

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Степанов Павел Иванович

Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ

Дата подписания: 26.02.2023 13:43:36

Уникальный программный ключ:

8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

Министерство

науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Новоуральский технологический институт**

УТВЕРЖДЕНА

Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ

Протокол №3 от 24.04.2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### " ФИЗИКА. ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ."

Направление подготовки (специальность)	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Профиль подготовки (специализация)	Автоматизированные системы обработки информации и управления
Квалификация (степень) выпускника	<i>бакалавр</i>
Форма обучения	очная

г. Новоуральск, 2023

Семестр	4	5	Всего
Трудоемкость, ЗЕТ	3	4	7
Трудоемкость, час	108	144	252
Аудиторные занятия, час, в т.ч.:	80	90	170
- лекции	32	36	68
- практические занятия	32	36	68
- курсовой проект (работа)	-	-	-
- лабораторные работы	16	18	34
Самостоятельная работа	28	27	55
Интерактивные часы	-	-	-
Итоговый контроль	-	27	27
Форма итогового контроля	Зачёт	Экзамен	4-й сем. - зачёт 5-й сем. - экзамен

Индекс дисциплины в Рабочем учебном плане (РУП) – Б1.О.02.09.

Программа предназначена для обучения студентов направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», год набора 2023г.

Рабочую программу составил Евгений Роальдович Эйшинский,  
к.ф.-м.н., доцент кафедры общенаучных дисциплин

## Содержание

1 Цели освоения учебной дисциплины .....	4
2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО .....	4
3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучени .....	5
4 Воспитательный потенциал дисциплин .....	5
5 Структура и содержание учебной дисциплин .....	
<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
6 Образовательные технологии .....	144
7 Оценка результатов учебной деятельности студентов .....	
<b>Ошибка! Закладка не определена.5</b>	
8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины .....	16
9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины .....	19
10 Учебно-методические рекомендации для студентов и преподавателей ...	20
<b>Приложения</b>	
Приложение №1 Фонд оценочных средств .....	23
Приложение №2 Балльно-рейтинговая система .....	32

Рабочая программа составлена в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», (квалификация «бакалавр») и РУП по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

## **1. Цели освоения учебной дисциплины**

Целями освоения учебной дисциплины «Физика. Избранные главы» являются:

- овладение базовыми концепциями, понятиями, и законами следующих разделов физики - оптика, квантовая и атомная физика, физика твёрдого тела, составляющих фундамент современной физической картины мира;
- овладение методическими приёмами решения задач из перечисленных разделов;
- ознакомление с современной научной аппаратурой и методами проведения физического эксперимента в указанных разделах.

Усвоение учебной дисциплины «Физика. Избранные главы.» призвано способствовать развитию у студентов широкого физического кругозора, формированию у них основ современного научного мировоззрения и выработке навыков свободного ориентирования в физических процессах и явлениях, происходящих на микро- и нано-уровне.

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

В соответствии с Образовательной программой подготовки бакалавров по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, данная учебная дисциплина входит в естественно научный модуль под индексом Б1.О.01.09.

В соответствии с Образовательной программой подготовки бакалавров по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, данная учебная дисциплина входит в естественно научный модуль под индексом Б1.О.01.09.

Дисциплина состоит из двух модулей. Модуль М1 “Оптика, атомная и квантовая физика” читается в 4-м учебном семестре; модуль М2 “Физика твёрдого тела” читается в 5-м семестре). Дисциплина содержит следующие основные разделы: оптика, элементы атомной, квантовой, ядерной физики, элементы кристаллографии, электронная строение и свойства твёрдых тел.

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, формируемые в результате освоения предшествующих дисциплин: “физика” и “математика” в первом и втором учебных семестрах Вузовской ОП. При этом у студента должны быть сформированы компетенции по следующим разделам физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, и математики: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, векторная алгебра, теория вероятностей.

### 3. Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Таблица 1. Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p><u>УК-1</u> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><u>З- УК-1</u> Основные понятия и методы системного анализа; методы поиска, сбора, обработки и анализа информации; современные научные достижения, в основе которых лежат изучаемые разделы курса.</p> <p><u>У- УК-1</u> Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез полученной информации для эффективного изучения разделов курса.</p> <p><u>В- УК-1</u> Владеет способами поиска информации в различных информационных системах и источниках; навыками критической оценки и синтеза найденных данных.</p>
<p><u>ОПК-1</u> Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в областях оптики, атомной, квантовой и ядерной физики, физики твёрдого тела.</p>	<p><u>З-ОПК-1</u> Знает основные физические законы, процессы, явления и понятия в этих областях;</p> <p><u>У- ОПК-1</u> Умеет решать типовые физические задачи в них;</p> <p><u>В- ОПК-1</u> Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования, измерений и обработки результатов измерений, составления алгоритмов и описания проводимых исследований.</p>

### 4. Воспитательный потенциал дисциплины

Таблица 2. Цели и задачи воспитания, воспитательный потенциал дисциплины.

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	Формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	Использование воспитательного потенциала дисциплины для: - формирования позитивного отношения к получаемой профессии, понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач;

		<p>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</p> <p>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p>
	<p>Формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплины для:</p> <p>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.</p>

## 5. Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина читается в течении двух семестров. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 ЗЕТ, общий объём - 252 часа.

### 5.1 Структура учебной дисциплины.

Соотношение лекций, практических и лабораторных занятий, трудоёмкость в часах, самостоятельная работа и формы контроля по семестрам приведены в п.п. 5.1.1, 5.1.3. Содержание учебной дисциплины по семестрам приведены в п.п. 5.1.2, 5.1.4.

#### 5.1.1 Структура дисциплины в 4-м учебном семестре (1-м семестре изучения).

Трудоёмкость - 4 ЗЕТ, объём - 108 час., форма итогового контроля - зачёт.

Таблица 3. Структура учебной дисциплины в 4-м учебном семестре.

№ п/п	Название темы/раздела учебной дисциплины	Виды учебных занятий, и их трудоемкость (в часах)					Текущий контроль (форма *), неделя)	Аттестация раздела (форма *), неделя)	Максимальный балл за раздел	Индикаторы освоения компетенции
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовые	Самостоятельная работа				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Раздел 1. Оптика</b>										
1.	Тема 1. Геометрическая оптика	-	4	***)	-	4+5 = 9	ДЗ1 (2 нд) Пр(2 нд)		6+10 = 16	У- УК-1
2.	Тема 2. Волновая оптика	6	6		-	4	ДЗ2(6 нд)		6	
3.	Тема 3. Квантовая оптика	4	4		-	4+1 = 5	ДЗ3 (10 нд), Т1(10 нд)		6+2 = 8	
<b>Раздел 2. Элементы атомной физики</b>										
4.	Тема 4. Классические модели атома. Опыты Резерфорда.	2	-	***)	-	1+1 = 2		Колл (11нд)	5	У- УК-1
5.	Тема 5. Модель атома Бора.	4	2		-	1				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Раздел 3. Элементы квантовой физики</b>										
6.	Тема 6. Элементы квантовой механики.	4	6	***)	-	1				У- УК-1
7.	Тема 7. Атом водорода в квантовой механике.	2	2		-	1				
8.	Тема 8. Многоэлектронные атомы.	2	2		-	1+1 =2	Г2 (14 нед)		2	
<b>Раздел 4 Элементы ядерной физики</b>										
9.	Тема 10. Элементы ядерной физики.	6	6			1+1 =2			2	У- УК-1
10.	<b>Всего в семестре:</b>	32	32	16	-	28			60 **)	
11.	<b>Экзамен:</b>								40	
12.	<b>Итого за семестр:</b>	32	32	16	-	28			100	

Пояснения к таблице 3.

\*) Сокращённые наименования форм текущего контроля и аттестации разделов:

- Т - Аудиторное тестирование,
- Пр - Презентация,
- ДЗ - Домашнее задание,
- ЛР - Лабораторная работа,
- Колл - Коллоквиум.

\*\*\*) Максимальная сумма баллов, которые студент может набрать в течение семестра, равна 60, включая баллы за посещение и активность на занятии (см. таблицу 11)

\*\*\*\*) В течение семестра студент должен выполнить четыре ЛР (общий объём – 18 час.). Подробная информация о проведении лабораторного практикума приводится ниже под списком лабораторных работ (Таблица 6).

В графе ДЗ указан срок выдачи задания, срок выполнения каждого ДЗ - 3 недели. В графе Т указан срок проведения тестирования.

В графе Пр указан срок выдачи темы презентации. Защита презентации проводится на аудиторных занятиях в две последние недели семестра.

## 5.1.2 Содержание дисциплины в 4-м учебном семестре.

Содержание лекций, практических занятий и лабораторных работ в 4-м учебном семестре представлено в таблицах 4-6.

Таблица 4. Лекции в 4-м учебном семестре (трудоёмкость – 32 час).

№ п.п.	Тема/раздел	Содержание лекционных занятий	часы
1	2	3	4
<b>Раздел 1. Оптика</b>			
1	<b>Тема 1</b>	<b>Лекция №1 Геометрическая оптика</b> (самостоятельно). Законы отражения и преломления. Явление полного внутреннего отражения. Волоконная оптика. Построение изображений в плоском зеркале. Прохождение света через плоскопараллельную пластину и призму. Линзы. Характеристики линзы: оптическая ось (главная и побочная), фокус, фокусное расстояние, фокальная плоскость, оптическая сила. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы. Построение изображений в линзах. Оптические приборы: лупа, проекционный аппарат, фотоаппарат, микроскоп, телескоп. Глаз человека и его недостатки (близорукость и дальнозоркость).	2
2	<b>Тема 2</b>	<b>Лекция №2 Электромагнитная природа света. Интерференция света.</b> Двойственность природы света. Световая волна. Соотношение между показателем преломления и скоростью света в веществе. Экспериментальное определение скорости света. опыты Физо и Майкельсона (независимость скорости света от движения источника). Интерференция света и способы ее наблюдения. Когерентность и монохроматичность световых волн. Расчет интерференционной картины от двух источников (опыт Юнга), условия интерференционных максимумов и минимумов, оптическая длина пути. Интерференция света в тонких пленках. Кольца Ньютона. Применение явления интерференции. Интерферометры. Просветление оптики	2
		<b>Лекция №3 Дифракция света</b> Дифракция света и условия ее наблюдения. Принцип Гюйгенса - Френеля. Метод зон Френеля. Графический метод сложения амплитуд. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске. Зонная пластинка. Дифракция Фраунгофера на одной щели и на дифракционной решётке. Разрешающая способность оптических приборов. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэгга. Голография.	2
		<b>Лекция №4 Поляризация, дисперсия, поглощение и рассеяние света.</b> Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломления. Закон Брюстера. Вращение плоскости поляризации. Поляризационные приборы. Способы наблюдения дисперсии света. Призматический и дифракционный спектры. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия. Закон Бугера.	2
3	<b>Тема 3</b>	<b>Лекция №5 Тепловое излучение.</b> Тепловое излучение и люминесценция. Испускательная и поглощательная способность тел. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Квантовая гипотеза и формула Планка. Фотоны.	2

Табл.4 (продолжение)

1	2	3	4
3	Тема 3	<i>Лекция №6 Квантовые свойства излучения.</i> Внешний фотоэффект и его законы. Работы А.Г. Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Опыт Боте. Опыт Иоффе и Добронравова. Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона. Давление света, опыты П.Н. Лебедева. Дуализм корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.	2
<b>Раздел 2. Элементы атомной физики</b>			
4	Тема 4	<i>Лекция №7. Классические модели атома.</i> Развитие представлений о строении атомов. Опыты Резерфорда по рассеянию $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома. Недостатки классической модели атома.	2
5	Тема 5	<i>Лекция №8</i> Постулаты Бора. Боровская теория атома водорода. Опыт Франка и Герца. Закономерности в атомных спектрах. Обобщенная формула Бальмера и ее физический смысл. Затруднения теории Бора.	2
<b>Раздел 3. Основы квантовой физики</b>			
6	Тема 6	<i>Лекции №№9,10. Элементы квантовой механики.</i> Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма материи. Гипотеза Луи-де-Бройля. Необычные свойства микрочастиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Состояние микрочастицы. Волновая функция и ее статистический смысл. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме». Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Гармонический осциллятор в квантовой механике.	4
7	Тема 7	<i>Лекции №11 Атом водорода в квантовой механике.</i> Квантовая теория атома водорода. Квантовые числа. Правила отбора. Оптические спектры и уровни энергии щелочных металлов. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана.	2
8	Тема 8	<i>Лекции №12 Многоэлектронные атомы.</i> Структура электронных уровней в сложных атомах. Принцип Паули. Периодическая система Д.И. Менделеева. Распределение электронов по уровням в многоэлектронных атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Энергия молекулы. Молекулярные спектры.	2
<b>Раздел 4. Ядерная физика</b>			
9	Тема 9	<i>Лекции №№14,15,16.</i> Свойства стабильных ядер. Состав ядра и его характеристики. Изотопы. Взаимодействие нуклонов, понятие о свойствах и природе ядерных сил. Дефект масс и энергия связи ядра. Удельная энергия связи. Выделение энергии при делении тяжелых ядер и при синтезе легких. Радиоактивный распад. Законы радиоактивного распада. Активность. Основные виды радиоактивности и схемы распадов. Радиоактивные семейства. Взаимодействие заряженных частиц, гамма-квантов и нейтронов с веществом. Ядерные реакции и особенности их протекания. Энергия реакции. Реакции на нейтронах. Реакция деления ядер урана и ее особенности. Цепная реакция. Коэффициент размножения. Критическая масса. Устройство и принципы работы ядерного реактора. Термоядерные реакции. Методы регистрации излучений. Биологическое действие и защита от излучений. Применение изотопов и излучений. Ядерная и термоядерная энергетика.	6

Таблица 5. Практические занятия в 4-м учебном семестре (трудоемкость – 32 час).

№ п.п.	Тема/раздел	Содержание практических занятий (ПЗ)	часы
<b>Раздел 1. Оптика</b>			
1	Тема 1	ПЗ№№1,2. Геометрическая оптика.	4
2	Тема 2	ПЗ№№3,4,5. Волновая оптика.	6
3	Тема 3	ПЗ№№6,7. Квантовая оптика.	4
<b>Раздел 2. Элементы атомной физики</b>			
4	Тема 5	ПЗ№8. Модель атома Бора.	2
<b>Раздел 3. Элементы квантовой физики</b>			
5	Тема 6.	ПЗ№№9,10. Элементы квантовой механики.	6
6	Тема 7.	ПЗ№11. Атом водорода.	2
7	Тема 8.	ПЗ№12. Многоэлектронные атомы.	2
<b>Раздел 4. Элементы ядерной физики</b>			
8	Тема 9	ПЗ№№14,15,16. Элементы ядерной физики.	6

Таблица 6. Лабораторные работы (ЛР) в 4-м учебном семестре (трудоемкость – 16 час).

№ п.п.	Тема/раздел	Наименование ЛР	Номер работы
1	Тема 1	Лабораторный комплекс по оптике ЛКО-1. Геометрическая оптика.	№1
2	Тема 2	Лабораторный комплекс по оптике ЛКО-1. Интерференция.	№2
3		Лабораторный комплекс по оптике ЛКО-1. Дифракция.	№3
4		Лабораторный комплекс по оптике ЛКО-1. Поляризация.	№4
5		Определение длины световой волны с помощью колец Ньютона.	№40
6	Тема 5	Определение постоянной Ридберга	№48

Студенты выполняют 4 ЛР по индивидуальному графику из списка, приведённого в табл.6. Для проведения ЛР отводится 4 занятия (продолжительностью по 4 часа каждое).

### 5.1.3 Структура дисциплины в 5-м учебном семестре (2-м семестре изучения).

Трудоёмкость - 4 ЗЕТ, объём - 144 час., форма итогового контроля - экзамен.

Таблица 7. Структура дисциплины в 5-м учебном семестре.

№ п/п	Название темы/раздела учебной дисциплины	Виды учебных занятий, и их трудоемкость (в часах)					Текущий контроль (форма <sup>*</sup> , неделя)	Аттестация раздела (форма <sup>*</sup> , неделя)	Максимальный балл за раздел	Индикаторы освоения компетенции
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовые	Самостоятельная работа				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Раздел 1. Кристаллография</b>										
1	Тема 1. Элементы кристаллографии.	4	4	***)	-	4+3 = 7	ДЗ1(2 нд) Пр(2 нд)		5+8 = 13	у- уК-1
2	Тема 2. Типы химической связи в твёрдых телах.	4	4		-	1				
<b>Раздел 2. Зонная теория твёрдых тел</b>										
3.	Тема 3. Основы зонной теории твёрдых тел.	6	6	***)	-	4+1 = 5	ДЗ2(6 нд)		5	у- уК-1
4.	Тема 4. Классификация твёрдых тел на основе зонной теории.	2	2		-	1+2+1 = 4	Т1(7 нд)	Колл (11 нд)	3+5 = 8	
<b>Раздел 3. Физические свойства твёрдых тел</b>										
5.	Тема 5. Тепловые свойства.	4	4	***)		4+1 = 5	ДЗ3(8 нд)		5	у- уК-1
6.	Тема 6. Электрические свойства.	8	8				2			
7.	Тема 7. Магнитные свойства.	8	8			1+2 = 3	Т2(14 нд)		3	
8.	<b>Всего в семестре:</b>	36	36	18	-	1			60**)	
9.	<b>Экзамен:</b>								40	
10.	<b>Итого за семестр:</b>	36	36	18	-	18			100	

Пояснения к таблице: обозначения аналогичны обозначениям в таблице 3.

### 5.1.4 Содержание дисциплины в 5-м учебном семестре.

Содержание учебных занятий 5-го семестра представлено в таблицах 8-9.

Таблица 8. Лекции в 5-м учебном семестре (трудоемкость – 20 час.)

№ п.п.	Тема/раздел	Содержание лекционных занятий	час
1	2	3	4
<b>Раздел 1. Кристаллография</b>			
1	Тема 1	<i>Лекции №№1,2 Элементы кристаллографии.</i> Монокристаллы, поликристаллы и аморфные тела. Анизотропность монокристаллов и изотропность поликристаллов и аморфных тел. Пространственная решетка. Кристаллографические символы для узлов, плоскостей и направлений. Дифракция в кристаллах и обратная решетка. Модель твёрдой упаковки шаров. Элементарная ячейка. ГПУ, ГЦК и ОЦК решетки. Геометрические характеристики решетки. Наиболее распространенные структуры кристаллов. Кристаллические системы.	4
2	Тема 2	<i>Лекции №№3,4 Типы химической связи в твёрдых телах.</i> Ковалентная связь. Ионная связь. Металлическая связь. Связь Ван-дер-Ваальса.	4
<b>Раздел 2. Зонная теория твёрдых тел</b>			
3	Тема 3	<i>Лекции №№5,6,7 Основы зонной теории твёрдых тел.</i> Квантовая теория свободных электронов в металле. Понятие о квантовой статистике Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Энергетические зоны. Принцип Паули. Энергия Ферми. Функция распределения Ферми-Дирака. Температурная зависимость уровня Ферми. Плотность состояний электронов. Полная энергия свободных электронов.	6
4	Тема 4	<i>Лекция №8 Классификация твёрдых тел на основе зонной теории.</i> Валентная зона, зона проводимости, запрещенная зона. Эффективная масса электрона. Понятие дырки. Зонная структура в Ge и Si. Влияние примесей и внешних полей на энергетический спектр электронов в кристалле.	2
<b>Раздел 3. Физические свойства твёрдых тел</b>			
5	Тема 5	<i>Лекции №№9,10 Тепловые свойства твёрдых тел.</i> Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти. Недостатки классического описания теплоемкости твердого тела. Одномерные колебания однородной струны. Волновое уравнение. Уравнение волны. Скорость волны. Стоячие волны. Колебания одноатомной линейной цепочки. Оптическая и акустическая ветви колебаний. Фононы – элементарные возбуждения в твердом теле. Теория теплоемкости Эйнштейна. Недостатки теории Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Температура Дебая. Области применения моделей Эйнштейна и Дебая к твердым телам. Теплопроводность. Закон Фурье. Физический смысл коэффициента теплопроводности. Тепловое расширение твердых тел. Коэффициенты гармоничности и ангармоничности. Температурный коэффициент линейного расширения.	4
6	Тема 6	<i>Лекции №№11,12,13,14 Электрические свойства твёрдых тел.</i> Электронные зоны в металлах. Квантовая теория электросопротивления. Собственные и примесные полупроводники. Акцепторная и донорная примесь. Распределения носителей заряда в валентной зоне и зоне проводимости. Плотность состояний $\rho(E)$ . Зонная диаграмма. P-n переход. Полупроводниковый диод. Транзистор. Работа выхода. Контактная разность потенциалов. Термоэлектронная эмиссия. Термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельтье.	8

1	2	3	4
7	Тема 7	<b>Лекции №№15,16,17,18</b> <i>Магнитные свойства твёрдых тел.</i> Классификация магнетиков. Классическая теория парамагнетизма и диамагнетизма. Ферромагнетизм. Температура Кюри. Температурная зависимость намагниченности насыщения ферромагнетика.. Закон Кюри-Вейсса. Квантовая теория ферромагнетизма. Обменное взаимодействие. Роль 3d электронов в ферромагнетизме Fe, Ni, Co. Новые магнитные материалы. Кривая намагничивания. Гистерезис. Остаточная намагниченность и коэрцитивная сила. Практическое применение магнитных материалов.	8

Таблица 9 Практические занятия в 5-м учебном семестре  
(трудоемкость – 34 час.)

№ п.п.	Тема/раздел	Содержание практических занятий (ПЗ)	час
<b>Раздел 1. Кристаллография</b>			
1	Тема 1	ПЗ№№1,2. Элементы кристаллографии.	4
2	Тема 2	ПЗ№№3,4. Типы химической связи в твёрдых телах.	4
<b>Раздел 2. Зонная теория твёрдых тел</b>			
3	Тема 3	ПЗ№№5,6,7. Основы зонной теории твердых тел.	6
4	Тема 4	ПЗ№8. Структура зон твёрдых тел.	2
<b>Раздел 3. Физические свойства твёрдых тел</b>			
5	Тема 6	ПЗ№№9,10. Тепловые свойства твёрдых тел.	4
6	Тема 7	ПЗ№№11,12,13,14. Электрические свойства твёрдых тел.	8
7	Тема 8	ПЗ№№15,16,17,18. Магнитные свойства твёрдых тел.	8

Лабораторные работы в 5-м учебном семестре (трудоемкость – 16 час.)

В течение семестра студенты выполняют в компьютерном классе 4 виртуальных ЛР (по 4 час. каждая) по индивидуальному графику. На отдельном занятии (2 час.) студенты защищают свои работы.

### 6. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Физика. Избранные главы.» используются различные образовательные технологии. Рекомендации для преподавателя по использованию информационно-образовательных технологий (ИОТ) содержатся в «Положении об организационных формах и технологиях образовательного процесса в НТИ НИЯУ МИФИ».

Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических занятий и лабораторных работ. Лекции и практические занятия проводятся на 90% с использованием проектора и на 10% с использованием интерактивной доски. По каждой теме курса «Физика. Избранные главы» имеется набор презентаций/слайдов. Часть занятий, определённая Рабочим учебным планом (РУП), проводится в интерактивной форме.

Для контроля усвоения студентами разделов данного курса выполняются домашние задания, а также проводится аудиторное тестирование: на кафедре сформирован специальный банк КИМ в электронном формате.

Самостоятельная работа (СРС) студентов регламентируется «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ». СРС включает в себя проработку лекционного и практического материала с использованием рекомендуемой литературы (учебников и методических пособий по курсу), подготовку к лабораторным работам, контрольным тестам, выполнение домашних заданий и подготовку презентаций.

Для повышения уровня знаний студентов по курсу «Физика. Избранные главы» в течение семестра организуются консультации преподавателей кафедры физики. Во время консультационных занятий даётся разъяснение сложных теоретических разделов; анализируются алгоритмы решения задач из домашних заданий; принимаются задолженности по тестовым работам.

В начале каждого семестра все студенты обеспечиваются электронными версиями кафедральных методических пособий по изучаемому курсу для СРС.

## 7. Оценка результатов учебной деятельности студентов

Оценка учебной деятельности студентов обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине. Для этого используется фонд оценочных средств (ФОС), в котором используются различные средства текущего контроля и промежуточной аттестации (см. таблицу 10).

Таблица 10. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения.

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Форма текущего контроля и аттестации разделов
УК-1	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Работа с конспектами.</li> <li>- Устный опрос.</li> <li>- Выполнение ДЗ.</li> <li>- Ответы на вопросы тестов.</li> <li>- Выполнение лабораторных работ.</li> <li>- Подготовка и выступление с презентацией.</li> <li>- Коллоквиум в середине семестра.</li> <li>- Зачёт (или экзамен) в конце семестра</li> </ul>
ОПК-1	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1  (См. таблицу 1.)	

ФОС оформлен в виде приложения П1 к настоящей программе.

Для непрерывной количественной оценки работы студента в течении семестра используется балльно-рейтинговая система, представленная в приложении П2.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### 1. Савельев И.В. Курс общей физики.

Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2021. — 318 с. — Гриф: Допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим и технологическим направлениям.- Режим доступа: ЭБС «Лань»:

ТЗ -[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=2040](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=2040).

#### 2. Физика модульный курс (для технических вузов).

[Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров/Осеledчик Ю.С., Самойленко П.И., Точилина Т.Н. .— Электрон. текстовые данные.—М.: Издательство «Юрайт», 2019.— 526 с.— (Бакалавриат. Базовый курс). – Гриф: рек. УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов технических вузов. -

Режим доступа: <http://www.biblio-line.ru> - «ЭБС Юрайт» (по паролю).-

ISBN: 978-5-9916-2762-7, 978-5-9692-1458-37.1.3

#### 3. Руководство к решению задач по физике.

[Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров/ Трофимова Т.И.— Электрон. текстовые данные. — 3-е изд., испр. и доп. —М.: Издательство «Юрайт», 2025.— 256 с.— (Бакалавриат. Базовый курс). – Гриф: рек. МО и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям.- Режим доступа:

<http://www.biblio-line.ru>. «ЭБС Юрайт» (по паролю).-ISBN: 978-5-9916-3430-4

#### 4. Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач.

Часть III. Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2022. — 336 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=53685](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=53685) — Загл. с экрана— ЭБС «Лань» (доступ по паролю).

Гриф: Допущено НМС по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям.

5. Трофимова Т. И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 6-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2025. - 542 с. – Гриф: рек. МО РФ в качестве учебного пособия для инженерно-технических специальностей вузов.- ISBN 5-06-0036340 — Режим доступа:  
<https://urait.ru/book/rukovodstvo-k-resheniyu-zadach-po-fizike-559650>
6. Трофимова Т. И. Курс физики. Задачи и решения [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова, А.В. Фирсов. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2009. - 592 с. – Гриф: доп. Министерством образования и науки РФ в качестве учеб. пособия студентов вузов, обучающихся по тех. направл. подготовки и спец.- ISBN 5-06-0036340 — Режим доступа:  
[https://miem.hse.ru/data/2012/04/10/1251363572/Trofimova\\_Zad\\_reschenia.pdf](https://miem.hse.ru/data/2012/04/10/1251363572/Trofimova_Zad_reschenia.pdf)
7. Акинъшин В.С. Оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Акинъшин, Н.Л. Истомина, Н.В. Каленова [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 233 с. —  
Гриф: доп. НМС по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=56605](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56605) —  
ЭБС «Лань» (по паролю).- ISBN: 978-5-8114-1671-4
8. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2025. — 292 с. —  
Гриф: доп. НМС по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям, ЕН напр. подготовки и специальностям. - Режим доступа:  
<https://urait.ru/book/rukovodstvo-k-resheniyu-zadach-po-fizike-560709>
9. Фирганг Е.В.  
Руководство к решению задач по курсу общей физики [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан.— 4-е изд., испр.— СПб. : Лань, 2009. — 349 с. — Гриф: доп. НМС по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим и технологическим направлениям и специальностям.-Режим доступа:  
<https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Firgang1977ru.pdf>
10. Калашников Н.П. Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие/Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников, Т.В. Котырло [и др.]. — Электрон. дан 1-е

изд. —СПб.: Лань, 2022. — 208 с. — Гриф: доп. НМС по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия по физике для студентов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям.- Режим доступа (по паролю):  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38839](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38839) — ЭБС «Лань». - ISBN: 978-5-8114-1555-7.

11. Калашников Н.П. Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников, Т.В. Котырло [и др.]. - Электрон. дан. - 1-е изд. - СПб. : Лань, 2022. - 238с. - Режим доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=49468](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49468) - ЭБС «Лань» (по паролю):  
 ISBN: 978-5-8114-1651-6

## 8.2 Методическое обеспечение

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методическими материалами. В библиотечном фонде, ЭБС представлены необходимые учебные пособия согласно нормативам книгообеспеченности ОП.

### 8.2.1 Методические руководства для проведения лабораторных работ по курсу физики

Массив текстовых документов хранится на кафедре физики

### 8.2.2 Методические руководства и пособия для самостоятельной работы студентов

Массив текстовых документов хранится на кафедре физики

### 8.2.3 Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса	Электронный адрес ресурса
Официальный сайт НТИ НИЯУ МИФИ	<a href="http://nsti.ru">http://nsti.ru</a>
Образовательная платформа Юрайт	<a href="https://urait.ru/bcode/468952">https://urait.ru/bcode/468952</a>
Сайт Российской национальной библиотеки	<a href="http://www.nlr.ru/">http://www.nlr.ru/</a>
Образовательный портал НИЯУ МИФИ	<a href="https://online.mephi.ru/">https://online.mephi.ru/</a>
Научная библиотека НИЯУ МИФИ	<a href="http://library.mephi.ru/">http://library.mephi.ru/</a>
Научная библиотека e-library	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
ЭБС «IPRbooks»	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>

## 9. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

### 9.1 Обеспечение лекционных и практических занятий:

- обычные аудитории;
- аудитории, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук,);
- интерактивная доска;
- комплект электронных презентаций/слайдов;
- выход в сеть “Интернет”.

### 9.2 Обеспечение лабораторных занятий:

- специализированные лаборатории кафедры физики,
- необходимые приборы, установки, инструменты для проведения физического практикума,
- методические пособия и руководства, которые выдаются студентам за 2 недели до выполнения работы.

В течение 1-го семестра изучения дисциплины студенты выполняют лабораторный практикум в лаборатории «Оптика и атомная физика» (ауд. 302 Главный корпус), оснащенной оборудованием, указанным в таблице 12.

В течение 2-го семестра изучения дисциплины студенты выполняют физический практикум в компьютерных классах (ауд. 102, 108 Главный корпус), оснащенной оборудованием, указанным в таблице 13.

Таблица 13 Сведения о лабораторной базе кафедры физики

№ п.п.	Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом	Наименование специализированных лабораторий с перечнем основного оборудования и проводимых лабораторных работ
1	2	3
1	Физика. Избранные главы.	<b>Лаборатория оптики и атомной физики</b> <i>Оборудование:</i> микроскопы, поляриметры, монохроматоры, оптические установки по геометрической оптике, дифракции; лабораторные комплексы НТЦ Владис «Когерентная оптика» - 4 шт. , в состав которых входят лазеры и набор функциональных оптических модулей; комплексы НТЦ Владис «Спектры. Фотоэффект» - 2 стенда, установка для опытов Франка и Герца -2шт. <i>Лабораторные работы:</i> - Лабораторный комплекс ЛКО-1. Описание и настройка установки.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Лабораторный комплекс ЛКО-3. Описание и настройка установки.</li> <li>- Лабораторный комплекс ЛКО-1. Геометрическая оптика.</li> <li>- Лаб. комплекс ЛКО-1. Интерференция.</li> <li>- Лаб. комплекс ЛКО-1. Дифракция.</li> <li>- Лаб. комплекс ЛКО-1. Поляризация.</li> <li>- Определение длины световой волны с помощью колец Ньютона.</li> <li>- Определение постоянной Ридберга</li> <li>- Опыты Франка и Герца.</li> </ul>
--	--	---

### **9.3 Обеспечение самостоятельной работы студентов:**

По различным разделам дисциплины «Физика. Избранные главы.» имеются методические пособия для самостоятельной работы студента, хранящиеся на кафедре физики. В них приводятся наиболее важные величины, законы, формулы, указываются различные данные справочного характера, дается решение типовых задач, имеется большой набор задач для самостоятельного решения.

Для выполнения домашних заданий, контрольных и проверочных аудиторных работ каждому студенту своевременно выдается индивидуальный вариант задания.

### **9.4 Прочее**

Рабочие места преподавателей кафедры физики оснащены компьютерами с доступом в локальную сеть НТИ и сеть Интернет.

## **10. Учебно-методические рекомендации для студентов и преподавателей**

### ***Вводная часть***

В работу по освоению курса физики входит

- освоение лекционного материала (в аудитории и дистанционно),
- подготовка к выполнению и выполнение лабораторных работ, оформление отчетов и их защита,
- подготовка к практическим занятиям и участие в них,
- выполнение домашних заданий по самостоятельному решению задач,
- подготовка и выступление с презентацией.

### ***Методические указания к лекциям***

Преподавателям в начале каждой лекции рекомендуется очень кратко повторять материал предыдущей лекции. При этом следует останавливаться на сложных для понимания ключевых моментах. Основной упор на лекциях необходимо

делать на понимание смысла представленного материала и на умение его использовать при подготовке к сдаче текущего задания, при подготовке презентации, а также и при выполнении самостоятельных работ.

Студентам для изучения лекционного материала следует использовать разные источники: рекомендованную учебную литературу, электронные образовательные ресурсы (ЭОР) и Интернет-ресурсы. Основа подготовки – конспект (допускается краткий), который должен включать основные закономерности, формулы, определения, графики.

На лекции даются только основы курса. Поэтому студенту следует оставлять в тетради поля для своих вопросов, замечаний и дополнений, взятых из учебника или других источников. Работать с ЭОР можно в дисплейном классе или на ПК дома через сеть Интернет.

Освоение теоретического курса осуществляется также и в ходе подготовки к лабораторным, практическим занятиям.

Перед текущей лекцией студентам рекомендуется кратко повторять пройденный материал. При этом следует сосредоточить свое внимание на сложных местах материала. При затруднительности с их пониманием студенты должны быть готовы задать на лекции вопросы преподавателю для прояснения этих сложных мест.

Основной упор на лекциях необходимо делать на понимание смысла представленного материала и на умение его использовать при подготовке к сдаче текущего задания, при подготовке презентации, а также и при выполнении самостоятельных работ.

Преподавателю на лекциях желательно периодически уделять внимание новостям науки и техники, имеющим отношение к изучаемым в данный момент разделам дисциплины.

### ***Методические указания к практическим занятиям***

В рамках дисциплины предусмотрено проведение практических занятий, на которых учащиеся должны, используя представленный на лекциях материал, закрепить знания по изучаемой дисциплине. Следует использовать различные формы проведения практических занятий: опрос учащихся по содержанию прочитанных лекций, решение задач, обсуждение интересных практических ситуаций и проблем, обсуждение и защита перед аудиторией презентаций.

Темы практических занятий объявляются преподавателями заранее, чтобы студенты имели возможность подготовиться к ним.

### ***Методические указания к выполнению домашних заданий.***

Для выполнения домашнего задания по решению задач необходимо использовать имеющиеся на кафедре учебные пособия, содержащие методику решения типовых задач и примеры решения. Защита задач производится на практических занятиях и в конце изучения каждого модуля (в конце семестра).

### ***Методические указания к выполнению лабораторных работ.***

При подготовке к выполнению и защите лабораторных работ используются источники для теоретической подготовки, перечисленные выше, а также методические указания к лабораторным работам, хранящиеся на кафедре.

Для выполнения лабораторной работы предварительно нужно

- прочитать методичку,
- определить цель выполнения работы,
- разобраться с ходом её выполнения,
- записать необходимые формулы для расчётов,
- зарисовать схему или составить чертёж установки
- подготовить таблицы.

Допуск студента к работе производится после того, как он ответит на вопросы преподавателя, касающиеся понимания студентом его действий по выполнению работы. После допуска студента преподавателем к работе выполняются измерения. После завершения работы студент показывает результаты измерения преподавателю.

### ***Методические указания к подготовке презентации.***

Темы презентаций (выходящие за рамки тем, рассматриваемых на лекциях) и вопросы, которые требуется осветить в них, выдаются студентам в начале семестра.

Презентация готовится по стандартным правилам в электронной форме и в середине семестра пересылается студентом преподавателю для проверки. После исправления полученных замечаний и внесения дополнений студент окончательно пересылает презентацию преподавателю.

В конце семестра каждый студент выступает со своей презентацией в аудитории и отвечает на вопросы своих товарищей.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

В каждом семестре имеется пять форм контрольных мероприятий: домашние задания, тесты, презентация, коллоквиум и зачёт (экзамен).

Максимальное количество баллов за каждое контрольное мероприятие приедено в Приложении П2.

### Домашние задания.

Домашние задания в виде задач рассылаются студентам и принимаются по электронной почте. При проверке домашних заданий оцениваются ход решения задачи и полученный ответ. В каждом семестре студентам рассылается несколько домашних заданий (см. Приложение П2).

### Коллоквиум.

Форма проведения коллоквиума - по билетам в письменной форме. В билете содержится два вопроса. Затем устное обсуждение ответа с преподавателем.

Ответ оценивается по наличию трёх составляющих - изложения в форме текста, формул и вспомогательных рисунков.

При наличии всех трёх составляющих оценка	- 6 баллов,
При отсутствии или формул или рисунков	- 4 балла,
При отсутствии и формул и рисунков	- 2 балла,
В прочих случаях	- 0 баллов.

### Тесты

Каждый тест состоит из нескольких (порядка 7-10) вопросов. Максимальное количество баллов даётся за правильные ответы на все вопросы теста. Оно указано в таблицах приложения №2. При правильном ответе на меньшее количество вопросов оценка пересчитывается пропорционально отношению числа правильных ответов к общему числу вопросов.

### Презентация

Презентация выполняется студентами по темам, упоминаемым, но не рассматриваемым на аудиторных занятиях или расширяющим рассматриваемые темы.

Презентация оценивается по трём критериям:

- качество выполнения	- максимум 8 баллов,
- качество представления (доклада)	- максимум 4 балла,
- качество ответа на вопросы (защиты)	- максимум 3 балла,
Общая оценка за презентацию	- максимум 15 баллов.

## **Зачёт (экзамен).**

Форма проведения зачёта - по билетам в письменной форме. В билете содержится два вопроса. Затем устное обсуждение ответа с преподавателем.

В неясных ситуациях студенту задаются дополнительные вопросы, не выходящие за пределы указанного ниже списка вопросов.

Ответ оценивается по трём составляющим - тексту, формулам и вспомогательным рисункам для каждого вопроса билета отдельно.

Оценка ответа -

- |  |              |
|--|--------------|
| - при наличии всех трёх составляющих     | - 20 баллов, |
| - при отсутствии или формул или рисунков | - 12 баллов, |
| - при отсутствии и формул и рисунков     | - 5 балла,   |
| - в прочих случаях                       | - 0 баллов.  |

Общая оценка за зачёт (экзамен) складывается из оценок каждого из вопросов билета.

Максимально возможная сумма баллов за ответ на два вопроса - 40 баллов.

Минимально допустимая сумма баллов за ответ на два вопроса - 20 баллов.

Ниже приведены типовые варианты заданий по всем контрольным мероприятиям для каждого семестра.

### **4-й семестр.**

#### **1. Домашние задания**

Примеры задач.

#### **ДЗ№1. Геометрическая оптика.**

1. Солнечный луч, проходящий через отверстие в ставне, составляет с поверхностью стола угол  $\alpha = 40^\circ$ , Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление луча на вертикальное ?

Ответ: Зеркало надо расположить под углом  $25^\circ$  с поверхностью стола.

2. Двояковыпуклая линза с радиусами кривизны поверхностей  $R_1 = R_2 = 12$  см поставлена на таком расстоянии от предмета, что изображение на экране получилось в  $k$  раз больше предмета. Найти расстояние от предмета до экрана, если  $k = 1$ . Показатель преломления материала линзы  $n = 1,5$ .

Ответ: расстояние от предмета до экрана равно 48 см.

## ДЗ№2. Волновая оптика.

1. Радиус второго тёмного кольца Ньютона в отражённом свете  $r_2 = 0,4$  мм. Определить радиус кривизны плосковыпуклой линзы, взятой для опыта, если она освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 0,64$  мкм.

Ответ: радиус кривизны линзы равен 12,5 см.

2. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, угол между главными плоскостями которых равен  $\varphi$ . Поляризатор и анализатор как поглощают, так и отражают 10 % падающего на них света. Определить угол  $\varphi$ , если интенсивность света, вышедшего из анализатора, равна 12 % интенсивности света, падающего на поляризатор.

Ответ: угол  $\varphi$  равен  $52^\circ 16'$ .

## ДЗ№3. Квантовая оптика и атомная физика

1. «Красная граница» фотоэффекта для некоторого металла равна  $\lambda_{кр} = 500$  нм. Определить: 1) работу выхода  $A_{вых}$  электронов из этого металла (в эВ); 2) максимальную скорость  $V_{макс}$  электронов, вырываемых из этого металла светом с длиной волны 400 нм.

Ответ: 1)  $A_{вых} = 2,49$  эВ ; 2)  $V_{макс} = 4,66 \cdot 10^5$  м/с.

2. Определить максимальную  $E_{макс}$  и минимальную  $E_{мин}$  энергии фотона (в эВ) в видимой серии спектра водорода (серии Бальмера).

Ответ:  $E_{макс} = 3,4$  эВ ,  $E_{мин} = 1,89$  эВ.

## 2. Коллоквиум по темам “Волновая оптика ” и “Квантовая оптика”

Вопросы к коллоквиуму.

1. Понятие световой волны. Геометрическая картинка. Основные характеристики.
2. Интерференция света. Суть и объяснение.
3. Понятия когерентности и монохроматичности световых волн.
4. Оптическая длина пути. Оптическая разность хода.
5. Почему некогерентные волны не могут интерферировать ?
6. Интерференционная картина от двух когерентных источников света.
7. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля.
8. Что такое полное внутреннее отражение ?
9. Что такое поляризация света ? Закон Малюса.
10. Понятие теплового излучения. Свойства теплового излучения.
11. Основные характеристики теплового излучения: энергетическая светимость, излучательная способность, поглощательная способность.
12. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
13. Квантовая гипотеза и формула М. Планка.

14. Понятие корпускулярно-волнового дуализма электромагнитного излучения
  15. Уравнение А. Эйнштейна для фотоэффекта.
- 
16. Эффект Комптона. Суть и объяснение.
  17. Явление давления света, опыты П.Н. Лебедева.
  18. Что значит, что ЭМ волна является поперечной ?

### 3. Презентация

Список примерных тем презентаций.

1. Использование явления интерференции электромагнитных волн в науке и технике.
2. Основные концепции, отличающие квантовую физику от классической.
3. Назначение, принцип действия и области использования электронного микроскопа в науке и технике.
4. Эксперименты, подтверждающие волновую природу материи (света и микрочастиц).
5. Опыты, подтвердившие квантовую природу вещества: опыты Франка и Герца, опыт Комптона, опыт Штерна и Герлаха.
6. Вероятностный характер квантовой механики, парадокс “Кота Шредингера”.
7. Вклад Макса Планка в квантовую физику.
8. Вклад Эрнеста Резерфорда и Нильса Бора в физику атома.
9. Вклад Вернера Гейзенберга и Эрвина Шредингера в квантовую физику.
10. Современные телескопы – мощные инструменты изучения Вселенной.
11. Гипотеза светового эфира, эксперимент Майкельсона – Морли, представления Эйнштейна о скорости света.
12. Явление квантовой запутанности.

### 4. Тесты

Ниже приведены примерные вопросы тестов. Правильный ответ помечен звездочкой.

#### Т1. Волновая оптика

**1) Из приведенных утверждений, касающихся сложения волн, верным является следующее утверждение:**

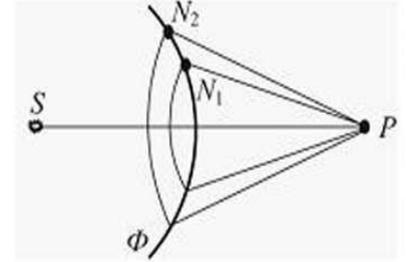
1. при сложении когерентных волн суммарная интенсивность равна сумме интенсивностей складываемых волн;
2. при интерференции когерентных волн одинаковой интенсивности суммарная интенсивность равна учетверенной интенсивности каждой волны\* ;

3. суммарная интенсивность при интерференции двух когерентных волн зависит от разности фаз интерферирующих волн.

2) На рисунке представлена схема разбиения волновой поверхности  $\Phi$  на зоны Френеля.

**Разность хода между лучами  $N_1 P$  и  $N_2 P$  равна...**

1. 0; 2.  $2\lambda$ ; 3.  $\frac{1}{2}\lambda^*$ ; 4.  $\frac{3}{2}\lambda$ .

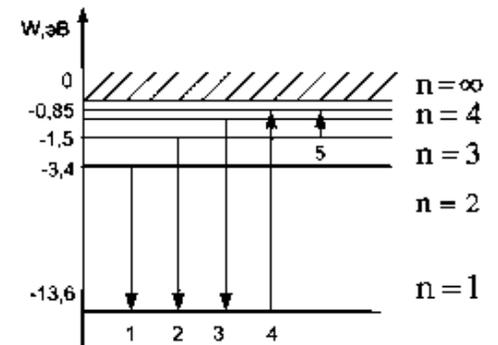


## Т2. Физика атома

1) На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома водорода.

**Излучение фотона с наименьшей длиной волны происходит при переходе, обозначенном стрелкой под номером ...**

1. 1; 2. 2; 3. 4<sup>\*</sup>; 4. 3.



2) В опыте Резерфорда  $\alpha$ -частицы рассеиваются

- 1) электростатическим полем ядра атома \*
- 2) электронной оболочкой атомов мишени
- 3) гравитационным полем ядра атома
- 4) поверхностью мишени

## 5. Зачёт

Список вопросов к зачёту.

1. Световая волна. Соотношение между показателем преломления и скоростью света в веществе. Экспериментальное определение скорости света.
2. Интерференция света и способы ее наблюдения. Когерентность и монохроматичность световых волн. Оптическая длина пути. Условия максимумов и минимумов интенсивности света.
3. Интерференционная картина от двух когерентных источников света. Интерференция света в тонких пленках. Кольца Ньютона.
4. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля, зоны Френеля.
5. Явление поляризации света. Закон Малюса.

6. Тепловое излучение. Основные характеристики теплового излучения. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
7. Затруднения классической физики в описании теплового излучения. Квантовая оптика
8. Квантовая гипотеза и формула Планка. Объяснение распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Понятие фотонов.
9. Понятие корпускулярно-волнового дуализма электромагнитного излучения.
10. Понятие внешнего фотоэффекта. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
11. Эффект Комптона.
12. Понятие давления света, опыты Лебедева.
13. Опыты Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Планетарная модель атома. Достоинства и недостатки модели Резерфорда.
14. Боровская модель атома водорода. Постулаты Бора. Достоинства и недостатки модели Бора.
15. Закономерности спектров атома водорода.
16. Гипотеза Луи-де-Бройля. Понятие корпускулярно-волнового дуализма микрочастиц и его опытное подтверждение.
17. Необычные свойства микрочастиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
18. Состояние микрочастицы. Волновая функция и ее статистический смысл. Общее уравнение Шредингера.
19. Понятие спина электрона. Опыт Штерна-Герлаха.
20. Квантовые числа электрона в атоме.

### 5-й семестр.

#### **1. Домашние задания**

Примеры задач.

#### **ДЗ №1. Элементы кристаллографии.**

1. Определить постоянные  $a$  и  $c$  решетки кристалла Mg, которая представляет собой ГПУ. Плотность  $\rho$  кристаллического магния равна  $1,74 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.  
 Ответ:  $a = 3,2 \cdot 10^{10}$  м,  $c = 5,21 \cdot 10^{10}$  м.
2. Направление нормали к некоторой плоскости в кубической решетке задано индексами [110]. Написать индексы Миллера для этой плоскости и указать наименьшие отрезки, отсекаемые плоскостью на осях.  
 Ответ: индексы Миллера (110);  
 отрезки на осях  $1 : 1 : \infty$ .

### ДЗ №2. Упругие и тепловые свойства твёрдых тел.

1. Найти частоту  $\nu$  колебаний атомов серебра по теории теплоемкости Эйнштейна, если характеристическая температура  $\theta_E$  серебра равна 165К  
Ответ:  $\nu = 3,43 \cdot 10^{12}$  Гц.
2. Вычислить по теории Дебая молярную нулевую энергию  $U_{m,0}$  кристалла меди. Характеристическая температура  $\theta_D$  меди равна 320К.  
Ответ:  $U_{m,0} = 2,99$  кДж/К.

### ДЗ №3. Электрические и магнитные свойства твёрдых тел.

1. Определить число  $N$  свободных электронов, которое приходится на один атом натрия при температуре  $T=0$ К. Уровень Ферми  $\varepsilon_f$  для Натрия равен 3,1эВ. Плотность  $\rho$  натрия равна 970 кг/м<sup>3</sup>.  
Ответ:  $N \approx 1$ .
2. Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  электронов в металле при  $T=0$ К, если уровень Ферми  $\varepsilon_f = 5$ эВ.  
Ответ:  $v_{\max} = 1,32 \cdot 10^6$  м/с.

### 2. Коллоквиум

Список вопросов к коллоквиуму.

1. Волновой вектор и волновое число. Квантование волнового числа в кристалле.
2. Понятие обратной решётки. Зона Бриллюэна, её границы.
3. Понятия упругих колебаний и упругих волн в кристалле.
4. Понятие квантов упругих волн - фононов.
5. Понятие теплового расширения решётки.
6. Ангармонические колебания решётки.
7. Дисперсионные соотношения для фононов. Акустические и оптические ветви колебаний.
8. Дисперсионные фононные кривые. Где на них располагается участок звуковых волн, а где - участок стоячих волн.
9. Статистика фононов - Статистика Бозе-Эйнштейна. Её свойства.
10. Статистика Бозе-Эйнштейна. Отличие фононов от фермионов.
11. Понятие квазичастиц в кристалле. Для чего они нужны ? В чём их отличие от настоящих частиц ?
12. Теплоёмкость кристалла. Её составляющие.
13. Какая из составляющих теплоёмкости преобладает при низких, а какая при высоких температурах.
14. Теплоёмкость кристалла. Закон Дюлонга-Пти.

15. Теплоёмкость кристалла. Модель Дебая. Температура Дебая.
16. Теплоёмкость кристалла. Модель Эйнштейна.

### 3. Презентации

Список примерных тем презентаций.

1. История классической и квантовой теории электропроводности твёрдых тел.
2. Квазичастицы в твёрдых телах. Фононы, магноны.
3. Ферромагнетизм твёрдых тел. Теория и использование в практической деятельности.
4. Сверхпроводимость твёрдых тел. Теория и практика.
5. Перспективы и направления развития физики твёрдого тела.
6. Применение нейтронов для исследования твёрдых тел.
7. Использование рентгеновских лучей для исследования структуры твёрдых тел. Современные синхротроны.
8. Протон, нейтрон и электрон. Свойства, история открытия. Роль этих частиц в строении вещества.
9. Вклад Г.Флёрва в развитие ядерной физики.
10. История развития физики изотопов. Практическое применение.
11. Развитие нанотехнологий и наноматериалов.
12. Симметрия кристаллов. История, теория, практика.

### 4. Тесты

**T1.** Элементы кристаллографии

- 1) Оси какого порядка не м.б. в кристаллической решётке  
1. 2-го порядка 2. 5-го порядка\* 3. 6-го порядка 2. 4-го порядка
- 2) Какое свойство отсутствует у аморфных материалов  
1. однородность  
2. изотропность  
3. кристаллическая решётка\*

**T2.** Свойства твёрдых тел

- 1) Какие частицы являются носителями тока в полупроводнике  
1. Только электроны 2. Только дырки 3. Протоны 4. Электроны и дырки
- 2) Какой из перечисленных магнетиков обладает наибольшей магнитной проницаемостью  
1. Парамагнетик 2. Диамагнетик 3. Ферромагнетик 4. Суперпарамагнетик

### 5. Экзамен

Список вопросов к экзамену.

1. Виды твердых тел. Кристаллы. Аморфные тела. Наноматериалы.

2. Понятие кристаллической решетки. Трансляционная симметрия кристаллов. Точечные элементы симметрии кристаллов.
4. Понятие элементарной ячейки (ЭЯ). Простая ЭЯ и ЭЯ с базисом. Базисные вектора решетки. Ячейка Вигнера-Зейтца. Примеры ЭЯ. Решётки Бравэ.
5. Понятие обратной решетки. Волновой вектор  $k$ . Дискретность вектора  $k$ . Понятие Зоны Бриллюэна. Связь базисных векторов прямой и обратной решётки.
6. Причина образования и виды химической связи в кристаллах.
7. Зонная теория твердых тел. Структура зон в металлах, полупроводниках, диэлектриках.
8. Заполнение энергетических уровней зон твёрдых тел электронами. Понятие уровня Ферми  $W_F$ .
9. Фундаментальное понятие спина  $s$  электрона. Принцип Паули для фермионов. Его роль в образовании химической связи.
10. Понятие плотности электронных состояний по энергии  $g(W)$ . Выражение для  $g(W)$  в модели свободных электронов.
11. Ведущая роль плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми  $g(W_F)$  в определении физических свойств твёрдых тел.
12. Объяснение электропроводности металлов с точки зрения классической и квантовой физики. Вклад электронных состояний, лежащих вблизи уровня Ферми, в электропроводность металлов.
13. Зонная структура полупроводников. Понятие дырок в полупроводниках.
14. Электронно-дырочная проводимость полупроводников. Расположение уровня Ферми в собственных полупроводниках. Выражение для собственной электропроводности полупроводников.
15. Примесная проводимость полупроводников. Расположение уровня Ферми в примесных полупроводниках. Выражение для примесной электропроводности полупроводников.
16. Колебания кристаллической решетки твердых тел. Понятие фононов. Дисперсионные соотношения для фононов. Оптические и акустические ветви колебаний.
17. Понятие теплоёмкости твердых тел. закон Дюлонга и Пти. Вклад электронов и фононов в теплоёмкость твёрдых тел. Вклад.
18. Описание фононной составляющей теплоёмкости твёрдых тел. Модель Дебая.
19. Магнитные свойства твёрдых тел. Классы магнитных веществ.
20. Природа ферромагнетизма 3d элементов Fe, Co, Ni.

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Балльно-рейтинговая система позволяет преподавателю и студентам в непрерывном режиме вести учёт баллов, набранных в данный момент. Максимальное количество баллов, накапливаемых в течение семестра (текущий контроль) - 60; получаемых на зачёте или экзамене (промежуточный контроль) - 40; и в целом по результатам изучения семестрового курса физики - 100.

Распределение максимальных рейтинговых баллов текущего контроля по различным видам контроля в 4-м и 5-м учебных семестрах приведено в таблицах Табл. П2.1, Табл. П2.2.

Таблица П2.1 Значения рейтинговых баллов при текущем контроле в 4-м учебном семестре

Виды учебной деятельности	П	А	ДЗ1	ДЗ2	ДЗ3	Пр	Колл	ЛР1	ЛР2	ЛР3	ЛР4	T1	T2	Итого
Максимальное количество баллов	3	3	6	6	6	8	6	4	4	4	4	3	3	60

Обозначения в таблице: П - посещаемость, А – активность, ДЗ – домашнее задание, Колл - коллоквиум, ЛР – лабораторная работа, Т – аудиторное тестирование, Пр – презентация.

Таблица П2.2 Значения рейтинговых баллов при текущем контроле в 5-м учебном семестре

Виды учебной деятельности	П	А	ДЗ1	ДЗ2	ДЗ3	Пр	Колл	ЛР1	ЛР2	ЛР3	ЛР4	T1	T2	T3	Итого
Максимальное количество баллов	3	3	6	6	6	8	6	4	4	4	4	2	2	2	60

Максимальное количество баллов промежуточного контроля (40 баллов) складывается из правильного ответа на два теоретических вопроса (содержащихся в билете на экзамене или зачёте), каждый из которых оценивается в 20 баллов.

Полученные студентов баллы переводятся в 5-балльную систему по следующей шкале.

Таблица П2.3 Соответствие оценки по 5-балльной системе и оценки ECTS

Оценка по 5 балльной шкале	Зачет	Сумма баллов по дисциплине	Оценка (ECTS)	Градация
5 (отлично)	Зачтено	90-100	A	Отлично
4 (хорошо)		85-89	B	Очень хорошо
		75-84	C	Хорошо
		70-74	D	Удовлетворительно
		65-69	E	Посредственно
60-64				
2 (неудовлетворительно)	Не зачтено	Ниже 60	F	Неудовлетворительно