

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 09.08.2023 12:28:36  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## **ФИЗИКА**

**Направление подготовки**

04.03.01 ХИМИЯ

**Направленность (профиль)**

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 1,2 курсов

очная форма

Составители: д.х.н., профессор Орлов Ю.Д. \_\_\_\_\_

к.ф.-м.н., Медведева О.Н. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является:

Освоение базовых теоретических сведений и получение практических навыков, направленных на развитие способности решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием фундаментальных законов физики, которым подчиняются явления природы, особенности строения материи и законы ее движения.

Задачами освоения дисциплины являются:

- рассмотрение базовых понятий из разделов курса общей физики;
- формировании научного мировоззрения, понимания взаимосвязи процессов, происходящих с живой и неживой материей в природе;
- формирование целостного системного представления о строении мироздания, развитие логического мышления и научного подхода при решении конкретных задач профессиональной деятельности.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины» учебного плана (Б1.О.05).

Дисциплина «Физика» занимает важное место в процессе подготовки, является мировоззренческой и призвана сформировать представление о единой картине мира, ее значении в различных областях человеческой деятельности, а также о существующих научных методах ее описания.

#### **Предварительные знания и навыки:**

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и навыки, полученные в ходе школьного образования.

#### **Дальнейшее использование:**

Полученные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки используются в научно-исследовательской работе, учебной и производственной практике.

### **3. Объем дисциплины: 18 зачетных единиц, 648 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции - 106 часов, лабораторные работы - 106 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы 160 часов, курсовая работа не предусмотрена учебным планом;

**самостоятельная работа: 276 часов, в том числе контроль 81 час.**

### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Семестр
<i>Указывается код и наименование компетенции</i>	<i>Приводятся индикаторы достижения компетенции в соответствии с учебным планом</i>	
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.	2
ОПК-4 Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	ОПК-4.1 Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	3
ОПК-4 Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	ОПК-4.3 Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	4

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:**  
экзамен во 2-м, 3-м и 4-м семестрах.

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

## 1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль сам. работы	
<b>1. Физические основы механики</b>					
Введение. Материя и движение. Модели. Связь физики с другими естественными науками.		2	36	4	8
Механика. Кинематика.		4		6	8
Динамика материальной точки и системы точек. Основные понятия динамики (масса, инерция, сила). Основные законы динамики (законы Ньютона). Закон сохранения импульса.		2		4	8
Принцип относительности Галилея. Виды сил.		2		4	8
Работа в механике. Мощность. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии.		4		4	8
Момент силы. Момент инерции. Закон динамики вращательного движения. Моменты инерции некоторых тел. Теорема Штейнера.		2		4	8
Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Работа при вращательном движении. Кинетическая энергия вращения.		2		6	8
<b>2. Физика колебаний и волн</b>					
Гармонические колебания. Колебательные системы: пружинный маятник, физический маятник, математический маятник. Сложение колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.		3	0	4	8

Упругие волны. Уравнение плоской волны. Длина волны, волновой вектор, фазовая скорость. Дифференциальное уравнение волны. Стоячие волны. Скорость и энергия упругой волны. Звук. Скорость звука в газах. Эффект Доплера для звуковых волн.		3		4	8
<b>3. Молекулярная физика и термодинамика</b>					
Предмет молекулярной физики. Статистический и термодинамический методы исследований. Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) идеального газа. Уравнение состояния. Законы Авогадро, Дальтона, Паскаля. Основное уравнение МКТ.		4		4	8
Теорема о распределении энергии по степеням свободы. Вероятность. Законы сложения и умножения вероятностей. Закон распределения по скоростям Максвелла. Газ в поле тяготения. Барометрическая формула.		2		4	8
Предмет и задачи термодинамики. Понятие температуры в термодинамике. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Теплоемкость. Работа идеального газа в изопроцессах. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.		3		4	8
Круговой процесс (цикл). Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно. Энтропия. Изменение энтропии при изопроцессах. Энтальпия. Третье начало термодинамики. Теория тепловой смерти Вселенной. Энтропия и информация.		3	0	4	8
<b>ИТОГО во 2-м семестре</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	<b>56</b>	<b>104</b>
<b>4. Электричество и магнетизм</b>					
Электростатика. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электрических полей.		4	34	4	8

Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Работа в электростатическом поле. Потенциал. Связь между напряженностью и потенциалом.		4		6	10
Диэлектрики и проводники в электростатическом поле. Емкость уединенного проводника. Диэлектрическая восприимчивость. Диэлектрическая проницаемость. Конденсаторы.		4		6	10
Постоянный электрический ток. Законы Ома для участка и полной цепи. Электрическое сопротивление проводников. Сверхпроводящее состояние. Работа и мощность электрического тока. Правила Кирхгофа для расчета электрических цепей.		6		6	10
Электрический ток в электролитах. Электролиз.		2		4	8
Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный газы. Плазма и ее основные виды.		2		4	8
Магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Лоренца. Сила Ампера. Контур с током в магнитном поле.		4		6	10
Магнитное поле в веществе. Напряженность магнитного поля. Виды магнетиков.		4		6	10
Электромагнитная индукция. Электродвижущая сила индукции. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля.		4		8	10
<b>ИТОГО в 3-м семестре</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>84</b>
<b>5. Оптика</b> Основные этапы развития оптики. Методы генерирования и регистрации электромагнитных волн. Система уравнений Максвелла. Выводы из системы Максвелла. Уравнение световой волны. Энергия световой волны.		2	36	4	8

Интерференция света. Сложение колебаний. Способы получения когерентных пучков в оптике. Интерференция в тонких пленках и пластинках. Кольца Ньютона. Понятие об интерферометрах. Области применения интерференции.		4		6	8
Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонная пластинка. Простейшие примеры наблюдения дифракции Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэгга. Понятие о рентгено-структурном анализе.		4		6	8
Поляризация света. Поляризация света при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера. Прохождение света через анизотропную среду.		4		6	8
Понятие о рассеянии света. Молекулярное рассеяние света в газах. Формула Рэлея. Понятие о комбинационном рассеянии света. Нормальная и аномальная дисперсия света. Поглощение света. Закон Бугера. Вывод формулы Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения.		2		4	8
Тепловое излучение. Понятие об АЧТ. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Закон Рэлея-Джинса. Формула Планка.		4		4	8
Понятие о фотоэффекте. Внешний фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Комптоновское рассеяние света. Давление света. Опыты П.Н. Лебедева.		4		4	8
<b>6. Атомная и ядерная физика</b> Теория водородоподобных атомов. Ядерная модель атома Резерфорда. Трудности классического объяснения ядерной модели Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода.		2	0	4	8

Постулаты Бора. Квантование энергии. Физический смысл постоянной Ридберга. Сериальные формулы. Опыт Франка и Герца. Опыт Штерна и Герлаха. Опыт Штерна и Герлаха. Недостаточность теории Бора.		4		4	8
Основные свойства и строение атомных ядер. Заряд, масса, состав ядра Энергия связи. Дефект массы. Размеры ядер. Капельная модель ядра. Радиоактивность. Основной закон радиоактивных превращений. Деление ядер. Цепные реакции.		4		6	8
Элементарные частицы. Основные характеристики элементарных частиц. Методы получения и регистрации элементарных частиц. Типы взаимодействия элементарных частиц. Понятие о кварках.		2		6	8
<b>ИТОГО в 4-м семестре</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>88</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>648</b>	<b>106</b>	<b>106</b>	<b>160</b>	<b>276</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Физические основы механики	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция,</li> <li>лабораторная работа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений, выполнение лабораторных работ),</li> <li>цифровые (показ презентаций)</li> </ul>
2. Физика колебаний и волн	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>цифровые (показ презентаций)</li> </ul>
3. Молекулярная физика и термодинамика		
4. Электричество и магнетизм	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция,</li> <li>лабораторная работа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений, выполнение лабораторных работ),</li> <li>цифровые (показ презентаций)</li> </ul>
5. Оптика		
6. Атомная и ядерная физика	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>цифровые (показ презентаций)</li> </ul>

### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

#### 2-й семестр



№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
1	ОПК-2.4	<p><b>Лабораторная работа</b> Выполнить задания в соответствии с описанием. Защитить результаты.</p> <p>Лабораторная работа выполняется группой в два человека. Каждый должен оформить и защитить результаты работы самостоятельно.</p> <p>Темы лабораторных работ приведены в разделе VI.</p>	<p><b>вид:</b> лабораторная работа, групповое задание</p> <p><b>способ:</b> на реальных установках в учебных лабораториях «механики»</p> <p><b>результаты:</b> документы, оформленные в бумажном или цифровом виде в соответствии с описанием, загружаются в LMS университета</p>	<p>Семь лабораторных: в I модуле 3 по 4 б., во II модуле 4 по 4 б.</p> <p><b>Максимум – 28 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ответ на контрольный вопрос по схеме установки – 1 б.,</li> <li>• выполнение задания в соответствии с описанием – 1 б.,</li> <li>• ответы на вопросы по теоретической части работы – 1 б.,</li> <li>• решение практической задачи – 1 б.</li> <li>• сдача задания позже установленного срока: минус 50% от итоговой оценки.</li> </ul>
2	ОПК-4.3	<p><b>Модульная работа 1</b> Состоит из 20 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул, и практического задания.</p> <p>Примеры вопросов приведены в разделе VI.</p>		<p>Каждый ответ оценивается в 0,25 б. Задание оценивается в 5 б.</p> <p><b>Максимум – 10 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К заданию приведен список требований. Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.</p>
3	ОПК-4.3	<p><b>Модульная работа 2</b> Состоит из 20 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул, и 2-х практических заданий.</p> <p>Примеры вопросов и заданий приведены в разделе VI.</p>		<p>Каждый ответ оценивается в 0,25 б. 1-ое задание – 2 б., 2-ое задание – 5 б.</p> <p><b>Максимум – 12 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К каждому заданию приведен список требований. Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.</p>

4	ОПК-4.1	Найти, проанализировать, обобщить и сделать доклад с презентацией по одной из тем (список см. в разделе VI).  Презентация и доклад готовятся группой в два человека. Каждый должен выступить со своей частью доклада.	<b>вид:</b> творческое, групповое задание <b>способ:</b> устно / на компьютере <b>результаты:</b> доклад, презентация	Доклад – 5 б., презентация – 5 б.  <b>Максимум – 10 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> Презентация оценивается преподавателем, доклад оценивают все сидящие в аудитории с помощью <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> Общая оценка складывается. Подробные критерии и процедуру оценки см. в разделе VI.
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
5	ОПК-2.4 ОПК-4.1 ОПК-4.3	Список вопросов и практических задач см. в разделе VI.	<b>вид:</b> индивидуальное задание <b>способ:</b> письменно / устно	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи.  Каждый вопрос и каждая задача оцениваются в 10 б.  <b>Максимум – 40 б.</b>

### 3-й семестр

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
1	ОПК-2.4	<b>Лабораторная работа</b> Выполнить задания в соответствии с описанием.  Лабораторная работа выполняется группой в два человека. Каждый должен оформить и защитить результаты работы самостоятельно.  Темы лабораторных работ приведены в разделе VI.	<b>вид:</b> лабораторная работа, групповое задание <b>способ:</b> на реальных установках в учебных лабораториях «электричества и магнетизма» <b>результаты:</b> документы, оформленные в бумажном или цифровом виде в соответствии с описанием, загружаются в LMS университета	Семь лабораторных: в I модуле 3 по 4 б., во II модуле 4 по 4 б.  <b>Максимум – 28 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ответ на контрольный вопрос по схеме установки – 1 б.,</li> <li>• выполнение задания в соответствии с описанием – 1 б.,</li> <li>• ответы на вопросы по теоретической части работы – 1 б.,</li> <li>• решение практической задачи – 1 б.</li> <li>• сдача задания позже установленного срока: минус 50% от итоговой оценки.</li> </ul>
2	ОПК-4.3	<b>Модульная работа 1</b>		Каждый ответ оценивается в 0,25 б. Задание оценивается в 5 б.

		Состоит из 20 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул, и практического задания.  Примеры вопросов приведены в разделе VI.		<b>Максимум – 10 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К заданию приведен список требований. Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.
3	ОПК-4.3	<b>Модульная работа 2</b> Состоит из 20 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул, и 2-х практических заданий.  Примеры вопросов и заданий приведены в разделе VI.		Каждый ответ оценивается в 0,25 б. 1-ое задание – 2 б., 2-ое задание – 5 б.  <b>Максимум – 12 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К каждому заданию приведен список требований. Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.
4	ОПК-4.1	Найти, проанализировать, обобщить и сделать доклад с презентацией по одной из тем (список см. в разделе VI).  Презентация и доклад готовятся группой в два человека. Каждый должен выступить со своей частью доклада.	<b>вид:</b> творческое, групповое задание <b>способ:</b> устно / на компьютере <b>результаты:</b> доклад, презентация	Доклад – 5 б., презентация – 5 б.  <b>Максимум – 10 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> Презентация оценивается преподавателем, доклад оценивают все сидящие в аудитории с помощью <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> Общая оценка складывается. Подробные критерии и процедуру оценки см. в разделе VI.
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
5	ОПК-2.4 ОПК-4.1 ОПК-4.3	Список вопросов и практических задач см. в разделе VI.	<b>вид:</b> индивидуальное задание <b>способ:</b> письменно / устно	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи.  Каждый вопрос и каждая задача оцениваются в 10 б.  <b>Максимум – 40 б.</b>

#### 4-й семестр

№	Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Вид/способ	Критерии оценивания
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
1	ОПК-2.4	<p><b>Лабораторная работа</b> Выполнить задания в соответствии с описанием.</p> <p>Лабораторная работа выполняется группой в два человека. Каждый должен оформить и защитить результаты работы самостоятельно.</p> <p>Темы лабораторных работ приведены в разделе VI.</p>	<p><b>вид:</b> лабораторная работа, групповое задание</p> <p><b>способ:</b> на реальных установках в учебных лабораториях «оптики»</p> <p><b>результаты:</b> документы, оформленные в бумажном или цифровом виде в соответствии с описанием, загружаются в LMS университета</p>	<p>Семь лабораторных: в I модуле 3 по 4 б., во II модуле 4 по 4 б.</p> <p><b>Максимум – 28 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ответ на контрольный вопрос по схеме установки – 1 б.,</li> <li>• выполнение задания в соответствии с описанием – 1 б.,</li> <li>• ответы на вопросы по теоретической части работы – 1 б.,</li> <li>• решение практической задачи – 1 б.</li> <li>• сдача задания позже установленного срока: минус 50% от итоговой оценки.</li> </ul>
2	ОПК-4.3	<p><b>Модульная работа 1</b> Состоит из 28 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул.</p> <p>Примеры вопросов приведены в разделе VI.</p>		<p>Каждый ответ оценивается в 0,25 б. 1-ое задание – 2 б., 2-ое задание – 3 б.</p> <p><b>Максимум – 10 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К заданию приведен список требований. Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.</p>
3	ОПК-4.3	<p><b>Модульная работа 2</b> Состоит из 20 вопросов, проверяющих остаточные знания основных понятий, определений, формул, и 2-х практических заданий.</p> <p>Примеры вопросов и заданий приведены в разделе VI.</p>		<p>Каждый ответ оценивается в 0,25 б. Каждое задание оценивается в 5 б.</p> <p><b>Максимум – 12 б.</b></p> <p><b>Критерии оценки:</b> Полный ответ на вопрос – 0,25 б., частичный ответ – 0,15 б., нет ответа – 0 б. К каждому заданию приведен список требований.</p>

				Баллы выставляются прямо пропорционально кол-ву выполненных требований.
4	ОПК-4.1	Найти, проанализировать, обобщить и сделать доклад с презентацией по одной из тем (список см. в разделе VI).  Презентация и доклад готовятся группой в два человека. Каждый должен выступить со своей частью доклада.	<b>вид:</b> творческое, групповое задание <b>способ:</b> устно / на компьютере <b>результаты:</b> доклад, презентация	Доклад – 5 б., презентация – 5 б.  <b>Максимум – 10 б.</b>  <b>Критерии оценки:</b> Презентация оценивается преподавателем, доклад оценивают все сидящие в аудитории с помощью <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> Общая оценка складывается. Подробные критерии и процедуру оценки см. в разделе VI.
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
5	ОПК-2.4 ОПК-4.1 ОПК-4.3	Список вопросов и практических задач см. в разделе VI.	<b>вид:</b> индивидуальное задание <b>способ:</b> письменно / устно	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи.  Каждый вопрос и каждая задача оцениваются в 10 б.  <b>Максимум – 40 б.</b>

### Шкала оценивания выполнения индикаторов

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, либо промежуточной аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор. Типовые оценочные материалы с привязкой к индикатору приведены в таблице выше.

#### 2-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-2.4	20	28	40	100
2	ОПК-4.3	15	22		
3	ОПК-4.1	5	10		

#### 3-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-2.4	20	28	40	100

2	ОПК-4.3	15	22		
3	ОПК-4.1	5	10		

#### 4-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-2.4	20	28	40	100
2	ОПК-4.3	15	22		
3	ОПК-4.1	5	10		

#### V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### 1) Рекомендуемая литература

##### а) Основная литература:

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / И. В. Савельев. - 19-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019 – Том 1 : Механика. Молекулярная физика - 2020. - 436 с. - ISBN 978-5-8114-5539-3. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/142380>
2. Савельев, И.В. Курс общей физики: учебник: в 3-х томах / И.В. Савельев. - 15-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Том 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика - 2019. - 500 с. - ISBN 978-5-8114-3989-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/113945>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики: учебник в 3-х томах / И.В. Савельев. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Том 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц - 2019. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-4598-1. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/123463>
4. Браже, Р. А. Вопросы и упражнения на понимание физики : учебное пособие / Р. А. Браже. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 72 с. - ISBN 978-5-8114-2498-6. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/169103>
5. Бухман, Н.С. Упражнения по физике: учебное пособие / Н.С. Бухман. - 2-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 96 с. - ISBN 978-5-8114-0823-8. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/167675>

##### б) Дополнительная литература:

1. Аксенова, Е.Н. Общая физика. Механика (главы курса): учебное пособие / Е.Н. Аксенова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 128 с.

- ISBN 978-5-8114-2927-1. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/169074>
2. Аксенова, Е.Н. Общая физика. Колебания и волны (главы курса): учебное пособие / Е.Н. Аксенова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 72 с. - ISBN 978-5-8114-2910-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/169073>
  3. Аксенова, Е.Н. Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса): учебное пособие / Е.Н. Аксенова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 72 с. - ISBN 978-5-8114-2912-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/169076>
  4. Аксенова, Е.Н. Общая физика. Электричество и магнетизм (главы курса): учебное пособие / Е.Н. Аксенова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 112 с. - ISBN 978-5-8114-2909-7. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/169077>
  5. Аксенова, Е.Н. Общая физика. Оптика (главы курса): учебное пособие / Е.Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 76 с. - ISBN 978-5-8114-2911-0. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : <https://e.lanbook.com/book/169075>
  6. Ивлиев, А.Д. Физика: учебное пособие / А.Д. Ивлиев. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-0760-6. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/167746>
- 2) Программное обеспечение
- а) Лицензионное программное обеспечение:
    - Microsoft Office профессиональный плюс 2013
    - Microsoft Windows 10 Enterprise
  - б) Свободно распространяемое программное обеспечение
    - Google Chrome
    - ISIS Draw 2.4 Standalone
- 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
  - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
  - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>
- 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
- Электронная образовательная среда ТвГУ <http://lms.tversu.ru>
  - Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### **1. Структура рейтинговых баллов**

#### **2-й семестр**

Название работы	Вид работы	Кол-во баллов
<b>ТЕКУЩАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		
<b>Первый модуль</b>		
Лабораторная работа №1. Измерение линейных размеров и плотности твердых тел правильной формы.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Механика»	4
Лабораторная работа №2. Определение ускорения силы тяжести методом обратного маятника.		4
Лабораторная работа №3. 1. Определение коэффициентов сил трения скольжения и покоя. 2. Определение коэффициентов сил трения качения.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.		4
Модульная работа 1.	Рейтинговый контроль	10
<b>ИТОГО за первый модуль</b>		<b>22</b>
<b>Второй модуль</b>		
Лабораторная работа №4. Изучение законов движения тел в поле силы тяжести на машине Атвуда.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Механика»	4
Лабораторная работа №5. Определение скорости пули методом баллистического маятника.		4
Лабораторная работа №6. Определение модуля Юнга по изгибу стержня.		4
Лабораторная работа №7. Изучение основного закона динамики вращательного движения твердого тела.		4
Модульная работа 2.	Рейтинговый контроль	12
<b>ИТОГО за второй модуль</b>		<b>28</b>
<b>ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		



Экзамен	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи	40
---------	---	----

### 3-й семестр

Название работы	Вид работы	Кол-во баллов
<b>ТЕКУЩАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		
<b>Первый модуль</b>		
Лабораторная работа №1. Изучение электростатических полей.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Механика»	4
Лабораторная работа №2. 1. Изучение работы полупроводникового диода. 2. Исследование температурной зависимости металлов и полупроводников.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.		4
Лабораторная работа №3. 1. Измерение емкости конденсатора баллистическим методом. 2. Измерение сопротивления при помощи мостика Уитстона.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.		4
Модульная работа 1.	Рейтинговый контроль	10
<b>ИТОГО за первый модуль</b>		<b>22</b>
<b>Второй модуль</b>		
Лабораторная работа №4. 1. Изучение электронного осциллографа. 2. Изучение затухающих электромагнитных колебаний.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Электричество и магнетизм»	4
Лабораторная работа №5.		4

Изучение законов Ома и Кирхгофа для цепей постоянного тока.		
Лабораторная работа №6. 1. Исследование характеристик источника ЭДС. 2. Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.		4
Лабораторная работа №7. 1. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона. 2. Резонанс напряжений.  Необходимо выполнить одну работу из приведенного перечня.		4
Модульная работа 2.	Рейтинговый контроль	12
<b>ИТОГО за второй модуль</b>		<b>28</b>
<b>ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		
Экзамен	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи	40

#### 4-й семестр

Название работы	Вид работы	Кол-во баллов
<b>ТЕКУЩАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		
<b>Первый модуль</b>		
Лабораторная работа №1. Определение фокусных расстояний линз.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Оптика»	4
Лабораторная работа №2. Определение увеличения оптической трубы и микроскопа.		4
Лабораторная работа №3. Определение показателя преломления жидкости и твердых тел.		4

Модульная работа 1.	Рейтинговый контроль	10
<b>ИТОГО за первый модуль</b>		<b>22</b>
<b>Второй модуль</b>		
Лабораторная работа №4. Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля.	Лабораторная работа в учебной лаборатории «Механика»	4
Лабораторная работа №5. Изучение явления интерференции света. Кольца Ньютона.		4
Лабораторная работа №6. Дифракция Фраунгофера на прямоугольной щели и дифракционной решетке.		4
Лабораторная работа №7. Естественный и поляризованный свет.		4
Модульная работа 2.	Рейтинговый контроль	12
<b>ИТОГО за второй модуль</b>		<b>28</b>
<b>ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>		
Экзамен	2 вопроса по материалам дисциплины за семестр и 2 практические задачи	40

## **2. Задания и контроль самостоятельной работы**

Расчеты, графики и контрольные вопросы из лабораторных работ, не выполненные в учебных лабораториях, остаются в качестве домашнего задания. Срок выполнения – две недели, после чего максимальное количество баллов за соответствующее задание снижается в два раза.

## **3. Тематическое наполнение дисциплины (для дополнительного самостоятельного изучения)**

Студентам предлагаются вопросы для самостоятельного изучения по темам, не освещавшимся на лекциях.

1. Применение эффекта Доплера для определения скорости движения биологических структур (крови, клапанов сердца).
2. Устройство двигателей внутреннего сгорания.
3. Ионизация воздуха.
4. Магнитное поле Земли.
5. Влияние электрического поля на живые организмы.
6. Явление высокотемпературной сверхпроводимости.

7. Строение глаза, физические основы получения изображения.
8. Физическая природа полярных сияний.
9. Оптические свойства кристаллов.

#### 4. Примеры лабораторных работ и модульных контрольных

##### 4.1 Пример лабораторной работы 2-го семестра

Цель работы: рассчитать ускорение силы тяжести по результатам измерений приведенной длины физического маятника.

Приборы и принадлежности: оборотный маятник, маятник, прибор ФПМ.

##### Теоретическая часть

Ускорение силы тяжести  $g$  является непосредственным объектом измерения в гравитационной разведке при проведении геологических изысканий с целью обнаружения внутри земной коры скоплений полезных ископаемых. Поле силы тяжести зависит от широты местности и высоты над уровнем моря, а также зависит от неоднородностей земных масс, слагающих данный участок земной коры.

Непосредственное точное определение  $g$  на опыте представляет большое затруднение. Но эту величину можно весьма точно измерить, пользуясь законом качания маятника, согласно которому период колебания  $T$  простого (математического) маятника при малых колебаниях, определяется отношением длины маятника к величине ускорения  $g$ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Измеряя время большого числа колебаний, можно с большой степенью точности рассчитать величину ускорения силы тяжести.

В данной работе ускорение силы тяжести рассчитывается из периода колебаний физического маятника.

Под физическим маятником понимается абсолютно твердое тело, совершающее колебания под действием силы тяжести вокруг горизонтальной оси, которая не проходит через его центр тяжести. На рис.1 изображено сечение физического маятника плоскостью, перпендикулярной к его оси вращения  $O$  и проходящей через его центр тяжести  $C$ .

Пусть маятник отклонен от положения равновесия на небольшой угол  $\alpha$ . Составляющая  $F_1$ , перпендикулярная к оси  $OC$ , стремится возвратить маятник в положение равновесия. При малых углах отклонения маятника момент силы тяжести относительно оси вращения  $O$  равен:

$$M = -mgLy \quad (2)$$

Знак минус в правой части показывает, что сила тяжести всегда препятствует отклонению маятника из положения равновесия, т.е.  $M$  – это возвращающий момент. Согласно основному закону динамики твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси:

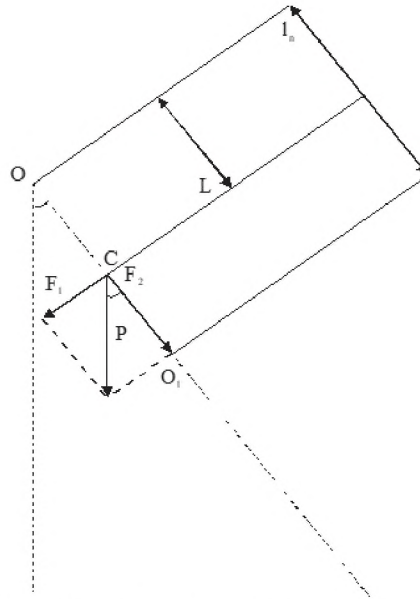


Рис. 1. Физический маятник.

$$-mgL\alpha = I \frac{d^2\alpha}{dt^2} \quad (3)$$

где  $I$  – момент инерции маятника относительно оси  $O$ .

Уравнение (3) можно записать в форме уравнения гармонического колебательного движения

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{mgL}{I}\alpha \quad (4)$$

с циклической частотой:

$$\omega = \sqrt{\frac{mL}{I}g} \quad (5)$$

Период колебания физического маятника  $T$  выражается формулой:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mLg}} \quad (6)$$

Величина  $l_n$  называется *приведенной длиной физического маятника* – длина такого математического маятника, который колеблется синхронно с физическим, т.е. имеет равный с ним период колебаний:

$$l_n = \frac{I}{mL}$$

Период колебаний физического маятника можно записать:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_n}{g}} \quad (7)$$

Если определить приведенную длину физического маятника, то можно

рассчитать ускорение силы тяжести. В работе используется два способа определения приведенной длины физического маятника.

**1-ый способ** – определение ускорения силы тяжести методом оборотного маятника.

Введем понятие «центр качания». По теореме Штейнера:

$$I = I_c + mL^2 \quad (8)$$

где  $I_c$  – момент инерции маятника относительно оси, проходящей через центр тяжести  $C$  и параллельно оси качения  $O$ .

Из определения  $l_n$  и теоремы Штейнера следует:

$$l_n = \frac{I_c + mL^2}{mL} = L + \frac{I_c}{mL} \quad (9)$$

Величины  $I_c$ ,  $m$ ,  $L$  всегда положительны, поэтому  $l_n \gg L$ . Точку  $O_1$ , лежащую на продолжении прямой  $OC$  на расстоянии  $l_n$  от оси вращения  $O$ , называют *центром качания* маятника. Период колебания любого физического маятника остается неизменным, когда ось вращения переносится в центр качания.

Допустим, что мы опытным путем нашли два таких положения точек подвеса  $O$  и  $O_1$ , что период колебаний  $T$  около каждой из них остается один и тот же. Тогда на основании формул (7) и (8) можем записать:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_c + mL_1^2}{mL_1g}} \quad \text{и} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{I_c + mL_2^2}{mL_2g}}$$

где  $L_1$  и  $L_2$  – расстояние от центра тяжести до точек подвеса в первом и во втором случаях.

Из этих формул, исключая  $I_c$  и  $m$ , имеем:

$$\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 g(L_1 - L_2) = L_1^2 - L_2^2 \quad (10)$$

Если  $L_1 \neq L_2$ , т.е. если оси расположены на различных расстояниях от центра тяжести, то можно сократить на  $|L_1 - L_2|$  и выразить  $g$ :

$$g = \frac{4\pi^2(L_1 + L_2)}{T^2} \quad (11)$$

Величина  $|L_1 + L_2|$ , равная расстоянию между осями качаний маятника с одинаковыми периодами, представляет собой не что иное, как приведенную длину  $l_n$  данного маятника.

*Оборотным маятником* называется физический маятник, у которого можно изменять положение точек подвеса. Он состоит из металлического стержня длиной около 1 м, на котором нанесены миллиметровые или сантиметровые деления. Передвижные грузы  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и опорные призмы  $O_1$ ,  $O_2$  можно закреплять в любом месте стержня. Различные комбинации грузов и их положения на стержне дают различные виды оборотных маятников (рис. 2).

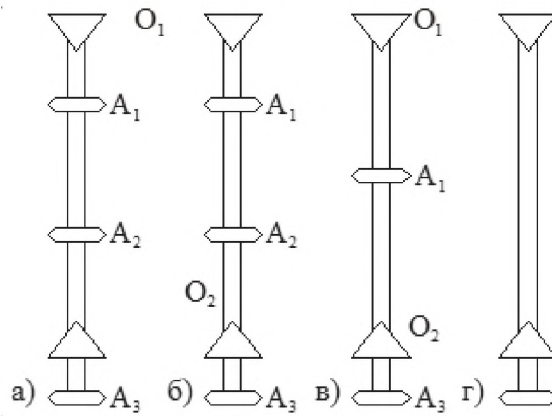


Рис. 2. Виды оборотных маятников

Применение оборотного маятника для определения ускорения силы тяжести  $g$  основано на свойстве сопряженности центра качания и точки подвеса. Это свойство заключается в том, что во всяком физическом маятнике, а следовательно, и в оборотном всегда можно найти две точки  $O_1$  и  $O_2$ , что при последовательном подвешивании маятника за ту или другую из них период колебаний остается одним и тем же. Расстояние между этими точками представляет собой приведенную длину  $l_n$  данного маятника.

Таким образом, при определении  $g$  оборотного маятника главная задача состоит в нахождении опытным путем на маятнике таких двух ассиметричных центров тяжести положений осей качания, при колебаниях около которых период колебаний  $T$  оставался бы одним и тем же. Расстояние между точками подвеса и будет приведенной длиной маятника.

#### Порядок выполнения работы

1. Закрепляют опорные призмы  $O_1$  и  $O_2$ , как на рис. 2 в.
2. Устанавливают оборотный маятник на опору.
3. Отклоняют его на малый угол ( $10^0 \dots 15^0$ ).
4. Нажимают на кнопку «сброс», а затем отпускают маятник.
5. Когда число периодов на индикаторе будет равняться 9, нажимают на кнопку «стоп». По окончании десятого колебания счет времени останавливается.
6. Вычисляют период полного колебания  $T=t/N$ , где  $t$  – время на индикаторе,  $N$  – число полных колебаний (в данном случае  $N=10$ ).
7. Затем устанавливают оборотный маятник на опору другой призмой. Аналогично находят  $T$  колебаний на другой призме.
8. Сравнивают периоды колебаний на первой и второй призмах.  
 $|T_1 - T_2| = \Delta T$ .
9. Чтобы считать маятник оборотным, необходимо чтобы  $T_1 = T_2$ . На практике это соотношение нужно выполнить с некоторой заданной точностью, в данном случае  $T_1 - T_2 \leq 0,003$  с. Перемещениями опорной призмы добиться выполнения этого условия.
10. После нахождения нужного положения опорных призм, проводят пять измерений периода на любой из призм и среднее значение

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 T_i$$

11. Расстояние  $|L_1 + L_2| = L_n$  между остриями опорных призм определяют по линейке, находящейся на стойке прибора. Учитывая, что «верхняя» призма находится напротив нулевого уровня линейки, просто «опускают» перпендикуляр от нижней призмы и смотрят расстояние между призмами ( $L_n$ ).
12. Рассчитать ускорение силы тяжести по формуле:

$$g = \frac{4\pi^2 L_n}{T^2} \quad (12)$$

13. Оценить погрешность измерения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta L_n}{L_n} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

14. Сравнить со значением  $g$  для города Твери  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

№	$t, \text{ с}$	$N$	$T, \text{ с}$	$L_n, \text{ м}$	$\Delta L_n, \text{ м}$	$\Delta T, \text{ с}$	$g, \text{ м/с}^2$	$\frac{\Delta g}{g}, \%$	$\Delta g, \text{ м/с}^2$
1		10			0,003	0,001			
2									
3									
4									
5									

**2-ый способ** – определение ускорения силы тяжести по кривой зависимости периода колебания от положения точки подвеса 2 стержня.

Маятник представляет собой металлический однородный стержень длиной более метра, диаметром 14 мм. На стержне имеется шкала и передвижная опорная призма.

В выражении для периода колебания физического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_c + mL^2}{mLg}}$$

Величину  $I_c$  можно выразить через, так называемый, радиус инерции:

$$I_c = ma_0^2$$

Радиус инерции  $a_0$  показывает, на каком расстоянии от оси вращения должна была бы находиться материальная точка, обладающая той же массой и тем же моментом инерции относительно рассматриваемой оси, что и данное тело.

Тогда период можно найти по формуле:



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a_0^2 + L^2}{gL}}$$

Из этого уравнения видно, что период колебаний физического маятника равен бесконечности в двух случаях: при  $L=0$  и при  $L=\infty$ .

График зависимости  $T=\varphi(L)$  между его предельными значениями состоит из двух ветвей: падающей и нарастающей.

Каждой стороне от точки центра тяжести стержня соответствует свой график, двум сторонам – два графика симметричных относительно середины стержня (рис. 3).

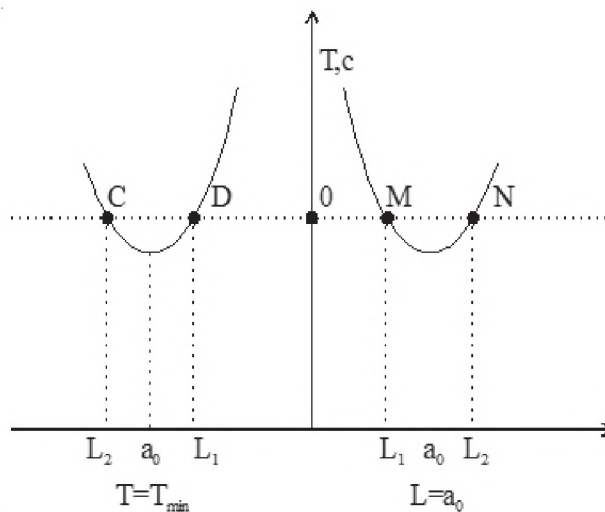


Рис.3. График зависимости  $T=\varphi(L)$ .

Наименьшее значение величины периода колебаний получается при  $L = a_0$ .

В этом можно убедиться, если определить минимальное значение функции  $l_n=(a_0^2+L^2)/L$ , являющейся приведенной длиной маятника.

Для однородного маятника:

$$I_0 = ma_0^2 = \frac{1}{12}mx^2$$

$m$  – масса стержня,  $x$  – его длина,  $a_0$  – радиус инерции.

Пользуясь этим находим, что точки с минимальным периодом колебаний находятся от центра стержня на расстоянии  $a_0 = 0,29x$ . Равные периоды колебаний имеют при двух значениях  $L$ :  $L_1 < a_0$  (на падающей ветви – точки M, D),  $L_2 > a_0$  (на нарастающей ветви – C, N).

Для этих точек:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a_0^2 + L_1^2}{L_1 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{a_0^2 + L_2^2}{L_2 g}}$$

Что приводит к равенству  $L_1 L_2 = a_0^2$ .

Пользуясь этим, получаем выражение для приведенной длины маятника:

$$l_n \frac{a_0^2 + L_1^2}{L_1} = L_1 + L_2$$

В маятнике может быть найдено большое число пар точек (асимметричных относительно центра тяжести маятника), периоды колебаний вокруг которых равны между собой.

На рис.3 такими точками (с периодами колебаний  $T$ ) являются точки С, D, М, N. Приведенной длиной маятника при этом периоде колебаний является длина отрезков CM или DN. Любая другая прямая, параллельная оси абсцисс, дает такие две пары точек пересечения с двумя кривыми. Каждой прямой будет соответствовать другое значение величины периода колебаний и другая величина приведенной длины маятника.

Следовательно, по графику можно определить период колебаний  $T$  и приведенную длину маятника  $l_n$ , а по формуле определить ускорение силы тяжести:

$$g = \frac{4\pi^2 l_n}{T^2} \quad (13)$$

#### Порядок выполнения работы

1. Опорную призму укрепить на расстоянии  $L = 3$  см. от центра тяжести стержня. Провести измерение периода 10 колебаний полученного маятника.
2. Провести измерения периодов  $T_i$  колебаний маятника при  $L=3, 5, 7 \dots 23$  см ( $T_3 \dots T_{23}$ ). Записать полученные данные в таблицу.
3. По результатам измерений построить график, откладывая по оси абсцисс расстояние в см., на котором находится на конце стержня грань опорной призмы, по оси ординат – значение периода  $T$ . Для определения величины приведенной длины маятника нет необходимости перевертывать маятник, измерять периоды вновь и строить второй график. На уже построенном графике отмечают середину стержня (длина его должна быть измерена масштабной линейкой) и через эту отметку проводят прямую, параллельную оси ординат (оси периодов). Из соображений симметрии следует, что приведенная длина маятника для любого периода колебаний является суммой расстояния от проведенной прямой до двух точек, лежащих на кривой  $l_n = OM+ON=OD+OC$ .

$L$ , см	$T$ , сек
3	
5	
.....	
23	

4. Ускорение  $g$  рассчитать по формуле (13) минимум для двух значений приведенной длины и периода, и вычислить среднее арифметическое.
5. Оценить точность измерения по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l_n}{l_n} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

#### Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на величину ускорения силы тяжести?
2. Какое устройство называется физическим маятником?
3. Написать уравнение движения физического маятника.
4. Что называется приведенной длиной физического маятника?
5. Рассмотреть понятие «центр качания».
6. Выразить приведенную длину через расстояние  $L_1$  и  $L_2$  от центра тяжести до точек подвеса.
7. На каком принципе основано определение ускорения силы тяжести с помощью оборотного маятника?
8. Что понимается под «радиусом инерции»? Чему он равен для однородного стержня?
9. Как период колебания маятника зависит от положения точки подвеса? Когда период колебания максимален? При каком условии периоды колебания маятника совпадают?
10. Каким образом из графика зависимости периода колебания от положения точки подвеса можно найти приведенную длину?

## 4.2 Задания первой модульной контрольной 2-го семестра

### Примеры вопросов

1. Дайте определение понятия «ускорение».
2. Изобразите графики скорости: а) при равномерном; б) при равноускоренном движении.
3. Запишите закон движения при векторном способе задания движения.
4. Чему равно и как направлено полное ускорение при движении по криволинейной траектории?
5. Определение и единицы измерения периода в системе СИ.
6. Что называется массой тела?
7. Запишите второй закон Ньютона через импульс.
8. Закон всемирного тяготения.
9. Связь между модулем Юнга и коэффициентом жесткости.
10. В чем отличие диссипативных сил от консервативных?
11. Сформулируйте закон сохранения энергии.
12. Дайте определение понятия «момент силы».
13. Как определить момент инерции протяженного твердого тела относительно оси?
14. Чему равна механическая работа при вращательном движении?
15. Как рассчитать кинетическую энергию тела при вращении?
16. Какое соотношение описывает гармонические колебания?

17. Как рассчитать период колебаний пружинного маятника (груза на пружине)?

18. Что подразумевается под термином «физический маятник»?

19. Запишите дифференциальное уравнение затухающих колебаний (поясните смысл величин, входящих в это уравнение).

20. Какое явление называется резонансом?

### Примеры задач

#### Кинематика

1. Автомобиль проехал первую половину дороги со скоростью  $V_1$ , вторую – со скоростью  $V_2$ . Чему равна средняя скорость автомобиля?

2. Уравнение движения тела дано в виде  $x = 15t + 0,4t^2$ . Определить начальную скорость и ускорение движения тела, а также координату и скорость тела через 5 с.

3. Определить траекторию движения точки, заданного уравнениями:

$$x = 4t^2 + 2, y = 6t^2 - 3, z = 0.$$

4. Какова допустимая предельная скорость парашютиста, если человек может безопасно прыгать с высот до  $h = 2$  м?

5. Мяч, брошенный вертикально вверх, упал на землю через 3 с. С какой скоростью был брошен мяч и на какую высоту он поднялся?

#### Динамика

1. Под действием некоторой силы тело массой 3 кг совершает прямолинейное движение, описываемое уравнением  $x = 2t^3 + 3t^2 + 5t + 4$ . Чему равна действующая на тело сила в момент времени  $t = 5$  с.

2. Автомобиль массой 1 т поднимается по шоссе с уклоном  $30^\circ$  под действием силы тяги 7 кН. Найти ускорение автомобиля, считая, что коэффициент трения между колесами автомобиля и покрытием шоссе равен 0,1.

3. К концам невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый и неподвижный блок, подвешены два груза массой по 100 г каждый. На один из грузов положен перегрузок массой 10 г. Найти силу, с которой перегрузок давит на груз.

4. Определить коэффициент жесткости пружины, составленной из двух последовательно соединенных пружин с коэффициентами жесткости 300 Н/м и 200 Н/м соответственно.

#### Закон сохранения импульса

1. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Найти скорость вагона, если он двигался со скоростью 36 км/ч навстречу снаряду.

2. Граната, летящая со скоростью 15 м/с, разорвалась на два осколка массами 6 и 14 кг. Скорость большего осколка возросла до 24 м/с по направлению движения. Найти скорость и направление движения меньшего осколка.

3. На подножку вагонетки, которая движется прямолинейно со скоростью 2 м/с, прыгает человек массой 60 кг в направлении перпендикулярном к ходу

вагонетки. Масса вагонетки 240 кг. Определить скорость вагонетки вместе с человеком.

4. Шар массы 1 кг висит на нити на высоте 1,4 м. После пережигания нити шар упал на стол. Найти импульс, который он передал столу.

### 4.3 Задания второй модульной контрольной 2-го семестра

#### Примеры вопросов

1. Какие взаимодействия возможны между молекулами? Как зависят эти взаимодействия от расстояния между молекулами?

2. Что называют средним значением случайной величины? Средним квадратичным значением величины?

3. Дайте определение равновесного состояния газа. Каково распределение молекул газа в этом состоянии по объему и по направлениям движения?

4. Дайте определение температуры как параметра газа с точки зрения молекулярных представлений. Почему нельзя говорить о температуре одной молекулы?

5. Связь между средней кинетической энергией движения молекул и абсолютной температурой.

6. Сформулируйте закон Дальтона.

7. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории для давления.

8. Сформулируйте теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекулы.

9. Как вы понимаете механизм теплопроводности, диффузии и внутреннего трения в газах?

10. Какие вам известны формы записи уравнения состояния идеального газа?

11. Перечислите параметры состояния термодинамической системы. Какие параметры состояния называют интенсивными?

12. Укажите физический смысл универсальной газовой постоянной на основе анализа ее размерности.

13. Изменяется ли внутренняя энергия идеального газа при изотермическом расширении?

14. Газ совершает над граничащими с ним телами отрицательную работу. Что происходит при этом с объемом газа?

15. Чему равна работа при изохорном процессе?

16. В ходе какого процесс при расширении газа уменьшается его температура?

17. Какова теплоемкость идеального газа при изотермическом и адиабатическом процессах?

18. Что такое вечный двигатель второго рода? Возможен ли он?

19. Каким должен быть циклический процесс, чтобы получить максимальный КПД при данной разности температур нагревателя и холодильника?

20. Перечислите основные свойства энтропии. Может ли энтропия убывать в ходе необратимого процесса?

## Примеры задач

### Механическая работа. Вращательное движение твердого тела

1. Пуля, имеющая массу  $m = 10$  г, подлетает к доске толщиной  $d = 4$  см со скоростью  $V_1 = 600$  м/с, пробивает доску и вылетает со скоростью  $V_2 = 400$  м/с. Найти силу сопротивления доски.

2. Маховое колесо начинает вращаться с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 0,5$  рад/с<sup>2</sup> и через  $t_1 = 15$  с приобретает момент количества движения  $L = 79,5$  кг·м<sup>2</sup>/с. Найти кинетическую энергию колеса через  $t_2 = 20$  с после начала вращения.

3. Вентилятор вращается, делая 900 об/мин. После выключения вентилятор сделал до остановки 75 оборотов. Работа сил торможения равна 44,4 Дж. Найти момент инерции вентилятора и момент силы торможения.

4. К ободу колеса, имеющего форму диска радиуса 0,5 м и массу 50 кг, приложена касательная сила 98 Н. Найти угловое ускорение колеса.

### Молекулярно-кинетическая теория и термодинамика

1. Резервуар объемом 12 л содержит 10 молей углерода. Определить концентрацию этого газа при заданных условиях.

2. В сосуде при нормальных условиях содержится смесь 150 г кислорода и 300 г азота. Найти молярную массу смеси газов.

3. Манометр на баллоне со сжатым газом при температуре 18°C показывает давление  $8,4 \cdot 10^6$  н/м<sup>2</sup>. Какое давление он будет показывать, если температура понизится до -3°C? Изменением емкости баллона вследствие охлаждения пренебречь.

4. В шаре диаметром 20 см находится воздух массой 7 г. До какой температуры можно нагреть этот шар, если максимальное давление, которое выдерживают стенки шара, 0,3 МПа? Молярная масса воздуха  $M = 0,029$  кг/моль.

5. Определить плотность смеси, состоящей из 4 г водорода и 32 г кислорода, при температуре 7°C и давлении 93 кПа.

### Работа в термодинамике

1. Кислород массой 10 г нагревают от 20 до 30°C при постоянном давлении. Найти работу расширения газа.

3. Азот массой 10 г расширяется изотермически при температуре -20°C, и его давление уменьшается от 202 до 101 кПа. Определить работу расширения, изменение внутренней энергии азота и количество сообщенной ему теплоты.

4. Азот массой 200 г нагревают на 100 К сначала изобарно, а затем изохорно. Какое количество теплоты потребуется для этого в том и другом случае?

5. КПД цикла Карно равен 60 %. Рассчитайте значение КПД (в %), если на 20 % уменьшить температуру нагревателя и на 20 % увеличить температуру холодильника.

## 4.4. Пример лабораторной работы 3-го семестра

Цель работы: Изучение принципа работы полупроводникового диода и снятие его вольтамперной характеристики.

Приборы и материалы: установка для изучения р-п перехода ФПК-06, нагрузочный резистор 150 кОм, электронный осциллограф С1-68, батарея конденсаторов 0-58 мкФ, трансформатор 220/6 В, диодный мост, соединительные провода.

Описание измерительной установки для изучения р-п перехода

Установка состоит из объекта исследования ОИ (вилка с переключателем, в корпусе которой установлены исследуемые образцы) и измерительного устройства (УИ). Общий вид установки показан на рис. 1.

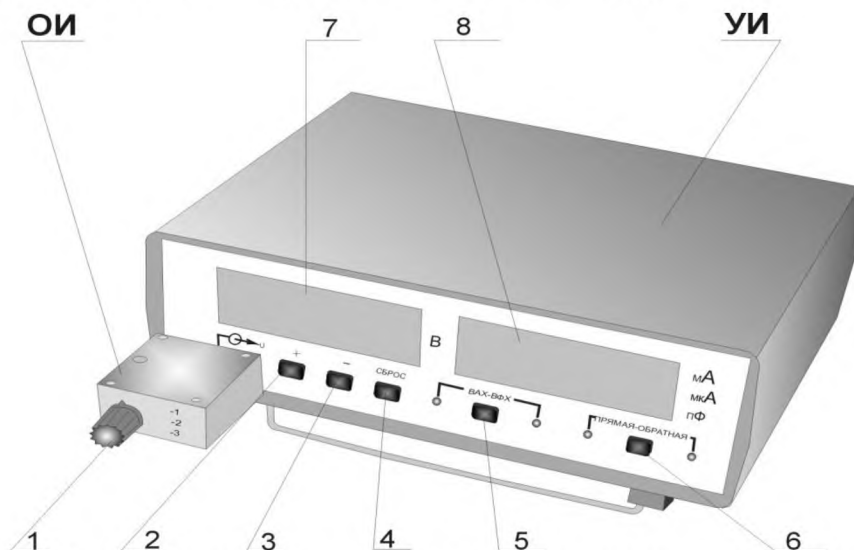


Рис. 1. Общий вид установки ФПК-06 для изучения р-п перехода

В ОИ установлены три образца с переключателем, ручка управления которым выведена на переднюю панель (1). В положении «0» образцы отключены. На задней стенке ОИ установлены штыри для его подключения к измерительному устройству. Верхняя стенка объекта исследования выполнена из прозрачного материала для возможности ознакомления с его устройством.

Измерительное устройство выполнено в виде конструктивно законченного изделия. На передней панели размещены гнезда для подключения объекта исследования, а также кнопки управления и индикации:

- кнопки «+» (2), «-» (3) и «СБРОС» (4) предназначены для установки и регулирования напряжения (при кратковременном нажатии происходит установка единиц, а при длительном – десятков, переключение диапазонов происходит автоматически);

- кнопка «ВАХ – ВФХ» (5) предназначена для установки соответствующего режима работы, позволяющего снимать вольт-амперную или вольт-фарадную характеристику;

- кнопка «ПРЯМАЯ – ОБРАТНАЯ» (6) предназначена для установки режима снятия ВАХ в прямом или обратном направлении;

- индикатор (7) предназначен для определения значения величины регулируемого напряжения;

- индикатор мА мкА пФ (8) предназначен для индикации величины и единиц измерения значений тока или емкости в процессе снятия измерений.

*Примечание:* переключение диапазонов измерения происходит автоматически.

На задней панели УИ расположены выключатель «СЕТЬ», клемма заземления, держатели предохранителей, сетевой шнур с вилкой.

Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Снятие вольт-амперной характеристики.

1. Включить установку переключателем «СЕТЬ», расположенном на задней панели.

2. Прогреть установку в течение 5 минут. Выбрать режим измерения вольт-амперной характеристики в прямом направлении. На индикаторах 7 и 8 должны отображаться нули.

3. Переключателем образцов выбрать «диод».

4. С помощью кнопок «+» и «-» установить необходимые значения напряжения (см. таблицу 1). Снять и занести в таблицу данные для построения прямой ветви вольт-амперной характеристики. По окончании измерений нажать кнопку «СБРОС».

Таблица 1.

Uпр, V	I, mA	Uобр, V	I, mA
0,00		0	
0,05		3	
0,10		6	
0,15		9	
0,20		12	
0,25		15	
0,30		20	
0,35		25	
0,40		30	
0,45			
0,46			
0,47			
0,48			
0,49			
0,50			
0,51			
0,52			
0,53			
0,54			
0,55			

*Примечание:* при достижении значения тока 10 мА следует прекратить измерения, так как при этой величине (она является максимальной) источник питания р-п перехода переходит в режим ограничения тока.

5. Установить режим исследования обратной ветви вольт-амперной характеристики.



6. С помощью кнопок «+» и «-» установить необходимые значения напряжения (см. таблицу 1). Снять и занести в таблицу данные для построения обратной ветви вольт-амперной характеристики. По окончании измерений нажать кнопку «СБРОС».

*Примечание: при достижении значения напряжения 30 В следует прекратить измерения, так как данное значение является максимальным и источник питания р-п перехода переходит в режим ограничения напряжения.*

#### Обработка результатов измерений

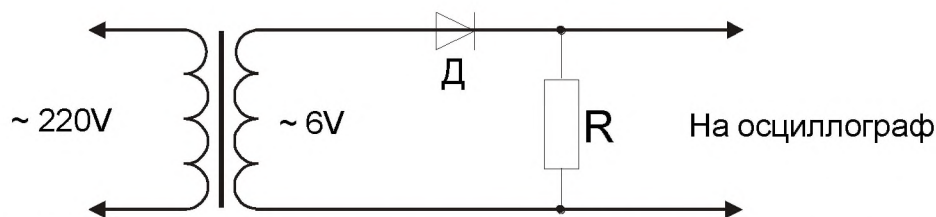
1. По полученным данным построить вольт-амперную характеристику исследуемого образца (полупроводникового диода), измеренную при его прямом и обратном включении в измерительную цепь.

2. Для напряжения  $U = 0,55 \text{ В}$  рассчитать коэффициент выпрямления по формуле:

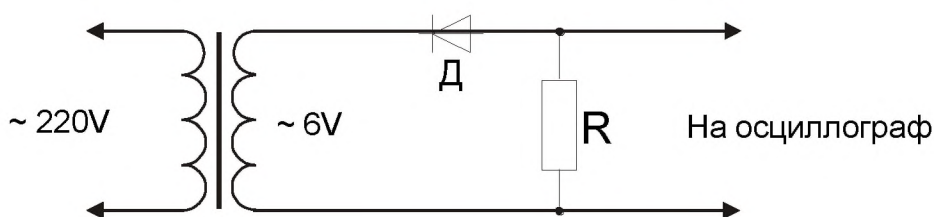
$$k = \frac{I_{\text{прям}}}{I_{\text{обр}}}$$

**Задание 2.** Исследование выпрямительных схем с помощью осциллографа.

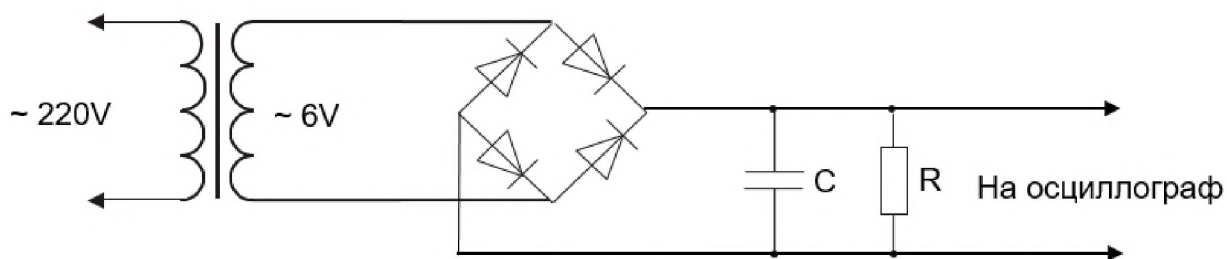
1. Собрать измерительную схему 1. С помощью переключателей осциллографа «вольт/см», «время/см», «синхронизация» получить устойчивую картину на экране, зарисовать и объяснить результат.



2. Собрать измерительную схему 2. На экране осциллографа получить устойчивую картину, зарисовать и объяснить результат.



3. Собрать измерительную схему 3. Получить устойчивую картину изменения напряжения на экране осциллографа при  $C = 0$ . Меняя емкость на батареи конденсаторов, провести наблюдения за изменениями кривой выпрямленного напряжения. Дать 3-4 рисунка, характеризующих динамику изменений на экране при различных значениях  $C$  и объяснить результат.



### Контрольные вопросы

1. Что такое полупроводники? Чем они отличаются от проводников и диэлектриков?
2. Какие химические элементы и соединения относятся к полупроводникам?
3. Как зависят удельное сопротивление и удельная электропроводность полупроводников от температуры? Какие еще факторы могут влиять на указанные параметры?
4. Что является носителем заряда в полупроводниках?
5. Как влияют примеси на электропроводность полупроводников? Объясните, как возникает дырочная и электронная проводимости полупроводников?
6. Как контактное электрическое поле действует на основные и неосновные носители зарядов?
7. Как объяснить выпрямляющее действие полупроводникового диода?

### 4.5 Задания первой модульной контрольной 3-го семестра

#### Примеры вопросов

1. Чему равна минимально возможная величина заряда?
2. Сформулируйте теорему Ирншоу.
3. Приведите формулировку теоремы Гаусса (для вакуума).
4. Чему равен потенциал поля точечного заряда?
5. Какое соотношение описывает связь между напряженностью электрического поля и его потенциалом в данной точке?
6. Чему равен электрический момент диполя?
7. Опишите поведение диполя в неоднородном электрическом поле?
8. Классификация веществ в зависимости от концентрации в них свободных зарядов.
9. Чему равно электрическое поле внутри проводника, находящегося во внешнем электрическом поле  $E_0$ ?
10. Как взаимосвязаны диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость?
11. Что можно сказать о поверхности проводника, находящегося во внешнем электрическом поле?
12. Что называется емкостью проводника? При параллельном соединении двух конденсаторов суммарная емкость равна...
13. Чему равна энергия, запасенная в заряженном конденсаторе?
14. Что такое «плотность тока»?
15. Чему равно напряжение замкнутой цепи?

16. Укажите главную причину роста сопротивления проводника при увеличении температуры.

17. Каково основное свойство диода?

18. Запишите закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС.

19. Сформулируйте второе правило Кирхгоффа.

20. Запишите закон Джоуля-Ленца в интегральной форме.

### Примеры задач

#### Электростатика

1. Во сколько раз изменится сила кулоновского взаимодействия между двумя точечными зарядами, находящимися в воздухе, если поместить эти заряды в масло ( $\epsilon=5$ ) и увеличить расстояние между ними в 20 раз?

2. Два одинаковых точечных заряда находились на расстоянии 3 м. При их сближении на расстояние 1 м была совершена работа  $A = 45$  Дж. Определите величину зарядов.

3. В трех вершинах квадрата со стороной 40 см находятся одинаковые положительные заряды по 5 нКл каждый. Найти напряженность поля в четвертой вершине квадрата.

4. Определить напряженность электрического поля, созданного диполем, в точке на перпендикуляре к плечу диполя на расстоянии 50 см от его центра, если заряды диполя  $10^{-8}$  и  $-10^{-8}$  Кл, а плечо диполя 5 см.

#### Электродинамика

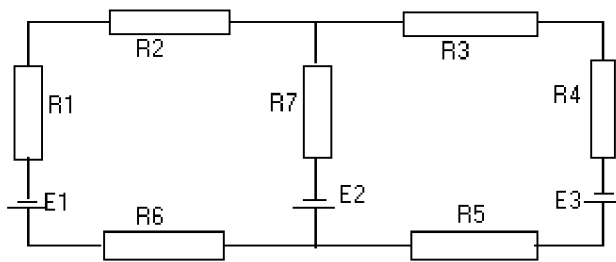
1. Стиральную машинку включают 2 раза в неделю, каждый раз по 40 минут. Тариф за использование электроэнергии 2,9 рубля за 1 кВт·ч. Определите, сколько денег уходит на электроэнергию в месяц при условии, что мощность стиральной машины 1000 Вт.

2. Батарея составлена из четырех последовательно соединенных конденсаторов емкостями 1, 2, 3 и 4 пФ, и присоединена к источнику напряжения с разностью потенциалов 220 В. Определите заряд и напряжение на каждом конденсаторе.

3. Пылинка массой 1 нг, несущая на себе пять электронов, прошла ускоряющую разность потенциалов 3 МВ в вакууме. Какова кинетическая энергия пылинки? Какую скорость приобрела пылинка?

4. Сила тока в проводнике изменяется по закону  $I = 4 + 2t$ . Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за время от  $t = 2$  с до  $t = 6$  с? При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника за это же время проходит такой же заряд?

5. Найти силы токов каждой ветви схемы, представленной на рисунке.  $E_1 = 10$  В,  $E_2 = 20$  В,  $E_3 = 30$  В,  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом,  $R_5 = 5$  Ом,  $R_6 = 6$  Ом,  $R_7 = 7$  Ом. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.



## 4.6 Задания второй модульной контрольной 3-го семестра

### Примеры вопросов

1. Как взаимодействуют два параллельных проводника, по которым течет ток?
2. Какова связь магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля?
3. Сформулируйте закон полного тока (теорему о циркуляции) для магнитного поля в вакууме.
4. Изобразите линии магнитной индукции прямого тока, кругового тока, соленоида, полосового магнита.
5. Как называется сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле. Чему она равна?
6. Опишите поведение прямоугольной рамки с током в магнитном поле.
7. Что обозначается термином «намагниченность»?
8. Как связаны между собой магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость?
9. Какие свойства и величины характеризуют ферромагнетики.
10. Сформулируйте закон полного тока для магнитного поля в веществе.
11. Дайте формулировку закона Фарадея для явления электромагнитной индукции.
12. Какую величину называют индуктивностью контура?
13. Чему равна энергия магнитного поля витка, по которому течет ток?
14. Дайте определение дифференциального оператора rot (ротор).
15. Запишите второе уравнение Максвелла в дифференциальной форме. В чем заключается физический смысл второго уравнения Максвелла?
16. Объясните смысл термина «ток смещения».
17. Запишите дифференциальное уравнение гармонических колебаний в колебательном контуре.
18. Какие явления называют резонансом в цепи переменного тока?
19. Каким соотношением определяется мощность (средняя) переменного тока?
20. Чему равна скорость света в среде?

### Примеры задач

1. Определите напряженность магнитного поля, создаваемого отрезком прямолинейного проводника с током в точке А, расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии 5 см от него. По проводнику течет ток 24 А. Отрезок виден из точки А под углом  $60^\circ$ .

2. Ток 20 А течет по кольцу из медной проволоки сечением 1 мм<sup>2</sup> и создает в центре кольца напряженность магнитного поля 160 А/м. Какая разность потенциалов приложена к концам проволоки, образующей кольцо?

3. Из проволоки длиной 2 м сделана квадратная рамка. По рамке течет ток 10 А. Найти напряженность магнитного поля в центре рамки.

4. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой 20 и 30 А в одном направлении. Расстояние между ними 10 см. Вычислить магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние 10 см.

5. По контуру в виде равностороннего треугольника течет ток 40 А. Длина стороны треугольника равна 0,3 м. Определить магнитную индукцию в точке пересечения высот.

6. Заряженная частица, имеющая скорость  $2 \cdot 10^6$  м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией 0,52 Тл. Найти отношение заряда частицы к ее массе, если она в поле описала дугу окружности радиусом 0,04 м. По этому отношению определить, какая это частица.

7. Магнитное поле напряженностью 8,5 кА/м и электрическое поле напряженностью 2 кВ/м направлены одинаково. Электрон влетает в электромагнитное поле со скоростью  $3 \cdot 10^5$  м/с. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения электрона, если его скорость направлена перпендикулярно к направлению электрического поля.

8. Заряженная частица движется по окружности радиусом 2 см в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл. Параллельно магнитному полю возбуждено электрическое поле напряженностью 150 В/м. Определить промежуток времени, в течение которого должно действовать электрическое поле, чтобы кинетическая энергия частицы возросла вдвое.

9. Найти магнитный поток, создаваемый соленоидом сечением 12 см<sup>2</sup> при силе тока 18 А, если количество витков на каждый сантиметр длины соленоида равно 10.

10. Необходимо получить напряженность магнитного поля 1 кА/м в соленоиде длиной 20 см и диаметром 4 см. Какое число ампер-витков необходимо для этого соленоида и какую необходимо приложить разность потенциалов к концам обмотки из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Поле соленоида однородно.

11. В однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл равномерно вращается рамка с частотой  $480 \text{ мин}^{-1}$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Рамка содержит 500 витков площадью 40 см<sup>2</sup>. Определить максимальную ЭДС, возникающую в рамке.

12. Сколько витков проволоки диаметром 0,5 мм (толщиной изоляции пренебречь) нужно намотать на картонный цилиндр диаметром 3 см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью 2 мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу.

#### 4.7 Пример лабораторной работы 4-го семестра

Цель работы: определение фокусных расстояний собирающих и рассеивающих линз экспериментальными методами.

Приборы и материалы: оптическая скамья, собирающие линзы ( $L_1$  и  $L_2$ ), рассеивающая линза ( $L_3$ ), источник света, экран, линейка.

##### Метод Бесселя

Обозначим  $d$  – расстояние от линзы до предмета,  $f$  – расстояние от линзы изображения. Расстояния  $d$  и  $f$ , отсчитанные от оптического центра вдоль главной оптической оси и взятые с учетом правила знаков, подчиняются уравнению линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (1)$$

Для тонкой собирающей линзы  $F$  можно рассчитать по этой формуле, получив действительное изображение предмета и измерив расстояния  $d$  и  $f$ .

Данная формула справедлива и для толстой линзы. Однако воспользоваться ею для практического определения фокусного расстояния произвольной линзы затруднительно, поскольку все расстояния в случае толстых линз или оптических систем необходимо отсчитывать от соответствующих главных плоскостей. Главные плоскости могут лежать и внутри, и вне линзы, несимметрично относительно ее сферических поверхностей, поэтому их положение, как правило, неизвестно.

Удобным методом определения фокусного расстояния является метод Бесселя, который позволяет найти величину  $F$ , не зная положение главных плоскостей линзы.

С одной стороны от положительной линзы на ее оптической оси помещают предмет, действительное изображение которого можно получать на экране, расположенном напротив линзы. Расстояние  $B$  между предметом и экраном фиксируется. Если оно достаточно велико, существуют два положения линзы, при которых на экране получают четкие изображения предмета – уменьшенное и увеличенное (рис. 1).

Увеличенное изображение будет располагаться на расстоянии  $f$  от центра линзы, а уменьшенное – на расстоянии  $d$ . Обозначим величину, на которую сместился при этом центр линзы  $O$ , через  $a$ . Эту величину можно измерить перемещением любой точки линзы, т.к. во время ее перемещения положение оптического центра внутри линзы не меняется. Таким образом мы заменяем измерение перемещения оптического центра  $O$  измерением перемещения какого-либо указателя на штативе этой линзы.

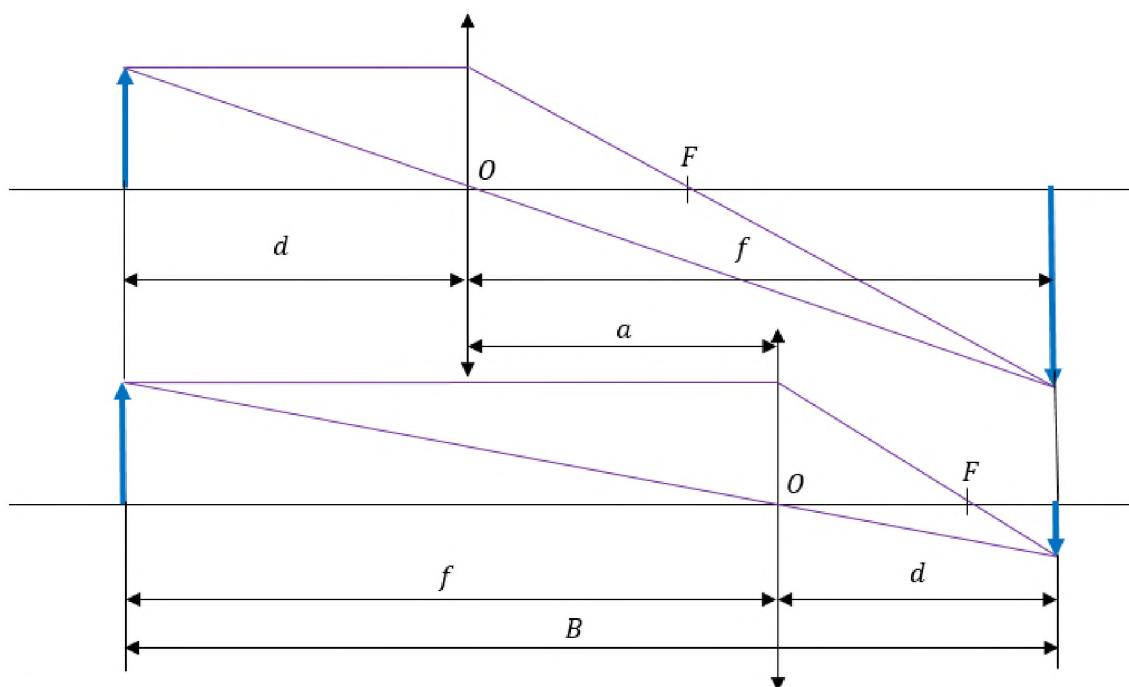


Рис. 1. Нахождение фокусного расстояния линзы методом Бесселя

Из рис. 1 видно, что  $B = d + f$ ;  $a = f - d$ . Складывая и вычитая эти выражения, получим:

$$f = \frac{B + a}{2}$$

$$d = \frac{B - a}{2}$$

Принимая во внимание формулу (1), получим:

$$F = \frac{B^2 - a^2}{4B} \quad (2)$$

#### Порядок выполнения работы

Измерения производятся на оптической скамье, на которую помещены укрепленные на рейтеры осветитель, линза и экран. Освещаемая буква «Т» играет роль предмета. Центры всех элементов должны быть на одной высоте, а оптическая ось линзы параллельна ребру скамьи. Расстояния между предметами измеряются по линейке, расположенной вдоль скамьи (рекомендуется использовать метки, нанесенные на рейтеры). Наводка изображения на резкость производится визуально.

В данной работе используются два способа нахождения фокусных расстояний линз – по измерению расстояний от линзы до предмета и до его изображения ( $d$  и  $f$ , а также с помощью метода Бесселя.

**Задание 1.** Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

**1-ый способ** – определение фокусного расстояния по величине перемещения линзы.

Установить на оптической скамье осветитель, экран и между ними изучаемую собирающую линзу. Выбрать базу  $B$  такую, чтобы на экране при перемещении линзы получались два четких изображения предмета (буквы «Т») при двух положениях линзы – увеличенное и уменьшенное.

При выбранной фиксированной базе  $B$  перемещением линзы получить резкое увеличенное изображение предмета на экране. С помощью линейки измерить положение линзы  $x_1$ .

Передвинуть линзу так, чтобы на экране получилось отчетливое уменьшенное изображение. Измерить положение линзы  $x_2$ . Измерения повторить не менее 3-х раз.

Повторить измерения для второй собирающей линзы.

Заполнить таблицу 1. С помощью формулы (2) вычислить фокусные расстояния для каждой пары значений  $a$  и  $B$ , найти средние значения фокусного расстояния для каждой линзы.

Таблица 1.

№	$B$ , м	$x_1$ , м	$x_2$ , м	$a$ , м	$F$ , м	$\langle F \rangle$ , м
1.						
2.						
3.						
1.						
2.						
3.						

**2-ый способ** – определение фокусного расстояния по расстояниям  $d$  и  $f$  – предмета и его изображения от линзы.

Для нахождения погрешностей в измерении фокусных расстояний, связанных с трудностями в практическом определении оптических центров линз, необходимо рассчитать фокусные расстояния собирающих линз по формуле (1), а затем сравнить результаты измерений, полученных 1-м и 2-м способами.

Установить на оптической скамье осветитель, экран и между ними изучаемую собирающую линзу. Выбрав положение экрана, необходимо найти такое положение линзы, при котором на экране будет четкое увеличенное изображение предмета (буквы «Г»). Измерить расстояния  $d$  и  $f$ . Измерения повторить не менее 3-х раз, меняя положение экрана.

Повторить эксперимент для второй собирающей линзы.

Заполнить таблицу 2. С помощью формулы (1) вычислить фокусные расстояния для каждой пары значений  $d$  и  $f$ , найти средние значения фокусного расстояния для каждой линзы.

Таблица 2.

№	$d$ , м	$f$ , м	$F$ , м	$\langle F \rangle$ , м
1.				
2.				
3.				
1.				
2.				
3.				

Найти расхождения в результатах, полученных по 1-му и 2-му способам, по формуле:



$$\delta_F = \frac{\langle F \rangle_1 - \langle F \rangle_2}{\langle F \rangle_1} \cdot 100 \%$$

**Задание 2.** Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы.

Рассеивающая линза не дает действительного изображения, поэтому определить ее фокусное расстояние методом, описанным в задании 1, нельзя. Для определения фокусного расстояния рассеивающей линзы необходимо собрать систему из рассеивающей и собирающей линзы, чтобы образованная система давала действительное изображение. Фокусное расстояние системы линз  $F_c$  можно определить методом, описанным в задании 1 (*1-ый способ*) по формуле (2). Тогда фокусное расстояние рассеивающей линзы, использованной в системе, можно определить из формулы:

$$D_c = D_1 + D_2 - \Delta \cdot D_1 \cdot D_2 \quad (3)$$

$D_c$  – оптическая сила системы линз,

$D_1$  – оптическая сила собирающей линзы, использованной в системе,

$D_2$  – оптическая сила рассеивающей линзы,

$\Delta$  – расстояние между центрами линз, образующих систему.

Для этого необходимо рассчитать оптические силы системы линз  $D_c$  и собирающей линзы  $D_1$  по формуле:

$$D = \frac{1}{F} \quad (4)$$

Затем из формулы (3) вывести и рассчитать оптическую силу  $D_2$  и из формулы (4) определить фокусное расстояние  $F_2$  рассеивающей линзы.

Результаты занести в таблицу 3.

Таблица 3.

№	$B$ , м	$x_1$ , м	$x_2$ , м	$a$ , м	$F_c$ , м	$F_2$ , м	$\langle F_2 \rangle$ , м
1.							
2.							
3.							

#### Контрольные вопросы

1. Понятие о тонкой линзе. Формула тонкой линзы.
2. Определения: фокус, главное фокусное расстояние, фокальная плоскость.
3. Понятие оптической силы и светосилы. Единицы измерения.
4. Формула для определения главного фокусного расстояния линзы.
5. Ход лучей и правила построения изображений в зеркалах и линзах.
6. Характеристики изображений, получаемых в оптических системах.
7. Вывод расчетной формулы (2).

#### 4.8 Задания первой модульной контрольной 4-го семестра

##### Примеры вопросов

1. Что называют относительным показателем преломления среды?
2. Что называют интенсивностью света и как она связана с амплитудой?
3. Что называют оптической разностью хода двух волн?
4. Разность фаз двух монохроматических электромагнитных волн равна

$(2m + 1)\lambda/2$ . Чему равна оптическая разность хода  $\Delta$  для этих волн?

5. Запишите формулу зависимости интенсивности результирующего колебания от разности фаз между слагаемыми колебаниями.

6. Запишите формулу для расчета ширины интерференционной полосы.

7. Почему независимые источники света не когерентны?

8. Содержание принципа Гюйгенса-Френеля.

9. Чему равно расстояние от краев соседних зон Френеля до точки наблюдения?

10. Круглое отверстие освещается монохроматическим светом от точечного источника. В отверстии укладывается небольшое нечетное число зон Френеля. Что мы увидим на экране?

11. Сколько штрихов на 1 мм длины имеет одномерная дифракционная решетка, если постоянная решетки равна 2 мкм?

12. Для какого цвета лучей видимого спектра угол дифракции в спектре  $k$ -ого порядка будет наибольшим?

13. Как определить общее число дифракционных максимумов (максимальное количество), наблюдаемых с помощью дифракционной решетки?

14. На каких явлениях основаны способы получения поляризованного света?

15. Световой пучок падает на поверхность диэлектрика под углом Брюстера. Охарактеризуйте степень поляризации отраженного и преломленного луча.

16. При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован при угле падения  $60^\circ$ . Чему равен угол преломления?

17. Естественный свет проходит через поляризатор. Чему равна интенсивность выходящего из него поляризованного света?

18. Пучок естественного света проходит через два одинаковых поляризатора с коэффициентом поглощения  $\tau$ . Интенсивность естественного света равна  $I_{\text{ест}}$ , угол между плоскостями пропускания поляризаторов равен  $\varphi$ . Чему равна интенсивность света на выходе после второго поляризатора?

19. Интенсивность естественного света, проходящего через поляризатор и анализатор, ослабляется в два раза. Чему равен угол между плоскостями поляризации поляризатора и анализатора?

20. Чему равна степень поляризации естественного света?

### Примеры задач

#### Оптические явления: геометрическая оптика

1. Фокусное расстояние линзы в воздухе 8 см. Чему оно будет равно, если линзу погрузить в сероуглерод? Показатели преломления стекла 1,5 и сероуглерода 1,63.

2. Расстояние между стеной и свечой 2 м. Когда между ними поместили собирающую линзу на расстоянии 40 см от свечи, то на стене получилось четкое изображение пламени. Определите главное фокусное расстояние линзы. Охарактеризуйте изображение, полученное на экране.

3. Найдите фокусное расстояние кварцевой линзы для ультрафиолетовой линии спектра ртути ( $\lambda_1 = 259$  нм), если ее фокусное расстояние для желтой

линии натрия равно 16 см ( $\lambda_2 = 589$  нм). Показатели преломления для этих длин волн соответственно равны 1,5 и 1,46.

4. Человек без очков читает книгу, располагая ее перед собой на расстоянии 12,5 см. Какой оптической силы очки ему рекомендуется носить?

5. Какими должны быть радиусы кривизны  $R_1 = R_2$  поверхностей линзы, чтобы она давала увеличение для нормального глаза  $k = 10$ ? Показатель преломления материала линзы  $n = 1,5$ .

6. Расстояние между фокусами объектива и окуляра микроскопа равно 16 см. Фокусное расстояние объектива  $F_1 = 2$  мм. С каким фокусным расстоянием следует взять окуляр, чтобы получить увеличение, равное 500?

#### 4.9 Задания второй модульной контрольной 4-го семестра

##### Примеры вопросов

1. Поток излучения (мощность излучения).
2. Абсолютно черное тело.
3. Физический смысл функции Кирхгофа.
4. Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 400$  К. Какова будет температура тела  $T_2$ , если в результате нагревания поток излучения увеличился в 10 раз?
5. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре человеческого тела?
6. Экран кинозала освещается ярким синим светом (440 нм). Чему равен импульс, который передает экрану каждый отраженный фотон?
7. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
8. При каком угле комптоновского рассеяния фотонов изменение их длины волны окажется максимальным?
9. Как изменится давление света, если зеркальную пластину, на которую падает свет, заменить на зачерненную той же площади?
10. Почему из различных серий спектральных линий атома водорода первой была изучена серия Бальмера?
11. Чему равна частота излучения атома водорода, соответствующая коротковолновой границе серии Брэггетта?
12. Какие постулаты Бора были подтверждены опытами Франка и Герца?
13. Квантово-механический смысл первого боровского радиуса?
14. Формула для определения длины волны де Бройля для частицы.
15. Каковы значения  $l$  и  $m_l$  для главного квантового числа  $n = 5$ ?
16. Чем отличаются изобары от изотопов?
17. Почему прочность ядер уменьшается при переходе к тяжелым элементам?
18. Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное трем периодам полураспада?
19. Как изменится положение химического элемента в периодической системе после последовательных одного  $\alpha$ -распада и двух  $\beta^-$ -распадов?
20. Почему деление тяжелых ядер и синтез атомных ядер сопровождаются выделением большого количества энергии?

## Примеры задач

### Оптические явления: волновая оптика и элементы квантовой оптики

1. Диаметры двух светлых колец Ньютона  $d_1 = 4,0$  и  $d_k = 4,8$  мм. Порядковые номера колец не определялись, но известно, что между двумя измеренными кольцами расположено три светлых кольца. Кольца наблюдались в отраженном свете ( $\lambda = 500$  нм). Найти радиус кривизны используемой плоско-выпуклой линзы.

2. Дифракционная решетка, освещенная нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр второго порядка на угол  $\varphi = 14^\circ$ . На какой угол отклоняет она спектр третьего порядка?

3. Угол преломления луча света в жидкости равен  $35^\circ$ . Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.

4. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цинка светом с длиной волны  $0,25$  мкм.

5. Параллельный пучок света с интенсивностью  $I = 0,20$  Вт/см<sup>2</sup> падает под углом  $60^\circ$  на плоское зеркало с коэффициентом отражения  $0,90$ . Определить давление света на зеркало.

## 5. Информация для подготовки доклада с презентацией

Доклад с презентацией – это групповое творческое задание, выполняемое обязательно в паре. Презентация и доклад должны быть подготовлены совместно на одну из тем, перечисленных ниже, при этом каждый участник группы должен выступить с частью доклада.

### 5.1 Темы для доклада

#### 2 семестр

- Простые механизмы в живой природе
- Роль сил трения и сопротивления в природе и повседневной жизни человека
- Закон сохранения и превращения энергии в биологии и химии
- Проявление законов динамики в природе
- Инерция в нашей жизни
- Гироскопы и их применение
- Физические основы явления выстрела
- Использование энергии ветра
- Мы живем на дне океана (атмосферное давление, его измерение и значение)
- Современное воздухоплавание
- Особенности и физические возможности восприятия и воспроизведения звука человеком
- Применение эффекта Доплера для определения скорости движения биологических структур (крови, клапанов сердца)
- Акустические резонаторы

- Ультра- и инфразвуки, их роль в жизни животных и технике
- Законы Кеплера и их связь со сменой времен года на Земле
- Принцип наименьшего действия
- Энергетические ресурсы мирового океана
- Биоэнергетика
- Особенности систем терморегуляции человека и животных
- Влажность воздуха и ее значение
- Жидкие кристаллы
- От водяного колеса к гидротурбине
- Вечный двигатель
- Двигатели Стирлинга. Области применения
- Энтропия. Идеи И.Р. Пригожина и их применение
- Применение тепловых насосов
- Энтропия термодинамическая и информационная
- Ракетные двигатели
- Тепловидение и термография

### **3 семестр**

- Гроза как электрическое явление
- Природа шаровой молнии
- Открытие электрона
- Источники тока и гальванические элементы
- Электрический ток в неметаллах
- Трехфазный ток
- Аккумуляторы
- Трансформаторы
- Электромагнитное поле человека
- Действие электрического поля на живые организмы
- Сердце человека как электрический диполь
- Электронно-лучевая техника
- Физические основы медицинской электроники
- Емкостные преобразователи
- Явление электролиза и теория электролитической диссоциации
- Термоэлектрические эффекты
- Физические основы пирозлектричества
- Пьезоэлектрический и электрострикционный эффект, применение в науке и технике
- Ионизация воздуха
- Электродвигатель и другие применения электромагнита
- Электростанции
- Фотоэлектрические преобразователи энергии
- Сверхчистые материалы
- Эффект Холла

- Сверхпроводимость: история развития, современное состояние, перспективы
- Физические основы работы современного компьютера
- Распространение радиоволн
- Радиолокация
- Современная спутниковая связь, спутниковые системы
- Физические основы магнитобиологии
- Развитие теории магнетизма от древности до наших дней
- Применение магнитов
- Магнитное поле Земли и «магнитная память» геологических пластов

#### 4 семестр

- Оптические явления в природе
- Методы определения скорости света
- Элементарная теория радуги
- Физическая природа полярных сияний
- Дисперсия – тайна солнечного света. Цвет и его свойства
- Спектральный анализ и его применение
- Строение глаза, зрение, очки
- Устройство, назначение, принцип работы, типы и история микроскопа
- Устройство, назначение, принцип работы, типы и история телескопа
- Проекционный аппарат
- История создания, развитие и устройство фотоаппарата
- Основные законы фотометрии. Светотехника
- Голография: основные принципы и применение
- Практическое применение интерференции. Интерферометры
- Принцип действия и применение лазеров
- Дифракция электронов. Электронный микроскоп
- Оптические свойства кристаллов
- Излучение Вавилова-Черенкова
- Солнечная энергетика
- Оптика движущихся сред
- Атомный реактор. Проблемы развития атомной энергетики
- Вещество в состоянии плазмы
- Изучение и разработка очистки стоков от ионов тяжелых металлов
- Радиация и ее воздействие на человека
- Ионизирующие излучения и их практическое использование
- Лучевая терапия
- Сверхизлучение
- Углеродные нанотрубки
- Ядерная энергия и ядерные энергетические установки
- Термоядерный синтез. Термоядерный реактор

## **Выдающиеся деятели в области физики и их открытия (2, 3, 4 семестр)**

- Архимед
- Рене Декарт
- Эванджелиста Торричелли
- Сэмюэл Финли Бриз Морзе
- Жан Батист Жозеф Фурье
- Андре Мари Ампер
- Генрих Рудольф Герц
- Вильгельм Конрад Рентген
- Эрнест Резерфорд
- Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри
- Нильс Бор
- Антуан Анри Беккерель
- Майкл Фарадей
- Макс Планк
- Альберт Эйнштейн
- Петр Капица
- Жорес Иванович Алферов
- Александр Леонидович Чижевский

### **5.2 Критерии оценивания**

Максимальная оценка – 10 баллов. Она складывается из двух частей: 5 баллов выставляется за доклад, 5 баллов – за презентацию.

**Презентация** оценивается преподавателем по следующим критериям:

1. Контрастность
2. Единообразии
3. Шрифт
4. Один слайд – одна мысль
5. Акцент – это акцент
6. Нумерация страниц, титульный лист
7. Разнообразие формы подачи материала
8. Текстовая информация – в тезисной форме
9. Грамотность
10. Соблюдение регламента (5-6 минут)
11. Общее впечатление

Критерии 1-10 оцениваются по пятибалльной шкале, где:

- 1 балл – выполнено неудовлетворительно,
- 2 балла – выполнено плохо,
- 3 балла – выполнено нормально,
- 4 балла – выполнено хорошо,
- 5 баллов – выполнено полностью без ошибок.

Критерий 11 «Общее впечатление» оценивается дробным числом от 0 до 1, где 0 – самое отрицательное впечатление, 1 – самое положительное впечатление.

Данный критерий комплексно оценивает субъективное восприятие общего уровня подачи материала. Итоговый балл за презентацию находится по формуле:

$$\text{итого\_за\_презентацию} = \left( \frac{\sum_{i=1}^{10} \text{критерий}_i}{10} * \text{критерий}_{11} \right).$$

Доклад оценивается студентами, сидящими в аудитории, с помощью анонимного анкетирования <https://www.mentimeter.com/> по следующим вопросам:

1. Уровень невербальных коммуникаций (использование рук, мимика, контакт с аудиторией, движение).
2. Голос (тихий/громкий/неразборчивый, темп изложения, монотонность, акценты).
3. Уверенность/заинтересованность докладчика.
4. Общее впечатление от доклада (был ли доклад интересным/ интересно преподнесенным).
5. Доступность/понятность.
6. Раскрыта ли тема.
7. Умение отвечать на вопросы.

Каждый из 7 критериев оценивается по шкале от 1 до 5 баллов, где критерии те же, что и при оценке презентации. Оценка, выставляемая каждым слушателем, находится как среднее арифметическое от всех семи критериев. Итоговая оценка за доклад находится как среднее арифметическое от всех оценок слушателей.

Перечисленные критерии позволяют получить интегральную комплексную оценку умения анализировать и обобщать информацию, готовить на ее основе презентацию и выступать с докладом.

## **6. Вопросы для подготовки к экзамену**

### **2 семестр**

1. Основные понятия кинематики. Система отсчета. Примеры систем отсчета. Материальная точка. Траектория, путь, перемещение.
2. Относительность движения. Теорема сложения скоростей.
3. Скорость. Скорость при равномерном и неравномерном движении. Средняя скорость. Путь при равномерном и неравномерном (равнопеременном) движении.
4. Ускорение. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Тангенциальное и нормальное ускорение. Полное ускорение.
5. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение.
6. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
7. Второй закон Ньютона. Сила. Инертная масса.
8. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.
9. Импульс. Закон сохранения импульса.
10. Механическая работа. Поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Работа консервативных сил.



11. Механическая энергия и ее виды. Связь механической энергии и работы. Закон сохранения механической энергии.
12. Абсолютно твердое тело. Центр масс системы материальных точек и абсолютно твердого тела. Теорема о движении центра масс.
13. Момент силы. Момент инерции материальной точки и абсолютно твердого тела. Теорема Штейнера.
14. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Примеры его проявления.
15. Аналогии между величинами и соотношениями поступательного и вращательного движения.
16. Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Гравитационное поле. Напряженность гравитационного поля. Потенциал гравитационного поля.
17. Упругие силы. Упругая деформация. Закон Гука. Абсолютная и относительная деформации. Модуль Юнга. Виды деформаций.
18. Силы трения. Внутреннее и внешнее трение. Сухое трение. Трение покоя. Трение скольжения и трение качения.
19. Гармонические колебания. Амплитуда, период и частота колебания. Дифференциальное уравнение гармонического колебания и его решение.
20. Скорость и ускорение при гармоническом колебании. Энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.
21. Затухающие колебания. Коэффициент затухания. Дифференциальное уравнение затухающего колебания и его решение. Амплитуда при затухающем колебании.
22. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденного колебания и его решение. Резонанс.
23. Гидростатика. Давление в жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда.
24. Равновесное распределение молекул идеального газа в пространстве скоростей, распределение Максвелла. Средняя, среднеквадратичная и наиболее вероятная скорости.
25. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ) для идеального газа. Связь между средней кинетической энергией движения молекул и абсолютной температурой.
26. Степени свободы молекул газа. Теорема о равномерном распределении.
27. Предмет и метод термодинамики. Нулевой закон термодинамики. Понятие температуры.
28. Интенсивные и экстенсивные параметры. Характеристики термодинамической системы.
29. Уравнение состояния идеального газа.
30. Понятие внутренней энергии термодинамической системы. Работа и теплота. Функция состояния системы. Первый закон термодинамики.
31. Работа изменения состояния термодинамической системы. Применение закона термодинамики к идеальному газу (работа в изопроцессах).
32. Понятие теплоемкости. Уравнение Майера.

33. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
34. Энтропия как функция состояния системы. Обратимые и необратимые процессы. Различные формулировки второго начала термодинамики.
35. Три типа круговых процессов: тепловой двигатель, тепловой насос, холодильная машина. Цикл Карно. КПД. цикла. Первая и вторая теоремы Карно.

### **3 семестр**

1. Электрические заряды. Закон сохранения заряда. Взаимодействие электрических зарядов в вакууме. Закон Кулона. Электростатическое поле. Напряжённость поля. Линии напряжённости. Принцип суперпозиции.
2. Поток вектора напряжённости электрического поля. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме. Примеры применения теоремы Гаусса.
3. Работа по перемещению заряда в электростатическом поле. Потенциал.
4. Потенциальный характер электростатического поля. Теорема о циркуляции.
5. Потенциал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряжённостью и потенциалом.
6. Электрический диполь. Диполь в электростатическом поле. Энергия диполя.
7. Диэлектрики. Виды диэлектриков и их поляризация. Вектор поляризации.
8. Электростатическое поле в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость.
9. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике.
10. Проводники в электростатическом поле.
11. Электроёмкость проводника. Конденсаторы. Ёмкость конденсатора. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов.
12. Энергия заряженного проводника (конденсатора). Объёмная плотность энергии электростатического поля.
13. Электрический ток и его характеристики. Сила и плотность тока.
14. Источники тока. Электродвижущая сила. Напряжение.
15. Закон Ома. Электрическое сопротивление и проводимость.
16. Электрические цепи. 1-е и 2-е правила Кирхгофа.
17. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
18. Процессы заряда и разряда конденсатора.
19. Основы классической электронной теории проводимости металлов.
20. Термоэлектронная эмиссия. Электровакуумные приборы.
21. Магнитное поле и его характеристики: магнитная индукция и напряжённость поля.
22. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции. Применение закона Био-Савара-Лапласа для расчёта индукции магнитного поля.

23. Закон полного тока (теорема о циркуляции) для магнитного поля в вакууме и веществе. Непотенциальность магнитного поля. Примеры применения закона полного тока.
24. Действие магнитного поля на движущиеся заряды. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле под действием силы Лоренца.
25. Действие магнитного поля на токи. Сила Ампера. Рамка с током магнитном поле.
26. Эффект Холла и его применение.
27. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Остроградского-Гаусса для магнитного поля.
28. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость.
29. Виды магнетиков: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитные моменты атомов. Опыт де Гааза. Опыт Штерна и Герлаха.
30. Природа ферромагнетизма. Свойства ферромагнетиков.
31. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. ЭДС индукции в движущемся проводнике.
32. ЭДС индукции в неподвижном проводнике. Вихревое электрическое поле. Циркуляция напряженности вихревого электрического поля.
33. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимная индукция.
34. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
35. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
36. Квазистационарные токи. R-L-цепочка. Токи при замыкании и размыкании цепи.
37. Электромагнитные колебания в колебательном контуре. Свободные колебания, затухающие колебания.
38. Электромагнитные колебания в колебательном контуре. Вынужденные колебания. Резонанс.
39. Активное сопротивление, индуктивность и емкость в цепи переменного тока.
40. Последовательная цепь переменного тока. Метод векторных диаграмм. Резонанс напряжений.
41. Мощность переменного тока. Действующие (эффективные) значения силы тока и напряжения.

#### **4 семестр**

1. История развития оптики. Классическая электромагнитная теория света. Ограниченность классической теории. Корпускулярно-волновой дуализм. Основные проблемы и направления в современной оптике.
2. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга.
3. Уравнения Максвелла, волновое уравнение, свойства электромагнитных волн.

4. Понятия источника, фазы, фронта, фазовой и групповой скорости. Монохроматические плоские волны, поляризация. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность света. Электромагнитная природа света.
5. Фотометрия. Фотометрические понятия и единицы. Световой поток, сила света, яркость, освещенность, светимость. Эталон силы света.
6. Геометрическая оптика. Основные законы распространения света. Принцип Ферма. Предельный угол. Скорость света.
7. Формулы Френеля для волн, падающих на границу раздела двух изотропных и прозрачных диэлектриков. Закон Брюстера.
8. Преломление на сферических поверхностях. Формула плоского и сферического зеркал. Формула тонкой линзы. Построение изображений в зеркалах и линзах. Аберрации оптических систем.
9. Оптические инструменты: лупа, микроскоп, телескоп.
10. Явление интерференции. Интерференция света. Интерференция Юнга, параметры интерференционной картины и факторы, влияющие на нее.
11. Методы осуществления когерентности в оптике. Бизеркала Френеля, бипризма Френеля, билинза Бийе.
12. Интерференция в тонких пленках. Линии равного наклона, линии равной толщины, их локализация. Кольца Ньютона.
13. Многолучевая интерференция. Применение интерференции.
14. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция на круглом отверстии и экране. Приближение Френеля и приближение Фраунгофера. Пространственное преобразование Фурье. Дифракция Фраунгофера на щели, на прямоугольном и круглом отверстиях.
15. Амплитудные дифракционные решетки. Дифракция на пространственных структурах. Рентгеноструктурный анализ. Спектральный анализ в оптике. Призмленные, дифракционные и интерференционные спектральные приборы и их основные характеристики: аппаратная функция, угловая и линейная дисперсия, разрешающая способность. Дифракционная теория формирования изображений.
16. Голография. Понятие о голографии. Голографирование плоской и сферической волны. Голограмма Френеля трехмерных объектов. Объемные голограммы (метод Денисюка). Применение голографии.
17. Основы кристаллооптики. Распространение и преломление электромагнитных волн в анизотропных средах. Происхождение оптической анизотропии. Одноосные и двуосные кристаллы. Двойное лучепреломление. Построения Гюйгенса для анизотропных сред. Закон Малюса. Интерференция поляризованного света.
18. Дисперсия света. Классическая электронная теория дисперсии. Зависимости показателей преломления и поглощения от частоты. Фазовая и групповая скорости, их соотношение (Формула Релея). Нормальная и аномальная дисперсия показателя преломления.
19. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта.

20. Квантовая теория света. Тепловое излучение. Излучательная и поглощательная способности вещества их соотношение. Модель абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана, формула смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Ограниченность классической теории излучения. Элементы квантового подхода. Формула Планка.
21. Применение законов теплового излучения. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Фотоэлементы и их применение.
22. Ядерная модель атома Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Трудности классического объяснения ядерной модели атома Резерфорда.
23. Основные свойства и строение атомных ядер. Заряд, масса, состав ядра. Энергия связи ядра. Дефект массы.
24. Размеры ядер. Капельная модель ядра.
25. Естественная радиоактивность. Основной закон радиоактивных превращений. Единицы радиоактивности.
26. Искусственная радиоактивность. Цепная реакция деления ядер.
27. Понятие о термоядерной реакции.
28. Основные характеристики элементарных частиц, методы их получения и регистрации.

## **7. Указания для обучающихся**

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

### *1. Работа с учебными пособиями.*

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями дисциплины. Необходимо усвоить определения, уметь давать их точные формулировки, приводить примеры объектов и явлений, связанных с данными определениями.

## 2. Самостоятельное изучение тем.

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, подготовку к лекционным и лабораторным занятиям, подготовку к зачету.

## 3. Подготовка к выполнению лабораторных работ.

При подготовке к лабораторным работам студентам рекомендуется следовать методическим указаниям по выполнению лабораторных работ.

## 4. Составление конспектов.

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

1. Лекционная аудитория с проектором для демонстрации презентаций и учебных фильмов.
2. Учебные лаборатории по общему физическому практикуму.
3. Помещение для самостоятельной работы.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел I Аннотация.	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета