



## АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины

**Б1.О.09.05 Атомная физика**

Направление подготовки бакалавриата **03.03.02 Физика**

1.	<b>Цель изучения дисциплины</b> 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.								
2.	<b>Место дисциплины в структуре ОПОП ВО бакалавриата</b> Дисциплина «Атомная физика» относится к модулю «Общая физика» обязательной части цикла (Б1.О.09.03). 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». Формы работы студентов - семинарские занятия. Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме выполнения домашних заданий, подготовки к лабораторным работам. Виды текущего контроля - проверка домашних заданий, устный опрос, проверка контрольной работы. Форма итогового контроля – экзамен.								
3	<b>Результаты освоения дисциплины (модуля) «Атомная физика»</b> <table><tr><td>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</td><td>УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними; УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта; УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;</td><td><b>Знать</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики; <b>Уметь</b> понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики; <b>Владеть</b> физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.</td></tr><tr><td>ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере сво-</td><td>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы</td><td>Знает физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и огра-</td></tr></table>			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	УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними; УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта; УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;	<b>Знать</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики; <b>Уметь</b> понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики; <b>Владеть</b> физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере сво-	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы	Знает физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и огра-
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	УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними; УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта; УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;	<b>Знать</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики; <b>Уметь</b> понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики; <b>Владеть</b> физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.							
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере сво-	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы	Знает физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и огра-							



	<p>ей профессиональной деятельности.</p>	<p>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>ниченность применения физики 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 области знания.</p>
	<p>ПК -3 Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований</p>	<p>ПК-3.1. Понимает физические основы методов и средства преобразования информации, обмена информацией на расстоянии с помощью радио-электронных 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.	<p><b>Структура и содержание дисциплины (модуля)</b></p> <p>Тема 1. Введение. Экспериментальные основы атомной физики. Механистическая картина мира. Электродинамика. Планетарная модель атома Резерфорда. Тождественность и устойчивость атомов. Излучение черного тела. Формула Планка. Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода. 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.</p>		



*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. 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 энергии. Операторы координаты, потенциальной энергии. Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции. 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.
- Анггармонический осциллятор.
- 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. 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. Собственные функции гамильтониана. Графики плотности вероятности для радиального и углового распределения электрона. Уровни энергии. Вырождение уровней. Правила отбора. Атомы щелочных металлов. Физические свойства щелочных металлов. Уровни энергии. Спектральные серии щелочных металлов. Магнитные свойства атома. Магнитный орбитальный момент и его квантование. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. Опыт Штерна – Герлаха. Спин электрона. Спин – орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектров. Векторная модель атомов. Полный механический момент и его квантование. Магнитный момент атома. Фактор Ланде. Эффект Зеемана. Поляризация зеемановских компонент. Спин фотона. Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тожественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули. 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. Химическая связь. Виды движений в молекуле. Адиабатическое приближение. Квантовомеханический расчет иона молекулы водорода. Триплетные и синглетные состояния. Молекула водорода. Волновые функции. Структура молекул. 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  $\text{Cl}_2$ , 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  $1,46 \times 10^{-46} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

- Параводород. Ортоводород. Электронные термы двухатомных молекул.

- Гибридизация. Кратные связи.

Тема 5. Квантовые свойства твердых тел и жидкостей. Кристаллическая решетка. Типы связи атомов в решетке и порядки энергии связи. Колебания атомов. Фононы. Теплоемкость кристаллов. Оптические и акустические фононы. Теплоёмкость фононного газа. 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 сложные эффекты Зеемана, поляризация спектральных линий. Задачи: 6.20, 6.23, 6.26, 6.27, 6.29, 6.35. [1].	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет**

	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.	<b>Используемые ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Internet»; информационные технологии, программные средства и информационно-справочные системы</b>		
	<b>Название ресурса</b>		<b>Ссылка/доступ</b>
	Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»		<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
	«Образовательный ресурс России»		<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
	Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА		<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
	Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)		<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>
	Русская виртуальная библиотека		<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>
	Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»		<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
	Научная электронная библиотека «e-Library»		<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
	Электронно-библиотечная система IPRbooks		<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
	Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»		<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
	Информационно-правовая система «Гарант»		Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
	Электронно-библиотечная система «Юрайт»		<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>
7.	<b>Формы текущего контроля</b>		
	Тестирование по разделам, контрольные работы, защита лабораторных работ, коллоквиумы.		
8	<b>Форма промежуточного контроля - экзамен</b>		

**Разработчик: ст.преподаватель кафедры «Физика» Батыжев М.Б.**