

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

---

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ПРИКЛАДНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**

Научная специальность	1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики
Профиль направленности	Приборы и методы экспериментальной физики (в области детекторов физических величин)
Форма обучения	очная

Семестр	Интерактив	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3		2	72	15	15	0	42	0	3
ИТОГ О	0	2	72	15	15	0	42	0	

## АННОТАЦИЯ

Курс знакомит, а также расширяет знания слушателей по основным законам ядерной физики, основам физики атомного ядра, элементам теории взаимодействия ядерных излучений с веществом, основам радиационной физики.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной целью обучения дисциплины и изучения ее аспирантами является совершенствование научно-исследовательской компетенции, необходимой для осуществления научной и профессиональной деятельности и формирования у них целостного представления о физических процессах, протекающих в атомных ядрах и при взаимодействии ионизирующего излучения с веществом.

Целями освоения учебной данной дисциплины являются получение аспирантами углубленных знаний по основам физики атомного ядра, взаимодействию ионизирующего излучения с веществом, также основам радиационной физики. Аспиранты получают современные представления о свойствах атомных ядер и природе ядерных излучений. С этой целью в курсе лекций и на семинарских занятиях проводится детальный анализ основных теоретических положений и экспериментальных фактов, накопленных к настоящему времени.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины аспиранты должны иметь знания по дисциплинам математического и естественно научного цикла магистратуры, а также некоторым дисциплинам профессионального цикла, таким как Прикладная электроника, Ядерная физика, Физика ядерных излучений, Методы обработки результатов ядерно-физических экспериментов. Аспиранты должны уметь составлять и решать интегральные и дифференциальные уравнения, понимать и уметь построить функциональные и принципиальные схемы электронных устройств, уметь применять знания физики взаимодействия излучения с веществом для моделирования детекторов излучения. Аспиранты должны быть готовы применить полученные знания при изучении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1

Знать

- базовые физико-математические модели и методы моделирования при выполнении задач в области ядерных и электрофизических исследований

Уметь

- обоснованно выбирать физико-математические модели и методы для выполнения научно-технических задач в области ядерных и электрофизических исследований

Владеть

- навыками применения математических и физических моделей и методов при разработке приборов и методов экспериментальной физики в области ядерных и электрофизических исследований

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции, час.	Практ. занятия / семинары, час.	Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**
	<i>3 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8	8			КИ, 8	25
2	Второй раздел	9-16	7	7			КИ, 16	25
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		15	15	0			50
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>						3	50

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
--------	---------------------------	------------	----------------	------------

	<i>3 Семестр</i>	15	15	0
1	<b>Основы ядерной физики</b> Атомное ядро, его основные характеристики и свойства. Заряд и масса атомного ядра, энергия связи ядра, спин и магнитный момент, четность состояний атомных ядер. Понятие о капельной модели ядра.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
2 - 3	<b>Ядерные реакции и явление радиоактивности</b> Основные типы ядерных реакций. Энергия реакций. Механизм ядерных реакций. Составное ядро и основные его свойства. Эффективное сечение ядерной реакции. Зависимость его от энергии для различных типов реакций.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
4 - 5	<b>Явление резонанса</b> Формулы Брейта-Вигнера. Законы сохранения при ядерных реакциях. Явление радиоактивности. Основные закономерности. Диаграмма стабильности. Изменение радиоактивности со временем. Единицы измерения радиоактивности	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
6 - 7	<b>Последовательные радиоактивные превращения атомных ядер</b> Радиоактивные семейства. Уравнения распада при последовательных превращениях. Радиоактивное и вековое равновесие. Виды радиоактивного распада. Закон смещения для радиоактивных семейств. Спектры излучений, получающихся в результате распада.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
8	<b>Основные свойства реакции деления ядер</b> Энергия деления, распределение осколков по массам. Параметр деления. Цепная реакция деления. Запаздывающие нейтроны. Практическое осуществление цепного ядерного процесса. Реакторы на медленных и быстрых нейтронах	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
9 - 11	<b>Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом</b> Характеристики поля излучения. Прохождение гамма-квантов через вещество. Процессы взаимодействия. Фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние и эффект образования электронно-позитронных пар. Вероятность процессов. Законы ослабления потока гамма-квантов при прохождении через вещество. Массовый, электронный и линейный коэффициенты ослабления для каждого процесса взаимодействия. Полный коэффициент ослабления. Зависимость коэффициента ослабления отдельных процессов и полного коэффициента от энергии гамма-квантов и атомного номера материала-поглотителя	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
12 - 13	<b>Прохождение заряженных частиц через вещество</b> Особенности прохождения бета-излучения. Упругое и неупругое взаимодействие с ядрами. Ионизационные потери. Потери энергии на тормозное излучение. Максимальная и истинная длина пробега. Коэффициент ослабления, слой половинного ослабления. Обратное рассеяние. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество (альфа-частицы, протоны, осколки деления). Соотношения между пробегом и энергией.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

	Ионизационные и радиационные потери. Упругое и неупругое рассеяние.			
14 - 16	<b>Прохождение нейтронов через вещество</b> Обзор процессов взаимодействия нейтронов с веществом. Упругое и неупругое рассеяние. Захват нейтронов. Сечение взаимодействия и его зависимость от энергии нейтронов. Преобразование энергии нейтронов в веществе. Макроскопическое сечение взаимодействия для многокомпонентных сред и длина свободного пробега	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1	<b>Основы ядерной физики</b> Атомное ядро, его основные характеристики и свойства. Заряд и масса атомного ядра, энергия связи ядра, спин и магнитный момент, четность состояний атомных ядер. Понятие о капельной модели ядра.
2 - 3	<b>Ядерные реакции и явление радиоактивности</b> Основные типы ядерных реакций. Энергия реакций. Механизм ядерных реакций. Составное ядро и основные его свойства. Эффективное сечение ядерной реакции. Зависимость его от энергии для различных типов реакций.
4 - 5	<b>Явление резонанса</b> Формулы Брейта-Вигнера. Законы сохранения при ядерных реакциях. Явление радиоактивности. Основные закономерности. Диаграмма стабильности. Изменение радиоактивности со временем. Единицы измерения радиоактивности
6 - 7	<b>Последовательные радиоактивные превращения атомных ядер</b> Радиоактивные семейства. Уравнения распада при последовательных превращениях. Радиоактивное и вековое равновесие. Виды радиоактивного распада. Закон смещения для радиоактивных семейств. Спектры излучений, получающихся в результате распада.

8	<p><b>Основные свойства реакции деления ядер</b>  Энергия деления, распределение осколков по массам.  Параметр деления. Цепная реакция деления.  Запаздывающие нейтроны. Практическое осуществление цепного ядерного процесса. Реакторы на медленных и быстрых нейтронах</p>
9 - 11	<p><b>Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом</b>  Характеристики поля излучения. Прохождение гамма-квантов через вещество. Процессы взаимодействия.  Фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние и эффект образования электронно-позитронных пар.  Вероятность процессов. Законы ослабления потока гамма-квантов при прохождении через вещество. Массовый, электронный и линейный коэффициенты ослабления для каждого процесса взаимодействия. Полный коэффициент ослабления. Зависимость коэффициента ослабления отдельных процессов и полного коэффициента от энергии гамма-квантов и атомного номера материала-поглотителя</p>
12 - 13	<p><b>Прохождение заряженных частиц через вещество</b>  Особенности прохождения бета-излучения. Упругое и неупругое взаимодействие с ядрами. Ионизационные потери. Потери энергии на тормозное излучение.  Максимальная и истинная длина пробега. Коэффициент ослабления, слой половинного ослабления. Обратное рассеяние. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество (альфа-частицы, протоны, осколки деления). Соотношения между пробегом и энергией.  Ионизационные и радиационные потери. Упругое и неупругое рассеяние.</p>
14 - 16	<p><b>Прохождение нейтронов через вещество</b>  Обзор процессов взаимодействия нейтронов с веществом. Упругое и неупругое рассеяние. Захват нейтронов.  Сечение взаимодействия и его зависимость от энергии нейтронов. Преобразование энергии нейтронов в веществе. Макроскопическое сечение взаимодействия для многокомпонентных сред и длина свободного пробега</p>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения читается курс лекций и проводятся практические занятия

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной учебной дисциплины.

ФОС включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий, самостоятельной работы. Для контроля усвоения аспирантом разделов данного курса дается творческое задание. В качестве рубежного контроля успеваемости студентов используется второе задание в конце семестра. Самостоятельная работа аспирантов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к контрольным мероприятиям. В конце освоения дисциплины обучающийся сдает промежуточную аттестацию.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Б 42 Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учебник для вузов, Москва: Юрайт, 2022
2. 539.1 Б79 Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : , Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. 539.1 Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Москва: Буки Веди, 2021
4. 539.1 Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 2 Взаимодействие нейтронов с веществом, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2022
5. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 2 Взаимодействие нейтронов с веществом, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2022
6. ЭИ Р 32 Регистрация ядерных излучений в прикладных задачах : Лабораторный практикум в двух частях, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2019
7. ЭИ С23 Сборник задач по курсу "Ядерная физика" : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2019
8. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, : , 2022
9. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, : , 2022
10. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, : , 2022
11. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика. В 3 томах Т. 2 Физика элементарных частиц, : , 2021
12. ЭИ Б 42 Ядерные технологии : Учебник для вузов, Москва: Юрайт, 2021
13. 539.1 К58 Детектирование нейтронов : лабораторный практикум, А. Ф. Кожин, В. Е. Смирнов, М.: МИФИ, 2004
14. 539.1 Б26 Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : , О. А. Барсуков, Москва: Физматлит, 2011

15. 539.1 Л12 Лабораторный практикум "Радиометрия в физике переноса излучений" : учеб. пособие для вузов, ред. : В. Т. Самосадный, Москва: МИФИ, 2005

16. 681.5 К68 Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие для вузов, С. А. Королев, В. П. Михеев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Б 94 Экспериментальная реакторная физика : Учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2020

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Автор(ы):

Рябева Елена Васильевна, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):