



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:  
Руководитель ОП  
(подпись) Л.И. Минеев  
«1» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
Физика атомного ядра и элементарных частиц

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная физика



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» являются формирование у студентов представлений об основах субатомной физики как о теории, полученной в результате обобщения наблюдений, практического опыта и эксперимента; ознакомление студентов с основными методами наблюдения, измерения и экспериментирования в области физики ядра и частиц; представление основ субатомной физики в адекватной математической форме, позволяющей студентам использовать теоретические знания для решения практических задач, как в области физики, так и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний, а также осуществление практической подготовки обучающихся посредством выполнения лабораторных работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» является шестой – завершающей – частью курса общей физики, раскрывающей закономерности физических явлений для объектов субатомного масштаба. Её освоение базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных в результате изучения дисциплин курса общей физики и высшей математики. Необходимыми условиями освоения дисциплины являются представления об основных концепциях классической и квантовой физики, а также умение применять основные математические методы для решения физических задач. Важным условием успешного овладения экспериментальными методами физики ядра и частиц являются приобретённые в ходе выполнения лабораторного практикума по предшествующим разделам курса общей физики навыки постановки физического эксперимента, сбора, анализа и представления экспериментальных данных, а также знание методов оценки погрешностей измерений физических величин.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия, законы и методы общей и теоретической физики; основные математические методы; методы оценки погрешностей измерений физических величин.

Уметь: описывать движение микрочастиц; применять знания из различных разделов физики и математики при решении учебных экспериментальных и теоретических задач.

Владеть: навыками решения учебных экспериментальных и теоретических задач физики и математики; навыками постановки физического эксперимента, сбора, анализа и представления экспериментальных данных.

Освоение дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» необходимо как предшествующее при изучении дисциплин «Квантовая теория», «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика», «История и методология физики»; для прохождения учебной и производственной практик.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

а) универсальные (УК):

б) общепрофессиональные (ОПК):

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

в) профессиональные (ПК):



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные свойства стабильных и радиоактивных ядер (ОПК-1); свойства сильного и слабого взаимодействий (ОПК-1); основные типы и механизмы ядерных реакций (ОПК-1); основные классы элементарных частиц и их характеристики (ОПК-1).

Уметь: рассчитывать основные характеристики стабильных и радиоактивных ядер (ОПК-1); применять основные понятия квантовой механики при описании структуры и свойств атомных ядер (ОПК-1); рассчитывать характеристики ядерных реакций (ОПК-1); оперировать законами сохранения в реакциях с участием элементарных частиц (ОПК-1).

Иметь практический опыт/Иметь навыки: применения основных понятий квантовой механики к решению учебных экспериментальных и теоретических задач (ОПК-1), методами обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей прямых и косвенных измерений (ОПК-2); методами математического анализа применительно к задачам физики атомного ядра и элементарных частиц (ОПК-1).

**4. Объем и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов), в т.ч. практическая подготовка (ПП) – 34 академических часа в очной форме.

**4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа**

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	Введение	6	2		Письменный опрос, решение задач
2.	Свойства атомных ядер	6	4	4 семинар 6 лабор. занятие (ПП)	Письменный опрос, отчет, решение задач
3.	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели ядер	6	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
4.	Радиоактивность	6	4	4 семинар 12 лабор. занятие (ПП)	Письменный опрос, отчет, решение задач
5.	Взаимодействие ядерного излучения с веществом и его детектирование	6	4	4 семинар 16 лабор. занятие (ПП)	Письменный опрос, отчет, решение задач, контрольная работа
6.	Ядерные реакции	6	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
7.	Деление атомных ядер	6	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
8.	Синтез атомных ядер	6	2	4 семинар	Письменный опрос, решение задач



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

9.	Элементарные частицы и их взаимодействия	6	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач, контрольная работа
10.	Эксперименты в физике высоких энергий	6	2	2 семинар	Письменный опрос, решение задач
Итого по дисциплине:			34	68	Экзамен

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

##### Введение

Основные этапы развития физики атомного ядра и элементарных частиц.

##### Свойства атомных ядер

Размеры ядер. Нуклоны. Ядро, как система взаимодействующих протонов и нейтронов. Заряд ядра. Массовое число и масса ядра. Изотопы, изотоны, изобары. Спин и магнитный момент ядра. Мультипольные моменты ядер. Четность. Закон сохранения четности.

Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели ядер

Характеристика ядерных сил. Гипотеза Х. Юкавы. Мезоны. Обменный характер ядерных сил. Дейтрон. Область стабильности ядер. Магические числа. Энергия связи ядра. Капельная модель ядра. Формула Вейцеккера. Оболочечная модель ядра. Обобщенная модель ядра.

##### Радиоактивность

Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер распада. Закон радиоактивного распада. Среднее время жизни и период полураспада радиоактивных ядер. Активность. Альфа-распад ядер. Туннельный эффект. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Бета-распад. Виды бета-распада. Энергетический спектр бета-частиц. Гипотеза Паули о существовании нейтрино. Элементы теории бета-распада. Экспериментальные доказательства существования нейтрино. Гамма-излучение ядер. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.

Взаимодействие ядерного излучения с веществом и его детектирование

Рассеяние частиц. Эффективное сечение рассеяния. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов, радиационные потери. Излучение Вавилова-Черенкова. Переходное излучение. Взаимодействие с веществом гамма-квантов и нейтронов. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. Методы регистрации частиц. Ионизационная камера. Счетчик Гейгера. Сцинтилляционный детектор. Черенковские детекторы. Искровая камера. Полупроводниковые детекторы. Камера Вильсона. Пузырьковая камера. Толстослойные фотоэмульсии. Основы ядерной электроники.

##### Ядерные реакции

Ядерные реакции, их символика и классификация. Сечения реакций. Каналы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Эндотермические и экзотермические ядерные реакции. Модель составного ядра. Ядерные реакции, идущие через составное ядро. Резонансные ядерные реакции. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва. Ядерные реакции с участием альфа-частиц, нейтронов, протонов, дейтронов, гамма-квантов.

##### Деление атомных ядер

Открытие деления атомных ядер. Элементарная теория деления. Параметр делимости. Спонтанное деление. Деление изотопов урана под действием нейтронов. Вторичные нейтроны. Коэффициент размножения. Цепная реакция деления. Трансурановые элементы. Ядерные реакторы. Природный ядерный реактор в Окло. Ядерная энергетика и экология.

##### Синтез атомных ядер

Термоядерные реакции. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Критерий Лоусона. Токамаки. Импульсные термоядерные реакторы. Оценка природных запасов дейтерия и лития-6 на Земле. Современные астрофизические представления. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.

##### Элементарные частицы и их взаимодействия



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

Понятие элементарности. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Объединение взаимодействий. Классификация элементарных частиц. Античастицы. Реакции между элементарными частицами. Лептонный заряд. Барионный заряд. Странность. Четность. Изотопический спин. Дискретные симметрии. СРТ – теорема. Кварковая модель адронов. Модель горячей Вселенной.

Эксперименты в физике высоких энергий

Ускорители элементарных частиц. Линейные ускорители. Циклотрон. Бетатрон. Синхрофазотрон. Ускорители на встречных пучках.

#### **5. Образовательные технологии**

Образовательные технологии: проблемного обучения, технология развития критического мышления.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения, мультимедиа технологии, технологии визуализации – презентационная графика.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов организуется в формах решения учебных задач, подготовки письменных отчётов о выполнении работ лабораторного практикума, подготовки ответов на теоретические вопросы, сопровождающие письменные отчеты о выполнении лабораторных работ.

Учебные задачи представлены в «Задачнике-практикуме по общей физике» О.И. Горбуновой и др., доступном в электронной библиотечной системе.

Методические указания к выполнению работ лабораторного практикума доступны на абонементе учебной литературы научной библиотеки ИвГУ и в лаборатории физики атома и атомного ядра (кабинет № 221 первого учебного корпуса).

Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

#### **7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные средства для проведения входного, текущего и итогового контроля: контрольные работы, письменный опрос, проверка домашних работ, проверка и защита отчётов о выполнении работ лабораторного практикума.

Контрольные работы проводятся в письменной форме по завершении изучения пятого и девятого разделов курса. Студентам предлагается в течение двух академических часов решить несколько учебных задач, правильное выполнение каждой из которых оценивается в один балл. Контрольная работа считается зачтённой в случае, если студент набрал более половины от максимально возможного количества баллов, предусмотренного при выполнении данной контрольной работы.

В начале каждого семинарского занятия проводится письменный опрос по материалу, изложенному на предшествующей данному занятию лекции. Студентам предлагается в течение пяти минут кратко ответить на два теоретических вопроса. Задание считается выполненным, если студент ответил хотя бы на один из двух предложенных вопросов.

Проверка тетрадей с решениями домашних заданий производится на каждом семинарском занятии. Домашнее задание считается выполненным, если студент решил более половины предложенных задач.

Защита отчётов о выполнении работ лабораторного практикума производится на каждом занятии лабораторного практикума. Студент должен представить письменный отчёт о проделанной работе, содержащий краткое теоретическое введение, описание экспериментальной



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

установки и методики проведения эксперимента, результаты измерений, необходимые расчёты и графики, интерпретацию полученных результатов и выводы, соотнесённые с целью работы и полученными результатами. Работа считается зачтённой, если студент обнаружил знания по двум из трёх теоретических вопросов перечня вопросов к лабораторным работам.

Экзамен проводится в смешанной письменно-устной форме. Студенту предлагается три экзаменационных вопроса: два теоретических вопроса и одна задача. Студент получает отметку «удовлетворительно», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул механики (неполные ответы на теоретические вопросы). Студент получает отметку «хорошо», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул механики, применяет знания при решении учебных задач (неполные ответы на теоретические вопросы и решение задачи). Студент получает отметку «отлично», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул механики, применяет знания при решении учебных задач (полные ответы на теоретические вопросы и решение задачи).

#### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Капитонов, И.М. Введение в физику ядра и частиц: учебник / И.М. Капитонов. - 4-е изд. - Москва: Физматлит, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9221-1250-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503>
2. Ракобольская, И.В. Ядерная физика / И.В. Ракобольская; под ред. В.А. Петухова. - Москва: Московский университет, 1971. - 296 с. : ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483311>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев; под ред. Л.Л. Енковского. - Изд. 3-е, доп., перераб. - Москва: Наука, 1970. - Т. 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. - 527 с. : ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483316>
4. Горбунова, О.И. Задачник-практикум по общей физике. Оптика. Атомная физика / О.И. Горбунова, А.М. Зайцева, С.Н. Красников; под ред. Н.В. Александрова. - Москва: Просвещение, 1977. - 112 с. : ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477418>

Дополнительная литература:

1. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 1979. - Т. 3. Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. - 512 с. : ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477313>

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и Yandex Browser.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

---

промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: модели, макеты, демонстрационные устройства; электронные пособия (презентации), аудиовизуальные пособия (учебные кинофильмы).



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

---

**Автор рабочей программы дисциплины:** доцент, канд. техн. наук Железнов А.Г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий «30» августа 2021 г., протокол № 1

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)