

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ЯДЕРНУЮ ФИЗИКУ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг  
[2] 14.05.01 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, экс./зач./КР/КП
6	3-4	108- 144	30	15	15	12-48	0	Э
Итого	3-4	108- 144	30	15	15	8	12-48	0

## АННОТАЦИЯ

Введение в ядерную физику знакомит студентов с фундаментальными взаимодействиями, физикой ядра, методами ядерного эксперимента.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является получение базовых знаний по основным разделам ядерной физики, включая свойства и модели ядер, вопросы взаимодействия электромагнитных и ядерных излучений со средой, виды и механизмы  $\alpha$  распадов и основы физики деления и термоядерного синтеза. Курс позволяет получить исходные сведения и представления, необходимые для освоения дальнейших дисциплин по экспериментальной ядерной физике, физике космических лучей, ядерно-физических установок.

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

Курс является одним из основных для изучения ядерной физики и ее применения.

Полученные в ходе освоения дисциплины знания необходимы для изучения более углубленных курсов по квантовой хромодинамике и теории электрослабого взаимодействия, а также проведения научно-исследовательской работы, прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы.

### 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 использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-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 общезаконных и принципов
ОПК-1 [2] – Способен использовать базовые знания	З-ОПК-1 [2] – Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной

<p>естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-ОПК-1 [2] – Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  В-ОПК-1 [2] – 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] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>З-УК-1 [1, 2] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации  У-УК-1 [1, 2] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации  В-УК-1 [1, 2] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий</p>
<p>УКЕ-1 [1, 2] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>З-УКЕ-1 [1, 2] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-УКЕ-1 [1, 2] – 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] – 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</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	Радиоактивный распад ядер. Модели атомных ядер.	1-8	12/6/6		15	КИ-6	У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, 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
2	Статические характеристики ядер	7-8	4/2/2		10	к.р-8	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
3	Сечения взаимодействия	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-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-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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа

Э	Экзамен
---	---------

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	15	15
<b>1-8</b>	<b>Радиоактивный распад ядер. Модели атомных ядер.</b>	12	6	6
1	<b>Кинематика и релятивистские соотношения.</b> Релятивистские соотношения. 4-х импульсы. Кинематика упругих и неупругих реакций. Порог реакции. Кинематика распадов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Квантовомеханические величины.</b> Длина волны частицы. Соотношение неопределенности. Дискретные и непрерывные энергетические уровни в притягивающем потенциале.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Типы взаимодействия.</b> Характерные энергии. Время и радиус взаимодействия. Виртуальные частицы. Соотношения между интенсивностями взаимодействий (сильными, слабыми, электромагнитными, гравитационными).	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Состав ядра, его заряд и масса.</b> Единицы и методы определения заряда и массы. Масса нейтрона и ее определение. Результаты: изотопы, изобары, зеркальные ядра.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Дефект массы.</b> Энергия связи ядра. Удельная энергия связи, ее зависимость от массового числа $A$ и от соотношения $Z/(A-Z)$ . Энергия связи протона, нейтрона и $\alpha$ -частицы. Эффекты четности.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Размер ядра.</b> Методы его измерений и результаты.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
<b>7-8</b>	<b>Статические характеристики ядер</b>	4	2	2
7	<b>Радиоактивный распад ядер.</b> Виды радиоактивности. Энергетическое условие радиоактивного распада ( $p/a$ ) распада. Закон $p/a$ распада. Дорожка стабильных изотопов. Последовательные распады. Вековое равновес	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Типы моделей ядер: коллективные, одночастичные.</b> Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи. Соотношение между числом нейтронов и протонов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Сечения взаимодействия</b>	14	7	7
9	<b>Связь вероятности реакции с сечением.</b> Терминология описания пучков частиц: интенсивность, поток частиц, флюенс. Интегральный и дифференциальный спектры частиц, полная, кинетическая энергия и энергия $n$	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0

10	<b>Кулоновское рассеяние на ядре атома</b> процесс многократного рассеяния	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
11	<b>Ионизационные потери энергии заряженными частицами в веществе.</b> Выражения и график зависимости потерь от энергии: физическая природа особенностей их поведения в разных энергетических диапазонах.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
12	<b>Пробег заряженных частиц, его зависимость от параметров частицы и среды.</b> Общее выражение для интенсивности излучения в электрических и магнитных полях. Циклотронное и синхротронное излучения: интенсив	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
13	<b>Излучение Черенкова-Вавилова:</b> условия возникновения, зависимость от параметров среды и частицы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
14	<b>Сравнение энергетических потерь на Черенковское излучение с ионизационными потерями</b> Сравнение энергетических потерь на Черенковское излучение с ионизационными потерями	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
15	<b>Обзорная лекция.</b> Обзорная лекция.	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

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Использование в обучении активных и интерактивных форм обучения с применением LMS, электронных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий.

## 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-6, к.р-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	У-УК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	В-УК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	У-УКЕ-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	В-УКЕ-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-6, к.р-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-6, к.р-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 твердо 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
60-64			

			логической последовательности в изложении программного материала.
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. 53 И83 Квантовая физика : основные законы, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014
3. ЭИ И 83 Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2021
4. ЭИ А 50 Радиоактивность : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ Г 83 Физика атома и атомных явлений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2015
6. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, : , 2022
7. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, : , 2022
8. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, : Лань, 2008
9. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, : Лань, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 С20 Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер : учебное пособие для вузов, Москва: Либроком, 2012
2. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, : Лань, 2008
3. 539.1 О-52 Физика элементарных частиц : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 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**

1. Обратить внимание на представления и теоретические результаты, рассмотренные в курсе квантовой механики, лежащие в основе рассматриваемых явлений и моделей ядерной физики.

2. Понимать, какими взаимодействиями обусловлены рассматриваемые конкретные процессы.

3. Понимать, в каких типах взаимодействий могут участвовать различные частицы, представлять приблизительное соотношение между интенсивностями различных видов взаимодействий

4. Обратить внимание на поведение сечений взаимодействия частиц при низких энергиях в зависимости от типа взаимодействия и энергетического баланса.

5. Знать экспериментальные основания использования коллективных и моделей ядер и главные предсказания, следующие из них. Обратить внимание на способы измерения статических свойств ядер.

6. Уделить особое внимание на зависимость характера прохождения частиц через вещество от типа частиц, ее энергии и от параметров вещества, имея в виду, что понимание этих процессов лежит в основе многих аспектов регистрации частиц и их воздействия на среду.

## **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):

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