

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

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ВВЕДЕНИЕ В ЯДЕРНУЮ ФИЗИКУ**

Направление подготовки [1] 22.03.01 Материаловедение и технологии  
(специальность) материалов

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	30	15	15		12	0	3
Итого	2	72	30	15	15	0	12	0	

## АННОТАЦИЯ

Изучаются классификация и свойства элементарных и фундаментальных частиц, типы взаимодействий в природе и их проявление в ядерных процессах (стабильность и радиоактивность ядер, физика ядерных реакций при низких энергиях, деление и синтез), свойства и модели ядер. А также ядерные процессы в окружающем мире: образование элементов в природе, ядерные реакторы и перспективы термоядерного синтеза (ядерная энергетика).

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

1. Изучение:

- свойств элементарных частиц, а также свойств и проявлений сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий в микромире;
- элементов теории взаимодействия ядерных излучений с веществом;
- основных свойств ядер (масса, заряд, магнитный и электрические моменты, энергия связи, стабильность и т.д.);
- основных законов ядерной физики, в т.ч. механизмов ядерных реакций при разных энергиях и процессов распада, слияния и деление ядер (ядерная энергетика);
- механизмов возникновения и синтеза элементов в природе.

2. Выработка умений и навыков:

- рассчитывать закономерности взаимодействия ядерных излучений с веществом;
- рассчитывать основные характеристики ядер, проводить оценку вероятности их взаимодействий, распада, синтеза или деления;
- работы со спектрометрической аппаратурой;
- экспериментальных измерений характеристик элементарных частиц и ядер;
- работы со специальной научной литературой.

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

Учебная дисциплина входит в программу подготовки студентов, изучающих ядерную физику и технологии.

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов общей физики, в том числе, разделов атомной физике, а также обладать базовыми знаниями из курса квантовой механики.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен решать задачи профессиональной	3-ОПК-1 [1] – знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы;

деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	У-ОПК-1 [1] – уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; В-ОПК-1 [1] – владеть навыками моделирования, математического анализа, а также решать задачи в области естественнонаучных и общеинженерных знаний.
ОПК-4 [1] – Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	3-ОПК-4 [1] – знать основные методы проведения экспериментальных исследований, контроля и диагностики; У-ОПК-4 [1] – уметь пользоваться современными средствами измерения, контроля и обработки экспериментальных данных; В-ОПК-4 [1] – владеть навыками выбора методик и оборудования для проведения экспериментальных исследований и измерений, а также обработки и представления полученных экспериментальных данных.
УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	3-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Введение. Взаимодействие излучения с веществом. Свойства и модели ядер.	1-8	15/8/8		25	КИ-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
2	Радиоактивность. Ядерные реакции и ядерная энергетика.	9-15	15/7/7		25	КИ-15	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/15/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	3	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1

\* – 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.,	Пр./сем.,	Лаб.,
--------	---------------------------	-------	-----------	-------

			час.	час.	час.
	<i>6 Семестр</i>		30	15	15
<b>1-8</b>	<b>Введение. Взаимодействие излучения с веществом. Свойства и модели ядер.</b>		15	8	8
1	Предмет: ядерная физика. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц. Античастицы и законы сохранения Предмет: ядерная физика. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц. Античастицы и законы сохранения		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0 0	0 0 0
2	<b>Наземные ускорители и космические лучи.</b> <b>Взаимодействие заряженных частиц и ядер с веществом. Ионизационные потери энергии.</b> Наземные ускорители и космические лучи. Взаимодействие заряженных частиц и ядер с веществом. Ионизационные потери энергии.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
3	<b>Радиационные потери энергии. Излучение Вавилова-Черенкова и переходное излучение. Упругое кулоновское рассеяние.</b> Радиационные потери энергии. Излучение Вавилова-Черенкова и переходное излучение. Упругое кулоновское рассеяние.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
4	<b>Взаимодействие гамма-квантов с веществом.</b> <b>Электромагнитные и адронные каскады.</b> Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Электромагнитные и адронные каскады.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
5	<b>Методы регистрации элементарных частиц и ядер.</b> <b>Основные понятия дозиметрии излучений.</b> Методы регистрации элементарных частиц и ядер. Основные понятия дозиметрии излучений.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
6	<b>Заряд, масса и радиус ядер.</b> <b>Заряд, масса и радиус ядер.</b> Заряд, масса и радиус ядер. Энергия связи и свойства ядерных сил.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
7	<b>Пространственная четность, изотопический спин, электрические моменты, спин и магнитный момент ядер.</b> Пространственная четность, изотопический спин, электрические моменты, спин и магнитный момент ядер.		Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
8	<b>Модели ядер: капельная и ферми-газа.</b> Модели ядер: капельная и ферми-газа.		Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
9	<b>Модели ядер: оболочечная и обобщенная.</b> <b>Энергетические уровни нуклонов в ядре. Другие существующие модели.</b> Модели ядер: оболочечная и обобщенная. Энергетические уровни нуклонов в ядре. Другие существующие модели.		Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 1 0	1 1 0
<b>9-15</b>	<b>Радиоактивность. Ядерные реакции и ядерная энергетика.</b>	15	7	7	
10	<b>Основные законы радиоактивного распада. <math>\alpha</math>-распад.</b>		Всего аудиторных часов		

	Основные законы радиоактивного распада. α-распад.	3	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
11	<b>β-распад и γ-излучение возбужденных ядер. Эффект Мёссбауэра.</b> β-распад и γ-излучение возбужденных ядер. Эффект Мёссбауэра.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
12	<b>Общие характеристики ядерных реакций и законы сохранения. Пороговая энергия и выход реакции. Ядерные реакции под действием заряженных частиц.</b> Общие характеристики ядерных реакций и законы сохранения. Пороговая энергия и выход реакции. Ядерные реакции под действием заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
13	<b>Механизм ядерной реакции прямого взаимодействия. Фотоядерные реакции.</b> Механизм ядерной реакции прямого взаимодействия. Фотоядерные реакции.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
14	<b>Механизм протекания ядерной реакции через промежуточное ядро. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Захват нейтронов.</b> Механизм протекания ядерной реакции через промежуточное ядро. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Захват нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
15	<b>Ядерная энергетика на основе деления. Добыча, изготовление, обогащение и утилизация ядерного топлива. Ядерные реакторы.</b> Ядерная энергетика на основе деления. Добыча, изготовление, обогащение и утилизация ядерного топлива. Ядерные реакторы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	
16	<b>Ядерная энергетика на основе термоядерного синтеза. Образование элементов в природе.</b> Ядерная энергетика на основе термоядерного синтеза. Образование элементов в природе.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
	Онлайн			
	0	0	0	

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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	6 Семестр

3 - 4	<b>Прохождение гамма-квантов через вещество.</b> Прохождение гамма-квантов через вещество.
5 - 6	<b>5Оценка средней энергии мюонов космического излучения на поверхности Земли.</b> Оценка средней энергии мюонов космического излучения на поверхности Земли.
7 - 8	<b>Исследование активации многокомпонентных образцов.</b> Исследование активации многокомпонентных образцов.
9 - 10	<b>Энергетический спектр и пространственное распределение замедляющихся тепловых нейтронов.</b> Энергетический спектр и пространственное распределение замедляющихся тепловых нейтронов.
11 - 12	<b>Установки для измерения <math>\beta</math> – активности.</b> Установки для измерения $\beta$ – активности.

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 2	<b>Основные концепции физики элементарных частиц, наземные ускорители и космические лучи.</b> Основные концепции физики элементарных частиц, наземные ускорители и космические лучи.
3 - 4	<b>Взаимодействие заряженного излучения с веществом.</b> Взаимодействие заряженного излучения с веществом.
5 - 6	<b>Взаимодействие гамма кванта с веществом и методы регистрации элементарных частиц и ядер.</b> Взаимодействие гамма кванта с веществом и методы регистрации элементарных частиц и ядер.
7 - 8	<b>Основные характеристики ядер и ядерных сил.</b> Основные характеристики ядер и ядерных сил.
9 - 10	<b>Модели ядер.</b> Модели ядер.
11 - 12	<b>Радиоактивность.</b> Радиоактивность.
13 - 14	<b>Ядерные реакции.</b> Ядерные реакции.
15 - 16	<b>Ядерная энергетика</b> Ядерная энергетика

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе проведения занятий используются активные и интерактивные формы обучения с применением информационных технологий и мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проводятся в специализированном помещении на специализированном оборудовании.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-1	З-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
ОПК-4	З-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного

		материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--

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

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Байков Ю. А., Кузнецов В. М., Москва: Лаборатория знаний, 2020
2. ЭИ И 83 Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие, Иродов И. Е., Москва: Лаборатория знаний, 2021
3. ЭИ А 50 Радиоактивность : учебное пособие, Калмыков С. Н., Алиев Р. А., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Г 83 Физика атома и атомных явлений : учебное пособие, Кычкин И. С., Григорьев Ю. М., Москва: Физматлит, 2015

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.1 К60 Ионизирующая радиация: воздействие, риски, общественное восприятие : , Колдобский А.Б., Москва: МИФИ, 2008
2. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Окунь Л.Б., Москва: ЛКИ, 2008
3. 53 С34 Общий курс физики Т.5 Атомная и ядерная физика, Сивухин Д.В., : Физматлит, 2020
4. 539.1 Т58 Сборник задач по ядерной физике : , Топоркова Э.П., Борог В.В., Родионов Б.У., Москва: МИФИ, 2005
5. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, : МИФИ, 2008
6. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
7. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
8. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, Мухин К.Н., : Лань, 2008

9. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, Мухин К.Н., :  
Лань, 2008

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

- Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.
- Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.
- На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.
- В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.
- Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.
- Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными и вновь появляющимися литературными источниками.

### **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Необходимо при рассмотрении очередного раздела всегда подчеркивать взаимосвязь законов физики от микромира до масштабов вселенно

Необходимо подчеркивать знание процессов взаимодействия элементарных частиц.

Необходимо обращать внимание на методы регистрации частиц, на необходимость использования последних достижений в технике и методике измерений элементарных частиц на ускорителях

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.

Желательно использовать систему обозначений , принятую в рекомендованной литературе.

Автор(ы):

Михайлов Владимир Владимирович, к.ф.-м.н.