

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Авторы-составители: **Рихтер Татьяна Васильевна**

Рабочая программа дисциплины

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Код УМК 102128

Утверждено
Протокол №№3
от «20» ноября 2024 г.

Пермь, 2024

1. Наименование дисциплины

Квантовая физика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **44.03.05** Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
направленность Математика и Физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (направленность : Математика и Физика)

ОПК.9 способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний

Индикаторы

ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы

ПК.2 способен использовать систематизированные знания в соответствии с профилем педагогической деятельности

Индикаторы

ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (направленность: Математика и Физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	13
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (13 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физические основы квантовой теории

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. 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. 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.

Простейшие случаи применения уравнения Шредингера

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

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 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.

Итоговое мероприятие

Итоговое мероприятие. Зачёт.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 380 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18086-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/534243>
2. Иоффе, Б. Л. Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. С. Фадин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 344 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15915-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/540302>

Дополнительная:

1. Мякишев, Г. Я. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс: углублённый уровень : учебник / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. — 11-е изд. — Москва : Просвещение, 2022. — 482 с. — ISBN 978-5-09-101645-1. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. <https://profspo.ru/books/132358>
2. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для прикладного бакалавриата / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 114 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/429422>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://window.edu.ru> Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

<http://www.iprbookshop.ru> Электронная библиотечная система

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

<http://www.solgpi.ru> Электронная Библиотечная Система

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

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Используется офисный пакет приложений Microsoft Office. Студентам предоставлен доступ к сети Интернет и Единой телеинформационной системе (ЕТИС) ФГБОУ ВО ПГНИУ (etis.psu.ru), ЭБС с помощью браузеров Google Chrome или Yandex.Browser, или Internet Explorer (Microsoft EDGE). Специального программного обеспечения не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для проведения учебных занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

- учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные учебной мебелью, доской, мультимедийным оборудованием (стационарным или переносным);
- аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой, обеспечивающая возможность выхода в сеть Интернет и локальную сеть института. Библиотека СГПИ филиал ПГНИУ.

Помещение библиотеки СГПИ филиал ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся оснащено:

компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду ПГНИУ (ЕТИС (student.psu.ru)).

Библиотека оборудована: специализированной мебелью, меловой доской, проектором, экраном, компьютерами, ноутбуками, телевизором.

Все компьютеры, установленные в помещении библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice;

Kaspersky Endpoint Security for Business;

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»;

Яндекс.Браузер (свободно распространяемое ПО).

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Квантовая физика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.9

способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы	Знать: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. Уметь: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад. Владеть: навыками осуществления педагогической и научной деятельности в соответствии с направленностью образовательной программы.	Неудовлетворительно Не знает: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. Не умеет: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад. Не владеет: навыками осуществления педагогической и научной деятельности в соответствии с направленностью образовательной программы. Удовлетворительно Знает: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. В основном умеет: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад. В основном владеет: навыками осуществления педагогической и научной деятельности в соответствии с направленностью образовательной программы. Хорошо Знает: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера.

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо Умеет: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить В основном владеет: навыками осуществления педагогической и научной деятельности в соответствии с направленностью образовательной программы. радиоактивный ?-распад. Отлично Знает: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. Умеет: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный ?-распад. Владеет: навыками осуществления педагогической и научной деятельности в соответствии с направленностью образовательной программы.
ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы	Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для	Неудовлетворительно Не знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеть навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).	Неудовлетворительно электронном облаке. Не умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Не владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Удовлетворительно Знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке.

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Удовлетворительно В основном умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Частично владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Хорошо Знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Умеет: объяснить идею квантования,

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. В основном владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Отлично Знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).

ПК.2

способен использовать систематизированные знания в соответствии с профилем педагогической деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. Владеть навыками: расчёта	Неудовлетворительно Не знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. Не умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. Не владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора. Удовлетворительно Знает: Классические модели атома, опыты

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора.	Удовлетворительно Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. В основном умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. Частично владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора. Хорошо Знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. Умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. В основном владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора. Отлично Знает: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. Умеет: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. Владеет навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора.
ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Знать: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Уметь: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеть навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).	Неудовлетворительно Не знает: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Не умеет: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Не владеет навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Удовлетворительно Знает: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. В основном умеет: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Частично владеет навыками: работы с

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Удовлетворительно квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Хорошо Знает: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Умеет: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. В основном владеет навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома). Отлично Знает: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Умеет: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеет навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Физические основы квантовой теории Входное тестирование	Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию ? -частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности. Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний. Владеть навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Простейшие случаи применения уравнения Шредингера Письменное контрольное мероприятие	Знать: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера. Уметь: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α -распад.
ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Строение и энергетические уровни атомов и молекул Письменное контрольное мероприятие	Знать: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Уметь: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеть навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.9.1 осуществляет педагогическую и научную деятельность в соответствии с направленностью образовательной программы ПК.2.2 демонстрирует теоретические и практические знания в избранной предметной области	Итоговое мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию ? -частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке. Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α-распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул. Владеть навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).

Спецификация мероприятий текущего контроля

Физические основы квантовой теории

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **7 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности.	4
Владеть навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора.	3
Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний.	3

Простейшие случаи применения уравнения Шредингера

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Уметь: рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α -распад.	15
Знать: различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера.	15

Строение и энергетические уровни атомов и молекул

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни	10

энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке.	
Владеть навыками: работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).	10
Уметь: решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул.	10

Итоговое мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **3 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Уметь: объяснить идею квантования, работать с волновой функцией, работать с уравнением Шредингера для стационарных состояний, рассчитать коэффициенты отражения и пропускания, объяснить радиоактивный α -распад, решать уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора, измерять колебательные уровни молекул.	15
Знать: Классические модели атома, опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц, спектр атома водорода опыты Франка-Герца, гипотеза Де Бройля, опыты Девиссона и Джермера, дифракция микрочастиц, применение микрочастиц для исследования структуры вещества, собственные функции и собственные значения операторов, средние значения физических величин, уравнение Шредингера, зависящее от времени, дифференцирование операторов по времени, плотность потока вероятности, различные варианты нахождения частицы в потенциальной яме: ящик, одномерная прямоугольная яма, одномерная прямоугольная яма с одной непроницаемой стенкой, туннельный эффект, приближенная формула для прозрачности потенциального барьера, уравнение Шредингера для квантового гармонического осциллятора и его решения, волновые функции и энергетический спектр, нулевые колебания, правил отбора для осциллятора, метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и его применение, уровни энергии и волновые функции, распределение плотности в электронном облаке.	15
Владеть навыками: расчёта радиуса орбит электронов и их энергии в водородоподобных атомах, доказательства экспериментальных подтверждений постулатов Бора, работы с квантовым ангармонический осциллятор, решения сферических симметричных решений уравнения Шредингера (радиальные волновые функции) для атома водорода (водородоподобного атома).	10