

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

\_\_\_\_\_ К.С. Хорьков

« 30 » 08 \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ»**

**направление подготовки / специальность**

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

**направленность (профиль) подготовки**

Лазерные и квантовые технологии

г. Владимир

2021

## 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

Дисциплина «Основы квантовой физики» относится к обязательным дисциплинам учебного плана.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает: • принципы сбора, отбора и обобщения информации; • 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: • соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности; • формулировать альтернативные подходы к решению задач в рамках выбранных видов профессиональной деятельности, в том числе на основе обобщения законов и методов различных наук, результатов из информационных	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

		источников. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками;</li> <li>• методами принятия решений.</li> </ul>	
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	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общинженерных дисциплин, основные принципы разработки и производства элементов и устройств лазерной техники, основную номенклатуру лазерной техники, особенности ее конструкции, технологии производства, а также условия и методы их эксплуатации. ОПК-1.2. Умеет применять естественнонаучные и инженерные знания для проектирования, конструирования и производства лазерной техники. ОПК-1.3. Владеет методами расчетов и проектирования, а также компьютерными системами, используемыми при моделировании и проектировании лазерных установок, комплексов, систем и лазерных технологий.	Знает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• фундаментальные законы природы и основные физические законы в области квантовой, атомной и ядерной физики;</li> <li>• основные принципы разработки и производства элементов и устройств лазерной техники.</li> </ul> Умеет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять физические законы для решения практических задач в области лазерной техники и лазерных технологий.</li> </ul> Владеет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками практического применения законов физики для моделирования лазерных установок, комплексов, систем и лазерных технологий.</li> </ul>	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.
ОПК-3. Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учётом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений	ОПК-3.1. Знает физические основы и принципы функционирования оптических квантовых генераторов, методы и средства лазерных измерений, принципы организации и проведения экспериментальных исследований. ОПК-3.2. Умеет проводить расчет лазерных резонаторов, систем фокусировки и согласования лазерного излучения, оценивать параметры выходного излучения, использовать лазерные контрольно-измерительные приборы для решения задач лазерной техники и лазерных технологий, анализировать функциональные и принципиальные схемы оптических контрольно-измерительных устройств, работать на основных измерительных оптических приборах, составлять схемы для проведения экспериментальных исследований, обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований. ОПК-3.3. Владеет навыками работы со средствами лазерных измерений, типовыми методиками выполнения лазерных измерений, обработки данных наблюдений и оценки погрешностей, методами и средствами измерения, поверки и контроля с использованием информационных систем.	Знает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• физические основы и принципы функционирования оптических квантовых генераторов;</li> <li>• предельные условия при постановке физического эксперимента.</li> </ul> Умеет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• работать на основных измерительных оптических приборах;</li> <li>• составлять схемы для проведения экспериментальных исследований;</li> <li>• обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований.</li> </ul> Владеет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей.</li> </ul>	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

**Тематический план**  
форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Квантовая природа излучения	3	1-4	8	12	6	–	19	
2	Элементы квантовой механики и атомной физики	3	5-12	16	16	4	–	19	рейтинг-контроль №1
3	Элементы физики твердого тела	3	13-16	8	8	6	–	17	рейтинг-контроль №2
4	Элементы физики ядра и элементарных частиц	3	17-18	4	-	2	–	8	рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр:		–	–	36	36	18	–	63	экзамен (27 ч)
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	36	36	18	–	63	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. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

#### 5.1. Текущий контроль успеваемости

##### Примерный перечень вопросов 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

$\frac{E_1 - E_0}{c^2}$  ; 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?

### Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

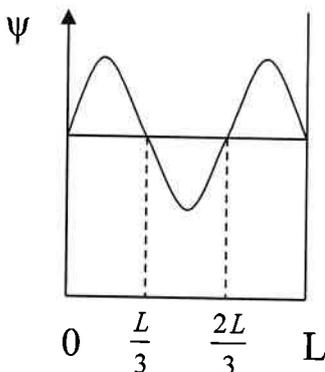
1) Стационарным уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение

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

$$3) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0 \quad ; \quad 4) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0 .$$

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.

### Примерный перечень вопросов 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  ${}^{241}_{95}\text{Am}$  превратился в стабильный изотоп висмута  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ ?
      - 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  ${}^{14}_7\text{N}$  захватило  $\alpha$ -частицу  $({}^4_2\text{He})$  и испустило протон. Ядро какого элемента образовалось?
    - 1)  ${}^{17}_9\text{F}$ ; 2)  ${}^{17}_8\text{O}$ ; 3)  ${}^{16}_9\text{F}$ ; 4)  ${}^{16}_8\text{O}$ ; 5)  ${}^{17}_7\text{N}$ .
  - 7) Ядро бериллия  ${}^9_4\text{Be}$ , поглотив дейтрон  ${}^2_1\text{H}$ , превращается в ядро бора  ${}^{10}_5\text{B}$ . 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)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$

### 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен.

#### Примерный перечень вопросов

- 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 спиновое 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.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Основы квантовой физики» включает в себя следующие виды деятельности:

- 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 самостоятельной работы студентов

- 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 p-n перехода.
- 31) Нарисуйте энергетические зоны в области p-n перехода и объясните, в чем состоит действие внешнего электрического поля на p-n 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 материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Мартинсон Л.К. Квантовая физика: учебное пособие / Мартинсон Л. К., Смирнов Е.В.. - Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2021. - 528 с. - ISBN 978-5-7038-5562-1. - Текст: электронный.	2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/115606.html">https://www.iprbookshop.ru/115606.html</a>
2. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / Иродов И.Е.. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 259 с. - ISBN 978-5-93208-517-2. - Текст: электронный.	2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/105767.html">https://www.iprbookshop.ru/105767.html</a>
3. Гольдин Л.Л. Квантовая физика. Вводный курс: учебное пособие / Л. Л. Гольдин, Г. И. Новикова. - 3-е изд. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2019. - 480 с. - ISBN 978-5-91559-268-0. - Текст: электронный.	2019	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1117881">https://znanium.com/catalog/product/1117881</a>
4. Паршаков А.Н. Квантовая физика для инженеров: учебное пособие / Паршаков А.Н.. - Саратов: Вузовское образование, 2019. - 404 с. - ISBN 978-5-4487-0531-1. - Текст: электронный.	2019	<a href="https://www.iprbookshop.ru/86463.html">https://www.iprbookshop.ru/86463.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Костина Т.К. Введение в квантовую физику: учебное пособие / Костина Т.К., Гушин В.С., Вандышева И.В.. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. - 252 с. - ISBN 978-5-7996-2357-9. - Текст: электронный.	2018	<a href="https://www.iprbookshop.ru/106350.html">https://www.iprbookshop.ru/106350.html</a>
2. Волков А.Г. Курс физики. Квантовая физика: учебное пособие / Волков А.Г., Повзнер А.А.. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2017. - 155 с. - ISBN 978-5-321-02527-7. - Текст: электронный.	2017	<a href="https://www.iprbookshop.ru/106401.html">https://www.iprbookshop.ru/106401.html</a>
3. 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>
4. Сарина М.П. Квантовая физика: учебное пособие / Сарина М.П.. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. - 131 с. - ISBN 978-5-7782-2896-2. - Текст: электронный.	2016	<a href="https://www.iprbookshop.ru/91369.html">https://www.iprbookshop.ru/91369.html</a>

### 6.2. Периодические издания

- 1) Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qa/archive>.
- 2) Научно-технический журнал «Фотоника». Режим доступа: <http://www.photonics.su>.

## 7. 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.

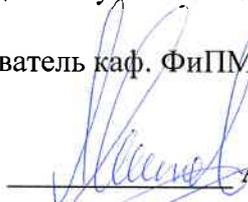
Аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены установками для выполнения лабораторных работ: 1 «Определение постоянной Стефана-Больцмана»; 2 «Изучение внешнего фотоэффекта»; 3 «Эффект Комптона»; 4 «Определение резонансного потенциала возбуждения атома методом Франка – Герц»; 5 «Спектр излучения 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.

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

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

 А.В. Осипов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики  
Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии  
Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_