

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

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Атомная и ядерная физика» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (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. Котенко

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: Математический анализ; Дифференциальные уравнения; Теория вероятностей и математическая статистика; Механика; Электричество и магнетизм; Колебания и волны, оптика; Физический практикум (механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, оптика,).

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

Физический практикум (атомная и ядерная физика); Оптоэлектроника; Квантовая радиофизика; Функциональная электроника; Полупроводниковая и физическая электроника; Производственная практика

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.03. Радиофизика (Профиль: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М1.11. Атомная и ядерная физика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

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	5	51	34	0	59	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Сформировать систему знаний и умений студента, необходимых и достаточных для понимания явлений и процессов, которые происходят в природе и технике; помочь овладеть методами решения проблем, требующих применения фундаментальных знаний в профессиональной деятельности

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в областях физики, радиофизики, электроники	ОПК-1.1.1. Знает строение ядер, атомов, молекул и их физические свойства; основные законы и теории атомной и ядерной физики; границы их применимости; методологию и методы исследований ОПК-1.1.2. Умеет применять основные понятия и законы атомной и ядерной физики

деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.		для качественного и количественного анализа физических явлений и процессов
	ОПК-1.3. Способен применять математические и/или физические методы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.3.1. Знает методы решения задач атомной и ядерной физики. ОПК-1.3.2. Умеет выбирать необходимые методы решения задач и использовать их, в том числе, в профессиональной деятельности.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Атомная и ядерная физика	
Модели атома	Кризисное состояние физики в конце 19-го начале 20-го столетия. Модели атома (Томпсона, Резерфорда, Бора-Резерфорда, Зоммерфельда), их анализ. Спектр излучения атома водорода (серии Лаймана, Бальмера, Пашена), радиусы орбит электрона, его скорость, энергия. Постоянная Ридберга, главное квантовое число. Опыт Франка и Герца. Недостатки модели Бора-Резерфорда.
Корпускулярно-волновой дуализм	Формула Эйнштейна для средне-квадратичной флуктуации энергии физической системы, ее анализ. Гипотеза де-Бройля, волны де-Бройля, их свойства. Соотношение неопределенностей Гейзенберга, его смысл и значение для физики.
Уравнение Шредингера	Уравнение Шредингера его получение и анализ. Операторы энергии, импульса, координаты. Волновая функция, ее физический смысл. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Волновая функция электрона атома водорода, ее зависимость от квантовых чисел n , l , m , физический смысл квантовых чисел. Орбитали электрона. Опыт Штерна-Герлаха, анализ результатов опыта, спин электрона. Энергия спин-орбитального взаимодействия, тонкая структура спектра энергий электрона атома водорода, постоянная тонкой структуры. Энергия электрона атома водорода с учетом спина.
Многоэлектронные атомы	Сложение угловых моментов в многоэлектронных атомах. Нахождение квантовых чисел L , S и J .

	<p>Распределение электронов по состояниям, принцип Паули. 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.	<p>Основные и возбужденные спектральные термы атомов.</p> <p>Определение спектральных термов атомов, правила Хунда.</p> <p>Правила отбора, спектры излучения атомов.</p> <p>Спектры излучения атомов водорода и гелия.</p> <p>Спектры излучения щелочных металлов, квантовый дефект.</p> <p>Методы расчета энергии многоэлектронных атомов.</p>
Движение частиц в потенциальных полях	<p>Движение частиц в разных потенциальных полях, их энергетические спектры, движение частиц через потенциальный барьер.</p> <p>Туннельный эффект. Нулевые колебания.</p>
Квантовые генераторы	<p>Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условие усиления излучения, способы создания инверсной заселенности. Основные элементы оптических квантовых генераторов.</p> <p>He-Ne лазер, принцип работы, конструкция, схема переходов.</p>
Атомные явления	<p>Рентгеновские лучи, их получение.</p> <p>Непрерывный и дискретный спектры рентгеновских лучей, закон Мозли. Природа поглощения и рассеивания лучей. Оже-эффект.</p> <p>Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.</p> <p>Критерий слабого и сильного магнитного поля.</p> <p>Расщепление спектральных термов атомов в слабом и сильном магнитном полях.</p>
Молекулы	<p>Виды движений в молекулах, энергетические диаграммы. Кривые потенциальной энергии молекул. Энергия диссоциации. Спектры излучения и поглощения молекул.</p> <p>Твердые тела. Периодичность потенциала в твердых телах. Образование энергетических зон в кристаллах, объяснение электрических свойств кристаллов с помощью зонной теории.</p>
Радиоактивные превращения ядер	<p>Явление радиоактивности, законы радиоактивного распада, α-распад, β-распад, γ-излучение ядер. Характеристика α-, γ-, β-излучений.</p> <p>Взаимодействие ядерных излучений с веществом. Единицы измерения доз облучения и активности источника ядерного излучения. Защита от ионизирующих излучений.</p>

Источники и детекторы частиц	Методы регистрации ядерных частиц. Газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые детекторы. Ускорители заряженных частиц. Линейные ускорители, циклотрон, фазотрон и др.
Свойства ядер	Свойства ядер: состав ядер, массовое число, электрический и барионный заряды, энергия связи, радиус, спин, магнитный момент, четность, дипольный и квадрупольный электрические моменты, изотопический спин.
Модели ядер и ядерных сил	Классификация ядерных моделей. Капельная, оболочечная и обобщенная модели ядер. Характеристика и теория ядерных сил, дейтрон.
Ядерные реакции	Классификация и общая характеристика ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Механизмы ядерных реакций. Цепная реакция, ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Управляемый термоядерный синтез.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Атомная и ядерная физика	51		34	59	144
Модели атома	4		4	4	12
Корпускулярно-волновой дуализм	2		2	3	7
Уравнение Шредингера	5		2	6	13
Многоэлектронные атомы	4		2	4	10
Спектры излучения атомов, спектральные термы.	4		4	5	13
Движение частиц в потенциальных полях	4		2	4	10
Квантовые генераторы	4		2	5	11
Атомные явления	4		2	4	10
Молекулы	2		2	2	6
Радиоактивные превращения ядер	4		4	4	12
Источники и детекторы частиц	4		2	4	10
Свойства ядер	3		2	5	10
Модели ядер и ядерных сил	3		2	5	10
Ядерные реакции	4		2	4	10
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	51		34	59	144

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. Операторы энергии, импульса, координаты.
13. Решение уравнения Шредингера для атома водорода.
14. От каких квантовых чисел зависит аналитическое выражение волновой функции атома водорода? Что такое электронная орбиталь? Как форма электронной орбитали зависит от орбитального квантового числа?
15. Опыт Штерна-Герлаха. Спин электрона, спиновое квантовое число.
16. Какими квантовыми числами определяется состояние электрона в атоме водорода? Какие значения они принимают? Их физический смысл.
17. Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая структура энергетического спектра, постоянная тонкой структуры.
18. Угловые моменты импульса электрона (механические и магнитные).
19. Сложение угловых моментов электронов «легких» и «тяжелых» атомов.
20. Распределение электронов в атоме по состояниям. Электронная конфигурация атома.
21. Как электронная конфигурация атома определяет его физические и химические свойства?
22. Правила отбора. Нарисуйте схему электронных переходов атома водорода с указанием спектральных термов для $n=1, 2, 3$.
23. Спектральный терм атома. Чем он определяется, правила его записи.
24. Основные методы расчета энергии многоэлектронных атомов.
25. Что общего и чем отличается атом водорода и атомы щелочных металлов. Как эта разница сказывается на энергии одного электрона?
26. Движение электрона в одномерной прямоугольной яме с бесконечно высокими вертикальными стенками.
27. Движение электрона в одномерной прямоугольной яме с вертикальными стенками конечной высоты.
28. Туннельный эффект.
29. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условие усиления излучения.
30. Основные элементы оптических квантовых генераторов (активная среда, система накачки, резонатор).
31. Принцип работы, конструкция, схема переходов He-Ne лазера.
32. Рентгеновские лучи. Получение рентгеновских лучей, непрерывный и дискретный спектр лучей. Закон Мозли.
33. Природа поглощения и рассеивания рентгеновских лучей.

34. Оже-эффект.
 35. Атом в магнитном поле. Критерий слабого и сильного магнитного поля.
 36. Расщепление спектральных термов атомов в слабом магнитном поле.
 37. Расщепление спектральных термов атомов в слабом магнитном поле.
 38. Виды движений в молекулах, график потенциальной энергии двухатомной молекулы, энергия диссоциации.
 39. Спектры излучения и поглощения молекул.
 40. Периодичность потенциала в твердых телах. Объяснение электрических свойств кристаллов с помощью зонной теории.
 41. Основные характеристики ядра (состав ядер, массовое число, электрический и барионный заряды, энергия связи, радиус).
 42. Основные характеристики ядра (спин, магнитный момент, четность, дипольный и квадрупольный электрические моменты, изотопический спин).
 43. Классификация ядерных моделей. Капельная и обобщенная модель.
 44. Оболочечная модель ядра.
 45. Основные характеристики ядерных реакций.
 46. Механизмы ядерных реакций.
 47. Ядерные силы. Их свойства.
 48. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение ядер.
 49. Характеристика альфа-излучения и его взаимодействие с веществом.
 50. Характеристика бета-излучения и его взаимодействие с веществом.
 51. Характеристика гамма-излучения и его взаимодействие с веществом.
 52. Методы регистрации ядерных частиц. Газоразрядные детекторы.
 53. Сцинтилляционные детекторы.
 54. Полупроводниковые детекторы.
 55. Цепная реакция, условия ее реализации.
 56. Управляемый ядерный синтез.
 57. Ядерная энергетика, ядерные реакторы, принцип их работы.
 58. 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	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Форма обучения	Очная
Семестр	Пятый
Дисциплина	Атомная и ядерная физика

Экзаменационный билет № 1

1. Модель Бора-Резерфорда. Какие законы лежат в основе этой модели?
2. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условие усиления излучения.
3. Характеристика альфа-излучения и его взаимодействие с веществом.

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.

7.3. Темы письменных работ

Контрольные работы по практике и теоретическому материалу (с использованием указанных выше контрольных вопросов):

- атомная физика;
- атомные явления и ядерная физика.

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 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике и теоретическому материалу	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. 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.
2. 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.
3. 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.

10.2. Дополнительная литература

4. 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
5. Широков, Ю. М. Ядерная физика: [У.еб. пособие для ун-тов] / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. - М.: Наука, 1972. - 672 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).