</p> <p>4.24. Энергия и импульс фотона. Давление света.</p> <p>4.25. Эффект Комптона и его элементарная теория.</p> <p>4.26. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества</p> <p>4.27. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.</p> <p>4.28. Уравнение Шредингера. Физический смысл <math>\Psi</math>-функции.</p> <p>4.29 Квантование энергии и момента импульса.</p> <p>4.30. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p>	
			<p>5.1. Закономерности в атомных спектрах.</p> <p>5.2. Ядерная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора.</p> <p>5.3. Теория Бора водородоподобного атома. Недостатки теории Бора.</p> <p>5.4. Атом водорода в квантовой механике.</p> <p>5.5. Спин электрона. Спиновое квантовое число.</p> <p>5.6. Квантовые числа. Принцип Паули.</p> <p>5.7. Периодическая система элементов Менделеева.</p> <p>5.8. Основные свойства и строение атомных ядер.</p> <p>5.9. Энергия связи ядер, дефект массы.</p> <p>5.10. Ядерные силы и их свойства.</p> <p>5.11. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада</p> <p>5.12. Правила радиоактивного смещения, <math>\alpha</math>-<math>\beta</math>-распад, <math>\gamma</math>-излучение.</p> <p>5.13. Типы ядерных реакций. Деление ядер. Цепная реакция.</p> <p>5.14. Ядерный реактор. Атомная электростанция.</p> <p>5.15. Термоядерный синтез. Проблемы и перспективы управления термоядерного синтеза.</p> <p>5.16. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц.</p> <p>5.17. Частицы и античастицы. Нейтрино. Кварки. Великое объединение.</p>	<p><b>5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц</b></p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>знать:</b>  <b>ОК-7</b>                      - основные законы физики;  <b>ОПК-2</b>                      - основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области;</p> <p><b>уметь:</b>  <b>ОК-7</b>                      - проводить физический эксперимент, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики;  <b>ОПК-2</b>                      - применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов с применением стандартных программных средств;</p>	<b>отлично</b>	обучающийся 1) знает основные законы физики; основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области; 2) умеет проводить физический эксперимент, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики; применять физико - математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств; 3) владеет основными методами теоретического и экспериментального исследования физических явлений, навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.
<p><b>владеть:</b>  <b>ОК-7</b>                      - основными методами теоретического и экспериментального исследования физических явлений;  <b>ОПК-2</b>                      - навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>	<b>хорошо</b>	обучающийся 1) знает основные законы физики; основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области; 2) умеет проводить физический эксперимент, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики; применять физико - математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств; 3) владеет основными методами теоретического и экспериментального исследования физических явлений, навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области. Но обучающийся допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.
	<b>удовлетворительно</b>	Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для

		<p>дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя</p>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>обучающийся  1) не знает основные законы физики; основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области;  2) не умеет проводить физический эксперимент, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики; применять физико - математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;  3) не владеет основными методами теоретического и экспериментального исследования физических явлений, навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина физика направлена на ознакомление с фундаментальными физическими законами, теориями, методами классической и современной физики; на получение теоретических знаний и практических навыков использования физических законов и явлений, проведения экспериментальных исследований, ознакомление с современной научной аппаратурой и оценки погрешности измерения для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины физики предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Механика» студенты должны уяснить представления об инерциальной системе отсчета, о материальной точке, о массе, силе, механической работе и механической энергии, Ознакомиться с понятиями: механическое движение, путь, переме-

шение, равномерное и неравномерное движение, мгновенная скорость, средняя скорость, ускорение, импульс тела, мощность, КПД простого механизма, амплитуда, период и частота колебаний, поперечные и продольные волны. Изучить законы: первый, второй и третий законы Ньютона, всемирного тяготения, Гука, сохранения импульса тела, сохранения механической энергии. Знать формулы расчёта силы тяжести, силы трения, работы силы, потенциальной и кинетической энергии тела, мощности, КПД, периода колебаний математического, физического и пружинного маятников, длинны волны. Получить представления об условии равновесия тел и равновесия рычага, принципом действия гидравлических устройств. Изучить характеристики колебаний и волн. На конкретных примерах обсудить экологические проблемы связанные с изучением механики: строительство высотных сооружений и сейсмическая неустойчивость; механические колебания сооружений, конструкций и их влияние на окружающую среду; волны на поверхности и в твёрдом теле и др.

В ходе освоения раздела 2 Молекулярная физика и термодинамика студенты должны уяснить представление об идеальном газе, законных которым подчиняется идеальный газ, получить представления о термодинамическом и статистическом методах исследований, Знать основные положения молекулярно кинетической теории, законы термодинамики.

В ходе освоения раздела 3 «Электромагнетизм» студенты должны уяснить основные характеристики электростатического поля: электрический заряд, напряженность, потенциал, взаимосвязь напряженности и потенциала, закон Кулона взаимодействие точечных зарядов, теореме Гаусса. Законы постоянного электрического тока. Характеристики магнитного поля, взаимодействие проводников с током, действие магнитного поля на проводники с током и электрические заряды. Явление электромагнитной индукции, явление самоиндукции.

При освоении раздела 4 «Оптика» студенты получить представления о волновых и квантовых свойствах излучения, гипотезе Планка о квантовании энергии, явлении фотоэффекта, эффекта Комптона, фотонах, волновых свойствах микрочастиц, корпускулярно волновом дуализме микрочастиц. Волнах де Бройля.

В ходе освоения раздела 5 «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» студенты должны получить знания о закономерностях в спектре атома водорода. Рассмотреть теорию атома водорода Н. Бора, постулаты Бора. Значение теории Бора. Получить представление об необычных свойствах микрочастиц в квантовой механике, размерах атомного ядра, его строении, составе, о характеристиках атомного ядра, ядерных силах, дефекте масс и энергии связи ядра. Получить представление об явлении радиоактивности, естественной и искусственной радиоактивности, законе радиоактивного распада,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - излучении.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения полученных знаний для формирования современного физического мышления у обучающихся; создания основ теоретической подготовки в области физики, позволяющей в будущем ориентироваться в потоке научной и технической информации, обеспечивающей им возможность использования физических законов в процессе их работы; формирование правильного понимания границ применимости физических понятий, законов, теории и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью эксперимента и теоретических методов исследования.

При подготовке к экзамену рекомендуется внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. В отдельной тетради на каждый экзаменационный вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры). Вопросы программы, которые остаются неясными, необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Основные положения темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознание их сути следует заучить, повторяя несколько раз.

Выполнение лабораторных работ помогает лучше понять суть изучаемых теоретических явлений и процессов, а также на практике познакомиться с физическими приборами и методикой физических измерений, что обеспечивает осознанное и прочное усвоение изучаемых основ дисциплины.

При подготовке к контрольной работе происходит закрепление навыков самостоятельной работы, способности использовать полученные теоретические знания при решении различных физических задач.

Самостоятельную работу необходимо начинать с проработки конспекта лекций, лекций делая в нем соответствующие записи из основной и дополнительной литературы, а также рекомендуемых ресурсов и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Самостоятельная работа создаёт условия для формирования у обучающихся готовность и умения использовать различные средства информации с целью поиска необходимого знания.

В процессе консультации с преподавателем необходимо выяснять вопросы, вызвавшие трудности при самостоятельной работе или недостаточно усвоенные на лекционных, практических и лабораторных занятиях.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций, практических и лабораторных занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.



## АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины ФИЗИКА (ОБЩАЯ)

### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: создание базы для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, формирования целостного представления о физических законах окружающего мира в их единстве и взаимосвязи, знакомство с научными методами познания, формирование у студентов подлинно научного мировоззрения, применение положений фундаментальной физики при создании и реализации новых технологий в области промышленной теплоэнергетики.

Задачей изучения дисциплины является:

- научить бакалавров отбирать высокоэффективные виды технологий;
- уметь предвидеть использование новых достижений в области физики.

### 2. Структура дисциплины

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 324 часа, 9 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Механика
- 2 – Молекулярная физика и термодинамика
- 3 – Электромагнетизм
- 4 – Оптика
- 5 – Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц.

### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**ОК-7:** способность к самоорганизации и самообразованию;

**ОПК-2:** способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

### 4. Вид промежуточной аттестации: экзамен

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015 г. № 1081

для набора 2014 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413.

**Программу составил:**

Махро И.Г., к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиФ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

И.о. заведующего кафедрой МиФ \_\_\_\_\_ Медведева О.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ \_\_\_\_\_ Федяев А.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией естественнонаучного факультета от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии ЕН факультета \_\_\_\_\_ Варданян М.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_