

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Физика атома и атомного ядра»** для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (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 2025 года.

Разработчик:

профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
д-р. физ.-мат. наук, с.н.с.

Л. С. Метлов

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной программы, д-р физ.-мат. наук, проф.
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра.

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

Физический практикум по физике атома и атомного ядра, Учебная практика: ознакомительная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.26 Физика атома и атомного ядра
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	4	48	-	32	64	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов представлений о строении и состояниях атомов

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.29. Использует естественнонаучные знания при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-1.29.1. Знает основные понятия, модели, законы и теории по физике атома ОПК-1.29.2. Умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач ОПК-1.29.3. Владеет навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента, статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий.
	ОПК-1.30. Применяет методы научных исследований при решении научно-исследовательских задач	ОПК-1.30.1. Знает основные методы научных исследований ОПК-1.30.3. Умеет применять методы научных исследований для решения конкретных практических задач ОПК-1.30.3. Владеет основными методами научных исследований

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Атомная физика	
Модели атома	Кризисное состояние физики в конце 19-го начале 20-го столетия. Модели атома (Томпсона, Резерфорда, Бора-Резерфорда), 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 и его 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.

	<p>Энергия электрона атома водорода с учетом спина.</p> <p>Движение частиц в разных потенциальных полях. Туннельный эффект. Нулевые колебания.</p>
Многоэлектронные атомы	<p>Сложение угловых моментов в многоэлектронных атомах. Нахождение квантовых чисел L, S и J. Распределение электронов по состояниям, принцип Паули. Электронные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация атома. Таблица Менделеева, связь электронного строения атома и его химических свойств.</p> <p>Основные и возбужденные спектральные термы атомов, правила Хунда. Правила отбора, спектры излучения атомов. Спектры излучения атомов водорода, гелия, щелочных металлов. Методы расчета энергии многоэлектронных атомов.</p>
Раздел 2. Ядерная физика	
Атомное ядро. Модели ядер.	<p>Открытие атомного ядра. Основные характеристики ядер.</p> <p>Опыт Резерфорда. Размеры ядра. Масс и энергия связи ядра. Квантовые характеристики ядер. Система двух нуклонов. Дейтрон. Спиновая зависимость ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил.</p> <p>Микроскопические и коллективные модели ядра. Физические обоснования оболочечной модели ядра. Коллективные свойства ядер. Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер</p>
Ядерные реакции. Радиоактивность	<p>Экспериментальные методы исследования ядерных реакций. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции. Деление ядер. Цепные реакции деления ядер. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Фотонные кристаллы. Изготовление фотонных кристаллов. Закон радиоактивного распада. Виды распада. Связь периода альфа-распада с энергией альфа-частиц. Несохранение четности в бета-распадах. Эффект Мессбаура.</p>
Частицы и их взаимодействия.	<p>Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействий. Принципы описания</p>

	взаимодействий частиц в квантовой Характеристики частиц. Классификация частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Законы сохранения. Античастицы. Возбужденные состояния адронов. Резонансы. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом.
--	---

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 4

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Атомная физика	27		20	32	79
Модели атома	7		5	8	20
Корпускулярно-волновой дуализм	7		5	8	20
Уравнение Шредингера	7		5	8	20
Многоэлектронные атомы	6		5	8	19
Раздел 2. Ядерная физика	21		11	32	64
Атомное ядро. Модели ядер.	7		4	10	21
Ядерные реакции. Радиоактивность	7		4	11	22
Частицы и их взаимодействия.	7		3	11	21
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	48	—	32	64	144

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Фотоэффект.
2. Эффект Комптона.
3. Спектры испускания и поглощения.
4. Постулаты Бора.
5. Столкновение электронов с атомами. Опыты Франка и Герца.
6. Боровская теория атома водорода.
7. Изотопический сдвиг.
8. Гипотеза де Бройля.
9. Дифракция электронов. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона.
10. Статистическая интерпретация волновой функции.
11. Влияние опыта на состояние микрочастиц. Принцип неопределенности.
12. Операторы квантовой механики.
13. Операторы основных физических величин.
14. Одномерное уравнение Шредингера.
15. Частица в одномерной потенциальной яме.
16. Гармонический осциллятор.
17. Колебательные спектры двухатомных молекул.
18. Туннельный эффект

Раздел 2

19. Эффект Рамзауэра

20. Квантование момента импульса.
21. Жесткий ротатор. Вращение молекул.
22. Квантовая теория атома водорода.
23. Спин и магнитный момент электрона.
24. Спин орбитальное взаимодействие. Тонкая структура атома водорода.
25. Спектры щелочных металлов.
26. Одноэлектронное приближение. Самосогласованное поле.
27. Заполнение электронных оболочек. Периодическая система элементов.
28. Спектроскопические обозначения атомных термов.
29. Рентгеновские спектры.
30. Правила отбора при изучении атомов.
31. Ширина спектральных линий.
32. Спонтанное и вынужденное излучение
33. Поглощение электромагнитных волн в равновесных и неравновесных квантовых системах.
34. Квантовые генераторы.
35. Магнитный момент атома.
36. Эффект Зеемана.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Модель атома Томсона
- Рассеяние частиц. Формула Резерфорда
- Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоэффект. Эффект Комптона
- Волновая функция. Уравнение Шредингера. Простейшие задачи. Квантово-механическое описание водородоподобных систем. Электронные оболочки
- Механический и магнитный момент атома. Атом в магнитном поле.
- Связь атомов в молекуле. Колебательная и вращательная энергии. Квантовые свойства Волны де Бройля и дифракционное рассеяние частиц на ядрах.
- Опыт Резерфорда. Эффективное сечение.
- Сложение моментов импульса. Спины атомных ядер.
- Электрические и магнитные моменты ядер. Форма ядер
- Энергия связи ядер. Формула Вайцеккера
- Радиоактивный распад ядер.
- Элементарные частицы. Классификация и законы сохранения
- Ядерные реакции. Законы сохранения
- Деление ядер.
- Кварковая модель адронов.
- Цвет. Глюоны.
- Слабые взаимодействия и распады частиц.
- Ядерные реакции в звездах.
- Физика элементарных частиц и Вселенная на ранних этапах эволюции

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет
Физико-технический факультет

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Четвертый
Дисциплина	Физика атома и атомного ядра

Экзаменационный билет № 1

1. Постулаты Бора.
2. Радиоактивный распад ядер.
3. Правила отбора при изучении атомов.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № __ от ____ 202__ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

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, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 4

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
-----------------	------------	--------------------------------

1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		40
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 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения 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 самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий(ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы 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. спец. вузов / Д. В. Сивухин. - Изд. 5-е. - Москва : Физматлит, 2010 -. [Т. 1 : Механика. - 2010. - 560 с.](#)

2. Шпольский, Э. В. Атомная физика [Текст] : [в 2 т.] : [учеб. пособие для вузов]. Т. 1 : Введение в атомную физику / Э. В. Шпольский. - 5 изд. - Москва : Физматгиз, 1963. - 575 с.

3. Савельев, И. В. Курс физики : [учеб. для вузов] : в 3 т. Т. 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. - М. : Наука, 1989. - 304 с.

4. Практикум по атомной физике : [Учеб. пособие для физ. специальностям вузов / В. Б. Авраменко] ; Под ред. Л. И. Киселевского. - Минск : Университетское, 1989. - 173, [2] с. + Прил. (1 л. табл.).

10.2. Дополнительная литература

1. Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. - 3-е изд. - Москва : Наука, 1990. - 622 с.

2. Вальтер, А. К. Ядерная физика : [Учеб. для ун-тов по специальности "Ядер. физика"] / А. К. Вальтер, И. И. Залюбовский. - 4-е изд. - Х. : Основа, 1991. - 479 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – 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).