

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики

Кафедра «Общая физика»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н. В. Лобов

«16» _____ 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Квантовая физика»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика»

Профиль программы бакалавриата

Волоконная оптика

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Общая физика

Форма обучения:

очная

Курс: 2.

Семестр: 4

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану:

6 ЗЕ

- часов по рабочему учебному плану:

216 ч

Виды контроля:

Экзамен: - 4 семестр

зачёт: -

Курсовой проект: Курсовая работа: - 4 семестр

-

Пермь

2016

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины «Квантовая физика» состоит в том, чтобы сформировать у студентов представление об основных законах физики микромира, которые являются естественно-научным базисом подготовки бакалавров по направлению «Фотоника и оптоинформатика», об особенностях математического описания микросистем.

Наибольшее внимание уделяется основам квантовой физики: корпускулярно-волновому дуализму, квантованию физических величин, описывающих микромир.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций по направлениям подготовки ВО:

– способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат (ОПК-3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

В результате изучения дисциплины обучающийся должен (проектируемые результаты освоения дисциплины)

знать:

- законы квантовой физики, принципы описания микромира;
- базовые методы расчета и характеристики квантовых систем;
- основные законы излучения электромагнитных волн атомами и молекулами и взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами;

уметь:

- давать формализованное описание (строить математические модели) микросистем;
- рассчитывать характеристики микросистем;
- применять законы квантовой физики, математические методы и вычислительную технику для решения практических задач, при создании новой техники и новых технологий;

владеть:

- принципами, методами и алгоритмами планирования эксперимента с квантовыми системами;
- принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- методы описания микромира и физических процессов в микромире;
- физика атомных явлений;
- квантовые явления в атомах, молекулах и твердых телах;
- процессы взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Квантовая физика» относится к вариативной части блока 1 и является обязательной при освоении ОПОП по профилю программы бакалавриата «Волоконная оптика» направления ВО 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика».

В ходе изучения дисциплины обучающийся должен расширить и углубить освоение частей указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

знать:

- законы квантовой физики, принципы описания микромира;
- базовые методы расчета и характеристики квантовых систем;
- основные законы излучения электромагнитных волн атомами и молекулами и взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами;

уметь:

- давать формализованное описание (строить математические модели) микросистем;
- рассчитывать характеристики микросистем;
- применять законы квантовой физики, математические методы и вычислительную технику для решения практических задач, при создании новой техники и новых технологий;

владеть:

- принципами, методами и алгоритмами планирования эксперимента с квантовыми системами
- принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ОПК-3	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат	математика, физика, специальные разделы математики 1, специальные разделы математики 2, специальные разделы математики 3	вычислительная математика, теоретические основы интегральной и волоконной оптики, научно-исследовательская работа студентов

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ОПК-3.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

Код ОПК-3	Формулировка компетенции: способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат
Код ОПК-3. Б1.В.04	Формулировка дисциплинарной части компетенции: способность выявлять естественнонаучную сущность проблем квантовой физики, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат

Требования к компонентному составу части компетенции

Код	Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
	В результате освоения компетенции студент		
ОПК-3-з	Знает: – законы квантовой физики, принципы описания микромира; – базовые методы расчета и характеристики квантовых систем; – основные законы излучения электромагнитных волн атомами и мо-	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Текущее и рубежное тестирование. Экзамен.

	лекулами и взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами;		
ОПК-3-у	Умеет: – давать формализованное описание (строить математические модели) микросистем; – рассчитывать характеристики микросистем; – применять законы квантовой физики, математические методы и вычислительную технику для решения практических задач, при создании новой техники и новых технологий;	Самостоятельная работа по подготовке к выполнению лабораторных работ. Выполнение индивидуальных заданий. Выполнение курсовой работы.	Защита лабораторных работ. Защита решений индивидуальных заданий. Контрольная работа. Защита курсовой работы.
ОПК-3-в	Владеет: – принципами, методами и алгоритмами планирования эксперимента с квантовыми системами; – принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач	Самостоятельная работа по подготовке к выполнению лабораторных работ. Выполнение индивидуальных заданий. Выполнение курсовой работы.	Защита лабораторных работ. Защита решений индивидуальных заданий. Защита курсовой работы.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 6 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость	
		4 семестр	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа (контактная работа)	72	72
	-в том числе в интерактивной форме	32	32
	- лекции (Л)	32	32
	-в том числе в интерактивной форме	14	14
	- лабораторные работы (ЛР)	18	18
	-в том числе в интерактивной форме	0	0
	- практические занятия (П)	18	18
	-в том числе в интерактивной форме	18	18
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108

	- изучение теоретического материала	36	36
	- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (ЗЛР)	12	12
	- выполнение индивидуальных заданий (ИЗ)	24	24
	- курсовая работа	36	36
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен	36	36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	216 6	216 6

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного модуля	Номер раздела дисци- плины	Номер темы дисци- плины	Количество часов (очная форма обучения) и виды занятий							Трудо- ём- кость, ч./ 3Е
			аудиторная работа					Итоговый контроль	СРС	
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	1	1	-	-			-	1
		1	9	3	2	4			7	16
		2	5	3	2	-			8	13
		3	5	3	2	-			8	13
	Всего по модулю:		20	10	6	4			23	43
2	2	4	9	5	4	-			12	21
		5	11	5	4	-	2		12	23
	Всего по модулю:		20	10	8	-	2		24	44
3	3	6	4	3	1	-			5	9
		7	6	3	1	2			6	12
		8	6	3	1	2			6	12
		9	16	3	1	10	2		8	24
	Всего по модулю:		32	12	4	14	2		25	57
Курсовая работа									36	36
Промежуточная аттестация			-	-	-	-	-	36	-	36
Итого:			72	32	18	18	4	36	108	<u>216</u> 6 3Е

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Физические основы квантовой теории.

Раздел 1. Физические основы квантовой теории.

Л – 10 ч., ПЗ – 6 ч., ЛР – 4 ч., СРС – 23 ч.

Введение. Предмет, цели и задачи курса.

Тема 1. Квантование физических величин, описывающих микромир.
Классические модели атома. Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Неустойчивость атома в классических моделях. Постулаты Бора. Идея квантования.

Радиусы орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах. Спектр атома водорода. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. Опыты Франка-Герца.

Тема 2. Волновые свойства частиц.
Гипотеза Де Бройля. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция микрочастиц. Применение микрочастиц для исследования структуры вещества. Соотношение неопределенностей. Устойчивость атома с точки зрения соотношения неопределенностей. Соотношение неопределенностей для энергии. Естественная ширина энергетических уровней.

Тема 3. Уравнение Шредингера.
Волновая функция. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Операторы. Собственные функции и собственные значения операторов. Средние значения физических величин. Уравнение Шредингера, зависящее от времени. Дифференцирование операторов по времени. Плотность потока вероятности.

Модуль 2. Простейшие случаи применения уравнения Шредингера.

Раздел 2. Простейшие случаи применения уравнения Шредингера.

Л – 10 ч., ПЗ – 8 ч., КСР – 2 ч., СРС – 24 ч.

Тема 4. Частица в потенциальной яме.
Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Частица в потенциальном ящике (прямоугольном, сферическом) с непроницаемыми стенками. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с одной непроницаемой стенкой. Частица в прямоугольной потенциальной яме с проницаемыми стенками.

Тема 5. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект.
Туннельный эффект. Потенциальный барьер прямоугольной формы. Коэффициенты отражения и пропускания. Приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. Объяснение радиоактивного α -распада. Холодная эмиссия электронов из металла. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Надбарьерное отражение частиц.

Модуль 3. Строение и энергетические уровни атомов и молекул.

Раздел 3. Строение и энергетические уровни атомов и молекул.

Л – 12 ч., ПЗ – 4 ч., ЛР – 14 ч., КСР – 2 ч., СРС – 25 ч.

Тема 6. Квантовый осциллятор.

Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения. Волновые функции и энергетический спектр. Нулевые колебания. Квантовый ангармонический осциллятор. Колебательные уровни молекул. Правила отбора для осциллятора. Метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение.

Тема 7. Квантовая теория водородоподобных атомов.

Сферически симметричные решения уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Уровни энергии и волновые функции. Распределение плотности в электронном облаке.

Тема 8. Магнитный и механический моменты атомов и молекул.

Момент количества движения. Вращательные уровни молекул. Молекулярные спектры. Орбитальный магнитный момент электрона. Расщепление энергетических уровней электрона в магнитном поле. Спин электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Многоэлектронные атомы. Квантовые числа. Правила сложения моментов количества движения. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Принципы заполнения электронных оболочек (принцип Паули, правило Хунда). Атомные термы. Спектральные обозначения термов. Правила отбора при излучении атомов. Тонкая структура спектральных термов. Эффект Зеемана. Магнитный резонанс.

Тема 9. Химическая связь. Некоторые макроскопические квантовые явления.

Ионная и ковалентная химическая связь. Обменное взаимодействие. Метод валентных связей. Валентность. Метод молекулярных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Типы связей атомов в твердых телах. Энергетические зоны в твердых телах. Электропроводность твердых тел. Распределение Ферми. Проводники, полупроводники и изоляторы. Светодиод и фотодиод. Понятие о фононах. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование тем практических занятий
1	1	Постулаты Бора. Спектр водородоподобных атомов.
2	2	Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей.
3	3	Волновая функция. Операторы физических величин.
4	4	Частицы в прямоугольной потенциальной яме с непро-

		нищаемыми стенками.
5	4	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с одной непроницаемой стенкой.
6	5	Туннельный эффект. Потенциальные барьеры. Надбарьерное отражение.
7	6	Квантовый осциллятор.
8	7-8	Квантовая теория водородоподобных атомов. Магнитный и механический моменты атомов и молекул.
9	8-9	Многоэлектронные атомы. Принципы заполнения электронных оболочек. Правила сложения моментов количества движения. Химическая связь. Макроскопические квантовые явления.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование тем лабораторных работ
1	1	Определение потенциала возбуждения атомов.
2	9	Исследование зависимости электросопротивления полупроводников и металлов от температуры.
3	9	Исследование статической вольт-амперной характеристики р-п перехода.
4	9	Исследование статической вольт-амперной характеристики р-п перехода в режиме лавинного и туннельного пробоев.
5	1, 7, 8	Исследование линейчатых спектров испускания.

5 Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится в п. 7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1 - 9	Изучение теоретического материала	36
1, 7 - 9	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	12
1 - 9	Выполнение индивидуальных заданий	24
1 - 9	Выполнение курсовой работы	36
	Итого: в ч / в ЗЕ	108 / 3

5.1. Изучение теоретического материала.

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 2. Применение микрочастиц для исследования структуры вещества.

Тема 3. Дифференцирование операторов по времени. Плотность потока вероятности.

Тема 4. Частица в сферическом потенциальном ящике с непроницаемыми стенками. Частица в прямоугольной потенциальной яме с проницаемыми стенками.

Тема 5. Холодная эмиссия электронов из металла. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.

Тема 6. Метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение.

Тема 8. Эффект Зеемана. Магнитный резонанс.

Подготовка к ЛР, оформление отчета, подготовка к сдаче отчета и теории к ЛР

Тема 1. Постулаты Бора. Идея квантования. Радиусы орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах. Спектр атома водорода. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. Опыты Франка-Герца.

Тема 7. Сферически симметричные решения уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Уровни энергии и волновые функции.

Тема 8. Многоэлектронные атомы. Квантовые числа. Правила сложения моментов количества движения. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Принципы заполнения электронных оболочек (принцип Паули, правило Хунда). Атомные термы. Спектральные обозначения термов. Правила отбора при излучении атомов. Тонкая структура спектральных термов. Молекулярные спектры.

Тема 9. Энергетические зоны в твердых телах. Электропроводность твердых тел. Распределение Ферми. Проводники, полупроводники и изоляторы. Светодиод и фотодиод.

Подготовка к контрольным работам, тестированию
Теория тем 1 - 9.

5.2. Курсовая работа

Примерные темы курсовых работ:

№ п.п.	Наименование тем курсовых работ (проектов)
1	Экспериментальные подтверждения гипотезы Де Бройля.
2	Электроннография и нейтронография.
3	Лазеры ультракоротких импульсов.
4	Технические применения туннельного эффекта.
5	Квантовые статистические распределения.
6	Радиоактивный распад ядер.
7	Сверхтекучесть.
8	Сверхпроводимость.
9	Стационарная теория возмущений и ее применение.
10	Нестационарная теория возмущений. Поглощение света атомами.
11	Контактная разность потенциалов. Холодная эмиссия электронов из металла.
12	Эффект Садовского.
13	Эффект Зеемана.
14	Эффект Штарка.
15	Природа и получение рентгеновского излучения.
16	Природа гамма-излучения. Ядерные уровни.
17	Химическая связь. Обменное взаимодействие.
18	Туннельный и атомно-силовой микроскопы.
19	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Применение спектроскопии ЭПР.
20	Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Применение спектроскопии ЯМР.
21	Природа излучения атомов и молекул. Спонтанное и вынужденное излучение.
22	Симметрия молекул и инфракрасные спектры.
23	Квантовые нити и квантовые точки.
24	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.
25	Квазичастицы в квантовой физике.
26	Принцип работы лазера.
27	Методы регистрации частиц.
28	Методы исследования наноструктур.
29	Принцип работы солнечных батарей.
30	Светодиод и квантовая физика.

5.3. Реферат

Не предусмотрен

5.4 Расчётно-графические работы

Не предусмотрены

5.5. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Виды образовательных технологий, используемые для формирования компетенций:

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических и лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины**6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- опрос, проверочная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции, тестирование;
- оценка работы студента на лекционных и лабораторных занятиях.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модуль 1: тема 1; модуль 3: темы 7 - 9);
- защита индивидуальных заданий (модули 1, 2, 3)
- контрольная работа (модули 1, 2, 3);
- тестирование (модули 1, 2, 3);
- защита курсовой работы (модули 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Экзамен по дисциплине

- экзамен по дисциплине проводится в виде собеседования по двум, случайно выбранным, вопросам из списка (см. ниже). Допуск к экзамену: выполнение и защита всех лабораторных работ, индивидуальных заданий, положительная оценка за контрольную работу.

2) Дифференцированный зачёт по курсовой работе

- зачёт с оценкой выставляется отдельно по результатам защиты курсовой работы.

Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине

1. Классические модели атома. Опыты Резерфорда по рассеянию α – частиц. Неустойчивость атома в классических моделях.
2. Квазиклассическая модель атома. Постулаты Бора. Квантование. Расчет радиусов орбит электронов и их энергий для атома водорода и водородоподобных атомов. Спектр атома водорода.
3. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. Опыты Франка-Герца.
4. Корпускулярно-волновой дуализм. Длина волны Де Бройля. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция электронов. Применение микрочастиц для исследования структуры вещества.
5. Соотношение неопределенностей. Примеры применения. Нулевые колебания атомов.
6. Объяснение дифракции электронов на щели с точки зрения соотношения неопределенностей.
7. Устойчивость атома с точки зрения соотношения неопределенностей.
8. Соотношение неопределенностей для энергии. Естественная ширина энергетических уровней.
9. Волновая функция и ее смысл. Уравнение Шредингера.
10. Операторы и их смысл в квантовой механике. Собственные функции операторов.
11. Частица в прямоугольной потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Волновые функции и энергии стационарных состояний.
12. Частица в потенциальном ящике, представляющем собой сферу с непроницаемыми стенками.
13. Частица в трехмерном потенциальном ящике с непроницаемыми стенками. Кратность вырождения уровней энергии.
14. Частица в прямоугольном потенциальном ящике с одной непроницаемой стенкой. Решение уравнения Шредингера. Нахождение волновых функций и энергий стационарных состояний.
15. Уравнение Шредингера, зависящее от времени. Плотность потока вероятности.
16. Туннельный эффект. Приближенная формула для прозрачности барьера. Объяснение туннельного эффекта с точки зрения соотношения неопределенностей.

- 17.Объяснение радиоактивного α –распада. Оценка прозрачности барьера и периода полураспада.
- 18.Холодная эмиссия электронов из металла.
- 19.Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.
- 20.Прохождение частиц через потенциальный барьер прямоугольной формы. Коэффициенты отражения и пропускания.
- 21.Надбарьерное отражение частиц.
- 22.Квантовый гармонический осциллятор. Волновые функции и энергетический спектр.
- 23.Квантовый ангармонический осциллятор. Колебательные уровни молекул. Правила отбора для осциллятора. Метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение.
- 24.Сферически симметричные решения уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Уровни энергии и волновые функции. Распределение плотности в электронном облаке.
- 25.Момент количества движения. Вращательные уровни молекул. Молекулярные спектры.
- 26.Орбитальный магнитный момент электрона. Расщепление энергетических уровней электрона в магнитном поле. Спин электрона. Опыты Штерна и Герлаха.
- 27.Многоэлектронные атомы. Квантовые числа. Правила сложения моментов количества движения. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Принципы заполнения электронных оболочек (принцип Паули, правило Хунда). Атомные термы. Спектральные обозначения термов. Правила отбора при излучении атомов. Тонкая структура спектральных термов.
- 28.Эффект Зеемана. Магнитный резонанс.
- 29.Ионная и ковалентная химическая связь. Обменное взаимодействие. Метод валентных связей. Валентность. Метод молекулярных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие орбитали.
- 30.Типы связей атомов в твердых телах. Энергетические зоны в твердых телах. Электропроводность твердых тел. Распределение Ферми. Проводники, полупроводники и изоляторы.
- 31.Светодиод и фотодиод.
- 32.Понятие о фононах. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля						
	*ТТ	РТ	Контр раб	Курс раб	ЛР	ИЗ	Экз.
В результате освоения компетенции студент							
Знает:							
– законы квантовой физики, принципы описания микромира	+	+					+
– базовые методы расчета и характеристики квантовых систем	+	+					+
– основные законы излучения электромагнитных волн атомами и молекулами и взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами	+	+					+
Умеет:							
– давать формализованное описание (строить математические модели) микросистем			+	+		+	
– рассчитывать характеристики микросистем			+	+	+	+	
– применять законы квантовой физики, математические методы и вычислительную технику для решения практических задач, при создании новой техники и новых технологий			+	+		+	
Владеет:							
– принципами, методами и алгоритмами планирования эксперимента с квантовыми системами				+	+		
– принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач				+	+	+	

*ТТ – текущее тестирование (контроль знаний по теме);

РТ – рубежное тестирование по модулю (автоматизированная система контроля знаний);

Контр раб – рубежная контрольная работа по модулю (оценка умений);

Курс раб – индивидуальные курсовые работы (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений).

ИЗ – выполнение индивидуальных заданий (оценка умений и владений)

[illegible]

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.04 Квантовая физика (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"> ☐ базовая часть блока ☒ вариативная часть блока </td> <td style="width: 70%; text-align: center;"> ☒ обязательная ☐ по выбору студента </td> </tr> </table>	☐ базовая часть блока ☒ вариативная часть блока	☒ обязательная ☐ по выбору студента		
☐ базовая часть блока ☒ вариативная часть блока	☒ обязательная ☐ по выбору студента				
12.03.03 (код направления подготовки / специальности)	Фотоника и оптоинформатика / Волоконная оптика (полное название направления подготовки / специальности)				
ФОП (аббревиатура направления / специальности)	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Уровень подготовки:</td> <td style="width: 30%;"> ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр </td> <td style="width: 30%;">Форма обучения:</td> <td style="width: 10%;"> ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная </td> </tr> </table>	Уровень подготовки:	☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения:	☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
Уровень подготовки:	☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения:	☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная		
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Семестр: <u>4</u></td> <td style="width: 50%;">Количество групп: <u>1</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Количество студентов: <u>20</u></td> </tr> </table>	Семестр: <u>4</u>	Количество групп: <u>1</u>	Количество студентов: <u>20</u>	
Семестр: <u>4</u>	Количество групп: <u>1</u>				
Количество студентов: <u>20</u>					
Бурдин В.В. (фамилия, имя, отчество преподавателя) Прикладной математики и механики (факультет) Общей физики (кафедра)	доцент (должность) 89028326914 (контактная информация)				

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов .— Москва: Бином, 2010 — 271 с.	10
2	Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов .— 2-е изд., испр .— Москва : Лаб. Базовых Знаний, 2006 .— 215 с.	21
3	Сивухин Д.В. Общий курс физики : учебное пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин .— М. : Физматлит : Изд-во МФТИ, Т. 5: Атомная и ядерная физика .— 2008 .— 782 с.	10
4	Паршаков А.Н. Введение в квантовую физику : учебное пособие для вузов / А. Н. Паршаков .— Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010 .— 351 с.	148
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Мартинсон Л.К., Смирнов Е.В. Квантовая физика : учебное пособие для вузов / Л. К. Мартинсон, Е. В. Смирнов ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 .— 495 с., 2006. — 527 с.	2
2	Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в атомную физику / Л.Л. Гольдин, Г.И. Новикова. — М.: Наука: Физматлит, 1969, - 304 с.	2
3	Тарасов В.Е. Квантовая механика : лекции по основам теории / В. Е. Тарасов .— Москва : Вуз. кн., 2000 .— 325 с.	10
4	Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия : учебник для вузов / Н. Ф. Степанов .— М. : Мир : Изд-во МГУ, 2001 .— 519 с.	6
5	Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике : пер. с англ. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс .— Москва : Едиториал УРСС, 2004 .— ISBN 5-354-00698-8. Вып. 8, 9: Квантовая механика .— 3-е изд., испр .— 2004 .— 524 с.	10
2.2. Периодические издания		
	Не используются	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используются	
2.4. Официальные издания		
	Не используются	
2.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. — Электрон. дан. (1 912 записей). — Пермь, 2014- . — Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . — Загл. с экрана.	
	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система	

	: документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.	
--	--	--

Основные данные об обеспеченности «21» сентября 2016 г..
(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на _____
(дата контроля литературы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1. Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		<i>Курс лекций</i>

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория фотоники (с комплектом компьютеров)	ОФ	252, ГЛ.К.	48	20
2	Мультимедийная учебная аудитория	ОФ	253, ГЛ.К.	34	30

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения	Номер аудитории
1	Компьютеризованное рабочее место	8	оперативное управление	252
2	Стенд «Квантование энергии атомов».	2	Оперативное управление	252
3	Стенд «Исследование зависимости электропроводности полупроводников и металлов от температуры».	1	Оперативное управление	256
4	Стенд «Исследование вольт-амперных характеристик р-п переходов».	2	Оперативное управление	256
5	Стенд «Исследование линейчатых спектров пропускания».	2	Оперативное управление	256

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Квантовая физика»
основной профессиональной образовательной программы высшего образования
– программы академического бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Направление подготовки: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

**Профиль программы
бакалавриата:** Волоконная оптика

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Общая физика

Форма обучения: Очная

Курс: 2 **Семестр:** 4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	6	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216	ч.

Виды промежуточного контроля:

Курсовая работа:	4 семестр
Экзамен:	4 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины **«Квантовая физика»** и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.В.04 «Квантовая физика» участвует в формировании компетенции: ОПК-3. В рамках учебного плана образовательной программы в 4-м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующие дисциплинарные части компетенций:

1. ОПК-3.Б1.В.04. способность выявлять естественнонаучную сущность проблем квантовой физики, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра базового учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, самостоятельная работа студентов, а в первом и третьем модуле – лабораторные занятия. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, сдаче индивидуальных заданий, курсовых работ и экзамене. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий	Рубежный			Промежуточный	
Усвоенные знания. Знает:	С, ТО	Т	КР	ОЛР, ОИЗ	Курсовая работа	Экзамен
З.1 – законы квантовой физики, принципы описания микромира;	С, ТО	Т1,Т2				ТВ
– базовые методы расчета и характеристики квантовых систем;	С, ТО	Т1,Т2				ТВ
– основные законы излучения электромагнитных волн атомами и молекулами и взаимодействия электромагнитных волн с атомами и молекулами;	С, ТО	Т2				ТВ
Освоенные умения. Умеет:						
У.1 – давать формализованное описание (строить математические модели) микросистем;			КР	ОИЗ	ЗКР	
– рассчитывать характеристики микросистем;			КР	ОЛР ОИЗ	ЗКР	
– применять законы квантовой физики, математические методы и вычислительную технику для решения практических задач, при создании новой техники и новых технологий;			КР	ОИЗ	ЗКР	
Приобретенные владения. Владеет:						
В1. – принципами, методами и алгоритмами планирования эксперимента с квантовыми системами;				ОЛР, ОИЗ	ЗКР	
– принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач				ОЛР, ОИЗ	ЗКР	

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОИЗ – отчет по индивидуальным заданиям; Т – рубежное тестирование; КР – контрольная работа; ЗКР – защита курсовой работы; ТВ – теоретический вопрос.

Итоговыми оценками освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) являются промежуточные аттестации в виде курсовой работы и экзамена, проводимого с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ, рубежных тестирований (после изучения первого и третьего модуля учебной дисциплины) и контрольной работы (после изучения второго модуля дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.2.2. Рубежное тестирование

Согласно РПД запланировано 2 рубежных тестирования (Т) после освоения студентами первого и третьего учебных модулей дисциплины. Первое тестирование по модулю 1 «Физические основы квантовой теории», второе тестирование – по модулю 3 «Строение и энергетические уровни атомов и молекул».

Типовые задания первого теста:

- Радиус третьей боровской орбиты электрона в атоме водорода по сравнению с радиусом первой орбиты

1) в 9 раз больше	2) в 3 раз больше	3) в 2 раз больше	4) в 8 раз больше
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------
- Полная энергия электрона в основном состоянии атома водорода составляет -13,6 эВ. Кинетическая энергия электрона на основном состоянии равна

1) 6,8 эВ	2) 3,4 эВ	3) 27,2 эВ	4) 13,6 эВ
-----------	-----------	------------	-------------------
- Полная энергия электрона в основном состоянии атома водорода составляет -13,6 эВ. Потенциальная энергия электрона в основном состоянии равна

1) -13,6 эВ	2) -6,8 эВ	3) -27,2 эВ	4) -3,4 эВ
-------------	------------	--------------------	------------
- Электрон в атоме водорода находится на второй боровской орбите. Для того, чтобы оторвать электрон от ядра, нужно совершить работу

1) 6,8 эВ	2) 3,4 эВ	3) 13, 6 эВ	4) 1,5 эВ
-----------	------------------	-------------	-----------
- В ионе гелия единственный оставшийся электрон находится в основном состоянии. Какую работу нужно совершить, для того, чтобы оторвать этот электрон от ядра?

1) 54,4 эВ	2) 13,6 эВ	3) 27,2 эВ	4) 6,8 эВ
-------------------	------------	------------	-----------

6. Как изменится дебройлевская длина волны в опыте Девиссона и Джермера, если напряжение между катодом и анодом увеличить в 4 раза?
 1) увеличится в 4 раза 2) увеличится в 2 раза 3) уменьшится в 4 раза 4) **уменьшится в 2 раза**
7. При увеличении массы частицы в 2 раза дебройлевская длина волны частицы
 1) **уменьшается в 2 раза** 2) не изменяется 3) увеличивается в 2 раза 4) уменьшается в 1,4 раза
8. Согласно третьему постулату Бора при переходе электрона в атоме водорода с первой боровской орбиты на вторую его скорость
 1) уменьшается в 2 раза 2) увеличивается в 2 раза 3) **уменьшается в 4 раза** 4) увеличивается в 4 раза
9. Пусть частица локализована в области $\Delta x = a$. Тогда минимальная кинетическая энергия частицы
 1) прямо пропорциональна a 2) прямо пропорциональна a^2 3) обратно пропорциональна a 4) **обратно пропорциональна a^2**
10. Дебройлевская длина волны электрона в атоме водорода при переходе с первой боровской орбиты на вторую
 1) увеличивается в 4 раза 2) **увеличивается в 2 раза** 3) уменьшается в 2 раза 4) уменьшается в 4 раза

Типовые задания второго теста:

1. Во сколько раз отличаются длины волн переходов электрона в атоме водорода с третьей боровской орбиты на вторую и со второй боровской орбиты на первую ($\lambda_{32}/\lambda_{21}$)?
 1) 4 2) 2,25 3) **5,4** 4) 1,8
2. Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня $E_1 = -3,4$ эВ на энергетический уровень $E_2 = -13,6$ эВ. При этом 1) атом излучает фотон с энергией 17 эВ 2) **атом поглощает фотон с энергией 10,2 эВ** 3) атом излучает фотон с энергией 10,2 эВ 4) атом поглощает фотон с энергией 17 эВ
3. Какой области спектра соответствует переход электрона $2 \rightarrow 1$ (со второй боровской орбиты на первую) в атоме водорода?
 1) инфракрасной 2) видимой 3) ультрафиолетовой 4) **рентгеновской**
4. Какой области спектра соответствуют колебательные переходы в молекулах?
 1) **инфракрасной** 2) ультрафиолетовой 3) рентгеновской 4) видимой
5. Какой области спектра соответствуют переходы электронов внутренних оболочек многоэлектронных атомов?
 1) инфракрасной 2) видимой 3) ультрафиолетовой 4) **рентгеновской**
6. Пусть ν - частота квантового гармонического осциллятора. Энергия нулевых колебаний квантового гармонического осциллятора равна
 1) $h\nu$ 2) **$h\nu/2$** 3) $3h\nu/2$ 4) $2h\nu$
7. Пусть ν - частота квантового гармонического осциллятора. При колебательном переходе гармонического квантового осциллятора из третьего возбужденного состояния во второе излучается фотон с энергией
 1) **$h\nu$** 2) $3h\nu/2$ 3) $2h\nu$ 4) $5h\nu/2$

8. Пусть ν - частота квантового гармонического осциллятора. Энергия третьего возбужденного состояния квантового гармонического осциллятора равна
 1) $3h\nu/2$ 2) $3h\nu$ 3) $2h\nu$ 4) $7h\nu/2$
9. Атом кислорода ${}^8\text{O}^{16}$ находится в основном состоянии. На какой орбитали находятся электроны, обладающие наибольшей полной энергией?
 1) 2s **2) 2p** 3) 3s 4) 3p
10. Атом азота ${}^7\text{N}^{14}$ находится в основном состоянии. Чему равен суммарный спиновое число всех электронов атома?
 1) $1/2$ 2) 1 **3) $3/2$** 4) 2

2.2.3. Контрольная работа

Согласно РПД запланировано одна контрольная работа по окончании модуля 2. Контрольная работа включает в себя темы первого модуля «Физические основы квантовой теории» и темы второго модуля «Простейшие случаи применения уравнения Шредингера».

Типовой вариант контрольной работы:

ВАРИАНТ 1.

1. Определить изменение кинетической энергии электрона в атоме водорода при переходе с первой Боровской орбиты на вторую.
2. Даже при абсолютной температуре $T \sim 0$ К атомы продолжают двигаться (совершают так называемые нулевые колебания). Объясните это явление и оцените энергию нулевых колебаний в жидком гелии, если характерный размер области, занимаемой одним атомом гелия $a = 4,5 \times 10^{-8}$ см.
3. Электрон находится в потенциальной яме с одной бесконечно высокой стенкой и второй стенкой высотой $U_0 = 4$ эВ. Энергия электрона на втором уровне $E = 3$ эВ. Определите ширину потенциальной ямы.
4. Электрон подлетает к прямоугольному потенциальному барьеру высотой $U_0 = 10$ эВ. Энергия электрона $E = \frac{3U}{4}$. Определите вероятность отражения электрона.
5. Определить состояния всех электронов и терм основного состояния атомов: а) бора ${}^5\text{B}^{11}$; б) церия ${}_{58}\text{Ce}^{140}$ ($4f^1 5d^1$).

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежного тестирования приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результа-

та обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ, индивидуального задания и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в двух формах: защита курсовой работы и экзамена. Курсовая работа оформляется в соответствии со стандартом, затем проводится ее защита в устной форме. Темы курсовых работ приведены в основной части рабочей программы.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса и задачу.

2.4.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовой экзаменационный билет:



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)**

12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Волоконная оптика

Кафедра «Общая физика»

Дисциплина «Квантовая физика»

БИЛЕТ № 5

1. Частица в прямоугольной потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Волновые функции и энергии стационарных состояний.
2. Соотношение неопределенностей для энергии. Естественная ширина энергетических уровней.
3. При α – распаде урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ длина туннельного коридора α – частиц $5,2 \cdot 10^{-14}$ м. Определить кинетическую энергию (в МэВ) вылетающих α – частиц, если радиус дочернего ядра $r \approx 10^{-14}$ м.

2.4.3. Шкалы оценивания результатов обучения на защите курсовой работы

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформиро-

ванности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при защите курсовой работы для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4.4. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения на экзамене для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

3. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются следующие критерии.

$$ОЗ = 0.5 * ОЗЭ + 0.3 * ОЗР + 0.2 * ОЗТ,$$

где ОЗ – общая оценка уровня сформированности знаний, ОЗЭ – оценка знаний при ответе на билет экзамена, ОЗР – средняя оценка знаний при рубежных тестированиях, ОЗТ – оценка знаний при текущем контроле
(Все оценки по 4-х балльной шкале 2,3,4,5)

$$ОУ = 0.25 * ОУЛ + 0.25 * ОУИЗ + 0.5 * ОУКР$$

где ОУ – общая оценка уровня сформированности умений, ОУЛ – оценка умений по итогам защиты лабораторных работ, ОУИЗ – оценка умений по итогам защиты индивидуальных заданий, ОУКР – оценка умений по итогам контрольной работы.

$$ОВ = 0.5 * ОВЛ + 0.5 * ОВИЗ$$

Где ОВ – общая оценка уровня сформированности владений, ОВЛ – оцен-

ка владений по итогам защиты лабораторных работ, ОВИЗ – оценка владений по итогам защиты индивидуальных заданий.

Приводим формулу пересчета ОЗ, ОУ и ОВ в итоговую оценку:

$$\text{Итоговая Оцка} = 0,45 * \text{ОЗ} + 0,35 * \text{ОУ} + 0,2 * \text{ОВ}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики
Кафедра Общая Физика

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовая физика»

основной профессиональной образовательной программы высшего образования
– программы академического бакалавриата

Методические указания по освоению дисциплины

«Квантовая физика»

Направление подготовки:	<u>12.03.03 Фотоника и оптоинформатика</u>
Профиль программы бакалавриата:	<u>Волоконная оптика</u>
Квалификация выпускника:	<u>Бакалавр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Общая физика</u>
Форма обучения:	<u>Очная</u>

Курс: 2 **Семестр:** 4

Трудоёмкость:

- | | |
|--|-------|
| - кредитов по рабочему учебному плану: | 6 ЗЕ |
| - часов по рабочему учебному плану: | 216 ч |

Виды промежуточного контроля:

Экзамен: **4 сем.** Диф. зачёт: - Курсовой проект: - Курсовая работа: **4 сем.**

Методические указания по освоению дисциплины обучающимися являются частью УМК (приложением 2 к рабочей программе) дисциплины *«Квантовая физика»* и разработаны на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.

1. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса

Учебно-методический комплекс дисциплины (УМК) включает в себя:

- рабочую программу дисциплины (РПД);
- фонд оценочных средств (ФОС) – Приложение 1 к РПД;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины – Приложение 2 к РПД (настоящий документ);
- учебно-методические разработки: методические рекомендации по изучению теоретического материала и выполнению практических работ, электронные образовательные ресурсы.

РПД – учебная программа, утвержденная научно-методическим советом направления (НМСН) для изучения дисциплины. Она определяет цели и задачи дисциплины, формируемые в ходе ее изучения компетенции и их компоненты, содержание изучаемого материала, виды занятий и объем выделяемого учебного времени, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины.

Для самостоятельной учебной работы студента важное значение имеют разделы «Содержание дисциплины» и «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». В первом указываются разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем (в академических часах), во втором – рекомендуемая литература и электронные образовательные ресурсы. Работая с РПД, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемой учебной литературе и учебно-методическим разработкам;
- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля, приведенных в учебно-методических материалах;
- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего и промежуточного контроля;
- каждому часу аудиторных занятий в РПД соответствует 2 часа самостоятельной работы для выполнения домашнего задания.

ФОС дисциплины предназначены для использования обучающимися и вузом при оценивании результативности и качества учебного процесса, образо-

вательных программ, степени их адекватности условиям будущей профессиональной деятельности.

ФОС текущего контроля используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) студентов. В условиях рейтинговой системы контроля результаты текущего оценивания студента используются как показатель его текущего рейтинга.

ФОС промежуточной (семестровой) аттестации обучающихся по модулю (дисциплине) предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения дисциплины в установленной учебным планом форме: экзамен, зачет, курсовая работа (проект).

Учебно-методические разработки – учебные материалы различного вида и назначения, разработанные сотрудниками кафедры или взятые из внешних источников, которые рекомендуются для использования студентами при изучении теоретического курса, решении практических задач. Эти материалы доступны студенту в электронной форме в режиме чтения. Сканировать фрагменты учебно-методических разработок и вставлять в свою работу запрещается.

Следует понимать, что учебно-методические разработки отражают лишь основное содержание изучаемой дисциплины и без проработки учебной литературы не могут обеспечить требуемый объем знаний. Особое внимание следует уделять выполняемым практическим работам и соответствующим комментариям, изложенным в методических рекомендациях.

2. Описание последовательности действий студента

Приступая к изучению дисциплины необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, где в разделе «Содержание дисциплины» приведено общее распределение часов аудиторных занятий и самостоятельной работы по темам дисциплины и видам занятий.

Залогом успешного освоения дисциплины является посещение лекционных и практических занятий, лабораторных работ. Пропуск одного, а, тем более, нескольких занятий может осложнить освоение разделов курса.

Лекции имеют целью дать систематизированные основы научных знаний по содержанию дисциплины. При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы подготовить конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники и электронные образовательные ресурсы (ЭОР);
- ответить на контрольные вопросы по теме, представленной в учебно-методической разработке, входящей в состав УМК;
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы ФОС;
- при подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы ФОС (раздел "Вопросы для проведения промежуточной аттестации").

Практические занятия (лабораторные работы, семинары, занятия по решению задач) проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными доку-

ментами, учебной и научной литературой, посредством выполнения экспериментальных исследований и других практических работ.

При подготовке к практическому занятию необходимо:

- изучить или повторить лекционный материал по соответствующей теме;
- изучить материалы учебно-методических разработок лабораторного практикума по заданной теме, уделяя особое внимание методике экспериментального измерения;
- при выполнении домашних расчетных заданий изучить, повторить типовые задания, выполнявшиеся на аудиторных занятиях.

Просмотр учебных видеофильмов может проводиться в ходе любых видов занятий. Он имеет целью дать наглядное представление об изучаемых явлениях и технических разработках, основанных на этих явлениях.

3. Виды контроля, контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

3.1. Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Результаты оценки успеваемости заносятся в рейтинговую ведомость и доводятся до сведения студентов. Студентам, не получившим зачетное количество баллов по текущему контролю, выдаются дополнительные задания на зачетном занятии в промежуточную аттестацию.

В случае пропусков занятий студенты должны представить конспект пропущенного занятия и пройти собеседование по его теме.

3.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания уровня знаний, умений и владений студентов проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в формах выполнения и защиты лабораторных работ, индивидуальных заданий, а также проведения контрольной работы и тестирования после изучения каждого модуля учебной дисциплины.

3.2.1. Защита индивидуальных заданий и лабораторных работ

Защита индивидуальных заданий и лабораторных работ позволяет оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения задач и постановки экспериментов, проводить анализ результата работы, обрабатывать экспериментальные данные. Трудоемкость индивидуальных заданий и лабораторных работ указана в РПД. По результатам выполнения индивидуальных заданий и лабораторных работ обучающийся формирует письменный отчет. Оценка уровня сформированности компетенций производится путем проверки содержания и качества оформления отчета по индивидуальному заданию и каждой лабораторной работе и индивидуальной защиты полученных результатов. Шкалы и критерии оценки приведены в ФОС.

3.2.2. Рубежное тестирование и контрольная работа

Являются средством проверки умений применять полученные знания при решении задач определенного типа по разделу или модулю учебной дисциплины.

Количество проводимых контрольных мероприятий и их темы указаны в РПД. Примеры материалов для проведения рубежного контроля, шкалы и критерии оценки его результатов приведены в ФОС.

3.3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в виде выполнения и защиты курсовой работы и сдачи экзамена.

3.3.1. Курсовая работа

Защита курсовой работы – форма промежуточной аттестации учебно-исследовательской работы студента за пройденный этап обучения по учебной дисциплине. Выполнение курсовой работы призвано выявить способности студентов на основе полученных знаний самостоятельно решать конкретные практические задачи или проводить исследование по одному из разделов (модулей) дисциплины, а также направлено на формирование соответствующих компетенций студента.

Примерный перечень тем курсовых работ, а также задание на выполнение курсовой работы приведены в РПД учебной дисциплины. Критерии и шкалы оценивания даны в ФОС.

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется интегральная оценка по 4-х балльной шкале оценивания, которая распространяется на все запланированные образовательные результаты.

Обучающиеся получают тему курсовой работы из числа тем, предложенных преподавателем или предложенных в инициативном порядке. Защита курсовой работы происходит в индивидуальном порядке в виде доклада с презентацией.

3.3.2. Экзамен

Допуск к экзамену осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями являются успешная защита всех индивидуальных заданий, лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и практическое задание (задачу) для проверки усвоенных знаний. Билет содержит вопросы и практические задания, оценивающие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Типовые вопросы и задания, предназначенные для контроля усвоения знаний и освоения умений, а также форма билета представлены в ФОС дисциплины. Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

Шкалы и критерии оценки результатов промежуточной аттестации приведены в ФОС. Итоговая оценка по дисциплине определяется как сумма оценок, полученных в ходе текущего и рубежного контроля, а также результатов ответа

на вопросы экзаменационного билета. Проверка ответов и объявление результатов производится в день сдачи экзамена. Результаты аттестации заносятся в экзаменационно-зачетную ведомость и зачетную книжку студента (при получении оценки). Студенты, не прошедшие промежуточную аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

4. Критерии оценивания уровня сформированности дисциплинарных компетенций и их компонентов

4.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

4.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

5. Рекомендации по работе с литературой и источниками

Работу с литературой следует начинать с анализа РПД, содержащей список основной и дополнительной литературы, а также знакомства с учебно-методическими разработками, входящими в состав УМК.

В случае возникновения затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным.

Работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1	<i>Обновлен состав профессиональных баз данных, информационных справочных систем и состав лицензионного программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине</i>	01.09.2017, Протокол №1  А.В. Перминов
2		
3		
4		