

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 31 » 08 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки **12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии**

Профиль/программа подготовки: **Лазерные и квантовые технологии**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Форма обучения: **очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	6/216	36	36	18	99	Экзамен (27 ч)
Итого	6/216	36	36	18	99	Экзамен (27 ч)

Владимир 2020

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Основы квантовой физики» является обеспечение будущего специалиста научной физической базой, на которой в высшей технической школе строится общеинженерная и специальная подготовка. Последовательное изучение физики вырабатывает специфический метод мышления, физическую интуицию, которые оказываются весьма плодотворными и в других науках. Специалисты, получившие широкое физико-математическое образование, могут самостоятельно осваивать новые технические направления, успешно работать в них, легко переходить от решения одних задач к другим, искать нестандартные и нетрадиционные пути, что особенно важно для профессиональной мобильности специалистов в условиях ускоренного развития техники.

Задачи:

- теоретическая подготовка в области физики, позволяющая будущим инженерам ориентироваться в потоке научной и технической информации и обеспечивающая им возможность использования новых физических принципов в тех областях, в которых они специализируются;
- формирование научного мышления, в частности правильного понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или математических методов исследования;
- выработка приемов и навыков решений конкретных задач из разных областей физики, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.
- ознакомление студентов с современной научной аппаратурой и выработка у них начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований различных физических явлений и оценки погрешностей измерений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы квантовой физики» относится к обязательным дисциплинам базовой части блока Б.1 основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в третьем семестре. В учебном плане присвоен номер Б1.О.09.

Для успешного освоения курса физики студентам необходимо знать следующие разделы высшей математики: Дифференциальное исчисление, Интегральное исчисление, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Ряды, Элементы векторного анализа, Функции комплексного переменного, Дифференциальные уравнения, Элементы теории вероятностей и математической статистики.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин учебного плана: «Основы квантовой электроники», «Квантовая механика и статистическая физика», «Лазерные измерения», «Лазерная техника», «Основы квантовых вычислений», «Микрооптика и фотоника».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения	Частичное освоение	Знает основные философские понятия и теории, связанные с описанием устройства окружающего мира, а также их связь с законами и принципами развития, формулируемыми общественно-гуманитарными, естественными и техническими науками. Умеет выделять базовые составляющие задачи; соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности; формулировать альтернативные подходы к решению задач в рамках выбранных видов

поставленных задач		профессиональной деятельности, в том числе на основе обобщения законов и методов различных наук, результатов из информационных источников. Владеет навыками использования индуктивного и дедуктивного подходов к решению задач.
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники	Частичное освоение	Знает фундаментальные законы природы и основные физические законы в области квантовой, атомной и ядерной физики; основные принципы разработки и производства элементов и устройств лазерной техники. Умеет применять физические законы для решения практических задач в области лазерной техники и лазерных технологий. Владеет навыками практического применения законов физики для моделирования лазерных установок, комплексов, систем и лазерных технологий.
ОПК-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учётом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений	Частичное освоение	Знает физические основы и принципы функционирования оптических квантовых генераторов; предельные условия при постановке физического эксперимента. Умеет работать на основных измерительных оптических приборах; составлять схемы для проведения экспериментальных исследований; обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований. Владеет навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Квантовая природа излучения	3	1-4	8	12	6	28	8 / 30,8,6%	-
2	Элементы квантовой механики и атомной физики	3	5-12	16	16	4	28	16 / 44,4%	Рейтинг-контроль №1

3	Элементы физики твердого тела	3	13-16	8	8	6	26	8 / 36,4%	Рейтинг-контроль №2
4	Элементы физики ядра и элементарных частиц	3	17-18	4	-	2	17	4 / 66,7%	Рейтинг-контроль №3
Наличие в дисциплине КП/КР		Нет							
Итого по дисциплине		3	18	36	36	18	99	36 / 40%	Экзамен (27 ч)

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Квантовая природа излучения

Тема 1. Тепловое излучение.

Содержание темы: Равновесное излучение. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Формула Рэлея - Джинса. «Ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза Планка о квантовом характере излучения. Формула Планка.

Тема 2. Квантовая природа света.

Содержание темы: Внешний фотоэффект. Основные законы фотоэффекта. Фотоны. Энергия, импульс, масса фотона. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Опыты Лебедева. Давление света. Эффект Комптона.

#### Раздел 2. Элементы квантовой механики и атомной физики

Тема 1. Строение атома. Теория Бора.

Содержание темы: Опыт Резерфорда по рассеянию  $\alpha$  – частиц веществом. Ядерная модель атома Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Теория водородоподобного атома Бора. Опыт Франка и Герца.

Тема 2. Элементы квантовой механики.

Содержание темы: Гипотеза де Бройля. Экспериментальное подтверждение волновых свойств микрочастиц. Границы применимости классической механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее статистический смысл. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Решение уравнения Шредингера для частицы в «потенциальной яме». Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект. Линейный гармонический осциллятор.

Тема 3. Современные представления о строении атомов.

Содержание темы: Уравнение Шредингера для водородоподобного атома. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа. Спектр атома водорода. Правило отбора. Орбитальный момент импульса электрона. Орбитальный магнитный момент электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Спиновое квантовое число. Собственный магнитный момент электрона. Магнитное спиновое квантовое число. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Менделеева.

Тема 4. Основы физики лазеров.

Содержание темы: Поглощение, спонтанное и индуцированное излучение света. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические квантовые генераторы.

#### Раздел 3. Элементы физики твердого тела

Тема 1. Теория теплоемкости и электропроводности твердых тел.

Содержание темы: Принцип тождественности частиц. Бозоны и фермионы. Понятие о квантовых статистиках Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна. Квантовая теория теплоемкости Дебая. Фононы. Распределение электронов проводимости в металле по энергиям. Электронный газ. Энергия Ферми. Уровень Ферми. Сверхпроводимость.

Тема 2. Зонная теория твердых тел.

Содержание темы: Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Контакт двух полупроводников различных типов (p-n - переход). Полупроводниковые диоды. Действие света на полупроводники.

#### Раздел 4. Элементы физики ядра и элементарных частиц

Тема 1 Атомное ядро. Элементарные частицы.

Содержание темы: Состав ядра: протоны и нейтроны. Основные характеристики нуклонов и ядер. Изотопы. Модели ядер. Понятие о ядерных силах. Дефект масс и энергия связи в ядре. Средняя энергия нуклонов и ее зависимость от массового числа. Неустойчивость тяжелых ядер по отношению к некоторым типам распада. Классификация элементарных частиц. Взаимопревращения элементарных частиц. Радиоактивность. Ядерные реакции.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

#### **Раздел 1. Квантовая природа излучения**

Тема 1. Тепловое излучение.

Содержание практических занятий: практическое занятие 1 «Тепловое излучение».

Тема 2. Квантовая природа света.

Содержание практических занятий: практическое занятие 2 «Фотоны. Давление света»; практическое занятие 3 «Фотоэффект. Эффект Комптона».

#### **Раздел 2. Элементы квантовой механики и атомной физики**

Тема 1. Строение атома. Теория Бора.

Содержание практических занятий: практическое занятие 4 «Атом водорода по теории Бора».

Тема 2. Элементы квантовой механики.

Содержание практических занятий: практическое занятие 5 «Волновые свойства микрочастиц»; практическое занятие 6 «Уравнение Шредингера».

Тема 3. Современные представления о строении атомов.

Содержание практических занятий: практическое занятие 7 «Строение атома».

#### **Раздел 3. Элементы физики твердого тела**

Тема 1. Теория теплоемкости и электропроводности твердых тел.

Содержание практических занятий: практическое занятие 8 «Тепловые свойства твердых тел. Фононы»; практическое занятие 9 «Электрические и магнитные свойства твердых тел».

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

#### **Раздел 1. Квантовая природа излучения**

Тема 1. Тепловое излучение.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 1 «Определение постоянной Стефана - Больцмана».

Тема 2. Квантовая природа света.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 2 «Изучение внешнего фотоэффекта и вакуумных фотоэлементов»; лабораторная работа 3 «Эффект Комптона».

#### **Раздел 2. Элементы квантовой механики и атомной физики**

Тема 1. Строение атома. Теория Бора.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 4 «Определение резонансного потенциала возбуждения атома методом Франка – Герца»; лабораторная работа 5 «Спектр излучения атомарного водорода».

#### **Раздел 3. Элементы физики твердого тела**

Тема 2. Зонная теория твердых тел.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 6 «Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников»; лабораторная работа 7 «Изучение вольт-амперных характеристик термочувствительных сопротивлений»; лабораторная работа 8 «Изучение вольтамперных характеристик фотосопротивления»; лабораторная работа 9 «Изучение свойств электронно-дырочного перехода».

#### **Раздел 4. Элементы физики ядра и элементарных частиц**

Тема 1 Атомное ядро. Элементарные частицы.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 10 «Изучение счетчика Гейгера – Мюллера».

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Основы квантовой физики» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на лекционных занятиях принципов расчета задач по различным темам);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Задания к рейтинг-контролю №1

1. Температура абсолютно черного тела  $T = 6000$  К. Если температуру тела уменьшить в 2 раза, то энергетическая светимость абсолютно черного тела

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) увеличится в 16 раз
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 16 раз

2. Если длина волны, соответствующая максимуму излучения уменьшилась в 4 раза, то температура абсолютно черного тела

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) уменьшилась в 4 раза
- 3) увеличилась в 4 раза
- 4) уменьшилась в 2 раза

3. Если зачерненную пластинку, на которую падает свет, заменить на зеркальную той же площади, то световое давление

- 1) останется неизменным
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза

4. Электрон в атоме переходит из возбужденного состояния с энергией  $E_1$  в основное состояние с энергией  $E_0$ . При этом испускается фотон. Масса испущенного фотона равна

- 1)  $\frac{E_1 - E_0}{c^2}$     2)  $\frac{E_0 - E_1}{c^2}$     3)  $\frac{E_1 - E_0}{hc}$     4)  $\frac{E_0 - E_1}{hc}$     5)  $\frac{E_1 + E_0}{c}$

5. Частота падающего на фотоэлемент излучения уменьшается вдвое. Во сколько раз нужно изменить задерживающее напряжение, если работой выхода электрона из материала фотоэлемента можно пренебречь?

- 1) увеличить в 2 раза
- 2) уменьшить в 2 раза

- 3) увеличить в  $\sqrt{2}$  раз
- 4) уменьшить в  $\sqrt{2}$  раз
- 5) оставить без изменений

6. При замене одного металла другим длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, уменьшается. Работа выхода для второго металла по сравнению с работой выхода для первого

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

7. Опыты Столетова по исследованию взаимодействия излучения с металлами:

- 1) позволили определить размеры ядра
- 2) подтвердили квантовую природу излучения
- 3) подтвердили наличие волновых свойств у электронов
- 4) подтвердили гипотезу о дискретном спектре энергии электронов в атомах

8. В эффекте Комптона фотон

- 1) выбивает электрон с поверхности вещества
- 2) передает электрону часть энергии при упругом столкновении
- 3) передает электрону часть энергии при неупругом столкновении

9. Опыты Франка и Герца по исследованию электрического разряда в парах ртути:

- 1) позволили определить размеры ядра
- 2) подтвердили квантовую природу излучения
- 3) подтвердили наличие волновых свойств у электронов
- 4) подтвердили гипотезу о дискретном спектре энергии электронов в атомах

10. Нарисуйте стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора. Условно изобразите переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Какой переход соответствует наибольшей частоте кванта в видимой области спектра?

### Задания к рейтинг-контролю №2

1. Стационарным уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение

$$1) \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

$$2) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0$$

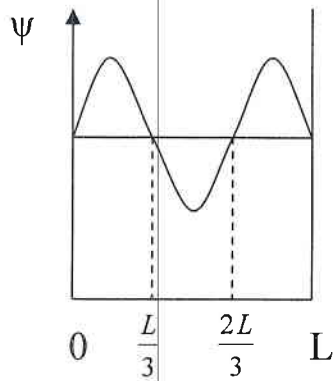
$$3) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0$$

$$4) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

2. Если  $\psi$  – функция имеет вид, указанный на рисунке, то вероятность обнаружить

электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$  равна





- 1)  $\frac{2}{3}$
- 2)  $\frac{1}{2}$
- 3)  $\frac{5}{6}$
- 4)  $\frac{1}{3}$

3. В каком случае энергетический спектр электрона сплошной?

- 1) электрон в потенциальной яме шириной  $10^{-10}$  м
- 2) электрон в атоме
- 3) электрон в молекуле водорода
- 4) свободный электрон

4. Максимальное значение проекции момента импульса электрона, находящегося в  $f$ -состоянии, на направление внешнего магнитного поля равно

- 1)  $\hbar$
- 2)  $2\hbar$
- 3)  $3\hbar$
- 4)  $4\hbar$

5. Сколько различных состояний может иметь электрон с главным квантовым числом  $n = 4$ ?

- 1) 15
- 2) 48
- 3) 32
- 4) 54

6. Определить атом, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M – слои и в N – слое расположены 7 электронов.

- 1) Cl
- 2) Ge
- 3) Br
- 4) Ti

7. Среда называется активной, если она

- 1) полностью поглощает падающее на нее излучение
- 2) полностью рассеивает падающее на нее излучение
- 3) усиливает падающее на нее излучение

8. Система накачки лазера позволяет

- 1) создать инверсную населенность в активной среде
- 2) вызвать вынужденное излучение фотонов



3) обеспечить высокую когерентность лазерного излучения

9. Рассмотрим два квантовых состояния, в которых находится система атомов, с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_2 > E_1$ . Система будет находиться в состоянии с инверсной населенностью, если число атомов  $N_1$  с энергией  $E_1$  будет

- 1) равно числу атомов  $N_2$  с энергией  $E_2$ ;
- 2) меньше, чем  $N_2$ ;
- 3) больше, чем  $N_2$ .

10. Принцип Паули справедлив

- 1) для всех тождественных частиц квантовомеханической системы
- 2) для системы тождественных бозонов
- 3) для системы тождественных фермионов

### Задания к рейтинг-контролю №3

1. Для нуклонов верными являются следующие утверждения

- 1) протон обладает зарядом, равным  $e^+$
- 2) спин нейтрона меньше спина протона
- 3) массы нуклонов практически одинаковы

2. Чем меньше энергия связи ядра, тем

- 1) больше у него дефект масс
- 2) меньшую работу нужно совершить, чтобы разделить это ядро на отдельные нуклоны
- 3) больше энергии выделится при распаде этого ядра на отдельные нуклоны
- 4) меньше его энергия покоя
- 5) меньше энергии выделится в реакции термоядерного синтеза этого ядра с другими ядрами

3. При  $\alpha$ -распаде

- 1) заряд ядра не изменится, масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.
- 2) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.
- 3) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса ядра не меняется
- 4) заряд ядра уменьшается на  $4e$ , масса ядра уменьшается на 2 а.е.м.

4. Какая доля радиоактивных атомов останется не распавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 50%
- 2) 67%
- 3) 33%
- 4) 75%
- 5) 25%

5. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ - распадов должно произойти, чтобы нестабильный изотоп америция

${}_{95}^{241}\text{Am}$  превратился в стабильный изотоп висмута  ${}_{83}^{209}\text{Bi}$  ?

- 1) 8  $\alpha$  и 4  $\beta$
- 2) 9  $\alpha$  и 3  $\beta$
- 3) 6  $\alpha$  и 5  $\beta$
- 4) 7  $\alpha$  и 3  $\beta$

6. Ядро азота  ${}_{7}^{14}\text{N}$  захватило  $\alpha$ -частицу  $\left({}_{2}^{4}\text{He}\right)$  и испустило протон. Ядро какого элемента образовалось?

- 1)  ${}_{9}^{17}\text{F}$

- 2)  ${}^8_{17}O$   
 3)  ${}^9_{16}F$   
 4)  ${}^8_{16}O$   
 5)  ${}^7_{17}N$

7. Ядро бериллия  ${}^9_4Be$ , поглотив дейтрон  ${}^2_1H$ , превращается в ядро бора  ${}^{10}_5B$ . Какая частица при этом выбрасывается?

- 1) p  
 2) n  
 3)  $\alpha$   
 4)  $e^-$   
 5) испускается  $\gamma$ -квант

8. Реакция  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$  не может идти из-за нарушения закона сохранения

- 1) спинового момента импульса  
 2) лептонного заряда  
 3) электрического заряда

9. Законом сохранения электрического заряда запрещена реакция

- 1)  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$   
 2)  $n + \bar{p} \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$   
 3)  $n + \nu_e \rightarrow p + e^+$   
 4)  $\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$

10. Из приведенных схем взаимопревращений частиц аннигиляции соответствует

- 1)  $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$   
 2)  $p \rightarrow n + e^- + \nu_e$   
 3)  $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$   
 4)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$

### Вопросы к экзамену

1. Тепловое излучение. Равновесное излучение. Характеристики теплового излучения.
2. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана и закон Вина.
3. Распределение энергии в спектре абсолютно черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
4. Квантовая гипотеза и формула Планка
5. Внешний фотоэлектрический эффект и его законы. Фотоны.
6. Эффект Комптона и его теория.
7. Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Атом водорода.
8. Гипотеза де Бройля. Экспериментальное подтверждение волновых свойств микрочастиц.
9. Соотношение неопределенностей.
10. Волновая функция, ее свойства и статистический смысл.
11. Нестационарное уравнение Шредингера.

12. Стационарное уравнение Шредингера.
13. Частица в потенциальной яме.
14. Прохождение частицы через потенциальный барьер.
15. Квантовый гармонический осциллятор.
16. Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа.
17. Квантование энергии электрона в атоме водорода. Спектр атома водорода. Правило отбора.
18. Орбитальный и магнитный момент электрона.
19. Собственный механический момент импульса электрона (спин). Спиновый магнитный момент электрона. Спиновое и магнитное квантовые числа. Опыт Штерна и Герлаха.
20. Принцип запрета Паули. Периодическая система элементов Менделеева.
21. Поглощение, спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
22. Лазеры. Принцип действия лазеров.
23. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти.
24. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна.
25. Теория теплоемкости Дебая. Фононы.
26. Бозоны и фермионы. Понятие о квантовых статистиках Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
27. Энергетические зоны в кристаллах.
28. Распределение электронов по энергетическим зонам. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики.
29. Собственная и примесная проводимости полупроводников.
30. Электропроводность твердых тел. Температурная зависимость электропроводности металлов и полупроводников. Уровень Ферми.
31. P-n переход. Полупроводниковые диоды.
32. Характеристики атомного ядра. Модели атомного ядра. Масса и энергия связи ядра.
33. Законы радиоактивного распада. Альфа-, бета- и гамма-излучение.
34. Ядерные реакции и законы сохранения. Реакция деления ядер. Цепная реакция деления.
35. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций.
36. Виды взаимодействий и классификация элементарных частиц.
37. Методы регистрации элементарных частиц. Космические лучи.
38. Частицы и античастицы. Нейтрино. Кварки.

### **Самостоятельная работа**

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.

2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, на экзамене.

### **Вопросы для контроля самостоятельной работы**

1. Какое излучение называется тепловым, и чем оно отличается от других (перечислите каких) видов излучения?
2. Дайте определения основных характеристик теплового излучения. Какое тело называется абсолютно черным?
3. Сформулируйте закон Кирхгофа.
4. Какой вид имеет распределение энергии в спектре абсолютно черного тела? Нарисуйте кривые распределения в зависимости от длины (или частоты) волны для двух температур ( $T_2 > T_1$ ).
5. Сформулируйте законы Стефана – Больцмана и смещения Вина.
6. Запишите формулу Рэлея - Джинса и поясните суть "ультрафиолетовой катастрофы".
7. Запишите формулу Планка и поясните суть его квантовой гипотезы.
8. Какое из тел, черное или нечерное, имеет выше температуру, если их яркости одинаковы?

9. В чем состоит явление, называемое фотоэффектом.
  10. Сформулируйте законы фотоэффекта. В чем эти законы противоречат представлениям классической физики?
  11. Как качественно, следуя волновой картине излучения, объяснить фотоэффект?
  12. Объясните законы фотоэффекта, исходя из формулы Эйнштейна.
  13. Что такое красная граница фотоэффекта. Чем определяется числовое значение граничной частоты? Что влияет на положение красной границы фотоэффекта?
  14. Что такое фотоэлемент и какова его вольтамперная характеристика?
  15. Почему была отвергнута модель атома Томпсона?
  16. В чём противоречия предложенной Резерфордом планетарной модели атома?
  17. В чем сущность теории атома, предложенной Бором? Сформулируйте постулаты Бора. Каковы недостатки теории Бора?
  18. Спектры атомов. Спектральные серии атома водорода.
  19. Какие типы соударений возможны между электронами, ускоряемыми электрическим полем, и атомами?
  20. В чём заключается опыт Франка и Герца, и какие основные выводы можно сделать на основании опыта?
  21. Какие квантовые числа описывают состояние микрочастицы?
  22. Чем определяется электронное состояние изолированного атома?
  23. Объясните процесс образования энергетических зон в твердом теле.
  24. От чего зависят ширина разрешенной зоны и число уровней в ней?
  25. Какова зонная структура проводника, полупроводника и изолятора?
  26. Объясните механизм собственной и примесной проводимости полупроводников.
  27. Каков физический смысл понятия уровня Ферми?
  28. Чем объясняется различие температурной зависимости электропроводности у металлов и полупроводников?
  29. Объясните зависимость положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках от температуры.
  30. Объясните физические процессы, происходящие при образовании р-п перехода.
  31. Нарисуйте энергетические зоны в области р-п перехода и объясните, в чем состоит действие внешнего электрического поля на р-п переход.
  32. Что называется радиоактивностью? Какие процессы относятся к числу радиоактивных?
  33. На чем основан принцип регистрации и измерения радиоактивного излучения? Какие приборы применяются для этих целей?
  34. Объясните устройство и принцип действия счетчика Гейгера.
  35. Опишите процессы, происходящие в газоразрядных счетчиках.
  36. Перечислите физические процессы, происходящие при взаимодействии  $\beta$ -излучения с веществом.
  37. В чем заключаются процессы упругого рассеяния электронов ядрами, электронов на электронах?
  38. Чем обусловлены потери энергии частицы при прохождении через поглощающую среду?
  39. Что происходит при прохождении электрона через поглотитель?
  40. Каковы особенности прохождения через поглотитель моноэнергетических  $\beta$ -частиц и  $\beta$ -излучения, имеющего непрерывный энергетический спектр?
- Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ		
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ	
	1	2	3	4

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Лекции по физике. Квантовая и ядерная физика [Электронный ресурс] / А. Ф. Галкин, Н. С. Прокошева; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). - Электронные текстовые данные (1 файл: 1,43 Мб). - Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2016. - 87 с.: ил., табл. - Заглавие с титула экрана. - Электронная версия печатной публикации. - Библиогр.: с. 85. - ISBN 978-5-9984-0654-6 .	2016	-	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4747/1/01522.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4747/1/01522.pdf</a>
2. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Геометрическая и волновая оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Основы физики элементарных частиц : учебное пособие / С. И. Кузнецов. - Томск: Томский политехнический университет, 2015. - 302 с. - ISBN 978-5-4387-0428-7.	2015	-	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/34672">http://www.iprbooks.hop.ru/34672</a> .
2.Ташлыкова-Бушкевич И.И. Физика. Часть 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества [Электронный ресурс]: учебник / Ташлыкова-Бушкевич И.И. - Электрон.текстовые данные. - Минск: Высшая школа.	2014	-	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/35563">http://www.iprbooks.hop.ru/35563</a> .
Дополнительная литература			
1. Евсина Е.М. Оптика. Основы квантовой и ядерной физики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для лабораторных работ по физике/ Евсина Е.М., Соболева В.В. - Электрон.текстовые данные. - Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ	2011	-	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/17059">http://www.iprbooks.hop.ru/17059</a>
2.Физика атомов и молекул. Ядерная физика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам по физике / С. В. Жаренова, Н. С. Прокошева, Е. Л. Шаманская ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра физики и прикладной математики ; под ред. Е. Л. Шаманская. - Электронные текстовые данные (1 файл: 431 Кб). - Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ)	2010	236	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2065/3/00706.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2065/3/00706.pdf</a>
3.Физика твёрдого тела [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по физике / С. В. Жаренова, Н. С. Прокошева, Е. Л. Шаманская ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра физики и прикладной математики ; под ред. С. В. Жаренова. - Электронные текстовые данные (1 файл: 356 Кб). - Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ)	2010	239	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2088/3/00703.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2088/3/00703.pdf</a>

**7.2. Периодические издания** Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qe/archive>.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий. Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены установками для выполнения лабораторных работ:

- 1 «Определение постоянной Стефана-Больцмана»;
- 2 «Изучение внешнего фотоэффекта»;
- 3 «Эффект Комптона»;

- 4 «Определение резонансного потенциала возбуждения атома методом Франка – Герц»;
- 5 «Спектр излучения атомарного водорода»;
- 6 «Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников»;
- 7 «Изучение вольт-амперных характеристик термочувствительных сопротивлений»;
- 8 «Изучение вольтамперных характеристик фотосопротивления»;
- 9 «Изучение свойств электронно-дырочного перехода»;
- 10 «Изучение счетчика Гейгера – Мюллера».

Практические/лабораторные работы проводятся в учебных лабораториях 430-3, 431-3.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением

Рабочую программу составил старший преподаватель каф. ФиПМ Жирнова С.В.

Рецензент

(представитель работодателя) \_\_\_ Ген. директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 31.08.2020 года

Заведующий кафедрой: Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол № 1 от 31.08.2020 года

Председатель комиссии: Аракелян С.М.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_