

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ИСТОЧНИКИ ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ И СРЕДНЕЙ ЭНЕРГИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 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
1	4	144	16	32	0		60	0	Э
Итого	4	144	16	32	0	0	60	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина посвящена изучению особенностей и основных характеристик источников ядерных ионизирующих излучений как инструментов исследования ядра атомов, а также знакомству с современными наземными ускорительными экспериментами на пучках ядер.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение особенностей и основных характеристик источников ионизирующих излучений как инструментов исследования ядра атомов;
- знакомство с современными наземными ускорительными экспериментами на пучках.

Особенности использования различных пучков иллюстрируются примерами реальных экспериментов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в образовательный модуль комплекса курсов по выбору.

Структурное место дисциплины в ООП:

Данная дисциплина относится к циклу ДС – дисциплины специализации. Логически и содержательно – методически дисциплина является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика – экспериментатора в области экспериментальной ядерной физики и физики частиц.

«Входными» знаниями являются знания общей физики, ядерной физики, теоретической физики, электротехники, электроники.

Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение разделов общей физики: электричества и магнетизма, атомной физики; освоение разделов ядерной физики, классической и квантовой механики и электродинамики, основ электротехники и электроники.

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
организационно-управленческий			
2 Организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений, определение порядка выполнения работ; поиск оптимальных решений с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды; подготовка заявок на патенты, изобретения и промышленные образцы и оценка стоимости объектов интеллектуальной деятельности; составление рефератов, написание и оформление научных статей; участие в организации семинаров, конференций; участие в организации инфраструктуры предприятий, в том числе информационной и технологической	2 Участие в организации, подготовке и проведении различных экспериментов по физике ядра и частиц (включая создание и использование детекторов элементарных частиц и излучений), в измерениях и обработке экспериментальных данных, в дискуссиях по анализу теоретических гипотез и интерпретаций экспериментов в области физики высоких энергий (в том числе - на современных коллайдерах частиц), а также во многих смежных научных направлениях	ПК-3.2 [1] - Способен формулировать исходные данные, а также вырабатывать и обосновывать организационные решения в области проектирования ядерно-физических установок и проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики, решать поставленные задачи с выбором необходимых физико-технических средств Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.2[1] - Знать основные методы постановки задач и организации работ в области проектирования ядерно-физических установок, методы проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц; У-ПК-3.2[1] - Уметь решать поставленные задачи в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики с выбором необходимых физико-технических средств; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами проведения выбора и обоснования организационных решений в области проектирования ядерно-физических установок, методами проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц
научно-исследовательский			
1 Разработка методов регистрации	1 Современный ядерно-физический	ПК-3 [1] - Способен оценивать	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-

<p>ионизирующих и электромагнитных излучений; создание теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия лазерного и ионизирующего излучения с веществом; создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах, ускорителях, коллайдерах, масс-спектрометрах; создание методов расчета разделения изотопных и молекулярных смесей; создание современных электронных устройств сбора и обработки информации, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучений; разработка методов повышения безопасности ядерных и лазерных установок, материалов и технологий; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на</p>	<p>эксперимент, современные электронные системы сбора и обработки данных для ядерных и физических установок математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений</p>	<p>перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.</p>
--	---	---	---

человека и объекты окружающей среды			
-------------------------------------	--	--	--

4. 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>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2

* – 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

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	0

1-8	Часть 1	8	16	0
1 - 2	Тема1 Введение Введение - место курса в профессиональной подготовке инженера-физика. Постановка основных физических и прикладных задач, обсуждаемых в курсе. Источники ионизирующих излучений как инструмент и объект исследования. Общая характеристика источников заряженных частиц, гамма-квантов, нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Тема2 Современные тенденции Современные тенденции развития физики тяжелых ионов и требования к источникам тяжелых ионов. Ускорительные комплексы тяжелых ионов ОИЯИ, GSI (ФРГ), GANIL (Франция). Характеристики пучков и особенности их использования, перспективы развития и совершенствования, типичные эксперименты на примере 4пи-спектрометра “Фобос”.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Тема3 Источники гамма-квантов Интенсивные источники гамма-излучения - спектральные и пространственно-временные характеристики излучения. Особенности постановки экспериментов на примере исследований фотоделения. Прикладные исследования с использованием синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	Тема4 Классификация НИ Классификация нейтронных источников. Исследовательские ядерные реакторы на медленных и быстрых нейтронах, импульсные реакторы. Вывод и формирование нейтронных пучков. Фильтры, селекторы, монохроматоры. Организация опытов на пучках тепловых нейтронов на примере	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 9	Тема5 Источники нейтронов Источники нейтронов на основе ускорителей заряженных частиц. Плазменные и портативные источники нейтронов. 9 неделя Особенности экспериментов на пучках быстрых нейтронов, и заряженных частиц - исследования	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	16	0
9 - 10	Тема6 Особенности экспериментов Особенности экспериментов на пучках быстрых нейтронов, и заряженных частиц - исследования формы барьера деления тяжелых ядер.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	Тема7 Типы АЭС Типы энергетических ядерных реакторов на АЭС. Делящиеся материалы. Нейтронный цикл в тепловом реакторе. Коэффициент размножения и формула 4-х сомножителей, гомогенный и гетерогенный реактор.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Тема8 Физпроцессы в ЯР Физические процессы в ядерных реакторах. Критичность. Реактивность. Выгорание топлива. Воспроизводство вторичного топлива. Пространственно-временное энергетическое распределение нейтронов в активной зоне. Основные нейтронные реакции: $(n,)$, (n, f) , $(n, 2n)$.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	Тема9 Топливо ЯР	Всего аудиторных часов		

	Алгоритмы накопления актинидов и продуктов деления в топливе сложного состава. Степень изученности схем распада ядер - продуктов деления. Энергия распада и генетические связи нуклидов в цепочках радиоактивных превращений.	2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Тема10 Библиотеки ядерных данных Библиотеки ядерных данных по продуктам деления. Основные интегральные радиационные характеристики смеси продуктов деления. Ядерный реактор как источник антинейтрино.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Тема11 Характеристика источников фона Характеристика источников фонового излучения, обусловленного активацией в реакторных, ускорительных и космических экспериментах. Основы каскадной модели ядерных реакций.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Итоговое занятие Подведение итогов работы	Всего аудиторных часов		
		1	2	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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 8	Источники ядерных излучений Проведение дискуссий по темам лекций
9 - 15	Детекторы и эксперименты для регистрации импульсных излучений Проведение дискуссий по темам лекций
16	Подготовка к итоговой аттестации Консультация по проведению экзамена по курсу

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо собственно лекций используются семинары (по темам лекций), проводимые на основе следующих технологий:

- дискуссия с разбором типичных ситуаций, встречающихся при постановке эксперимента и решением типичных научных задач;
- дискуссия с разбором методики подготовки и проведения ядерно-физического эксперимента;
- дискуссия с разбором решения типичных задач по логике отбора событий в детекторах излучений;
- дискуссия по ускорительным источникам ядерных излучений (на основе ускорителей ОИЯИ, Дубна)

Также используется самостоятельная работа студентов при их подготовке к аттестациям, в том числе - с учетом

подготовки и участия в дискуссиях на семинарах (с кратким выступлением по тематике семинара):

- оперативное решение студентами поставленных практических задач с последующим их обсуждением (дискуссия);
- обсуждение актуальных научных задач (экспериментов) на семинарах по темам, прочитанных на лекциях.

Предусматривается поездка в ОИЯИ (г. Дубна) с целью ознакомления с введением в действия ускорительного проекта «НИКА».

6. 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-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
ПК-3.2	З-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3.2	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	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка
-------	------------------------------	------------------	--------

баллов			ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ 3-28 Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие, Малаян К. Р., Занько Н. Г., Русак О. Н., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. 539.1 X19 Избранные вопросы теории ядра Ч.2 Аналитическая структура амплитуд рассеяния, Хангулян В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. ЭИ К 893 Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах : Допущено УМО вузов направления подготовки 140300 “Ядерная физика и технологии” в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению “Ядерная физика и технологии”, Кузьмин А.М., Шмелев А.Н., Апсэ В.А., Москва: МЭИ, 2019

4. ЭИ М31 Прикладная ядерная физика. Коммутирующие приборы мощных импульсных генераторов : учеб. пособие, Масленников С.П., Москва: Буки Веди, 2018

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Е56 English-russian dictionary for nuclear english : англо-русский словарь с дефинициями к учебнику Сержа Горлина "Nuclear english", , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

2. 8(Англ) Е56 English-russian dictionary for nuclear english : англо-русский словарь с дефинициями к учебнику Сержа Горлина "Nuclear english", , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

3. 662 П77 Взрывы и волны. Взрывные источники электромагнитного излучения радиочастотного диапазона : учебное пособие для вузов, Прищепенко А.Б., Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2011

4. 539.1 К88 Открытия в физике и создание атомного оружия : , Кудряшов Н.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015

5. 621.039 Б 18 Физика ядерных реакторов : учеб. пособие, Байбаков В. Д., Москва: Издательство МЭИ, 2016

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Вводная тема:

-Имея в виду, что источник излучения является неотъемлемой составляющей ядерно-физического эксперимента, постараться составить впечатление о диапазоне возможностей, предоставляемом для исследований современными источниками. Следует обратить внимание на не тривиальность согласования пары источник - экспериментальная установка при планировании конкретного эксперимента.

Ускорители заряженных частиц:

- Разные типы ускорителей излагаются в единой информационной сетке: физические основы функционирования, техническое устройство, типичные и ожидаемые параметры, характерные задачи, решаемые на соответствующем пучке. Четкое структурирование материала должно сохраниться и у слушателя.

Ускорители заряженных частиц как импульсные источники нейтронов:

-В этой теме основное внимание следует уделить физическим и техническим аспектам конверсии энергии пучка заряженных частиц в нейтроны.

Ядерные реакторы как источники нейтронов:

- Базой для успешного овладения темой является четкое понимание основных положений физики реакторов на медленных и быстрых нейтронах. Поскольку рассматриваются только исследовательские реакторы, особое внимание следует уделить вопросам вывода и формирования нейтронных пучков.

Источники гамма и рентгеновского излучения:

-Обратить внимание на многочисленные применения синхротронного излучения (СИ) в нанотехнологиях и уяснить причины такой востребованности. В качестве популярных областей использования рентгеновского излучения рассматриваются: элементный анализ, тонкие химические исследования, рентгеноструктурный анализ – в каждом из этих применений важно понимать его физическую основу.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Преподаватель должен сконцентрировать свои усилия на обеспечении самостоятельной работы студентов.

Предполагается следующая структура лекционно-практических занятий: чтение блока теоретического материала с последующей проработкой в ходе самостоятельной работы.

Опыт, накопленный в ходе преподавания данной дисциплины, показывает, что необходимо мотивировать студента на самостоятельную работу. Постановка нетривиальной задачи является наилучшим стимулом.

Хорошо зарекомендовали себя такие формы работы как диалог со студентом, групповая дискуссия. Активным студентам предлагается сделать небольшие сообщения по каким-либо частным аспектам изученных материалов.

Автор(ы):

Пятков Юрий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Борог В.В, проф.каф.7