

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

УМС ИЯФИТ Протокол №01/423-573.1 от 20.04.2023 г.

НТС ЛАПЛАЗ Протокол №1/04-577 от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ЯДЕРНУЮ ФИЗИКУ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

[2] 14.05.04 Электроника и автоматика физических  
установок

[3] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

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	3-4	108- 144	30	15	15		12-30	0	Э
Итого	3-4	108- 144	30	15	15	0	12-30	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 деления 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 ООП ВО

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов общей физики, в том числе, раздела «Атомная физика», а также обладать базовыми знаниями курса «Квантовая механика».

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [2] – Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и	3-ОПК-1 [2] – Знать: базовые естественнонаучные законы, сущность физических и иных явлений, определяющих изучаемые процессы и функционирование физических установок, систем их

<p>применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения.</p>	<p>контроля и управления, методы их математического моделирования и области их применимости  У-ОПК-1 [2] – Уметь: выявлять существенные свойства и взаимосвязи явлений и процессов, характерных для реализации задач профессиональной деятельности, применять физико-математические и иные модели для их исследования  В-ОПК-1 [2] – Владеть: физико-математическим аппаратом для формализации и моделирования исследуемых процессов и явлений для решения исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности, навыком его использования для решения практических задач</p>
<p>ОПК-1 [1] – Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>3-ОПК-1 [1] – Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-ОПК-1 [1] – Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат  В-ОПК-1 [1] – Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов</p>
<p>ОПК-1 [3] – Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>3-ОПК-1 [3] – Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-ОПК-1 [3] – Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  В-ОПК-1 [3] – Владеть навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>
<p>УК-1 [1, 2, 3] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать</p>	<p>3-УК-1 [1, 2, 3] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации  У-УК-1 [1, 2, 3] – Уметь: применять методы системного</p>

стратегию действий	подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1, 2, 3] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий
УКЕ-1 [1, 2, 3] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	3-УКЕ-1 [1, 2, 3] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 [1, 2, 3] – 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, 2, 3] – 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	16/8/8		25	КИ-8	3-ОПК-1, У-ОПК-

							1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Радиоактивность. Ядерные реакции и ядерная энергетика.	9-15	14/7/7		25	КИ-15	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1,

							В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 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	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1,

							В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 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
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	15	15
1-8	<b>Введение. Взаимодействие излучения с веществом. Свойства и модели ядер.</b>	16	8	8
1	<b>Предмет: ядерная физика. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц. Античастицы и законы сохранения</b> Предмет: ядерная физика. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц. Античастицы и законы сохранения	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Наземные ускорители и космические лучи. 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	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Радиационные потери энергии. Излучение Вавилова-Черенкова и переходное излучение. Упругое</b>	Всего аудиторных часов		
		2	1	1

	<b>кулоновское рассеяние.</b> Радиационные потери энергии. Излучение Вавилова-Черенкова и переходное излучение. Упругое кулоновское рассеяние.	Онлайн	0	0	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	1	1
		Онлайн	0	0	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	1	1
		Онлайн	0	0	0
6	<b>Заряд, масса и радиус ядер. Заряд, масса и радиус ядер.</b> Заряд, масса и радиус ядер. Энергия связи и свойства ядерных сил.	Всего аудиторных часов	2	1	1
		Онлайн	0	0	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	2	1	1
		Онлайн	0	0	0
8	<b>Модели ядер: капельная и ферми-газа.</b> Модели ядер: капельная и ферми-газа.	Всего аудиторных часов	2	1	1
		Онлайн	0	0	0
9-15	<b>Радиоактивность. Ядерные реакции и ядерная энергетика.</b>		14	7	7
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	2	1	1
		Онлайн	0	0	0
10	<b>Основные законы радиоактивного распада. <math>\alpha</math>-распад.</b> Основные законы радиоактивного распада. $\alpha$ -распад.	Всего аудиторных часов	2	1	1
		Онлайн	0	0	0
11	<b><math>\beta</math>-распад и <math>\gamma</math>-излучение возбужденных ядер. Эффект Мёссбауэра.</b> $\beta$ -распад и $\gamma$ -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.</b> <b>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.</b> <b>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</b>	Всего аудиторных часов			



	<b>промежуточное ядро. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Захват нейтронов.</b> Механизм протекания ядерной реакции через промежуточное ядро. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Захват нейтронов.	2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Ядерная энергетика на основе деления. Добыча, изготовление, обогащение и утилизация ядерного топлива. Ядерные реакторы. Ядерная энергетика на основе термоядерного синтеза.</b> Ядерная энергетика на основе деления. Добыча, изготовление, обогащение и утилизация ядерного топлива. Ядерные реакторы. 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
	<i>6 Семестр</i>
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 лекций используется мультимедийное оборудование. 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	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15

	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, 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	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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			
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, Москва: Лаборатория знаний, 2020
2. ЭИ И 83 Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2021
3. ЭИ А 50 Радиоактивность : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 53 С34 Общий курс физики Т.5 Атомная и ядерная физика, , : Физматлит, 2020
3. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , : МИФИ, 2008
4. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : Лань, 2008
5. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, , : Лань, 2008
6. 539.1 К60 Ионизирующая радиация: воздействие, риски, общественное восприятие : , А. Б. Колдобский, Москва: МИФИ, 2008
7. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 2008
8. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, ред. : Ю. П. Добрецов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
9. 539.1 Т58 Сборник задач по ядерной физике : , Э. П. Топоркова, Б. У. Родионов, В. В. Борог, Москва: МИФИ, 2005

#### 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 литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

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

1. Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.
2. Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала.
3. На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.
4. В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.
5. Желательно использовать систему обозначений, совпадающую с используемой в рекомендованных учебных пособиях.
6. Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

Автор(ы):

Майоров Андрей Георгиевич, к.ф.-м.н., доцент