

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ЯДЕРНУЮ ФИЗИКУ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
[2] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

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, экс./зач./КР/КП	
6	2-3	72- 108	30	15	15		12-48	0	3
Итого	2-3	72- 108	30	15	15	0	12-48	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

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 [2] – Способен применять естественнонаучные и	3-ОПК-1 [2] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы

<p>общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики</p>	<p>математического анализа. У-ОПК-1 [2] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики В-ОПК-1 [2] – Владеть методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.</p>
<p>ОПК-1 [1] – Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 [1] – Знание основных законов высшей математики, общей и теоретической физики, применительно к инженерным задачам У-ОПК-1 [1] – Умение применять основные положения и законы высшей математики, общей и теоретической физики, естественных наук к решению задач инженерной деятельности В-ОПК-1 [1] – Владение методами высшей математики и естественных наук применительно к задачам электроники и наноэлектроники</p>
<p>ОПК-2 [1] – Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p>З-ОПК-2 [1] – Знание типовых методов физических измерений У-ОПК-2 [1] – Умение анализировать и обрабатывать данные физического эксперимента и представлять их в ясной и удобной форме. В-ОПК-2 [1] – Владение навыками обращения с типовыми приборами для электронно-физических и электротехнических измерений</p>
<p>УК-1 [1, 2] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>З-УК-1 [1, 2] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1, 2] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1, 2] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>

#### 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/ Практи. (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-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Радиоактивность. Ядерные реакции и	9-15	15/7/7		25	КИ-15	3-ОПК-

	ядерная энергетика.						1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-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- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК-

							2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-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., 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>	15	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	0	0
		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 кулоновское рассеяние.</b> Радиационные потери энергии. Излучение Вавилова-Черенкова и переходное излучение. Упругое кулоновское рассеяние.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Взаимодействие гамма-квантов с веществом.</b>	Всего аудиторных часов		

	<b>Электромагнитные и адронные каскады.</b> Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Электромагнитные и адронные каскады.	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		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Модели ядер: капельная и ферми-газа.</b> Модели ядер: капельная и ферми-газа.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	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	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Радиоактивность. Ядерные реакции и ядерная энергетика.</b>	15	7	7
10	<b>Основные законы радиоактивного распада. <math>\alpha</math>-распад.</b> Основные законы радиоактивного распада. $\alpha$ -распад.	Всего аудиторных часов		
		3	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. 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
	<i>6 Семестр</i>
3 - 4	<b>Прохождение гамма-квантов через вещество.</b> Прохождение гамма-квантов через вещество.
5 - 6	<b>Оценка 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	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
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-2	З-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-2	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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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
4. ЭИ Г 83 Физика атома и атомных явлений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2015

#### 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**

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. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.

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 конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

6. Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

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

1. Необходимо при рассмотрении очередного раздела всегда подчеркивать взаимосвязь законов физики от микромира до масштабов вселенной

2. Необходимо подчеркивать знание процессов взаимодействия элементарных частиц.

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

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

5. Желательно использовать систему обозначений, принятую в рекомендованной литературе.

Автор(ы):

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

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