

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Линник Оксана Владимировна МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ Снежинский физико-технический институт -

Дата подписания: 13.10.2023 11:19:37 филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения

Уникальный программный ключ:

d85fa2f259a0913da9b08299985891736420181f

высшего образования

**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СФТИ НИЯУ МИФИ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной  
и научно-методической работе

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальные методы ядерной физики

Направление подготовки (специальность) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки «Экспериментальная ядерная физика»

Наименование образовательной программы \_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

г. Снежинск, 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Экспериментальные методы ядерной физики» нацелен на формирование у студентов представления о методах исследований и измерений, применяющихся в области ядерной физики.

Курс ЭМЯФ обеспечивает разностороннюю подготовку в области современных методов постановки и проведения экспериментальных исследований: от разработки методики проведения эксперимента и компьютерного моделирования физических процессов в экспериментальных установках до создания современных аппаратно-программных детектирующих комплексов на основе систем сбора и обработки информации.

Все учащиеся получают базовую теоретическую и практическую подготовку по физике элементарных частиц, атомных ядер и тяжелых ионов.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Раздел «Экспериментальные методы ядерной физики» относится к обязательным дисциплинам части Б1 (Б1.В.05) дисциплин (модулей) РУП по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

Данная дисциплина является базой для дальнейшего изучения специальных дисциплин: Практикум по экспериментальным методам ядерной физики (Б1.В.ДВ.04.01), Методы и средства измерений на стендах критических сборок и импульсных ядерных реакторах (Б1.В.ДВ.06.01), Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах (Б1.В.ДВ.06.02). Курс «Экспериментальные методы ядерной физики» посвящен одному из важных разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков. Дисциплина изучается на 1 курсе во втором семестре обучения.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин (практик) учебного плана: Ядерная физика (Б1.О.05), Теория прохождения заряженных частиц и гамма-квантов в веществе (Б1.О.06).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

ПК-3	Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности. <i>Знать:</i> достижения научно-технического прогресса <i>Уметь:</i> применять полученные знания к решению практических задач <i>Владеть:</i> методами моделирования физических процессов
ПК-4	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Знать:</i> цели и задачи проводимых исследований, основные

	<p>методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований, методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных</p> <p><u>Уметь:</u> применять методы проведения экспериментов, использовать математические методы результатов исследований и их обобщения, оформлять результаты научно-исследовательских работ</p> <p><u>Владеть:</u> навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач</p>
ПК-23.2	<p>Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике в области экспериментальной ядерной физики</p> <p><u>Знать:</u> принципы и методы расчета и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями, в том числе, с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; правила разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ</p> <p><u>Уметь:</u> разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, рассчитывать и проектировать детали и узлы приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации; разрабатывать проекты технических условий, стандартов и технических описаний установок и приборов; проводить расчёты, концептуальную и проектную проработку современных физических установок</p> <p><u>Владеть:</u> современными методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации; навыками разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ, методами и программными средствами информационной поддержки разработки и производства изделий в жизненном цикле изделий</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем- кость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Контро ль	Форма контроля, экз./зачет
2	9	324	60	60	-	154	50	экзамен

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 ЗЕТ, 324 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
<b>2 семестр</b>								
1	Понятие о ядерно-физическом эксперименте.	1	4	4		Конспект		3
2	Взаимодействие излучения с веществом.	2	4	4		Конспект	ФО (1 – 2)	4
3	Механизмы потерь энергии.	3	4	4		Конспект		3
4	Способы и методы регистрации ядерных излучений.	4	4	4		Конспект	ФО (3 – 4)	4
5	Ионизационные детекторы.	5	4	4		Конспект	ФО (5)	4
6	Сцинтилляционные детекторы.	6	4	4		Конспект	ФО (6)	4
7	О погрешностях ядерно-физического эксперимента.	7, 8	8	8		Конспект	ФО (7 – 8)	4
8	Интегральный критический эксперимент	9	4	4		Конспект		3
9	Методы измерений интегрального эксперимента.	10	4	4		Конспект		3
10	Метод Монте-Карло	11	4	4		Конспект	ФО (8 – 10)	4
11	Интегральный эксперимент в постановке «источник-мишень-детектор».	12	2	4		Конспект	ФО (11)	4
12	Интегральные эксперименты на нейтронном генераторе НГ-12И.	13	2	2		Конспект	ФО (12)	4
13	Взаимодействие излучений ядерного взрыва, космического пространства с электронными компонентами (закрытый)	14	6	4		Конспект		3
14	Методы оценки радиационной стойкости электронной компонентной базы (закрытый)	15	6	4		Конспект		3
15	Обобщение пройденного материала	16	2	2				
Всего:			60	60				50
Экзамен								50
Итого за 2 семестр:								100

## Раскрытие лекционных тем и тем практических занятий

Тема 1. Понятие о ядерно-физическом эксперименте.

Ядерно-физический эксперимент в историческом аспекте. Системы констант. Дифференциальный и интегральный эксперимент. Цели и задачи эксперимента.

Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.

Фундаментальные виды взаимодействий. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Фотоэффект, комптон-эффект, эффект образования пар. Взаимодействие электронов с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Тема 3. Механизмы потерь энергии.

Перенос и трансформация энергии, потерянной излучением в веществе. Ионизация, возбуждение, рекомбинация.

Тема 4. Способы и методы регистрации ядерных излучений.

Виды детекторов и их классификация. Детектор, измерительный тракт и схема измерений. Полупроводниковые детекторы. Физика работы. Трековые детекторы. Спектрометры излучений.

Тема 5. Ионизационные детекторы.

Ионизационные детекторы. Физика работы. Ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, газоразрядные счетчики.

Тема 6. Сцинтилляционные детекторы.

Сцинтилляционные детекторы. Физика работы. Органические и неорганические сцинтилляторы, фотоэлектронные приемники.

Тема 7. О погрешностях ядерно-физического эксперимента.

Статистика отсчетов. Случайные и статистические ошибки. Распределение Пуассона. Математическое ожидание и дисперсия. Погрешности ядерно-физического эксперимента. Выбор оптимальной постановки в условиях фона.

Тема 8. Интегральный критический эксперимент.

Понятие о дифференциальных и интегральных экспериментах в проблеме переноса излучений. Требования к представлению результатов интегральных экспериментов.

Тема 9. Методы измерений интегрального эксперимента.

Метод времени пролета. Метод нейронно-активационного анализа. Метод пропускания в «хорошей» геометрии.

Тема 10. Метод Монте-Карло.

Понятие о методе Монте-Карло. Практическое применение метода.

Тема 11. Интегральный эксперимент в постановке «источник-мишень-детектор».

История эксперимента. Описание эксперимента. Методы.

Тема 12. Интегральные эксперименты на нейтронном генераторе НГ-12И.

Нейтронный генератор НГ-12И. Измерительный комплекс. Описание полученных результатов. Экспериментальные и расчетные данные по нейтронам. Экспериментальные и расчетные данные по гамма-образованию

Тема 13. Взаимодействие излучений ядерного взрыва, космического пространства с электронными компонентами (закрытый).

Источники радиационного воздействия и их моделирование в лабораторных условиях. Экспериментальные установки и их характеристики

Тема 14. Методы оценки радиационной стойкости электронной компонентной базы

(закрытый).

Элементы радиационной физики твердого тела. Методы испытаний. Уровни радиационной стойкости.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса «Экспериментальные методы ядерной физики» предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекционно-семинарско-зачетная система обучения: дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподносить его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке учащихся с использованием рейтинговые шкалы оценки усвоения.

2. Проблемное обучение (в основном используется на семинарских занятиях, но возможно использование на лекциях и при проведении лабораторных работ): создание проблемных ситуаций и организация активной самостоятельной деятельности учащихся по их разрешению, в результате чего происходит творческое овладение знаниями, умениями, навыками, развиваются мыслительные способности.

3. Обучение с помощью ТСО: чтение лекций и проведение семинаров сопровождается наглядными демонстрациями; лекций проводятся с применением мультимедийных средств обучения.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством письменного проверкой конспектов, рубежный – при помощи фронтальных опросов.

Экзамен проводится в традиционной форме – по билетам. Допуск к экзамену производится по итогам работы на лекционных, семинарских занятиях.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основная литература:

1. Степанов Ю.М. «Экспериментальные методы ядерной физики. Учебное пособие», Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 310 с.
2. Черняев А.П. «Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом». Изд-

во ФИЗМАТЛИТ 2004. -152с.

3. Онучин А.П. «Экспериментальные методы ядерной физики: учебное пособие», Новосибирск: Изд-во НГТУ 2010. - 220с.
4. Смирнова Л.Н. «Физика элементарных частиц (с точки зрения эксперимента). Учебное пособие.» Москва: Изд-во МГУ 2006. – 121с.

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

а) Учебная аудитория для проведения занятий практического типа (л212), укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- Ноутбук HP;
- Проектор ACER X1260

б) Помещение для самостоятельной работы обучающихся (л318), оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:

- Персональный компьютер на базе Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) – 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) – 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 27.07.2021 г., протокол №21/11.

Автор: \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерной физики и спецтехнологий»  
\_\_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускающая кафедра, курирующая специальность, для которой читается данная дисциплина	Ф.И.О. заведующего данной выпускающей кафедрой	Решение заведующего выпускающей кафедрой по согласованию данной рабочей программы	Подпись заведующего выпускающей кафедрой и дата
1	2	3	4



## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой направления подготовки  
(специальности)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой Ядерной физики и спецтехнологий \_\_\_\_\_ Журавлев А.П.

**Утверждаю**

Зам. руководителя по учебной и научно-методической работе

\_\_\_\_\_ П.О. Румянцев