

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по учебной работе

Ф.Д. Кодзоева

« 30 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.07.05 Атомная физика

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – 03.03.02 Физика

(код, наименование)

Направленность: Физика

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения Очная

г. Магас, 2022

Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Атомная физика» являются формирование систематизированных знаний в области общей и экспериментальной физики; научить студентов применять знания физики при решении задач в области, где они специализируются.

Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.

| № п/п | Код профессионального стандарта | Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта |
|------------------------|---------------------------------|---|
| 01 Образование и наука | | |
| 1. | 01.001 | Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326) |
| 2. | 01.003 | Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016 |

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

| Код и наименование профессионального стандарта | Обобщенные трудовые функции | | | Трудовые функции | | |
|--|-----------------------------|---|----------------------|--|--------|-----------------------------------|
| | Код | Наименование | Уровень квалификации | Наименование | Код | Уровень (подуровень) квалификации |
| 01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель) | А | Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования | 6 | Общепедагогическая функция. Обучение | А/01.6 | 6 |
| | | | | Воспитательная деятельность | А/02.6 | 6 |
| | | | | Развивающая деятельность | А/03.6 | 6 |
| | В | Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ | 6 | Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования | В/03.6 | 6 |

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

| Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда) | Типы задач профессиональной деятельности | Задачи профессиональной деятельности | Объекты профессиональной деятельности (или области знания) |
|---|--|--|---|
| 01 Образование | Педагогический | Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО | Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО |
| 06 Связь, информационные и коммуникационные технологии | Научно-исследовательский | Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем | Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях и сферах цифровой экономики |

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Атомная физика» относится к модулю «Общая физика» обязательной части цикла (Б1.О.07.03).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Данный курс формирует у студентов квантово-механическое мышление, фундаментальные теоретические знания и практические навыки в области атомной физики. Особое значение дисциплины определяется возросшим удельным весом научных исследований и технологий в физике микромира в настоящее время. Будущий специалист должен четко представлять: что в проблемах: связанных со свойствами микромира, наглядность и классический подход оказываются непригодными и уступают место принципиально новым подходам.

Курс атомной физики необходим для освоения последующих базовых курсов «Квантовая механика», «Физика твердого тела», «Твердотельная электроника», спецкурсов.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм» и «Оптика».

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) –«Атомная физика»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной) | В результате освоения дисциплины обучающийся должен: |
|-----------------|--|---|--|
| УК-2 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | <p>УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними;</p> <p>УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта;</p> <p>УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;</p> | <p>Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;</p> <p>Уметь понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики;</p> <p>Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.</p> |
| ОПК-1 | Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности. | <p>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.</p> | <p>Знает физические основы механики, молекулярной физики, природы колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и ограниченность применения физики к исследованию процессов и явлений в природе и обществе.</p> <p>Умеет использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач, оценивает достоверность полученного решения задачи.</p> <p>Владеет навыками физических исследований, способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной</p> |

| | | | области знания. |
|-------|--|--|--|
| ПК -3 | готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований | <p>ПК-3.1. Понимает физические основы методов и средства преобразования информации, обмен информацией на расстоянии с помощью радиоэлектронных средств и технологий.</p> <p>ПК-3.2. Владеет методологией математического моделирования физических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.</p> <p>ПК-3.3. Применяет цифровую технику при обработке данных при соблюдении основных требований информационной безопасности.</p> <p>ПК-3.4. Применяет современные информационные средства при подготовке данных при составлении обзоров, отчетов и научных публикаций.</p> | <p>Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований.</p> <p>Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований.</p> <p>Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований</p> |

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Наименование разделов и тем дисциплины (модуля) | семестр | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость | | | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) | | | | | | |
|-----------|---|---------|--|--------|----------------------|----------------------|----------------------------|-------|-------------------------|-----------------------|--|------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| | | | Контактная работа | | | | Самостоятельн ая работа | | | | Собеседование | Коллоквиум | Проверка тестов | Проверка контрольн. | Проверка реферата | Проверка эссе и иных | курсовая работа (проект) |
| | | | Всего | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Др. виды контакт. работы | Всего | Курсовая работа(проект) | Подготовка к экзамену | | | | | | | |
| 1. | Раздел 1. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Тема 1. Введение. Экспериментальные основы атомной физики | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1. | Механистическая картина мира. Электродинамика. Планетарная модель атома Резерфорда. Тождественность и устойчивость атомов. Излучение черного тела. Формула Планка | 5 | 17 | 2 | 2 | 4 | 3 | 8 | | 4 | 4 | + | | | + | | |
| 1.2. | Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода | 5 | 16 | 2 | 2 | 4 | 3 | 9 | | 5 | 4 | | + | | + | | |
| 1.3. | Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости. | 5 | 15 | 2 | 2 | 4 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | + | | + | | |
| 1.4 | Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля. | 5 | 15 | 2 | 2 | 4 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|-----|-----|----|----|----|----|----|---|----|----|-----------------|--|---|--|---|--|
| 1.5 | Физические принципы квантовой механики | 5 | 16 | 2 | 2 | 4 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | | + | | | |
| | Собственные функции, собственные значения и их физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энергии. Операторы координаты, потенциальной энергии. | 5 | 14 | 3 | 3 | 5 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | | + | | | |
| Раздел 2. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1. | Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. | 5 | 17 | 4 | 4 | 6 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | | + | | + | |
| 2.2. | Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции. | 5 | 17 | 4 | 4 | 6 | 3 | 8 | | 4 | 4 | | | + | | + | |
| 2.3 | Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тождественные и антисимметричные волновые функции. | 5 | 15 | 4 | 3 | 5 | 3 | 8 | | 2 | 2 | | | + | | + | |
| 2.4. | Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры. | 5 | 16 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | 2 | 2 | | | | | | |
| | <i>Курсовая работа (проект)</i> | 5 | | | | | | * | * | | | | | | | | |
| | <i>Подготовка к экзамену</i> | | | | | | | 36 | | 37 | 36 | | | | | | |
| | Общая трудоемкость, в часах | 180 | 148 | 36 | 64 | 48 | 27 | 5 | | 5 | | Промежуточная | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Форма | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Зачет | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Зачет с оценкой | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Экзамен | | | | + | |

4.2. Содержание тем дисциплины «Атомная физика»

Тема 1. Введение. Экспериментальные основы атомной физики

1.1. Механистическая картина мира. Электродинамика. Планетарная модель атома Резерфорда. Тожественность и устойчивость атомов. Излучение черного тела. Формула Планка

1.2. Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода.

1.3. Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля.

Задания для самостоятельной работы:

Темы «Квантовая природа электромагнитного излучения» и «Волновые свойства микрочастиц»:

- Модель атома Томсона
- Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.
- Фотоэффект.
- Учет движения ядер в модели атома Бора.
- Эффект Комптона.
- Учет преломления электронных волн в опыте Дэвиссона-Джермера.
- Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.

Тема 2. Физические принципы квантовой механики

2.1. Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Принцип суперпозиции. Оператор проекции импульса. Собственные функции, собственные значения и их физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энер-

гии. Операторы координаты, потенциальной энергии.

2.2. Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера.

Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции.

2.3. Квантование момента импульса. Квантовая механика в трех измерениях. Оператор проекции момента импульса. Собственные функции и значения оператора проекции момента импульса. Квантование квадрата момента импульса.

Задания для самостоятельной работы:

- Доказать, что, если операторы эрмитовы, то собственные значения операторов вещественные.
- Доказать, что если два разных оператора имеют общие собственные функции, то они коммутируют.
- Ангармонический осцилляторы.
- Выразить оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат.
- Туннельный эффект. Прямоугольный потенциальный барьер. Примеры туннельного эффекта.
- Линейный гармонический осциллятор: уровни энергии, нулевая энергия, волновые функции.

Тема 3. Строение и свойства атомов

3.1. Квантовая модель атома водорода. Гамильтониан для водородоподобных атомов. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Решение для угловой функции. Решение для радиальной функции. Квантование энергии. Квантовые числа, характеризующие состояние атома.

3.2. Собственные функции гамильтониана. Графики плотности вероятности для радиального и углового распределения электрона. Уровни энергии. Вырождение уровней. Правила отбора.

3.3. Атомы щелочных металлов. Физические свойства щелочных металлов. Уровни энергии. Спектральные серии щелочных металлов.

3.4. Магнитные свойства атома. Магнитный орбитальный момент и его квантование. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. Опыт Штерна – Герлаха. Спин электрона. Спин – орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектров.

3.5. Векторная модель атомов. Полный механический момент и его квантование. Магнитный момент атома. Фактор Ланде. Эффект Зеемана. Поляризация зеемановских компонент. Спин фотона.

3.6. Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тождественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.

3.7. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры.

Задания для самостоятельной работы:

- Классификация водородоподобных атомов и систем.
- Обоснование правил отбора при излучении и поглощении света.
- Спектральные серии атома натрия.
- Эффект Пашена –Бака.
- Линейный и квадратичный эффекты Штарка.
- Оптические спектры гелия. Орто - и парагелий. Спин системы электронов.

Тема 4. Строение и свойства молекул

4.1. Химическая связь. Виды движений в молекуле. Адиабатическое приближение. Квантовомеханический расчет иона молекулы водорода. Триплетные и синглетные состояния. Молекула водорода. Волновые функции. Структура молекул.

4.2. Валентность. Валентность и периодическая система элементов. Направленная валентность. Ротатор. Колебательные и вращательные уровни энергии молекул. Вращательные, колебательные спектры молекул.

Задания для самостоятельной работы:

- Написать электронные термы молекулы Cl_2 , при условии, что атомы Cl находятся в состоянии $2P$.
- Оценить по порядку величины колебательную и вращательную энергии молекулы CO. Приведённая масса $1,14 \times 10^{-26} \text{ кг}$, расстояние между атомами $0,113 \text{ нм}$, момент инерции $1,46 \times 10^{-46} \text{ кг} \times \text{м}^2$.

- Параводород. Ортоводород. Электронные термы двухатомных молекул.

- Гибридизация. Кратные связи.

Тема 5. Квантовые свойства твердых тел и жидкостей

5.1. Кристаллическая решетка. Типы связи атомов в решетке и порядки энергии связи. Колебания атомов. Фононы. Теплоемкость кристаллов

5.2. Оптические и акустические фононы. Теплоёмкость фононного газа.

5.3. Проводники и диэлектрики. Зонная структура энергетических уровней. Заполнение зон. Теорема Блоха. Зонные модели металлов и диэлектриков, полупроводников.

Задания для самостоятельной работы:

- Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.
- Туннельный диод.
- Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

5. Образовательные технологии

| № п.п. | Тема программы дисциплины | Применяемые технологии |
|--------|---|--|
| 1 | Практическое занятие по теме «Экспериментальные основы атомной физики»: тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона. Задачи: 1.8, 1.17, 1.41, 1.42, 1.51 [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение |
| 2 | Практическое занятие по теме «Квантовомеханическая модель атома водорода»: волновые функции атома водорода, квантовые числа, графики плотностей вероятностей радиального и углового распределения электронов, уровни энергии, правила отбора, вероятности и средние значения для возбужденных состояний. Задачи: 4.75, 4.76, 4.77. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные |
| 3 | Практическое занятие по теме «Атомы щелочных металлов»: квантовые числа, уровни энергии, правила отбора, спектральные серии. Задачи: 5.1-5.6, 5.8. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, (видеолекции) |
| 4 | Практическое занятие по теме «Векторная модель атома»: орбитальный и спиновый механический моменты атома, полный механический момент, спектральный символ атома. Задачи: 5.15-5.24. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа |
| 5 | Практическое занятие по теме «Магнитные свойства атома»: векторная модель атома, полный механический момент, магнитный момент атома, фактор Ланде, опыт Штерна-Герлаха. Задачи: 6.2, 6.4, 6.8, 6.16. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение |
| 6 | Практическое занятие по теме «Атом в магнитном поле»: простой и сложный | классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные |

| | | |
|----|--|--|
| | эффекты Зеемана, поляризация спектральных линий. Задачи: 6.20, 6.23, 6.26, 6.27, 6.29, 6.35. [1]. | |
| 7 | Практическое занятие по теме «Двухатомные молекулы»: вращательные, молекулярные спектры. Задачи: 7.2, 7.3, 7.5, 7.8, 7.10. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, |
| 8 | Практическое занятие по теме «Двухатомные молекулы»: колебательные уровни энергии, молекулярные спектры. Задачи: 7.16, 7.19, 7.20, 7.22, 7.26. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, |
| 9 | Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: структура кристаллов, энергия связи и теплоемкость кристаллов. Задачи: 8.1, 8.5, 8.24, 8.29, 8.30. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, |
| 10 | Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: свойства металлов и полупроводников. Задачи: 8.37, 8.39, 8.41, 8.42, 9.3. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, |
| 11 | Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: свойства металлов и полупроводников. Задачи: 9.6, 9.9, 9.12, 9.22, 9.23. [1]. | классическое традиционное; лекционное обучение, |

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

Для получения глубоких и прочных знаний, твёрдых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

В рабочей программе предусмотрена самостоятельная работа для проработки лекционного (теоретического) материала при подготовке к контрольным мероприятиям (в частности к тестированию)

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

| №№ п/п | Наименование работы | Кол-во часов | Форма контроля |
|-----------|------------------------------------|-----------------|--|
| 1 | Проработка лекционного материала | 37 | Экзамен |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям | 14 | Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы. |
| 3 | Подготовка к лабораторным работам | 19 | Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета. |

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

| № п/п | Вид контроля | Контролируемые темы (разделы) | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|----------|--------------------------------------|---|--|
| 1 | Коллоквиум, контрольная работа | Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 2 | Коллоквиум, контрольная работа | Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости. | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 3 | Коллоквиум, тесты | Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля. | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 4 | Коллоквиум, тесты | Физические принципы квантовой механики | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 5 | Коллоквиум, тесты | Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Принцип суперпозиции. Оператор проекции импульса. Собственные функции, собственные значения и их | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |

| | | | |
|---|--------------------------------|--|--------------------|
| | | физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энергии. Операторы координаты, потенциальной энергии. | |
| 6 | Коллоквиум, тесты | Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции. | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 7 | Коллоквиум, контрольная работа | Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тожественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули. | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |
| 8 | Коллоквиум, контрольная работа | Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры. | УПК-2; ОПК-1, ПК-3 |

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Физика атома и атомных явлений».

Организация итоговой аттестации с критериями оценивания:

Осуществляется в форме экзамена, на котором проверяются знания основных вопросов по (тематика дисциплины).

Оценка "отлично" ставится в случае, если студент покажет глубокое, исчерпывающее понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, продемонстрирует умения анализировать ситуации, релевантные задачам его профессиональной квалификации.

Оценка "хорошо" ставится в случае, если студент владеет знаниями теории и практики, показывает достаточное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, но имеет некоторые недостатки в ответах.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если отвечающий показывает твердое знание и понимание вопросов программы, но ответы содержат несущественные ошибки и неточности, при ответах рекомендованная литература использована недостаточно.

Оценка "неудовлетворительно" ставится в случае, если имеет место неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов, неуверенные неточные ответы на дополнительные вопросы.

Экзаменационные вопросы по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

1. Тожественность и устойчивость атомов.
2. Формула Планка и излучение черного тела.
3. Фотоэффект. Фотоны.
4. Модель атома Бора. Недостатки модели.
5. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц.

6. Эксперименты Дэвиссона и Джермера.
7. Соотношение неопределенностей.
8. Корпускулярно-волновой дуализм.
9. Физический смысл волн де Бройля.
10. Операторы физических величин.
11. Уравнение Шредингера.
12. Частица в потенциальном ящике.
13. Туннельный эффект.
14. Линейный гармонический осциллятор.
15. Квантование момента импульса и его проекции.
16. Уравнение Шредингера для атома водорода. Уровни энергии.
17. Состояние электрона в атоме водорода.
18. Распределение электронной плотности в атоме водорода.
19. Правила отбора.
20. Уровни энергии атомов щелочных металлов.
21. Квантование магнитного момента.
22. Опыт Штерна-Герлаха.
23. Спин электрона.
24. Спин-орбитальное взаимодействие.
25. Векторная модель атома. Квантование полного момента импульса.
26. Эффект Зеемана.
27. Принцип Паули.
28. Строение периодической системы Менделеева.
29. Закон Мозли. Рентгеновские спектры.
30. Спектры орто и парагелия.
31. Молекула водорода. Уровни энергии.
32. Валентность.
33. Сопряженные и направленные связи молекул.
34. Гибридизация.
35. Колебательные и вращательные уровни молекул.
36. Молекулярные спектры.
37. Фононы.
38. Зонные модели металлов, диэлектриков, полупроводников.

ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.
2. Эффект Комптона.
3. Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.
4. Соотношение неопределенностей.
5. Прохождение частицы через потенциальный барьер.
6. Контактные явления и туннельные эффекты в электронике.
7. Эффект Пашена-Бака.
8. Линейный и квадратичный эффекты Штарка.
9. Эффект Садовского. Спин фотона.
10. Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.
11. Фундаментальная постоянная – постоянная тонкой структуры.
12. Наблюдение и измерение в квантовой механике.
13. Эффект Эйнштейна, Подольского, Розена.

Тестовые задания

№ 1 «Кванты света. Волновая функция. Соотношение неопределенности»

Задача 1. Фотон ($\lambda = 0,4$ нм) рассеивается на электроне (масса покоя электрона m_e), движущемся навстречу ему, и после рассеяния движется в обратном направлении (рассеяние на 180°). С какой скоростью v должен двигаться электрон, чтобы частота фотона при рассеянии не изменилась?

Задача 2. Найти энергию электрона, при которой он беспрепятственно пройдет над прямоугольным барьером высотой $W_0 = 5$ эВ и шириной $d = 10^{-8}$ см.

Задача 3. Волновая функция частицы массой m , совершающей одномерное движение в поле с потенциалом $W_p(x)$, есть $\psi(x) = Ax \exp(-x/a)$ ($x > 0$), ($\psi(x) = 0$, ($x \leq 0$)). Известно, что $W_p(x) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \infty$:

а) оценить с помощью соотношения неопределенности среднюю кинетическую энергию W_k частицы;

б) найти профиль потенциального поля W_p ;

в) полную энергию W частицы.

№ 2 «Квантовомеханическая модель атома водорода»

1. Атом водорода находится в состоянии $2p$.

д) построить радиальную волновую функцию $R_{2,1}(r)$ и нормировать ее;

е) построить волновую функцию $\psi_{2,1}(r, \theta, \varphi)$ атома водорода в заданном квантовом состоянии, если угловая функция $Y_{2,1}(q, j)$ имеет вид $Y_{2,1}(q, j) = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin^2 \theta e^{i\varphi}$;

ф) построить функцию плотности вероятности локализации электрона в шаровом слое на расстоянии r от ядра;

г) найти наиболее вероятное расстояние r_{max} электрона до ядра;

д) нарисовать график плотности вероятности, построенной в п. д);

и) найти среднее расстояние электрона до ядра и указать на графике построенной плотности вероятности;

ж) найти вероятность локализации электрона внутри области $r < r_{max}$;

к) нарисовать график плотности вероятности углового распределения электрона;

л) вычислить орбитальный, спиновый и полный механические моменты атома;

м) найти угол между орбитальным и спиновым механическими моментами;

н) нарисовать векторную модель атома для состояния $2p$;

о) найти частоту перехода из состояния $2p$ в основное состояние;

р) найти величину смещения зеемановских компонент уровня $2p$ во внешнем магнитном поле напряженности $H = 5 \text{ кГс}$;

Задача 1. Оценить число фотонов равновесного электромагнитного излучения в единице объема при температуре 300 К.

Задача 2. Исходя из соотношения неопределенности оценить энергию ионизации атома водорода из основного состояния.

Задача 3. Потенциал ионизации атома Cs равен 3.89 эВ. Определить квантовый дефект основного состояния.

Задача 4. Определить среднее и наиболее вероятное удаление электрона от ядра в основном состоянии атома водорода.

Задача 5. Поток частиц с энергией E рассеивается на прямоугольной ступеньке высотой V_0 . Определить вероятности прохождения и отражения.

2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система “Консультант”
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

ФПК – 09. Установка для изучения атома водорода,
ФПК-11. Установка для изучения абсолютно черного тела,
ФПК – 02. Опыт Франка и Герца.
ФПК-01 Установка для изучения внешнего фотоэффекта,
блок питания,
светофильтры,
фотоэлементы.

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 920.

Программу составил: ст. преподаватель кафедры «Физика» М. Б. Батыжев

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 10 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «22» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета
Протокол № 10 от « 29 » июня 2022 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

| Учебный год | Решение кафедры (№ протокола, дата) | Внесенные изменения | Подпись зав. кафедрой |
|-------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

