

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический  
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ  
проректор

*Машаров*  
«29» марта 2024 г.

П.А. Машаров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«АТОМНАЯ И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА»**

Укрупненная группа направлений подготовки	10.00.00 Информационная безопасность
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль подготовки	Безопасность автоматизированных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Атомная и квантовая физика» для обучающихся по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность (Профиль: Безопасность автоматизированных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17 ноября 2020 г. № 1427 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

Ст. преподаватель  
кафедры радиофизики  
и инфокоммуникационных технологий

 Т.В. Белик

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий  
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

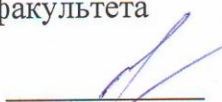
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана физико-технического факультета  
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

 В. Н. Кстенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы  
д-р тех. наук, проф.  
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной дисциплины: Математика; Физика (механика, электричество и магнетизм, оптика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Электроника и схемотехника; Квантовая и оптическая электроника; Информационная безопасность ВОЛС.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	10.03.01. Информационная безопасность (Профиль:Безопасность автоматизированных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М2.5 Атомная и квантовая физика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	6 / 216

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	6	34	34	34	114	216	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение важнейших понятий и моделей атомной и квантовой физики; получение студентами представления о постановке задач в современной физике и методах их формализации; формирование необходимых и достаточных знаний и умений студентов, для понимания ими явлений и процессов, которые происходят в природе, технике.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-4. Способен применять необходимые физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1. Обладает базовыми знаниями в области физики и способен применять их для решения задач	ОПК-4.1.1. Знает основные физические явления и законы, терминологию и основы теорий атомной и квантовой физики. ОПК-4.1.2. Умеет применять изученные законы, теории и методы решения к описанию различных процессов, явлений и решению задач

	профессиональной деятельности	ОПК-4.1.3. Умеет выбирать оптимальную методику проведения экспериментальных исследований, проводить расчеты, правильно оценивать полученные результаты и представлять их в удобном для восприятия виде.
--	-------------------------------	---

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1.	
Модели атома	<p>Кризисное состояние физики в конце 19-го, начале 20-го столетия.</p> <p>Модели атома (Томпсона, Резерфорда, Бора-Резерфорда).</p> <p>Спектр атома водорода. Формула Планка.</p> <p>Диаметры орбит электрона атома водорода, его скорость, энергия. Постоянная Ридберга.</p> <p>Опыт Франка и Герца.</p> <p>Недостатки модели Бора-Резерфорда.</p>
Корпускулярно-волновой дуализм	<p>Формула Эйнштейна для среднеквадратичной флуктуации энергии физической системы.</p> <p>Гипотеза де-Бройля. Волны де-Бройля.</p> <p>Соотношение неопределенностей Гейзенберга</p>
Уравнение Шредингера	<p>Уравнение Шредингера его анализ. Волновая функция.</p> <p>Операторы энергии, импульса, координаты.</p> <p>Волновая функция электрона атома водорода, ее зависимость от квантовых чисел <math>n</math>, <math>l</math>, <math>m</math>, физический смысл квантовых чисел. Орбитали электрона.</p> <p>Опыт Штерна-Герлаха, анализ результатов опыта, спин электрона.</p> <p>Энергия спин-орбитального взаимодействия, тонкая структура спектра энергий электрона атома водорода, постоянная тонкой структуры.</p>
Движение частиц в потенциальных полях	<p>Движение частиц в потенциальных полях, их энергетические спектры, движение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Нулевые колебания.</p>
Многоэлектронные атомы	<p>Сложение угловых моментов в многоэлектронных атомах.</p> <p>Распределение электронов по состояниям, принцип Паули.</p> <p>Электронные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация атома.</p> <p>Таблица Менделеева, связь электронного строения атома и его химических свойств.</p>

Спектры излучения атомов, спектральные термы	Спектральные термы атомов, правила Хунда. Правила отбора, спектры излучения атомов. Спектры излучения атомов водорода и гелия. Спектры излучения щелочных металлов, квантовый дефект. Методы расчета энергии многоэлектронных атомов.
Рентгеновские лучи	Рентгеновские лучи, их получение. Непрерывный и дискретный спектры рентгеновских лучей, закон Мозли. Природа поглощения и рассеивания рентгеновских лучей. Оже-эффект.
Спонтанное и вынужденное излучение	Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна. Квантовые оптические генераторы: активная среда, система накачки, резонатор. Гелий-неоновый лазер, схема переходов.
Молекулы	Виды движений в молекулах, энергетические диаграммы. Энергия диссоциации. Спектры излучения и поглощения молекул.
Основы физики ядра и элементарных частиц	Свойства ядер. Модели ядер и ядерных сил. Радиоактивные превращения ядер. Ядерные реакции. Дозиметрия. Классификация. Характеристики элементарных частиц. Типы взаимодействий. Основные методы экспериментальных исследований.
Квантовые распределения	Квантовая теория свободных электронов в металле. Распределение Ферми-Дирака. Фермионы. Распределение Бозе-Эйнштейна. Принцип неразличимости квантовых частиц. Квантовая запутанность.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1.	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>114</b>	<b>216</b>
Модели атома	4	10	4	8	26
Корпускулярно-волновой дуализм	2		2	8	12
Уравнение Шредингера	4		4	12	20
Движение частиц в потенциальных полях	4		4	12	20
Многоэлектронные атомы	2		2	10	14
Спектры излучения атомов, спектральные термы	2	8	4	10	24
Рентгеновские лучи	2		2	8	12
Спонтанное и вынужденное излучение	4	4	2	10	20
Молекулы	2	8	2	10	22

Основы физики ядра и элементарных частиц	4		4	14	22
Квантовые распределения	4	4	4	12	24
<b>ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>114</b>	<b>216</b>

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1.

1. Сравнительная характеристика моделей атома Томпсона и Резерфорда. Экспериментальное подтверждение планетарной модели.
2. Модель Бора-Резерфорда. Какие законы лежат в основе этой модели?
3. Область применения модели Бора-Резерфорда, ее противоречивость.
4. Запишите формулы для энергии, радиуса орбиты, скорости и длины волны излучения электрона в атоме водорода. Какие выводы можно сделать из этих формул?
5. Опыт Франка и Герца. Какие результаты были получены?
6. Применение модели Бора-Резерфорда для описания атома водорода. Спектр излучения, энергетическая диаграмма атома. Постоянная Ридберга. Спектры излучения изотопов водорода.
7. Формула Эйнштейна для среднеквадратичной флуктуации энергии физической системы.
8. Гипотеза де Бройля, основные соотношения. Волны де Бройля.
9. Соотношение неопределенностей Гейзенберга, его объяснение.
10. Уравнение Шредингера. Алгоритм его получения.
11. Волновая функция, ее физический смысл. Волновая функция с учетом сферической симметрии электрического поля.
12. От каких квантовых чисел зависит аналитическое выражение волновой функции атома водорода? Что такое электронная орбиталь? Как форма электронной орбитали зависит от орбитального квантового числа?
13. Опыт Штерна-Герлаха. Спин электрона, спиновое квантовое число.
14. Какими квантовыми числами определяется состояние электрона в атоме водорода? Какие значения они принимают? Их физический смысл.
15. Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая структура энергетического спектра, постоянная тонкой структуры.
16. Угловые моменты импульса электрона (механические и магнитные).
17. Сложение угловых моментов электронов «легких» и «тяжелых» атомов.
18. Распределение электронов в атоме по состояниям. Электронная конфигурация атома.
19. Как электронная конфигурация атома определяет его физические и химические свойства?
20. Правила отбора. Нарисуйте схему электронных переходов атома водорода с указанием спектральных термов для  $n=1, 2, 3$ .
21. Спектральный терм атома. Чем он определяется, правила его записи.
22. Основные методы расчета энергии многоэлектронных атомов.
23. Что общего и чем отличается атом водорода и атомы щелочных металлов. Как эта разница сказывается на энергии одного электрона?
24. Движение электрона в одномерной прямоугольной яме с бесконечно высокими вертикальными стенками.
25. Туннельный эффект.
26. Рентгеновские лучи. Получение рентгеновских лучей, непрерывный и дискретный спектр лучей. Закон Мозли.



27. Природа поглощения и рассеивания рентгеновских лучей. Оже-эффект.
28. Классификация и характеристики элементарных частиц.
29. Типы взаимодействий элементарных частиц. Основные методы экспериментальных исследований.
30. Виды движений в молекулах, график потенциальной энергии двухатомной молекулы, энергия диссоциации.
31. Спектр излучения молекулы.
32. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условие усиления излучения, способы создания инверсной заселенности.
33. Основные элементы оптических квантовых генераторов. Принцип работы, конструкция, схема переходов He-Ne лазера.
34. Основные характеристики ядра (состав ядер, массовое число, электрический и барионный заряды, энергия связи, радиус). спин, магнитный момент, четность, дипольный и квадрупольный электрические моменты, изотопический спин
35. Основные характеристики ядра (спин, магнитный момент, четность, дипольный и квадрупольный электрические моменты, изотопический спин).
36. Классификация ядерных моделей. Основные модели ядра.
37. Квантовая теория свободных электронов в металле. Распределение Ферми-Дирака. Фермионы.
38. Распределение Бозе-Эйнштейна.
39. Основные характеристики ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций.
40. Ядерные силы. Их свойства.
41. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение ядер.
42. Характеристика альфа-излучения и его взаимодействие с веществом.
43. Характеристика бета-излучения и его взаимодействие с веществом.
44. Характеристика гамма-излучения и его взаимодействие с веществом.
45. Методы регистрации ядерных частиц. Газоразрядные детекторы.
46. Сцинтилляционные детекторы.
47. Полупроводниковые детекторы.
48. Принцип неразличимости квантовых частиц.
49. Квантовая запутанность
50. Единицы измерения доз облучения и активности источника ядерного излучения. Защита от ионизирующих излучений.

7.2. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Донецкий государственный университет	
Физико-технического факультета	
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий	
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль подготовки	Безопасность автоматизированных систем
Форма обучения	Очная
Семестр	Третий
Дисциплина	Атомная и квантовая физика

#### Экзаменационный билет № 1

1. Модель Бора-Резерфорда. Какие законы лежат в основе этой модели?

2. Движение электрона в одномерной прямоугольной яме с бесконечно высокими вертикальными стенками.
3. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условие усиления излучения, способы создания инверсной заселенности.

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий, протокол № 14 от 21.02.2024 г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

Т.В. Белик

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

### 8.1. Семестр 3

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторные работы	30
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4-м корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели



для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi. Для проведения лабораторных занятий требуется учебная лаборатория, укомплектованная необходимым оборудованием.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

При использовании дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 10.1. Основная литература

1. Шпольский, Э. В. Атомная физика: Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 т. Т. 1: Введение в атомную физику / Э. В. Шпольский. - 8. изд. – С.-П.: Издательство Лань, 2021. - 560 с.

2. Шпольский, Э. В. Атомная физика: Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 т. Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки / Э. В. Шпольский. - 6. изд. – С.-П.: Издательство Лань, 2022. - 448 с.

3. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц Текст / И.В. Савельев. – СПб. Лань, 2016. – 406 с

4. Практикум по атомной физике: [Учеб. пособие для физ. специальностям вузов / В. Б. Авраменко]; Под ред. Л. И. Киселевского. - Минск: Университетское, 1989. – 173 с.

### 10.2. Дополнительная литература

5. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: [Учеб. пособие для физ. специальностей вузов: В 5 т.]. Т. 5: Атомная и ядерная физика, / Д. В. Сивухин. - М.: Физматлит, 2020. - 784 с.

6. Практикум по ядерной физике: Учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов / И. А. Антонова, А. Н. Бояркина, Н. Г. Гончарова и др. - 4-е изд. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. - 199 с.

7. Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы Текст /И.Е. Иродов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 256 с.

8. Матвеев, А.Н. Атомная физика Текст / А.Н. Матвеев. – М.: Оникс: Мир и образование, 2007. – 430 с.

9. Широков, Ю. М. Ядерная физика: [Учеб. пособие для ун-тов] / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. - М.: Наука, 1972. - 672 с.

10. Сборник задач по общему курсу физики: В 5 т. Том 5: Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / В.В. Сивухин и др. – М: Физматлит, 2006. – 184 с

## 11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»**: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»**: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).