

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.

« 22 » апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.12 Физика**  
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Сети связи и системы коммутации

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024, 2025

Выпускающая кафедра: ЭСВМ

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 576 часов/16 з.е.

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: Виприцкий Д.Д., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 № 930 на основании учебных планов, принятых УМС НГТУ протокол от 14.05.2024 г. № 15 и 19.12.2024 № 7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 12.03.2025 г. № 16.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИРИТ, протокол от 22.04.2025 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-С-12.

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины.....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>26</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>29</b>
6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда .....	29
6.2. Справочно-библиографическая литература .....	29
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	30
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>30</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	30
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	31
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>31</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>32</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>33</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	33
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	34
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	34
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях .....	34
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	34
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>35</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	35
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации .....	50
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	54

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются формирование у студентов научного мировоззрения и современного физического мышления.**

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- изучение основных физических явлений и идей;
- овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями классической и современной физики, а также методами физических исследований;
- овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики;
- ознакомление с измерительной аппаратурой, методами проведения физического эксперимента и методами статистической обработки полученных результатов;
- формирование умения выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) «Физика» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика» и «Математика» в объеме средней школы.

Дисциплина «Физика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы теории цепей», «Общая теория связи».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих общепрофессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ОПК-1</b>								
Математика.								
Дискретная математика								
Физика.								
Основы теории цепей								
Общая теория связи								
Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях								
Теория вероятностей и математическая статистика.								
Выполнение и защита ВКР								
<b>ОПК-2</b>								
Физика.								
Основы теории цепей								
Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях								
Выполнение и защита ВКР								
<b>УК-1</b>								
Философия								
Физика								
Выполнение и защита ВКР								

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК- 1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1. Формулирует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	<b>Знать:</b> - основные физические законы в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики (ИОПК-1.1); - фундаментальные законы природы (ИОПК-1.1).	<b>Уметь:</b> – применять физические законы для постановки конкретных задач теоретического и прикладного характера (ИОПК-1.2); - создавать математическую модель на основе физической модели (ИОПК-1.2).	<b>Владеть:</b> - алгоритмами самостоятельного решения стандартных физических задач (ИОПК-1.2); - навыками решения уравнений математической модели (ИОПК-1.2); - навыками анализа и представления полученных результатов (ИОПК-1.2).	Контрольные работы по практике. Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИОПК-1.2. Применяет физические законы для решения задач теоретического и прикладного характера					
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИОПК-2.1. Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	<b>Знать:</b> - маркировку и основные характеристики измерительных приборов, источников питания и прочего оборудования современной физической лаборатории; - принцип действия современных измерительных приборов	<b>Уметь:</b> - использовать современную вычислительную базу для обработки результатов физического эксперимента; - оценивать погрешность измерения для оптимального выбора используемых приборов.	<b>Владеть:</b> - алгоритмами статистической обработки результатов физического эксперимента; - навыками анализа результатов экспериментальных измерений; - навыками применения компьютерных программ для обработки результатов измерений;	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

				- навыками представления полученных данных для составления отчетов).		
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- историю развития научных представлений о физической картине мира;</li> <li>- современное состояние исследований в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики;</li> <li>- нерешённые проблемы современной физики.</li> </ul>	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить в периодической литературе и обновляемых интернет-ресурсах материалы по новым теоретическим и практическим исследованиям в различных областях физики и техники;</li> <li>- критически оценивать найденные материалы;</li> <li>- использовать материалы из литературных источников для своей практической деятельности.</li> </ul>	<b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обобщения и анализа имеющихся экспериментальных данных и наблюдаемых физических явлений на базе современных теоретических моделей и представлений.</li> </ul>	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 16 зач.ед. или 576 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час			
	Всего час.	В т.ч. по семестрам		
		1 сем	2 сем	3 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	<b>очная</b>			
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>576</b>	<b>108</b>	<b>252</b>	<b>216</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>231</b>	<b>36</b>	<b>89</b>	<b>106</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>221</b>	<b>34</b>	<b>85</b>	<b>102</b>
занятия лекционного типа (Л)	85	17	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические. занятия и др.)	51		17	34
лабораторные работы (ЛР)	85	17	34	34
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
текущий контроль, консультации по дисциплине	10	2	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)				
<b>2. Самостоятельная работа (СРС):</b>	<b>219</b>	<b>36</b>	<b>109</b>	<b>74</b>
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	219	36	109	74
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>126</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>36</b>



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
1 СЕМЕСТР								
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 1. Физические основы классической и релятивистской механики.							
	Тема 1.1. Кинематика поступательного и вращательного движений.	1			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 1.2. Законы Ньютона. Закон сохранения импульса. Уравнение движения тела переменной массы.	2			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 1.3. Энергия, работа, мощность. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения полной механической энергии.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Лабораторная работа №1 Механический удар		4			Подготовка к ЛР [6.3.2]	Круглый стол (обсуждение полученных ре-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							зультатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 1.4.</b> Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент силы. Момент импульса. Момент инерции. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося тела.	2			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	<b>Лабораторная работа №2</b> Определение момента инерции твёрдого тела методом трифилярного подвеса		3			Подготовка к ЛР [6.3.2]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Лабораторная работа №3</b> Изучение основного закона динамики вращательного движения		4			Подготовка к ЛР [6.3.2]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 1.5.</b> Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Законы сохранения в неинерциальных системах.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ОПК-1, ИОПК-1.1,	Лабораторная работа №4 Определение модуля Юнга		3			Подготовка к ЛР [6.3.2]	Круглый стол (обсуж- дение полученных ре- зультатов, их соответ- ствие изучаемым зако- нам, оценка точности эксперимента).	
	Тема 1.6. Закон всемирного тя- готения. Законы Кеплера. Эле- менты теории гравитационного поля.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 1.7. Элементы механики жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Движение тел в жидкостях и газах.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 1.8. Постулаты специаль- ной теории относительности. Преобразования Лоренца и след- ствия из них. Интервал. Преобра- зование скоростей. Импульс в релятивистской механике. Реля- тивистские энергия и масса.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				22			
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	10	14		22			
	Раздел 2. Основы молекулярной физики, термодинамики и статисти-							

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	ческой физики.							
	<b>Тема 2.1.</b> Опытные законы иде- ального газа. Уравнение Менде- леева - Клапейрона. Основное уравнение молекулярно- кинетической теории.	1			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	<b>Тема 2.2.</b> Распределения Макс- велла и Больцмана. Число степе- ней свободы. Закон равномерно- го распределения энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа.	2			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	<b>Тема 2.3.</b> Первое начало термо- динамики. Работа идеального газа. Теплоёмкость. Изопроцес- сы.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	<b>Лабораторная работа №5</b> Изучение законов идеального газа и определение показателя адиабаты		3			Подготовка к ЛР [6.3.2]	Круглый стол (обсуж- дение полученных ре- зультатов, их соответ- ствие изучаемым зако- нам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 2.4.</b> Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Цикл Карно. Уравнение состояния реального газа.	2			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							вых проекторов и т.п.	
	Тема 2.5. Ламинарное и турбулентное течение. Вязкость жидкостей и методы ее определения. Движение тел в жидкостях и газах.	1			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:							
	контрольная работа				14			
	Итого по 2 разделу	7	3		14			
	ИТОГО ЗА 1 СЕМЕСТР	17	17		36			
2 СЕМЕСТР								
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 3. Электростатика.							
	Тема 3.1. Заряд. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.	2			6	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 3.2. Обобщение закона Кулона. Теорема Гаусса.	2			6	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Лабораторная работа №6 Экспериментальные исследования электростатических полей с помощью электролитической		7			Подготовка к ЛР [6.3.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым зако-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	ванны						нам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 3.3.</b> Электростатическое поле в диэлектриках. Типы диэлектриков. Виды поляризации. Граничные условия на границе раздела двух диэлектриков.	2			6	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	<b>Практическое занятие №1</b> Электростатическое поле в вакууме и в диэлектриках.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	<b>Лабораторная работа №7</b> Экспериментальные исследования диэлектрических свойств материалов		7			Подготовка к ЛР [6.3.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 3.4.</b> Потенциал электростатического поля. Электростатическое поле в проводниках.	2			6	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	<b>Тема 3.5.</b> Емкость. Энергия и объемная плотность энергии электростатического поля.	2			6	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							вых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №2 Потенциал электростатического поля. Емкость. Энергия электростатического поля.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				30			
	контрольная работа			1				
	Итого по 3 разделу	10	14	5	30			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 4. Постоянный электрический ток							
	Тема 4.1. Постоянный ток, его характеристики. Сторонние силы.	1			4	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 4.2. Закон Ома для участка цепи. Обобщенный закон Ома.	1			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 4.3. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца.	1			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 4.4. Правила Кирхгофа.	1			5	Подготовка к	Презентации с исполь-	

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
						лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №3 Постоянный ток. Закон Ома. За- кон Джоуля-Ленца.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выпол- ненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №8 Изучение компенсационного метода измерения ЭДС		6			Подготовка к ЛР [6.3.3]	Круглый стол (обсуж- дение полученных ре- зультатов, их соответ- ствие изучаемым зако- нам, оценка точности эксперимента).	
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				19			
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	4	6	2	19			
	Раздел 5. Магнитостатика							
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Тема 5.1. Магнитное статическое поле в вакууме. Индукция маг- нитного поля.	1			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 5.2. Магнитное поле дви- жущегося заряда. Закон Био- Савара-Лапласа. Закон Ампера.	2			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4],	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных	



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
						[6.2.1]	средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 5.3. Закон полного тока (теорема о циркуляции).	2			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №4 Магнитное статическое поле в вакууме.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Тема 5.4. Движение заряженных частиц под действием электрического и магнитного полей. Сила Лоренца. Эффект Холла.	1			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №5 Движение заряженных частиц под действием электрического и магнитного полей.			1		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски);	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							«мозговой штурм».	
	Тема 5.5. Намагниченность. Магнитное поле в веществе. Условия на границе раздела двух магнетиков.	2			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 5.6. Магнитные моменты электронов и атомов. Диа- и парамагнетизм. Ферромагнетики.	2			5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №6 Магнитное поле в веществе.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №9 Исследование магнитных полей в веществе. Ферромагнетики		7			Подготовка к ЛР [6.3.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				30			
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	10	7	5	30			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2,	Раздел 6. Электромагнитная индукция. Уравнения Максвелла.							
	Тема 6.1. Электромагнитная ин-	3			10	Подготовка к	Презентации с исполь-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	дукция.					лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	<b>Практическое занятие №7</b> Электромагнитная индукция.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	<b>Лабораторная работа №10</b> Экспериментальные исследования электромагнитной индукции.		7			Подготовка к ЛР [6.3.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	<b>Тема 6.2.</b> Цепи переменного тока.	3			10	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	<b>Практическое занятие №8</b> Цепи переменного тока.			1		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	<b>Тема 6.3.</b> Токи смещения. Уравнения Максвелла.	4			10	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4],	Презентации с использованием различных	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
						[6.2.1]	средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №9 Уравнения Максвелла.			1		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.11]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				30			
	контрольная работа			1				
	Итого по 6 разделу	10	7	5	30			
	ИТОГО ЗА 2 СЕМЕСТР	34	34	17	109			
3 СЕМЕСТР								
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 7. Колебания и волны							
	Тема 7.1. Гармонические механические и электрические колебания. Сложение колебаний.	2			4	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №10 Гармонические механические и электрические колебания. Сложение колебаний.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Тема 7.2. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс.	2			4	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг,	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 7.3. Волновые процессы. Свойства акустических и электромагнитных волн.	2			4	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №11 Волновые процессы. Свойства акустических и электромагнитных волн			3		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №11 Исследование волнового поля электромагнитных волн, излучаемых рупорной антенной		6			Подготовка к ЛР [6.3.4]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:				12			
	контрольная работа			1				
	Итого по 7 разделу	6	6	6	12			
	ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 8. Геометрическая и волновая оптика. Квантовая природа излучения						
Тема 8.1. Геометрическая оптика и фотометрия.		2			8	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							вых проекторов и т.п.	
	Тема 8.2. Интерференция света. Интерферометры.	5			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №12 Интерференция света.			6		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №12 Интерференция света при наблюдении колец Ньютона		7			Подготовка к ЛР [6.3.4]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Тема 8.3. Дифракция света. Дифракционные решетки.	7			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №13 Дифракция света.			7		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №13		7			Подготовка к ЛР	Круглый стол (обсуж-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Дифракция света на плоской прозрачной решётке					[6.3.4]	дение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Тема 8.4. Дисперсия света. Поглощение света. Рассеяние света	5			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №14 Взаимодействие света с веществом.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Тема 8.5. Поляризация света. Двойное лучепреломление.	5			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №15 Поляризация света.			7		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №14 Определение концентрации сахарного раствора с помощью		7			Подготовка к ЛР [6.3.4]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответ-	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	сахариметра						ствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Тема 8.6. Законы равновесного теплового излучения.	2			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №16 Законы равновесного теплового излучения.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа №15 Изучение законов теплового излучения с помощью оптического пирометра		7			Подготовка к ЛР [6.3.4]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	
	Тема 8.7. Внешний фотоэффект.	2			9	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие №17 Законы фотоэффекта.			2		Подготовка к ПЗ [6.2.8], [6.2.9], [6.2.12]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски);	



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
							«мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела: контрольная работа				2	62		
Итого по 8 разделу	28	28	28	62				
	ИТОГО ЗА 3 СЕМЕСТР	34	34	34	74			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	85	85	51	219			

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 1, 2 и 3 семестрах.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырех-балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оцен- ки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК- 1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1. Формулирует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы. ИОПК-1.2. Применяет физические законы для решения задач теоретического и прикладного характера	Не знает основные физические законы в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики. Не способен применять физические законы для постановки конкретных задач теоретического и прикладного характера.	Может сформулировать основные физические законы, допуская ошибки. Допускает ошибки при применении физических законов для постановки конкретных задач теоретического и прикладного характера.	Может сформулировать основные физические законы, допуская небольшие неточности. способен применять физические законы для постановки конкретных задач теоретического и прикладного характера.	Твердо знает основные физические законы в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики. Свободно применяет физические законы для постановки конкретных задач теоретического и прикладного характера.
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИОПК-2.1. Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Не знает маркировку и основные характеристики измерительных приборов, источников питания и прочего оборудования современной физической лаборатории; не знаком с принципом действия современных измерительных приборов; не знаком с алгоритмами статистической обработки результатов физического эксперимента.	Знает маркировку основных измерительных приборов, источников питания и прочего оборудования современной физической лаборатории; слабо знаком с принципом действия современных измерительных приборов; слабо знаком с алгоритмами статистической обработки результатов физического эксперимента.	Знает маркировку и основные характеристики измерительных приборов, источников питания и прочего оборудования современной физической лаборатории; Имеет представление о принципе действия современных измерительных приборов; знаком с алгоритмами статистической обработки результатов физического эксперимента.	Знает маркировку и основные характеристики измерительных приборов, источников питания и прочего оборудования современной физической лаборатории; хорошо знаком с принципом действия современных измерительных приборов; уверенно пользуется алгоритмами статистической обработки результатов физического эксперимента.
УК-1. Способен осуществлять поиск,	ИУК-1.3. Осуществляет поиск информации для	Не знает историю развития научных представлений о	Слабо знает историю развития научных представ-	Знает историю развития научных представлений о	Знает историю развития научных представлений о

критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	решения поставленной задачи по различным типам запросов.	физической картине мира; не представляет современное состояние исследований в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики; - нерешённые проблемы современной физики.	лений о физической картине мира; слабо представляет современное состояние исследований в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики.	физической картине мира; имеет представление о современном состоянии исследований в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики.	физической картине мира; знает современное состояние исследований в области механики, электромагнетизма, термодинамики, оптики; имеет представление о нерешённых проблемах современной физики.
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.1.1. Савельев, И.В. Курс общей физики, Т.1/ И.В. Савельев.- СПб.: Лань, 2005, 2008.

6.1.2 Савельев, И.В. Курс общей физики, Т.2/ И.В. Савельев.- СПб.: Лань, 2005, 2006, 2007.

6.1.3. Савельев, И.В. Курс общей физики, Т.3/ И.В. Савельев.- СПб.: Лань, 2005.

6.1.4. Трофимова, Т.И. Курс физики/ Т.И. Трофимова.- М.: Академия, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008.

6.1.5 Иродов, И.Е. Механика. Основные законы./ И.Е. Иродов.- М.: Лаб. базовых знаний, 2002, 2003, 2007.

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики, Т 3. Электричество/ Д.В. Сивухин.- М.: Физматлит, Изд-во МФТИ, 2002.

6.2.2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики, Т 4. Оптика/ Д.В. Сивухин.- М.: Физматлит, Изд-во МФТИ, 2002.

6.2.3. Сивухин, Д.В. Общий курс физики, Т 2. Термодинамика и молекулярная физика/ Д.В. Сивухин.- М.: Физматлит, Изд-во МФТИ, 2003, 2005.

6.2.4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики, Т 5. Атомная и ядерная физика/ Д.В. Сивухин.- М.: Физматлит, Изд-во МФТИ, 2002.

6.2.5. Иродов, И.Е. Электromагнетизм. Основные законы/ И.Е.Иродов.- М.: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2006.

6.2.6. Иродов, И.Е. Волновые процессы. Основные законы/ И.Е.Иродов.- М.: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2004, 2006, 2007.

6.2.7. Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы/ И.Е.Иродов.- М.: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2004, 2007.

6.2.8. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике/ И.Е. Иродов.-М: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2007.

6.2.9. Чертов, А.Г. Задачник по физике/ А.Г. Чертов, А.А. Воробьев.-М.: Физматлит, 2003.

6.2.10. Сборник задач по физике. Ч.1: Механика, молекулярная физика, теплота для студентов всех специальностей/ НГТУ; Сост.: А.Б. Федотов и др. Н. Новгород, 2009.

6.2.11. Сборник задач по физике. Ч.2: Электричество. Магнетизм. Для студентов всех специальностей/ НГТУ; Сост.: А.Б. Федотов и др. Н. Новгород, 2009.

6.2.12. Сборник задач по физике. Ч.3: Колебания и волны. Оптика. Для студентов всех специальностей/ НГТУ; Сост.: А.Б. Федотов и др. Н. Новгород, 2009.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Физика» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Физика».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Механика. Термодинамика». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.3. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Электричество и магнетизм». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.4. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Оптика». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.5. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Физика»

6.3.5. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Физика»

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgaz.ru/> - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

Лабораторные работы проводятся в оснащённых необходимым оборудованием лабораториях:

- 5306 – Лаборатория «Механика» - 6 лабораторных работ;
- 5305- Лаборатория «Электричество» – 10 лабораторных работ;
- 6257 - Лаборатория «Оптика» - 11 лабораторных работ;

Для проведения лабораторных работ имеются аудитории, оснащенные необходимым лабораторным оборудованием (ауд. 5306, 5307, 6257).

Лаборатория «Механика» (ауд. 5306):

- 1) установки для изучения законов взаимодействия тел (механический удар);
- 2) установки для изучения законов вращательного движения (маятник Обербека);
- 3) установки для определения моментов инерции методом трифилярного подвеса);
- 4) установки для изучения газовых законов;
- 5) комплект устройств для изучения законов термодинамики;
- 6) частотомеры электронно-счетные ЧЗ-54;
- 7) индикаторы часового типа ИЧ-10 (цена деления 0,01 мм).

Лаборатория «Электричество» (ауд. 5305): шесть комбинированных лабораторных установок, включающих в себя:

- 1) источники питания;
- 2) осциллограф С1-68;
- 3) генераторы импульсов Г5-54;
- 3) генераторы сигналов низкочастотный ГЗ-102;
- 3) генераторы сигналов высокочастотный Г4-102;
- 4) милливольтметр ВЗ-41;
- 5) вольтметры универсальный В7-16;
- 6) частотомер электронно-счетный ЧЗ-34;
- 6) набор лабораторных макетов для изучения законов электромагнетизма.

Лаборатория «Оптика» (ауд. 6257):

- 1) полупроводниковые лазеры;



- 2) осциллографы С1-5, С1-71;
- 3) источники питания ВУП-2, Б1-30;
- 4) генераторы сигналов ГЗ-53;
- 5) микроскопы;
- 6) дифракционные решетки

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Физика», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

## **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным за-

нениям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- экзамен.

### 11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- обсуждение теоретических вопросов;
- решение физических задач;
- тестирование;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- проведение контрольных работ;
- экзамен, зачет с оценкой.

**На практических занятиях студенты должны выполнить задания, примеры которых представлены ниже.**

Пример 1. Уравнение движения материальной точки вдоль оси  $x$  имеет вид  $x = A + Bt + Ct^2$ , где  $A=3$  м,  $B=2$  м/с,  $C=1$  м/с<sup>2</sup>. Найти: а) положение точки в моменты времени  $t_1 = 5$  с и  $t_2 = 10$  с; б) среднюю путевую скорость  $\langle V \rangle$  за время, протекающее между этими моментами; в) мгновенные скорости  $V_1$  и  $V_2$  в указанные моменты времени; г) среднее ускорение  $\langle a \rangle$  за указанный промежуток времени; д) мгновенное ускорение  $a$ .

Дано

$$x = A + Bt + Ct^2, \\ A=3 \text{ м}, B=2 \text{ м/с}, \\ C=1 \text{ м/с}^2, \\ t_1 = 5 \text{ с}, \\ t_2 = 10 \text{ с}$$

$$x_1=?, x_2=?$$

$$\langle V \rangle=?$$

$$V_1=?, V_2=?$$

$$\langle a \rangle=?, a=?$$

Решение

а) положение точки в заданные моменты времени определяется подстановкой в уравнения движения численных значений коэффициентов  $A, B, C$  и значений времени  $t_1$  и  $t_2$ :

$$x_1 = x(t_1) = 3 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 5^2 = 38 \text{ (м)},$$

$$x_2 = x(t_2) = 3 + 2 \cdot 10 + 1 \cdot 10^2 = 123 \text{ (м)};$$

б) средняя путевая скорость определяется как величина пути, пройденного точкой, делённого на время её движения:

$$\langle V \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1},$$

$$\langle V \rangle = \frac{123 - 38}{10 - 5} = 17 \text{ (м/с)};$$

в) мгновенная скорость определяется как первая производная от координаты  $x(t)$  по времени:

$$V = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(A + Bt + Ct^2) = B + 2Ct.$$

Подставив в полученное выражение численные значения коэффициентов  $B, C$  и моментов времени  $t_1$  и  $t_2$ , получим

$$V_1 = V(t_1) = 2 + 2 \cdot 1 \cdot 5 = 12 \text{ (м/с)},$$

$$V_2 = V(t_2) = 2 + 2 \cdot 1 \cdot 10 = 22 \text{ (м/с)};$$

г) среднее ускорение определяется как отношение величины изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло:

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1},$$

$$\langle a \rangle = \frac{22 - 12}{10 - 5} = 2 \text{ (м/с}^2\text{)};$$

д) мгновенное ускорение определяется как первая производная от мгновенной скорости  $V(t)$  по времени:

$$a = \frac{dV(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(B + 2Ct) = 2C. \\ a = 2 \cdot 1 = 2 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ускорение рассматриваемой точки – постоянное.

Ответ: а)  $x_1=38$  м,  $x_2=123$  м; б)  $\langle V \rangle = 17$  м/с; в)  $V_1=12$  м/с,  $V_2=22$  м/с;

г)  $\langle a \rangle = 2$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a=2$  м/с<sup>2</sup>.

Пример 2. Брусок массы  $m$  тянут за нить так, что он движется с постоянной скоростью по горизонтальной плоскости с коэффициентом трения  $\mu$ . Найти угол  $\alpha$ , при котором натяжение нити будет наименьшим.

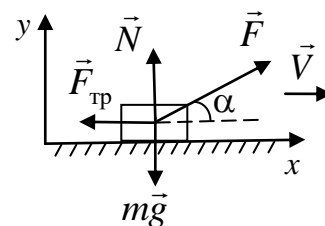
Решение

На брусок действуют силы: сила тяжести, сила реакции опоры, сила трения и сила натяжения нити.

Второй закон Ньютона имеет вид

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}. \quad (1)$$

Брусок движется с постоянной скоростью, следовательно,  $\vec{a} = 0$ .



Выберем оси  $x$  и  $y$ , как показано на рис. В проекции на эти оси векторное уравнение (1) имеет вид

$$x: 0 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}, \quad (2)$$

$$y: 0 = -mg + N + F \sin \alpha. \quad (3)$$

Тело движется по поверхности, при этом сила трения скольжения  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Значение силы  $N$  определяем из уравнения (3)

$$N = mg - F \sin \alpha.$$

Подставляя выражение для силы трения в уравнение (2), получим

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}.$$

Так как по условию задачи натяжение нити должно быть наименьшим, берем производную функции силы по углу  $\alpha$  и приравняем полученный результат к нулю:

$$\frac{dF}{d\alpha} = \frac{\mu mg (-\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2} = 0.$$

Отсюда

$$-\sin \alpha + \mu \cos \alpha = 0,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu \text{ и } \alpha = \operatorname{arctg} \mu.$$

Ответ: натяжение нити будет наименьшим при угле  $\alpha = \operatorname{arctg} \mu$ .

Пример 3. Молот массой  $m = 5$  кг, падая с высоты  $h = 2$  м, ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса наковальни вместе с куском железа  $M = 100$  кг. Считая удар абсолютно неупругим, найти:

- а) скорость  $V$  молота непосредственно перед ударом;
- б) энергию  $E_{\text{деф}}$ , затраченную на деформацию куска железа.

Решение

а) скорость  $V$  молота непосредственно перед ударом найдем из закона сохранения энергии: в отсутствие сопротивления воздуха молот, падая с высоты  $h$ , движется только под действием силы тяжести, которая является консервативной. Следовательно, в процессе падения механическая энергия молота будет оставаться постоянной:

$$E = T + \Pi = \text{const}.$$

В качестве нулевого уровня для отсчета потенциальной энергии молота в однородном поле силы тяжести выберем уровень, соответствующий нижнему положению молота. Тогда в начале движения кинетическая энергия молота  $T_1 = 0$ , потенциальная энергия  $\Pi_1 = mgh$  и полная механическая энергия

$$E_1 = T_1 + \Pi_1 = mgh.$$

В нижнем положении (непосредственно перед ударом) –  $T_2 = \frac{mV^2}{2}$ ,  $\Pi_1 = 0$  и

$$E_2 = T_2 + \Pi_2 = \frac{mV^2}{2}.$$

Согласно закону сохранения энергии,

$$E_1 = E_2 \text{ или } mgh = \frac{mV^2}{2},$$

откуда

$$V = \sqrt{2gh},$$

$$V = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} \approx 6,3 \text{ (м/с)}.$$

б) чтобы определить энергию  $E_{\text{деф}}$ , затраченную на деформацию куска железа, предварительно найдем скорость  $U$  системы «молот – кусок железа – наковальня» сразу же после удара.

В силу кратковременности удара, запишем для рассматриваемой системы тел закон сохранения импульса:

$$m\vec{V}_1 + M\vec{V}_2 = m\vec{U}_1 + M\vec{U}_2,$$

где  $\vec{V}_1 = \vec{V}$  – скорость молота до удара;  $\vec{V}_2 = 0$  – скорость куска железа с наковальней до удара;  $\vec{U}_1 = \vec{U}_2 = \vec{U}$  – скорости тел сразу же после удара (так как удар абсолютно неупругий, то после него тела системы движутся как одно целое, то есть с одной и той же скоростью).

Очевидно, что векторы  $\vec{V}$  и  $\vec{U}$  будут направлены одинаково. Поэтому в проекции на направление движения молота закон сохранения импульса запишется в виде

$$mV = (m + M)U,$$

откуда

$$U = \frac{mV}{(m + M)} \text{ или } U = \frac{m\sqrt{2gh}}{(m + M)}.$$

Энергия, затраченная на деформацию куска железа, представляет собой разность механических энергий системы «молот – кусок железа – наковальня» непосредственно перед ударом ( $E$ ) и сразу же после него ( $E'$ ):

$$E_{\text{деф}} = E - E'.$$

Так как потенциальная энергия системы в поле силы тяжести в процессе удара не изменяется, то

$$E_{\text{деф}} = T - T',$$

где  $T = \frac{mV^2}{2} = mgh$  – кинетическая энергия системы (молота) непосредственно перед ударом;

$T' = \frac{(m + M)U^2}{2} = \frac{m^2 gh}{(m + M)}$  – кинетическая энергия системы сразу же после удара.

Таким образом,

$$E_{\text{деф}} = mgh - \frac{m^2 gh}{m + M} = \frac{mMgh}{m + M},$$

$$E_{\text{деф}} = \frac{5 \cdot 100 \cdot 9,81 \cdot 2}{5 + 100} \approx 93,4 \text{ (Дж)}.$$

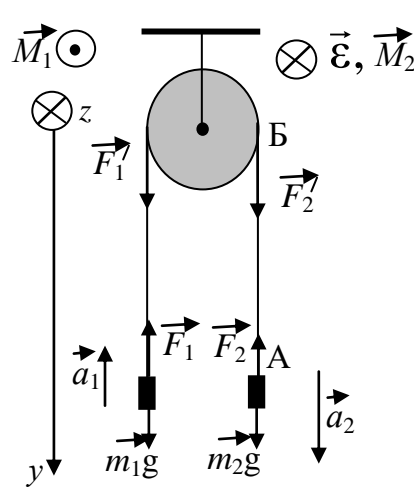
Ответ: а)  $V = 6,3$  м/с; б)  $E_{\text{деф}} = 93,4$  Дж.

Пример 4. Через блок цилиндрической формы массой  $m = 1$  кг перекинут шнур, к концам которого прикреплены грузы массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг. Найти: а) ускорение грузов; б) силы натяжения шнура  $F_1$  и  $F_2$ . Считать шнур невесомым и нерастяжимым. Проскальзывание шнура относительно блока и трение в оси блока отсутствуют.

Дано  
 $m = 1$  кг,  
 $m_1 = 1$  кг,

Решение

Так как нить нерастяжима, путь, пройденный грузом  $m_1$ , равен пу-

$m_2 = 2 \text{ кг}$	ти, пройденному грузом $m_2$ : $a_1 t^2 / 2 = a_2 t^2 / 2$ .	
а) $a = ?$	Из этого следует, что ускорения грузов одинаковы по величине $a_1 = a_2 = a$ .	
б) $F_1 = ?$ $F_2 = ?$	Рассмотрим участок нити АБ между грузом $m_2$ и блоком. Уравнение движения этого участка в проекции на ось $y$ с учетом 3-го закона Ньютона имеет вид $m_{AB} a = F_2 - F_2'$ .	

Из условия невесомости нити ( $m_{AB} = 0$ ) следует, что  $F_2' = F_2$ . Аналогично доказывается, что  $F_1' = F_1$ .

Линейная скорость всех отрезков нити в произвольный момент времени  $t$  равна  $V = at$ . Линейная скорость точек, принадлежащих ободу блока, выражается через угловое ускорение блока  $\varepsilon$  и его радиус  $R$   $V_{\text{бл}} = \varepsilon R t$ .

Отсутствие скольжения означает, что в любой момент времени  $V = V_{\text{бл}}$  или  $at = \varepsilon R t$ . Из этого, в свою очередь, следует, что  $\varepsilon = a/R$ .

Запишем уравнения движения обоих грузов в проекции на ось  $y$ , а уравнение движения блока в проекции на ось  $z$ :

$$\text{Оу: } -m_1 a_1 = m_1 g - F_1; \quad m_2 a_2 = m_2 g - F_2;$$

$$\text{Оz: } J \varepsilon = M_Z = R(F_2' - F_1').$$

Учитывая приведенное выше обсуждение условий задачи, а также то, что момент инерции цилиндрического блока  $J = \frac{mR^2}{2}$ , полученную систему уравнений можно привести к виду

$$-m_1 a = m_1 g - F_1; \quad m_2 a = m_2 g - F_2; \quad \frac{ma}{2} = F_2 - F_1.$$

Решая эту систему относительно искомых величин, получим:

$$\text{а) } a = g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + m/2} = 2,8 \text{ м/с}^2;$$

$$\text{б) } F_1 = m_1(g + a) = 12,6 \text{ Н}; \quad F_2 = m_2(g - a) = 14,0 \text{ Н}.$$

$$\text{Ответ: а) } a = 2,8 \text{ м/с}^2; \text{ б) } F_1 = 12,6 \text{ Н}, F_2 = 14,0 \text{ Н}.$$

Пример 5. В сосуде вместимостью 10л находится кислород под давлением 100 кПа при температуре  $t_1 = 17^\circ \text{С}$ . После того, как из сосуда выпустили кислород массой  $\Delta m = 10 \text{ г}$ , температура газа стала равной  $0^\circ \text{С}$ . Найти давление кислорода, оставшегося в сосуде. Молярная масса кислорода  $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

Решение

Давление  $P_2$  найдем, используя уравнение состояния идеального газа:

$$P_2 V = \frac{m_2}{M} RT_2,$$

$$\text{откуда } P_2 = \frac{m_2}{M} \frac{RT_2}{V}.$$

Неизвестный параметр  $m_2$  находим из условия задачи:

$$m_2 = m_1 - \Delta m.$$

Однако первичная масса кислорода  $m_1$  неизвестна. Её определим из уравнения состояния газа в его начальном состоянии:

$$P_1 V = \frac{m_1}{M} RT_1,$$

откуда

$$m_1 = \frac{P_1 V M}{RT_1}.$$

В окончательном виде

$$P_2 = \left( \frac{P_1 V M}{RT_1} - \Delta m \right) \frac{RT_2}{M V} = T_2 \left( \frac{P_1}{T_1} - \frac{R}{M V} \Delta m \right).$$

Подстановка численных данных даёт  $P_2 = 23243$  Па.

Ответ:  $P_2 = 23,2$  кПа.

Пример 6. Воздух, занимавший объем  $V_1 = 1$  л при давлении  $P_1 = 0,8$  МПа, изотермически расширился до  $V_2 = 10$  л. Определить изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом. Какое количество тепла было сообщено газу в процессе расширения?

Дано

$$\begin{aligned} V_1 &= 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3, \\ P_1 &= 0,8 \text{ МПа}, \\ V_2 &= 10 \text{ л} \end{aligned}$$

Решение

При изотермическом расширении температура воздуха не меняется, следовательно, не меняется и его внутренняя энергия, т.е.  $\Delta U = 0$ . При расширении  $\nu$  молей газа от объема  $V_1$  до  $V_2$  при постоянной температуре  $T$  будет совершена

$$\Delta U = ?$$

положительная работа:

$$A = ? \quad Q = ?$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu RT}{V} dV = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Так как число молей газа и его температура неизвестны, то, воспользовавшись уравнением Менделеева-Клапейрона, записанным для начального состояния воздуха:

$$P_1 V_1 = \nu RT,$$

работу расширения найдем как

$$A = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 1,84 \text{ кДж}.$$

Количество тепла, сообщенного газу, найдем из первого начала термодинамики:

$$Q = \Delta U + A.$$

С учетом найденных значений работы и изменения внутренней энергии

$$Q = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 1,84 \text{ кДж}.$$

Ответ:  $\Delta U = 0$ ,  $A = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 1,84 \text{ кДж}$ ,  $Q = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 1,84 \text{ кДж}$ .



Пример 7. Сферический слой, имеющий радиусы  $R_1 = R$  и  $R_2 = 2R$ , заполнен электрическим зарядом, объемная плотность которого  $\rho = \frac{\alpha}{r}$ , где  $\alpha$  - положительная постоянная. Найти напряженность  $E(r)$  электрического поля как функцию расстояния  $r$  от центра слоя. Построить примерный график зависимости  $E(r)$ .

Дано  
 $R_1 = R$ ,  
 $R_2 = 2R$ ,  
 $\rho = \frac{\alpha}{r}$ ,  
 $\alpha = \text{const}$   
 $E(r) = ?$

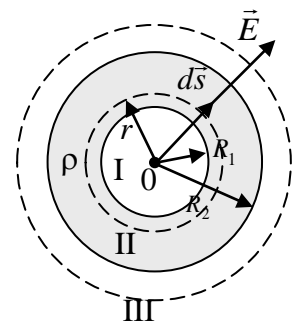
Решение

Решение задачи сводится к нахождению напряженности  $E(r)$  электрического поля в трёх областях: внутренней ( $r < R_1$ ), в области, содержащей заряд ( $R_1 < r < R_2$ ), и внешней ( $r > R_2$ ) (рисунок).

Так как структура поля обладает радиальной симметрией, то для нахождения напряженности поля используем теорему Остроградского-Гаусса, которая в интегральной форме имеет вид

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} Q. \quad (1)$$

1. Определим напряженность  $E_I$  поля в области I. Из физических представлений видно, что напряженность электрического поля в области I равна нулю. Это будет понятно, если представим, что каждый элементарный заряд, расположенный на внутренней поверхности сферы, создает элементарное поле напряженностью  $d\vec{E}$ , которая направлена к центру. Такой же заряд на диаметрально противоположной стороне этой сферы создает поле той же величины, но направленное противоположно первому. Происходит взаимная компенсация элементарных полей, итогом чего является отсутствие электрического поля в области I.



Докажем это утверждение с помощью теоремы (1), в соответствии с которой поток вектора  $\vec{E}$  сквозь воображаемую замкнутую поверхность  $S$  определяется арифметической суммой зарядов, находящихся внутри этой поверхности. Но в области I зарядов нет, т.е.  $Q = 0$ . Тогда величина  $\vec{E}$  равна нулю. Поле в области I отсутствует.

2. Определим напряженность  $E_{II}$  в области II. В качестве воображаемой замкнутой поверхности  $S$  возьмем сферическую поверхность радиусом  $r$ , внутри которой будет находиться электрический заряд в объеме, заключенном между сферами с радиусами  $R_1$  и  $r$ .

Теорему Остроградского-Гаусса запишем в виде

$$\oint_S \vec{E}_{II} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV, \quad (2)$$

где  $\rho = \frac{\alpha}{r}$ ,  $dV = 4\pi r^2 dr$ .

Последнее выражение получается следующим образом: шар радиусом  $r$  имеет объем  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ; от обеих частей этого выражения возьмем дифференциал и получим  $dV = 4\pi r^2 dr$ .

Уравнение (2) после подстановки  $\rho$  и  $dV$  приобретает вид

$$\oint_S \vec{E}_{II} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \frac{\alpha}{r} 4\pi r^2 dr. \quad (3)$$

Вектор напряженности поля  $\vec{E}$  и вектор  $d\vec{S}$  в каждой точке поверхности  $S$  сонаправлены друг с другом, так как оба направлены вдоль радиуса сферы. Тогда скалярное произведение  $\vec{E}_{II}d\vec{S} = |\vec{E}_{II}||d\vec{S}|\cos 0^\circ = |\vec{E}_{II}||d\vec{S}|$  или  $\vec{E}_{II}d\vec{S} = E_{II}dS$ . Учтем, что величина напряженности на одинаковом расстоянии  $r$  от центра слоя постоянна. Тогда уравнение (3) запишется в виде

$$E_{II}(r) \oint_S dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_{R_1}^r \frac{\alpha}{r} 4\pi r^2 dr. \quad (4)$$

Заметим, что  $\oint_S dS = 4\pi r^2$  – площадь поверхности воображаемой сферы. В итоге после несложных преобразований из уравнения (4) получаем:

$$E_{II}(r) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0} \left( 1 - \frac{R_1^2}{r^2} \right). \quad (5)$$

Аналогично получаем уравнение для внешней области III, в которой воображаемая замкнутая поверхность охватывает весь электрический заряд, находящийся между сферами радиусами  $R_1$  и  $R_2$ :

$$E_{III}(r) \oint_S dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{\alpha}{r} 4\pi r^2 dr, \quad (6)$$

где  $r$  в левой части уравнения есть радиус внешней воображаемой замкнутой поверхности.

После преобразований получаем:

$$E_{III}(r) = \frac{\alpha(R_2^2 - R_1^2)}{2\varepsilon_0} \frac{1}{r^2}. \quad (7)$$

Зная, что  $R_1 = R$  и  $R_2 = 2R$ , соотношения (5) и (7) запишем в виде

$$E_{II}(r) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0} \left( 1 - \frac{R^2}{r^2} \right), \quad (8)$$

$$E_{III}(r) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0} \frac{3R^2}{r^2}. \quad (9)$$

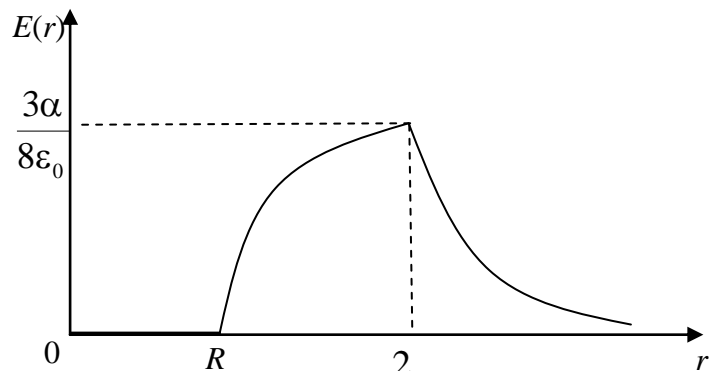
Для построения графика зависимости напряженности поля  $E(r)$  как функции расстояния  $r$  от центра сферического слоя определим характерные точки для полей  $E(r)$  в областях II и III. Для области II это

точки:  $r = R_1 = R$  и

$r = R_2 = 2R$ , где  $E_{II}(r = R) = 0$

и  $E_{II}(r = 2R) = \frac{3\alpha}{8\varepsilon_0}$ . Для области III – точка  $r = R_2 = 2R$ , где

$$E_{III}(r = 2R) = \frac{3\alpha}{8\varepsilon_0}.$$



Примерный график зависимости  $E(r)$  представлен на рисунке.

Ответ:  $E_I = 0$  при  $r < R_1$ ,  $E_{II}(r) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0} \left( 1 - \frac{R^2}{r^2} \right)$  при  $R_1 < r < R_2$ ,

$E_{III}(r) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0} \frac{3R^2}{r^2}$  при  $r > R_2$ .

Пример 8. Определить разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_B$  между точками  $A$  и  $B$  схемы. При каком условии она равна нулю?

Дано

$C_1, C_2, C_3,$

$C_4,$

$E$

$\varphi_A - \varphi_B = ?$

Решение

Конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  соединены последовательно. Эквивалентная емкость  $C_{12}$  определяется по формуле

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; \quad C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Аналогично найдем емкость  $C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4}$ . Эквива-

лентные конденсаторы  $C_{12}$  и  $C_{34}$  подключены параллельно к источнику тока. Следовательно,

$$U_{DAC} = U_{DBC} = E.$$

При последовательном соединении заряды на конденсаторах равны

$$q_1 = q_2 = C_{12} U_{DAC},$$

$$q_1 = \frac{\varepsilon C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_C$  равна напряжению на первом конденсаторе:

$$\varphi_A - \varphi_C = \frac{q_1}{C_1}, \quad \varphi_A - \varphi_C = \frac{\varepsilon C_2}{C_1 + C_2}.$$

Аналогично найдем  $\varphi_B - \varphi_C$ :

$$q_3 = q_4 = C_{34} U_{DBC};$$

$$q_3 = \frac{\varepsilon C_3 C_4}{C_3 + C_4};$$

$$\varphi_B - \varphi_C = \frac{\varepsilon C_4}{C_3 + C_4}.$$

Разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_B$  найдем из соотношения

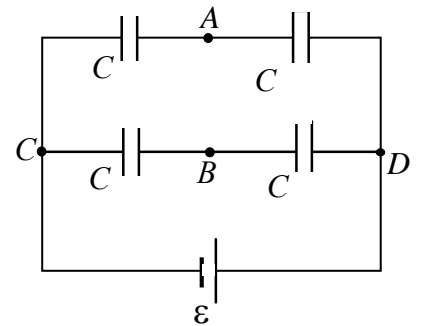
$$\varphi_A - \varphi_B = (\varphi_A - \varphi_C) - (\varphi_B - \varphi_C),$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon \left( \frac{C_2}{C_1 + C_2} - \frac{C_4}{C_3 + C_4} \right), \quad \varphi_A - \varphi_B = \varepsilon \frac{(C_2 C_3 - C_1 C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}$$

Найдем, при каком условии  $\varphi_A - \varphi_B = 0$ .

$$\varepsilon \frac{(C_2 C_3 - C_1 C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)} = 0, \quad C_2 C_3 = C_1 C_4.$$

Ответ:  $\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon \frac{(C_2 C_3 - C_1 C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}$ ,  $\varphi_A - \varphi_B = 0$  при  $C_2 C_3 = C_1 C_4$ .



Пример 9. Сколько тепла выделится на сопротивлении  $R = 75 \text{ Ом}$  при прохождении через него количества электричества  $q = 100 \text{ Кл}$ , если ток в сопротивлении равномерно убывал до нуля в течение времени  $\Delta t = 50 \text{ с}$ ?

Дано

$R = 75 \text{ Ом},$   
 $q = 100 \text{ Кл},$   
 $I_2 = 0,$   
 $\Delta t = 50 \text{ с}$

Решение

Так как ток равномерно (линейно) убывал, его зависимость от времени можно представить в виде  $I = I_1 - \alpha t$ . В начальный момент времени  $t_0 = 0$   $I = I_1$ , в момент времени  $\Delta t = 50 \text{ с}$   $I = 0$ . Отсюда следует:

$Q = ?$

$$\alpha = \frac{I_1}{\Delta t}, \quad I = I_1 - \frac{I_1}{\Delta t} t.$$

Найдем значение начального тока  $I_1$ . Заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, равен

$$q = \int_0^{\Delta t} \left( I_1 - \frac{I_1}{\Delta t} t \right) dt = \frac{I_1 \Delta t}{2}, \quad I_1 = \frac{2q}{\Delta t}, \quad I_1 = \frac{2 \cdot 100}{50} = 4 \text{ А}.$$

Подставим значение  $I_1$  в формулу тока  $I = 4 - 0.08t$ . Найдем количество теплоты, выделившееся на сопротивлении  $R$ :

$$Q = \int_0^{\Delta t} \left( I_1 - \frac{I_1}{\Delta t} t \right)^2 R dt = RI_1^2 \int_0^{\Delta t} \left( 1 - \frac{t}{\Delta t} \right)^2 dt = \frac{RI_1^2 \Delta t}{3}.$$

$$Q = \frac{75 \cdot 16 \cdot 50}{3} = 20 \text{ кДж}.$$

Ответ:  $Q = 20 \text{ кДж}$ .

Пример 10. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U$ , влетает в однородное магнитное поле индукции  $\vec{B}$  под углом  $\alpha$  к силовым линиям. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле. Заряд электрона  $e$ , масса  $m_e$ .

Дано  
 $U,$   
 $\vec{B},$   
 $\alpha,$   
 $e,$   
 $m_e$

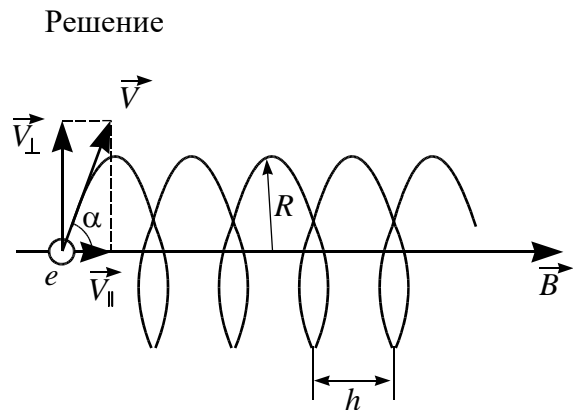
$h=?$   
 $R=?$

Пройдя ускоряющее напряжение  $U$ , электрон приобретает скорость  $V$ , которую можно найти из закона сохранения энергии:

$$m_e V^2 / 2 = eU,$$

$$V = \sqrt{2eU/m_e}$$

отсюда



При движении в магнитном поле радиус винтовой линии определяется составляющей скорости  $V_{\perp} = V \sin \alpha$ . Уравнение движения электрона в проекции на нормаль запишется:

$$m_e a_n = m_e V_{\perp}^2 / R = e V_{\perp} B.$$

Отсюда радиус винтовой линии

$$R = m_e V \sin \alpha / eB = \sqrt{2Um_e} / e \sin \alpha / B.$$

Вдоль силовой линии электрон движется с постоянной скоростью  $V_{\parallel} = V \cos \alpha$ . Шаг винтовой линии  $h = V_{\parallel} T$ , где  $T$  – период обращения, который находим из

$$T = 2\pi R / V_{\parallel} = 2\pi m_e / eB.$$

Тогда  $h = 2\pi \cos \alpha \sqrt{2Um_e / e} / B$ .

Ответ:  $R = \sqrt{2Um_e / e} \sin \alpha / B, h = 2\pi \cos \alpha \sqrt{2Um_e / e} / B$ .

Пример 11. На струне длины  $l$  образовалась стоячая волна, причем все точки струны с амплитудой смещения 3,5 мм отстоят друг от друга на 15,0 см. Найти максимальную амплитуду смещения.

#### Решение

Для стоячей волны в струне запишем уравнение:

$$\xi = 2A_0 \sin(kx) \sin(\omega t) = A_{\max} \sin(kx) \sin(\omega t), \quad (1)$$

где амплитуда стоячей волны

$$A = A_{\max} \sin(kx), \quad (2)$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$  – волновое число,  $\lambda$  – длина волны.

Из определения длины волны следует  $\lambda = 4 \cdot 15 = 60$  см.

Первая точка с амплитудой смещения равной 3,5 мм имеет координату

$$x = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ см (см. рисунок)}.$$

Подставим полученные значения в формулу для амплитуды стоячей волны (2):

$$3,5 = A_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{60} 7,5\right).$$

Выразим максимальную амплитуду:

$$A_{\max} = \frac{3,5}{\sin\left(\frac{2\pi}{60} 7,5\right)} = \frac{3,5}{\sin\left(\frac{2\pi}{8}\right)} = \frac{3,5 \cdot 2}{\sqrt{2}} = 5,04 \text{ мм}.$$

Ответ:  $A_{\max} = 5,04$  мм.

Пример 12. Точечный источник монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм расположен на расстоянии  $a = 2$  м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметром  $D = 2$  мм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии  $b = 1$  м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстие? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

#### Решение

Предположим, что в отверстии диафрагмы укладываются первые  $m$  зон Френеля, тогда радиус отверстия  $R = D/2$  будет равен радиусу внешней границы  $m$ -й зоны. Так как падающая на препятствие волна является сферической, получаем

$$\frac{D}{2} = r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda},$$

откуда

$$m = \frac{(a+b)D^2}{4ab\lambda},$$

$$m = \frac{(2+1)(2 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 3.$$

Таким образом, в отверстии диафрагмы укладываются первые три зоны Френеля.

Поскольку число зон Френеля, укладываемых в отверстие, является нечетным, то, если в месте наблюдения поместить экран, в центре дифракционной картины получится светлое пятно.

Ответ: в отверстии диафрагмы укладываются три зоны Френеля; в центре дифракционной картины получится светлое пятно.

Пример 13. Частично линейно поляризованный свет рассматривается через николь. При повороте николя на  $60^\circ$  от положения, соответствующего максимальной яркости, яркость пучка уменьшается в два раза. Найти степень поляризации пучка  $P$  и отношение интенсивностей естественного и линейно поляризованного света ( $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  - максимальная и минимальная интенсивности света, проходящего через николь).

Дано

Решение

$$\varphi = 60^\circ,$$

$$I_1 = 2I_2$$

$$P = ?$$

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = ?$$

Частично линейно поляризованный свет представляет собой суперпозицию линейно поляризованного света и естественного (неполяризованного света).

Пусть  $I_{\Pi}$  - интенсивность поляризованного света,  $I_e$  - интенсивность естественного света.

При первом положении николя интенсивность прошедшего света равна

$$I_1 = I_{\Pi} + \frac{I_e}{2},$$

а при втором из закона Малюса

$$I_2 = I_{\Pi} \cos^2 60^\circ + \frac{I_e}{2} = \frac{I_{\Pi}}{4} + \frac{I_e}{2}$$

По условию  $I_1 = 2I_2$ :

$$I_{\Pi} + \frac{I_e}{2} = 2 \left( \frac{I_{\Pi}}{4} + \frac{I_e}{2} \right)$$

откуда  $I_{\Pi} = I_e$ .

Максимальная интенсивность  $I_{\max} = \frac{3}{2} I_{\Pi}$ .

Минимальная интенсивность будет наблюдаться при повороте поляризатора на угол  $90^\circ$  от положения, соответствующего максимуму интенсивности. Из закона Малюса получаем

$$I_2 = I_{\Pi} \cos^2 90^\circ + \frac{I_e}{2} = \frac{I_{\Pi}}{2}.$$

Используя формулу для степени поляризации, получаем  $P = \frac{1}{2}$  и отношение

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = 3.$$

Ответ:  $P = \frac{1}{2} \cdot \frac{I_{\max}}{I_{\min}} = 3.$

## Контрольные вопросы к лабораторным работам

### Лабораторная работа № 1 «Механический удар»

1. Кинематические характеристики поступательного движения: траектория, вектор перемещения  $\vec{r}$ , пройденный путь  $S$ , скорость  $\vec{V}$  и  $V_{\text{ср.}}$ , ускорение  $\vec{a}_{\text{ср}}$  и  $\vec{a}$ , виды ускорения  $\vec{a}_{\tau}, \vec{a}_n$ . Сделать рисунок.
2. Три закона Ньютона. Второй закон Ньютона в двух формулировках.
3. Импульс тела, системы тел. Закон изменения и закон сохранения импульса системы тел.
4. Механическая работа. Мощность.
5. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Закон изменения потенциальной энергии.
6. Кинетическая энергия. Закон изменения кинетической энергии.
7. Полная механическая энергия. Закон изменения полной механической энергии.
8. Закон сохранения полной механической энергии. Условия его выполнения.
9. Механический удар. Признаки удара. Прямой центральный удар. Упругий и неупругий удары. Сделать рисунки и записать законы сохранения.
10. Вывод рабочих формул для расчета скорости шарика до удара  $V_1$  и после удара -  $\langle V_2 \rangle$ , среднего значения силы удара  $\langle F \rangle$ , используемых в данной работе.

### Лабораторная работа № 2 и 3

#### «Определение момента инерции твердых тел методом трифилярного подвеса» «Изучение основного закона динамики вращательного движения твердого тела»

1. Кинематические характеристики вращательного движения: вектор элементарного углового перемещения  $d\vec{\phi}$ , угловая скорость  $\vec{\omega}$ , угловое ускорение  $\vec{\varepsilon}$ . Направление и модуль каждой из этих величин. Сделать рисунок.
2. Взаимосвязь линейных и угловых характеристик вращательного движения.
3. Указать направления вектора углового перемещения  $d\vec{\phi}$ , угловой скорости  $\vec{\omega}$  и углового ускорения  $\vec{\varepsilon}$  крестовины. Записать зависимости этих величин от времени  $\phi(t), \omega(t), \varepsilon(t)$ .
4. Момент инерции материальной точки, твердого тела относительно точки, относительно оси. Теорема Штейнера.
5. Момент силы относительно неподвижной точки, закрепленной оси. Его модуль, направление. Плечо силы.
6. Момент импульса материальной точки и абсолютно твердого тела относительно неподвижной точки, закрепленной оси. Его модуль, направление.
7. Основной закон динамики вращательного движения для абсолютно твердого тела (две формы записи и связь между ними).
8. Закон сохранения момента импульса. Условия его выполнения.
9. Какая сила создает вращательный момент крестовины и как он определяется в данной работе? Получить выражение для вращательного момента.
10. Вывод рабочих формул.

#### **Лабораторная работа № 4 «Определение модуля Юнга»**

1. Виды деформации. Основные характеристики.
2. Закон Гука.
3. Начертить диаграмму растяжения упруго-пластического материала и пояснить ее особенности.
4. Модуль Юнга и его физический смысл.
5. Устройство прибора для определения модуля Юнга.

#### **Лабораторная работа № 5**

##### **«Изучение законов идеального газа и определение показателя адиабаты»**

1. Идеальный газ. Понятия: количество вещества, молярная масса, абсолютная шкала температур, теплоемкость вещества, молярная теплоемкость, удельная теплоемкость.
2. Опытные газовые законы: Бойля - Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро, Дальтона.
3. Уравнение Менделеева — Клапейрона.
4. Внутренняя энергия идеального газа. Понятие числа степеней свободы молекулы.
5. Работа идеального газа. Вывод выражения работы идеального газа для различных изопроцессов.
6. Первое начало термодинамики.
7. Политропные процессы: изотермический, изохорический, изобарический, адиабатный (для каждого процесса записать уравнения этих процессов, первое начало термодинамики, выражения для работы и теплоемкости, нарисовать графики зависимостей  $P(V)$ ,  $P(T)$ ,  $V(T)$  )
8. Объяснить график зависимости давления газа от объема для всех процессов, протекающих в работе (рис. 2). В каких точках графика внутренняя энергия газа максимальна и минимальна?

#### **Лабораторная работа № 6**

##### **«Экспериментальные исследования электрических полей с помощью электролитической ванны»**

1. Заряд. Свойства заряда. Закон Кулона.
2. Напряженность. Силовые линии напряженности. Принцип суперпозиции. Расчет напряженности электростатического поля, создаваемого системой точечных зарядов, с помощью принципа суперпозиции.
3. Потенциал электростатического поля, разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Принцип суперпозиции. Расчет потенциала электростатического поля, создаваемого системой точечных зарядов с помощью принципа суперпозиции.
4. Связь между напряженностью и потенциалом.
5. Свойства электростатического поля.
6. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах.
7. Расчет напряженности электрического поля  $\vec{E}$  равномерно заряженных тел: бесконечной плоскости, бесконечных параллельных разнозаряженных плоскостей, сферы, шара, бесконечно длинных нити и цилиндра.
8. Электроемкость. Емкость уединенного проводника. Емкость плоского и цилиндрического конденсаторов. Соединение конденсаторов.
9. Энергия и плотность энергии электростатического поля.
10. Проводники в электростатическом поле.



**Лабораторная работа № 8**  
Изучение компенсационного метода измерения ЭДС

1. Характеристики электрического тока: плотность тока, сила тока. Единицы их измерения.
2. Условия существования стационарного электрического тока.
3. Понятие ЭДС, разности потенциалов, падения напряжения. Единицы их измерения.
4. Понятия сопротивления участка цепи, удельного сопротивления, электропроводности. Единицы измерения.
5. Закон Ома.
6. Сущность метода компенсации.
7. Правила Кирхгофа и их применение к цепям в данной работе.
8. Применяя правила Кирхгофа, получить соотношение  $\varepsilon_x = \varepsilon_l \frac{l_x}{l_l}$ .
9. Метод вилки.
10. В чем преимущество компенсационного метода определения ЭДС перед методом непосредственного измерения вольтметром?

**Лабораторная работа № 10,**  
**«Экспериментальные исследования электромагнитной индукции»**

1. Магнитное поле. Его основные характеристики.
2. Закон Био-Савара.
3. Сила Ампера. Сила Лоренца.
4. Магнитный поток, потокосцепление.
5. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Уравнение Максвелла, обобщающее закон электромагнитной индукции.
6. Явление самоиндукции. Индуктивность.
7. Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность.
8. Трансформаторы.
9. Переходные процессы в RL-цепи.
10. Энергия магнитного поля.
11. Методика эксперимента. Назначение и функциональные возможности используемой в установке аппаратуры.

**Лабораторная работа № 12**  
**«Интерференция света. Наблюдение колец Ньютона в установке с лазером».**

1. Световая волна. Ее основные характеристики. Интенсивность света. Границы оптического диапазона.
2. Явление интерференции. Условия наблюдения интерференционной картины.
3. Пространственная и временная когерентности.
4. Оптический путь, оптическая разность хода. Условия максимума и минимума интенсивности при интерференции.
5. Методы реализации интерференции от естественных источников.
6. Интерференция света в тонких пленках. Полосы равного наклона и равной толщины.
7. Наблюдение колец Ньютона в отраженном и проходящем свете.
8. Оптическая схема установки для наблюдений колец Ньютона с лазером.
9. Вывод расчетных формул для радиусов темных и светлых колец Ньютона в отраженном и проходящем свете.

### **Лабораторная работа №13** **«Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке»**

1. В чем суть явления дифракции? Виды дифракции.
2. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Дифракция Френеля. Метод зон Френеля.
4. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Распределение интенсивности на экране.
5. Дифракция Френеля на круглом диске. Распределение интенсивности на экране.
6. Дифракция Френеля на полуплоскости.
7. Дифракция Фраунгофера на щели. Распределение интенсивности на экране. Условие минимумов и максимумов.
8. Дифракция Фраунгофера на решетке. Распределение интенсивности на экране. Условие главных максимумов, главных и добавочных минимумов. Угловая дисперсия. Линейная дисперсия. Разрешающая сила.
9. Дифракционные картины, получаемые при освещении дифракционной решетки монохроматическим и белым светом.
10. Оптическая схема экспериментальной установки.

### **Лабораторная работа № 14** **«Поляризация света. Экспериментальная проверка закона Малюса»**

1. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Степень поляризации.
  2. Закон Малюса.
  3. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков.
- Закон Брюстера.
4. Двойное лучепреломление.
  5. Виды поляризаторов. Призма Николя.
  6. Искусственная оптическая анизотропия.
  7. Вращение плоскости поляризации.
  8. Схема и принцип действия экспериментальной установки.

#### **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации**

##### **11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании первого семестра**

1. Кинематика поступательного движения: система отсчета, перемещение, путь, скорость, ускорение, составляющие ускорения.
2. Кинематика вращательного движения: угловые перемещение, скорость, ускорение.
3. Законы Ньютона. Две формулировки II закона Ньютона.
4. Силы в природе (упругая сила, сила трения, сила тяжести).
5. Деформация растяжения, сжатия. Деформация сдвига.
6. Энергия, работа, мощность.
7. Кинетическая, потенциальная, полная механическая энергии тела.
8. Консервативные, диссипативные и гироскопические силы.
9. Закон сохранения импульса.
10. Уравнение движения тела переменной массы. Реактивный двигатель.
11. Закон сохранения полной механической энергии.
12. Абсолютно упругий удар.
13. Абсолютно неупругий удар.
14. Момент импульса материальной точки и абсолютно твердого тела.
15. Момент инерции материальной точки и абсолютно твердого тела.

16. Момент силы.
17. Закон сохранения момента импульса.
18. Кинетическая энергия вращающегося тела.
19. Основное уравнение динамики вращательного движения.
20. Свободные оси. Гироскоп.
21. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.
22. Центробежная сила инерции.
23. Сила Кориолиса, её проявления.
24. Законы сохранения в неинерциальных системах отсчета.
25. Элементы теории гравитационного поля, напряженность и потенциал поля тяготения.
26. Космические скорости.
27. Элементы механики жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда.
28. Уравнение неразрывности.
29. Уравнение Бернулли. Следствия из уравнения Бернулли.
30. Вязкость жидкостей. Ламинарное и турбулентное течения.
31. Методы определения вязкости.
32. Движение тел в жидкостях и газах.
33. Поверхностное натяжение.
34. Смачивание и несмачивание.
35. Давление под искривленной поверхностью жидкости.
36. Капиллярные явления.
37. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Постулаты специальной теории относительности.
38. Преобразования Лоренца.
39. Следствия из преобразований Лоренца.
40. Интервал. Вещественный и мнимый интервалы.
41. Преобразование скоростей.
42. Импульс в релятивистской механике.
43. Релятивистское выражение для энергии.
44. Второй закон Ньютона для релятивистских частиц.
45. Релятивистская масса.
46. Опытные законы идеального газа.
47. Уравнение Клапейрона - Менделеева.
48. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеальных газов.
49. Распределение Максвелла.
50. Распределение Больцмана.
51. Длина свободного пробега молекул. Опытное обоснование МКТ.
52. Число степеней свободы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
53. Внутренняя энергия системы. Теплота. Работа.
54. Первое начало термодинамики. Теплоемкость.
55. Адиабатический процесс.
56. Политропные процессы.
57. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.
58. Работа тепловой машины. Цикл Карно.
59. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
60. Внутренняя энергия реального газа.
61. Эффект Джоуля-Томсона.
62. Моно- и поликристаллы. Типы кристаллических тел. Физический признак кристаллов.
63. Дефекты в кристаллах.
64. Теплоемкость кристаллических тел.

65. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний.  
66. Плавление, кристаллизация, испарение, конденсация, сублимация.

### 11.2.2. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании второго семестра

1. Основные величины макроскопической электродинамики, описывающие электрическое поле. Единицы их измерения.
2. Обобщение закона Кулона (теорема Гаусса).
3. Потенциал электростатического поля. Дифференциальные уравнения для потенциала.
4. Электростатическое поле в проводниках.
5. Типы диэлектриков. Виды поляризации. Сегнетоэлектрики.
6. Электростатическое поле в диэлектриках.
7. Граничные условия на границе раздела двух диэлектриков.
8. Поляризованность. Теорема Гаусса для векторов  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$  и  $\vec{P}$ .
9. Емкость. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.
10. Энергия электростатического поля.
11. Постоянный ток, его характеристики. Сторонние силы.
12. Закон Ома для участка цепи. Обобщенный закон Ома.
13. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца.
14. Переходные процессы в RC-цепи.
15. Элементарная классическая теория электропроводности металлов.
16. Работа выхода электронов из металла. Контактная разность потенциалов.
17. Термоэлектрические явления.
18. Эмиссионные явления.
19. Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд.
20. Виды самостоятельных газовых разрядов.
21. Плазма.
22. Магнитное статическое поле в вакууме. Напряженность и индукция магнитного поля.
23. Магнитное поле движущегося заряда.
24. Сила Лоренца. Ускорители заряженных частиц.
25. Закон Био-Савара. Закон Ампера. Закон полного тока.
26. Движение заряженных частиц под действием электрического и магнитного полей.
27. Эффект Холла.
28. Магнитные свойства вещества. Магнитные моменты электронов и атомов.
29. Диамагнетики и парамагнетики.
30. Магнитное поле в веществе.
31. Граничные условия для составляющих векторов магнитного поля.
32. Ферромагнетики.
33. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца.
34. Вращение рамки в магнитном поле. Вихревые токи.
35. Явление самоиндукции. Индуктивность контура.
36. Взаимная индукция. Трансформаторы.
37. Энергия магнитного поля.
38. Переходные процессы в RL-цепи.
39. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
40. Переменный ток. Резистор, конденсатор, индуктивность в цепи переменного тока.
41. Резонанс напряжений. Резонанс токов.
42. Мощность в цепи переменного тока.
43. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
44. Система уравнений Максвелла.

### 11.2.3. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании третьего семестра

1. Гармонические колебания. Уравнение гармонических колебаний.
2. Механические гармонические осцилляторы.
3. Сложение гармонических однонаправленных колебаний. Биения.
4. Сложение взаимно ортогональных колебаний. Фигуры Лиссажу.
5. Собственные затухающие колебания в колебательном контуре.
6. Вынужденные колебания.
7. Амплитудно- и фазочастотные характеристики колебательного контура. Резонанс заряда и резонанс тока.
8. Волновые процессы.
9. Упругие волны. Уравнение бегущей волны.
10. Стоячие упругие волны. Колебания струны.
11. Фазовая и групповая скорости.
12. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике.
13. Волновые уравнения электромагнитного поля.
14. Плоская бегущая электромагнитная волна.
15. Стоячая электромагнитная волна.
16. Энергия электромагнитной волны.
17. Световая волна.
18. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
19. Формулы Френеля.
20. Явление полного внутреннего отражения.
21. Интерференция света.
22. Интерференция волн, создаваемых двухщелевой диафрагмой.
23. Способы практической реализации интерференции.
24. Временная когерентность.
25. Пространственная когерентность.
26. Интерференция света в тонких пленках. Полосы равного наклона.
27. Интерференция в диэлектрических слоях переменной толщины. Полосы равной толщины. Кольца Ньютона.
28. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
29. Зоны Френеля. Векторная диаграмма зон Френеля.
30. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом диске.
31. Дифракция Френеля на полуплоскости.
32. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
33. Дифракция Фраунгофера на одномерной решетке.
34. Дифракционная решетка как спектральный прибор.
35. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэгга.
36. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса.
37. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков.
38. Двойное лучепреломление.
39. Искусственная оптическая анизотропия.
40. Вращение плоскости поляризации.
41. Интерференция поляризованных лучей.
42. Дисперсия света.

43. Поглощение света.

44. Рассеяние света.

### 11.3. Типовые задания для текущего контроля

#### Контрольная работа №1 (1 час).

##### Вариант №1

1. Движение материальной точки в плоскости  $XY$  описывается законом  $x=At$ ,  $y=At(1+Bt)$ , где  $A$  и  $B$  – положительные постоянные. Определить: 1) радиус-вектор  $\mathbf{r}$  точки в зависимости от времени; 2) скорость  $\mathbf{v}$  и ускорение  $\mathbf{a}$  в зависимости от времени; 3) модули скорости и ускорения в зависимости от времени.
2. Вертикально расположенный однородный стержень массы  $M$  и длины  $L$  может вращаться вокруг своего верхнего конца. В нижний конец стержня попала, застряв, горизонтально летевшая пуля массы  $m$ , в результате чего стержень отклонился на угол  $\alpha$ . Считая  $m \ll M$ , найти скорость летевшей пули.

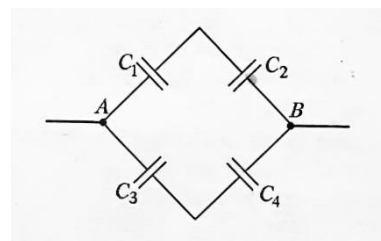
##### Вариант №2

1. Однородный шар радиусом  $r=20$  см скатывается без скольжения с вершины сферы радиусом  $R=50$  см. Определить угловую скорость шара после отрыва от поверхности сферы.
2. Моторная лодка массой  $m=400$  кг начинает двигаться по озеру. Сила тяги  $F$  мотора равна  $0,2$  кН. Считая силу сопротивления  $F_c$  пропорциональной скорости, определить скорость  $v$  лодки через  $\tau=20$  с после начала ее движения. Коэффициент сопротивления  $k=20$  кг/с.

#### Контрольная работа №2 (1 час).

##### Вариант №1

1. Эбонитовый шар ( $\epsilon = 3,0$ ) равномерно заряжен по объему. Во сколько раз энергия электрического поля вне шара превосходит энергию поля, сосредоточенную в шаре.
2. Конденсаторы емкостями  $C_1 = 0,2$  мкФ,  $C_2 = 0,6$  мкФ,  $C_3 = 0,3$  мкФ,  $C_4 = 0,5$  мкФ соединены так, как это указано на рисунке. Разность потенциалов  $U$  между точками  $A$  и  $B$  равна  $320$  В. Определить разность потенциалов  $U_i$  и заряд  $Q_i$  на пластинах каждого конденсатора ( $i = 1, 2, 3, 4$ ).



##### Вариант №2

1. Металлический шар имеет заряд  $Q_1=100$  нКл. На расстоянии, равном радиусу шара, от его поверхности находится конец нити, вытянутой вдоль силовой линии. Нить несет равномерно распределенный по длине заряд  $Q_2=10$  нКл. Длина нити равна радиусу шара. Определить силу  $F$ , действующую на нить, если радиус  $R$  шара равен  $10$  см.

2. Три батареи с ЭДС  $E_1=12$  В,  $E_2=5$  В,  $E_3=10$  В и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r$ , равными 1 Ом, соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Определить силы токов  $I$ , идущих через каждую батарею.

### Контрольная работа №3 (1 час).

#### Вариант №1

1. Найти число  $N$  полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшилась в  $n = 2$  раза. Логарифмический декремент затухания  $\theta = 0,01$ .
2. Плоская электромагнитная волна с частотой  $\nu=10$  МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью  $\sigma= 10$  мСм/м и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=9$ . Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.

#### Вариант №2

1. В трубе длиной  $l = 1,2$  м находится воздух при температуре  $T = 300$  К. Определить минимальную частоту  $\nu_{\min}$  возможных колебаний воздушного столба в двух случаях: 1) труба открыта; 2) труба закрыта.
2. Колебания точки происходят по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ . в некоторый момент времени смещение  $x$  точки равно 5 см, ее скорость  $\dot{x} = 20$  см/с и ускорение  $\ddot{x} = -80$  см/с<sup>2</sup>. Найти амплитуду  $A$ , угловую частоту  $\omega$ , период  $T$  колебаний и фазу  $(\omega t + \varphi)$  в рассматриваемый момент времени.

### Контрольная работа №4 (1 час).

#### Вариант №1

1. Точечный источник света с длиной волны  $\lambda=0,50$  мкм расположен на расстоянии  $a= 100$  см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса  $r= 1,0$  мм. Найти расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет  $k=3$ .
2. Если в опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей поместить перпендикулярно этому лучу тонкую стеклянную пластинку ( $n = 1,5$ ), то центральная светлая полоса смещается в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Длина волны  $\lambda= 0,5$  мкм. Определить толщину пластинки.

#### Вариант №2

1. На установке для наблюдения колец Ньютона был измерен в отраженном свете радиус третьего темного кольца ( $k=3$ ). Когда пространство между плоскопараллельной пластиной и линзой заполнили жидкостью, тот же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу большим. Определить показатель преломления  $n$  жидкости.
- Угол  $\alpha$  между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ ?
- Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

\_\_\_\_\_ Мякинников

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
Б1.Б12 Физика**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Сети связи и системы коммутации

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Курс 1, 2

Семестр 1, 2, 3\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): Виприцкий Д.Д., к.т.н., доцент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.