

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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
7	4	144	32	8	0	52	16	Э
Итого	4	144	32	8	0	0	52	16

АННОТАЦИЯ

Изучаются классификация и свойства элементарных частиц и ядер, 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 «Экспериментальная ядерная физика»:

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».

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

1. Знать:

- основные свойства элементарных частиц; типы взаимодействий в природе, их свойства и проявления;
- закономерности прохождения ядерных излучений через вещество
- основные свойства ядер и их превращений, механизмы протекания ядерных реакций;
- принципы ядерной энергетике и её перспективы;
- механизмов возникновения и синтеза элементов в природе;
- основные физические принципы работы спектрометрической аппаратуры.

2. Уметь:

- производить расчеты закономерностей взаимодействия ядерных излучений с веществом в области исследования;

- производить расчеты основных характеристик ядер, проводить оценку вероятности их взаимодействий, распада, синтеза или деления;
- применять спектрометрическую аппаратуру в соответствии с потребностями эксперимента;
- экспериментально измерять основные характеристики элементарных частиц и ядер.

3. Владеть:

- практическими знаниями об основных процессах взаимодействия излучения с веществом;
- практическими знаниями по основной спектрометрической аппаратуре.

Знания, полученные студентами в рамках дисциплины составят базовый материал для изучения многих разделов дисциплин естественнонаучного и профессионального цикла вариативной части, а также будут необходимы для выполнения научно-исследовательской работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации, физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц, источники излучения	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по

			заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации, физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц, источники излучения	ПК-23.1 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики элементарных частиц и космологии, проводить расчет радиационных нагрузок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-23.1[1] - знать нормы и правила радиационной безопасности, физику элементарных частиц и основные средства и методы исследования ; У-ПК-23.1[1] - Уметь использовать методы и программные средства детектирования элементарных частиц и излучений ; В-ПК-23.1[1] - Владеть методами исследования в области физики элементарных частиц и расчёта и определения характеристик полей излучений

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>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/4/0		25	КИ-8	З-ПК-3, У-

							ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 23.1, У- ПК- 23.1, В- ПК- 23.1
2	Часть 2	9-16	16/4/0		25	КИ-16	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 23.1, У- ПК- 23.1, В- ПК- 23.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/8/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 23.1, У- ПК- 23.1, В- ПК- 23.1

* – 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

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	8	0
1-8	Часть 1	16	4	0
1	Общие закономерности ядерных реакций. Общие закономерности ядерных реакций. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Нейтронная физика. Нейтронная физика. Открытие нейтрона. Источники нейтронов. Взаимодействие нейтронов с веществом. Детекторы нейтронов. Теория ядерных реакций Бора. Нейтронная спектроскопия. Применение нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Деление ядер. Деление ядер. История открытия деления атомного ядра. Капельная модель деления. Цепная реакция деления. Использование энергии деления ядер. Настоящее и будущее атомной энергетики.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Термоядерные реакции. Термоядерные реакции. Условия протекания термоядерной реакции. Термоядерные реакции в звёздах. Термоядерное оружие. Управляемые термоядерные реакции.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Ускорители заряженных частиц. Ускорители заряженных частиц. Ускорительный эксперимент. Линейные ускорители. Циклические ускорители. Коллайдеры. Специальные ускорители.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Ядерные реакции под действием лёгких заряженных частиц и гамма-квантов. Ядерные реакции под действием лёгких заряженных частиц и гамма-квантов. Реакции под действием заряженных частиц. Реакции под действием альфа-частиц. Реакции под действием протонов. Реакции под действием дейтронов. Фотоядерные реакции.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Ядерные реакции под действием тяжёлых ионов. Ядерные реакции под действием тяжёлых ионов. Взаимодействие ионов с ядрами. Кулоновское возбуждение ядер. Упругое рассеяние. Реакции прямого взаимодействия. Реакции слияния ядер. Реакции распада. Синтез новых элементов. Взаимодействие тяжёлых ионов с ядрами при релятивистских энергиях.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Ядерные силы в нуклон-нуклонных взаимодействиях. Ядерные силы в нуклон-нуклонных взаимодействиях. Методы изучения ядерных сил. Дейтрон. Рассеяние нуклон-нуклон при низких энергиях. Рассеяние нуклон-нуклон при высоких энергиях. Изотопическая инвариантность. Структура нуклонов. Свойства ядерных сил.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	16	4	0

9	Античастицы. Античастицы. Открытие позитрона. Зарядовое сопряжение. Антипротон. Антинейтрон. Взаимодействие антинуклонов с веществом. Антиядра. Поиск античастиц в открытом космосе.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
10	Лептоны. Лептоны. Электрон. Электронное нейтрино. Мюон. Мюонное нейтрино. Взаимодействие мюонов с веществом. Тау-лептон и нейтрино. Современные вопросы физики нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
11	π-мезоны. π -мезоны. Предсказание. Открытие заряженных пионов. Нейтральный пион. Пиониум. Изотриплет. Резонансы. Мезонные фабрики.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
12	Странные частицы. Странные частицы. V-частицы. K-мезоны. Несохранение чётности в K-распадах. Гипероны. Гиперядра. Систематика странных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
13	Квантовая хромодинамика и Стандартная модель. Квантовая хромодинамика и Стандартная модель. Законы сохранения. Квантовая хромодинамика. Электрослабые взаимодействия. Стандартная модель. Физика за пределами Стандартной модели.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
14	Ядерная астрофизика. Ядерная астрофизика. Модель расширяющейся вселенной. Нуклеосинтез. Эволюция звёзд. Космические лучи. Тёмная материя и тёмная энергия.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
15 - 16	Прикладная экспериментальная ядерная физика. Прикладная экспериментальная ядерная физика. Ядерная хронология. Нейтронно-активационный анализ. Нейтронный и гамма-каротаж. Масс-спектрометрия. Радиоизотопная диагностика в ядерной медицине. Радиационная терапия в ядерной медицине. Системы безопасности	Всего аудиторных часов		
		4	1	0
		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>7 Семестр</i>
1 - 2	Лабораторная работа 1 (1) Статистика в экспериментальной ядерной физике
3 - 4	Лабораторная работа 2 (12) Оптимизация схемы совпадения
5 - 6	Лабораторная работа 3 (13) Измерение энергии атмосферных мюонов
7 - 8	Лабораторная 4 (9) Определение коэффициента внутренней конверсии
9 - 10	Лабораторная работа 5 (11) Закон ослабления потока гамма-квантов
11 - 12	Лабораторная работа 6 (2) Измерение активности многокомпонентного вещества
13 - 14	Лабораторная работа 7 (5) Альбеда нейтронов
15 - 16	Лабораторная работа 8 (3) Кривая накопления активности

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс состоит из двух форм обучения: лекции и семинары. Лекции проводятся с использованием современных технологий, в т. ч. мультимедийных. На семинарских занятиях студенты решают типичные задачи по ядерной физике, проводится разбор практических задач. Предусмотрено обучение «в сотрудничестве» и групповая работа студентов, а также семинары-практикумы, индивидуальные и групповые консультации.

Возможно дистанционное общение со студентами.

Помимо лекций и самостоятельной работы предусмотрено использование систем проверки и контроля знаний.

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)
ПК-23.1	З-ПК-23.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-23.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-23.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16

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
60-64			

			формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
2. ЭИ Ф 80 Физика высоких плотностей энергии : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 J22 Statistical methods in experimental physics : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
2. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , Москва: МИФИ, 2004
3. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, , Москва: МИФИ, 2004
4. 539.1 В15 Субатомная физика: ядра и частицы Т.1 Элементарный подход, , М.: Мир, 1986
5. 539.1 В15 Субатомная физика: ядра и частицы Т.2 Дальнейшее развитие, , М.: Мир, 1986
6. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, , : Лань, 2008
7. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008
8. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т.1 Физика атомного ядра, , М.: Энергоатомиздат, 1983
9. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т.2 Физика элементарных частиц, , М.: Энергоатомиздат, 1983

10. 52 П75 Прикладная ядерная космофизика : учебное пособие для вузов, К. А. Боярчук [и др.], Москва: МИФИ, 2007
11. 539.1 П27 Введение в физику высоких энергий : , Перкинс Д., М.: Энергоатомиздат, 1991
12. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, ред. : Ю. П. Добрецов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
13. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, ред. : Ю. П. Добрецов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
14. 539.1 Т58 Сборник задач по ядерной физике : Учеб. пособие, Топоркова Э.П., Родионов Б.У., Борог В.В., М.: МИФИ, 1988
15. 539.1 Ш64 Ядерная физика : Учеб. пособие для вузов, Ю. М. Широков, Н. П. Юдин, М.: Наука, 1980

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

В В результате изучения данной дисциплины студент должен:

1. Знать:

- основные свойства элементарных частиц; типы взаимодействий в природе, их свойства и проявления;
- закономерности прохождения ядерных излучений через вещество
- основные свойства ядер и их превращений, механизмы протекания ядерных реакций;
- принципы ядерной энергетики и её перспективы;
- механизмов возникновения и синтеза элементов в природе;
- основные физические принципы работы спектрометрической аппаратуры.

2. Уметь:

- производить расчеты закономерностей взаимодействия ядерных излучений с веществом в области исследования;
- производить расчеты основных характеристик ядер, проводить оценку вероятности их взаимодействий, распада, синтеза или деления;

- применять спектрометрическую аппаратуру в соответствии с потребностями эксперимента;

- экспериментально измерять основные характеристики элементарных частиц и ядер.

3. Владеть:

- практическими знаниями об основных процессах взаимодействия излучения с веществом;

- практическими знаниями по основной спектрометрической аппаратуре.

Знания, полученные студентами в рамках дисциплины «Введение в ядерную физику», составят базовый материал для изучения многих разделов дисциплин естественнонаучного и профессионального цикла вариативной части, а также будут необходимы для выполнения научно-исследовательской работы.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Необходимо научиться анализировать процессы, происходящие с детектируемыми частицами при взаимодействии с веществом детектора и оценивать ожидаемые сигналы и влияние этих процессов на траекторию и энергию частицы.

2. Необходимо знать схемы, особенности и области применения основных типов детекторов.

3. Уметь быстро понять возможности и ограничения установки, исходя из свойств входящих в нее детекторов.

4. Получить практические навыки работы с основными типами детекторов.

Автор(ы):

Болоздыня Александр Иванович, д.ф.-м.н.,
профессор