

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 23 » ноября 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Квантовая физика**
(наименование)

Форма обучения: _____ **очная**
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ **бакалавриат**
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ **216 (6)**
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
(код и наименование направления)

Направленность: _____ **Фотоника и оптоинформатика (общий профиль, СУОС)**
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

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

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

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.

1.3. Входные требования

Изучение дисциплины базируется на знаниях полученных при изучении разделов дисциплин "Физика" и "Математика".

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1пк-1.3	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	Знает методы обработки результатов измерений параметров однородных, композиционных и наноструктурных материалов.	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-2пк-1.3	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	Умеет применять методы обработки результатов измерений параметров однородных, композиционных и наноструктурных материалов.	Индивидуальное задание
ПК-1.3	ИД-3пк-1.3	Владеет принципами и методами построения математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач	Владеет навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований и составления реестра параметров наноструктурных материалов.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	76	76	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	36	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	104	104	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Физические основы квантовой теории.	12	0	12	36
<p>Квантование физических величин, описывающих микромир.</p> <p>Классические модели атома. опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц. Неустойчивость атома в классических моделях. Постулаты Бора. Идея квантования.</p> <p>Радиусы орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах. Спектр атома водорода. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. опыты Франка-Герца.</p> <p>Волновые свойства частиц.</p> <p>Гипотеза Де Бройля. опыты Девиссона и Джермера.</p> <p>Дифракция микрочастиц. Применение микрочастиц для исследования структуры вещества. Соотношение неопределенностей. Устойчивость атома с точки зрения соотношения неопределенностей.</p> <p>Соотношение неопределенностей для энергии.</p> <p>Естественная ширина энергетических уровней.</p> <p>Волновая функция. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Операторы. Собственные функции и собственные значения операторов.</p> <p>Средние значения физических величин. Уравнение Шредингера, зависящее от времени.</p> <p>Дифференцирование операторов по времени.</p> <p>Плотность потока вероятности.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Простейшие случаи применения уравнения Шредингера.	12	0	12	36
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. 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.				
Строение и энергетические уровни атомов и молекул.	12	0	12	32
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. Сферически симметричные решения уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Уровни энергии и волновые функции. Распределение плотности в электронном облаке. 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. Ионная и ковалентная химическая связь. Обменное взаимодействие. Метод валентных связей. Валентность. Метод молекулярных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Типы				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
связей атомов в твердых телах. Энергетические зоны в твердых телах. Электропроводность твердых тел. Распределение Ферми. Проводники, полупроводники и изоляторы. Светодиод и фотодиод. Понятие о фонах. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел.				
ИТОГО по 5-му семестру	36	0	36	104
ИТОГО по дисциплине	36	0	36	104

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Постулаты Бора. Спектр водородоподобных атомов.
2	Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей.
3	Волновая функция. Операторы физических величин.
4	Частицы в прямоугольной потенциальной яме с непроницаемыми стенками.
5	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с одной непроницаемой стенкой.
6	Туннельный эффект. Потенциальные барьеры. Над-барьерное отражение.
7	Квантовый осциллятор.
8	Квантовая теория водородоподобных атомов. Магнитный и механический моменты атомов и молекул.
9	Многочастичные атомы. Принципы заполнения электронных оболочек. Правила сложения моментов количества движения.
10	Химическая связь. Макроскопические квантовые явления.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Экспериментальные подтверждения гипотезы Де Бройля.
2	Электроннография и нейтронография.
3	Технические применения туннельного эффекта.
4	Квантовые статистические распределения.
5	Сверхтекучесть.
6	Сверхпроводимость.
7	Стационарная теория возмущений и ее применение.

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
8	Нестационарная теория возмущений. Поглощение света атомами.
9	Эффект Садовского.
10	Эффект Зеемана.
11	Эффект Штарка.
12	Природа гамма-излучения. Ядерные уровни.
13	Химическая связь. Обменное взаимодействие.
14	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Применение спектроскопии ЭПР.
15	Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Применение спектроскопии ЯМР.
16	Квантовые нити и квантовые точки.
17	Квазичастицы в квантовой физике.
18	Методы исследования наноструктур.
19	Принцип работы солнечных батарей.
20	Природа излучения атомов и молекул. Спонтанное и вынужденное излучение.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. 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 и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. 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.

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Атомная и ядерная физика. - Москва: , Физматлит, 2008. - (Общий курс физики : учебное пособие для вузов : в 5 т.; Т. 5).	10
2	Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. - Москва: Лаб. Базовых Знаний, 2006.	18
3	Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010.	9
4	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие для вузов / И.Е. Иродов. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2007.	26
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Гольдин Л. Л. Введение в атомную физику : учебное пособие для вузов / Л. Л. Гольдин, Г. И. Новикова. - Москва: Наука, Физматлит, 1969.	1
2	Мартинсон Л. К. Квантовая физика : учебное пособие для вузов / Л. К. Мартинсон, Е. В. Смирнов. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.	2
3	Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику : учебное пособие для вузов / А. Н. Паршаков. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010.	124
4	Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия : учебник для вузов / Н. Ф. Степанов. - Москва: Мир, Изд-во МГУ, 2001.	5
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		

Не используется

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Методические указания для студентов по освоению дисциплин	http://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Metodicheskie_ukazaniya_dlya_studentov_po_osvoeniyu_disciplini.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента	http://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Dlya_samostoyatelnoy_raboty_studenta.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	https://dvs.rsl.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Аудитория для самостоятельной работы	1
Лекция	Проектор, экран (в мультимедийной учебной аудитории)	1
Практическое занятие	Маркерная или меловая доска	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Квантовая физика»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Волоконная оптика

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Общая физика

Форма обучения: Очная

Курс: 3

Семестр: 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 6 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 216 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 5 семестр

Пермь 2020

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (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 индивидуальным заданиям, экзамена и курсовой работы. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный		Итоговый	
	С	Т	ОИЗ		Экзамен
Усвоенные знания					
З.1 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	С	Т1, Т2			ТВ
Освоенные умения					
У.1 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	С		ОИЗ		ПЗ ЗКР
Приобретенные владения					
В.1 Владеть принципами и методами построения	С		ОИЗ		КЗ

математических моделей явлений и процессов микромира и применения построенных моделей для решения современных научно-технических задач					ЗКР
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	-----

С – собеседование по теме; Т – рубежное тестирование; ОИЗ – отчет по индивидуальным заданиям; ЗКР – защита курсовой работы; ТВ – теоретический вопрос билета; ПЗ – практическое задание билета; КЗ – комплексное задание билета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

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

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала 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 (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий и рубежных тестирований.

2.2.1. Защита индивидуальных заданий

Защита индивидуальных заданий проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежное тестирование

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

Типовые задания первого теста:

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

- 1) в 9 раза больше 2) в 3 раза больше 3) в 2 раза больше 4) в 8 раз больше

2. 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**

3. 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

4. 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

5. 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

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

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в двух формах: защиты 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 устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Соотношения неопределенностей
2. Длина волны де Бройля
3. Туннельный эффект
4. Постулаты Бора
5. Уравнение Шредингера, волновая функция
6. Опыты Девиссона и Джермера

Типовые вопросы и практические задания для контроля умений:

1. Исходя из соотношения неопределенностей рассчитать минимальную

кинетическую энергию частицы, локализованную в области Δx .

2. Рассчитать спектр атома водорода. Определить длины волн в видимом диапазоне спектра.

3. Определите состояния всех электронов и терм основного состояния атома марганца ${}_{25}\text{Mn}^{55}$.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Электрон находится в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной $a=0,5$ нм в нормальном состоянии. Может ли излучение в видимом диапазоне длин волн перевести электрон в возбужденное состояние?

2. 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.

3. Поток протонов с энергией каждого протона 200 эВ падает на широкий потенциальный барьер высотой 100 эВ. Какая часть протонов пройдет этот барьер?

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения при защите курсовой работы

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 при защите курсовой работы для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех 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 образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации используются следующие критерии:

$$OЗ = 0.5 * OЗЭ + 0.3 * OЗР + 0.2 * OЗТ,$$

где $OЗ$ – общая оценка уровня сформированности знаний, $OЗЭ$ – оценка знаний при ответе на билет экзамена, $OЗР$ – средняя оценка знаний при рубежных тестированиях, $OЗТ$ – оценка знаний при текущем контроле

(Все оценки по 4-х балльной шкале 2,3,4,5)

$$OУ = 0.5 * OУЭ + 0.5 * OУИЗ,$$

где $OУ$ – общая оценка уровня сформированности умений, $OУЭ$ – оценка умений по итогам выполнения практического задания билета на экзамене, $OУИЗ$ – оценка умений по итогам защиты индивидуальных заданий.

$$OВ = 0.5 * OВЭ + 0.5 * OВИЗ,$$

где $OВ$ – общая оценка уровня сформированности владений, $OВЭ$ – оценка умений по итогам выполнения комплексного задания билета на экзамене, $OВИЗ$ – оценка владений по итогам защиты индивидуальных заданий.

Итоговая оценка за дисциплину выставляется по формуле (с округлением до ближайшего целого)

$$ИО = 0.4 * OЗ + 0.3 * OУ + 0.3 * OВ,$$

где $ИО$ – итоговая оценка.

Если $ИО$ оказывается не ниже 3.0 балла, по дисциплине выставляется оценка 3.0, 4.0 либо 5.0 с использованием общеизвестных правил округления до целого: если дробная десятичная часть $ИО$ больше 0.5, то в большую сторону, иначе – в меньшую. Если какая-то из оценок $OЗ$, $OУ$, $OВ$ меньше 3.0 балла, ставится оценка 2.0 (неудовлетворительно).