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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Направление подготовки (специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

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, экз./зач./КР/КП
7	4	144	48	32	0		28	0	Э
Итого	4	144	48	32	0	0	28	0	

АННОТАЦИЯ

Курс является неотъемлемой частью подготовки выпускника.

Изучаются различные типы детекторов излучений, взаимодействие излучений с веществом детектора, методы формирования сигнала, его аналоговая обработка и преобразование в цифровой код.

Изучаются характеристики спектрометрических усилителей, амплитудно-цифровые и время—цифровые преобразователи, методы дискриминации частиц по различным параметрам импульса детектора.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются углубленное изучение принципов работы и применения современных детекторов излучения в экологии и охране окружающей среды, а также электронных методов съема и обработки информации, поступающей с детекторов излучения.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Логически и содержательно-методически дисциплина является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний в области медицинской физики, экспериментальной ядерной физики, физики ионизирующих излучений и элементарных частиц.

«Входными» знаниями являются знания общей физики, ядерной физики, теоретической физики, электротехники и электроники. Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение разделов общей физики: механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, атомной физики; освоение разделов ядерной физики, классической и квантовой механики и электродинамики, основ электротехники.

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 соотвествии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
профессиональной	область знания	профессиональной	индикатора
деятельности (ЗПД)		компетенции;	достижения
		Основание	профессиональной
		(профессиональный	компетенции
		стандарт-ПС, анализ	
		опыта)	
научно-исследовательский			

проектирование,	ядерно-физические	ПК-2 [1] - Способен	3-ПК-2[1] - знать
создание и	процессы,	проводить	методы
эксплуатация	протекающие в	математическое	математематического
атомных станций и	оборудовании и	моделирование для	анализа для
других ядерных	устройствах для	анализа всей	моделирования
энергетических	выработки,	совокупности	процессов в ядерно-
установок,	преобразования и	процессов в ядерно-	энергетическом и
вырабатывающих,	использования	энергетическом и	тепломеханическом
преобразующих и	ядерной и тепловой	тепломеханическом	оборудовании АЭС;
использующих	энергии;	оборудовании АЭС	У-ПК-2[1] - уметь
тепловую и ядерную	безопасность	оборудовании 1130	проводить
энергию, включая	эксплуатации и	Основание:	математическое
входящие в их состав	радиационный	Профессиональный	моделирование
системы контроля,	контроль атомных	стандарт: 24.078,	процессов в ядерно-
защиты, управления и	объектов и	40.008, 40.011	энергетическом и
обеспечения ядерной	установок;	40.000, 40.011	тепломеханическом
и радиационной	yeranobok,		оборудовании АЭС,;
безопасности			В-ПК-2[1] - владеть
ocsonachocin			стандартными
			пакетами
			автоматизированного
			проектирования и
			исследований
проектирование,	ядерно-физические	ПК-3 [1] - Способен к	3-ПК-3[1] - знать
создание и	процессы,	проведению	методы проведения
	протекающие в	исследований	исследований
эксплуатация атомных станций и	оборудовании и	физических процессов	физических процессов;
других ядерных	устройствах для	в ядерных	У-ПК-3[1] - уметь
энергетических	выработки,	энергетических	проводить
установок,	преобразования и	установках в процессе	исследования и
вырабатывающих,	использования	разработки, создания,	испытания
преобразующих и	ядерной и тепловой	монтажа, наладки и	оборудования ядерных
использующих и	энергии;	эксплуатации	энергетических
тепловую и ядерную	безопасность	эксплуатации	установок;
энергию, включая	эксплуатации и	Основание:	В-ПК-3[1] - владеть
• '	радиационный	Профессиональный	методиками испытаний
входящие в их состав системы контроля,	радиационный контроль атомных	стандарт: 24.078,	оборудования при его
защиты, управления и	объектов и	40.008, 40.011	монтаже и наладке
обеспечения ядерной	установок;	70.000, 70.011	иоптаже и наладке
и радиационной	yoranobox,		
безопасности			
ocsonachocin	Произволствел	⊔ но-технологический	
проектирование,	процессы контроля	ПК-10 [1] - Способен	3-ПК-10[1] - знать
создание и	параметров, защиты	провести оценку	критерии ядерной и
эксплуатация	и диагностики	ядерной и	радиационной
атомных станций и	состояния ядерных	радиационной	безопасности ЯЭУ;;
других ядерных	энергетических	безопасности при	У-ПК-10[1] - уметь
энергетических	установок;	эксплуатации и выводе	проводить оценки
установок,	информационно-	из эксплуатации	ядерной и
вырабатывающих,	информационно- измерительная	ядерных	радиационной
преобразующих и	аппаратура и	энергетических	безопасности ЯЭУ;;
использующих и	органы управления,	установок, а также при	В-ПК-10[1] - владеть
использующих	органы управления,	установок, а также при	р-пи-то[т] - владеть

			I
тепловую и ядерную	системы контроля,	обращении с ядерным	методами оценки
энергию, включая	управления, защиты	топливом и	ядерной и
входящие в их состав	и обеспечения	радиоактивными	радиационной
системы контроля,	безопасности,	отходами	безопасности при
защиты, управления и	программно-		эксплуатации ЯЭУ, а
обеспечения ядерной	технические	Основание:	также при обращении с
и радиационной	комплексы	Профессиональный	ядерным топливом и
безопасности	информационных и	стандарт: 24.028,	радиоактивными
	управляющих	24.033	отходами
	систем ядерных		
	энергетических		
	установок		
проектирование,	процессы контроля	ПК-11 [1] - Способен	3-ПК-11[1] - знать
создание и	параметров, защиты	анализировать	правила техники
эксплуатация	и диагностики	технологии монтажа,	безопасности при
атомных станций и	состояния ядерных	ремонта и демонтажа	проведении монтажа,
других ядерных	энергетических	оборудования ЯЭУ	ремонта и демонтажа
энергетических	установок;	применительно к	оборудования ЯЭУ;;
установок,	информационно-	условиям сооружения,	У-ПК-11[1] - уметь
вырабатывающих,	измерительная	эксплуатации и снятия	проводить монтаж,
преобразующих и	аппаратура и	с эксплуатации	ремонт и демонтаж
использующих	органы управления,	энергоблоков АЭС	оборудования ЯЭУ
тепловую и ядерную	системы контроля,		применительно к
энергию, включая	управления, защиты	Основание:	условиям сооружения,
входящие в их состав	и обеспечения	Профессиональный	эксплуатации и снятия
системы контроля,	безопасности,	стандарт: 24.032,	с эксплуатации
защиты, управления и	программно-	24.033	энергоблоков АЭС;;
обеспечения ядерной	технические		В-ПК-11[1] - владеть
и радиационной	комплексы		навыками монтажных и
безопасности	информационных и		демонтажных работ на
	управляющих		технологическом
	систем ядерных		оборудовании
	энергетических		
	установок		

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
воспитания		

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

Недели Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час. Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) Максимальный	
	* *
	да <u>П</u>
неделя) Максимальный Максимальный	балл за раздел** Аттестация раздела (форма*, неделя) Индикаторы компетенции
Недели Недели Лекции/ Пря (семинары)/ Лабораторня работы, час. Обязат. теку контроль (ф неделя)	балл за разде Аттестация раздела (формеделя) Индикаторы освоения компетенции
	балл за р Аттестан раздела (неделя) Индикат освоения компетен
Недели Пекции Ссеминя Лабора Работы Обязат, контро.	балл за Аттест; разделя) Индикз освоені компет
	лл. 3д 3д 3д 1. 1.до
	ба Ал Не ИИ Ко
7 Caucomp	
7 Семестр	ICH O D THE 2
1 Детекторы излучений 1-8 24/16/0 25	КИ-8 З-ПК-2,
	У-ПК-2,
	В-ПК-2,
	3-ПК-3,
	У-ПК-3,
	В-ПК-3,
	3-ПК-10,
	У-ПК-10,
	В-ПК-10,
	3-ПК-11,
	У-ПК-11,
	В-ПК-11
2 Электронные методы 9-16 24/16/0 25	КИ-16 З-ПК-2,
СФР СФР	У-ПК-2,
	В-ПК-2,
	3-ПК-3,
	У-ПК-3,
	В-ПК-3,
	3-ПК-10,
	У-ПК-10,
	В-ПК-10,
	3-ПК-11,
	У-ПК-11,
	В-ПК-11
<i>Итого за 7 Семестр</i> 48/32/0 50	
Контрольные 50	Э 3-ПК-2,
мероприятия за 7	У-ПК-2,
Семестр	В-ПК-2,
	3-ПК-3,
	У-ПК-3,
	В-ПК-3,
	3-ПК-10,
	У-ПК-10,
	В-ПК-10,
	3-ПК-11,
	У-ПК-11,
	В-ПК-11

^{* –} сокращенное наименование формы контроля

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

^{** –} сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.,	Лаб.,	
	-	час.	час.	час.	
	7 Семестр	48	32	0	
1-8	Детекторы излучений	24	16	0	
1 - 2	Вводная лекция		аудиторных	часов	
	Основы методики проведения ЯФЭ	8	4	0	
		Онлайі	H		
		0	0	0	
3 - 8	Основные типы детекторов ЯИ	Всего а	аудиторных	часов	
	Изучение принципов работы счетчика Гейгера,	16	12	0	
	ионизационной камеры, полупроводникового детектора,	Онлайі	Онлайн		
	сцинтилляционного детектора	0	0	0	
9-16	Электронные методы ЯФЭ	24	16	0	
9 - 10	Вводная лекция	Всего аудиторных часов			
	Основы электронных методов обеспечения ЯФЭ	4	2	0	
		Онлайн			
		0	0	0	
10 - 15	Основные узлы спектрометрического тракта	Всего а	аудиторных	часов	
	Изучение принципов работы предварительного усилителя,	16	12	0	
	формирователей с постоянным и переменным порогами,	Онлайі	H		
	АЦП, ВАП и др.элементов	0	0	0	
16	Зачетное занятие	Всего а	аудиторных	часов	
	Проведение тестирование по вопросам программы	4	2	0	
		Онлайі	H	•	
		0	0	0	

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
BM	Видео-материалы
AM	Аудио-материалы
Прз	Презентации
T	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо лекций используются:

- семинарские занятия с разбором типичных ситуации, встречающихся при постановке эксперимента и решением типичных задач,
 - а также самостоятельная работа студентов –решение задач

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-10	3-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-11	3-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2	3-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	3-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	Оценка	Требования к уровню освоению
	балльной шкале	ECTS	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		В	Оценка «хорошо» выставляется студенту,
75-84	4 – «хорошо»	C	если он твёрдо знает материал, грамотно и
70-74	1 Wopowon	D	по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на

			вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 — «удовлетворительно»	Е	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.
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 Т16 Fundamentals of Nuclear Physics : , Takigawa, Noboru. , Washiyama, Kouhei. , Tokyo: Springer Japan, 2017
- 2. 539.1 К96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Кушин В.В., Покачалов С.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
- 3. ЭИ К96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Кушин В.В., Покачалов С.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
- 4. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
- 5. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1. 33 X20 Динамика развития ядерной энергетики. Экономико-аналитические модели : , Харитонов В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
- 2. 620 Г96 Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии : , Гусев А.И., Москва: Физматлит, 2009
- 3. 001 Н35 Научная сессия МИФИ-2012 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, , Москва: , 2012

- 4. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010 Т.1 Ядерная физика и энергетика, , Москва: МИФИ, 2010
- 5. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2013 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
- 6. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты: учебное пособие, Шмелев А.Н. [и др.], Долгопрудный: Интеллект, 2014
- 7. 539.1 АЗ9 Фотонные методы регистрации излучений:, Акимов Ю.К., Дубна: ОИЯИ, 2014
- 8. 539.1 Г83 Черенковские детекторы: учебное пособие, Григорьев В.А., Москва: МИФИ, 2007

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

Общие указания:

При изучении курса следует:

- регулярно посещать лекции;
- регулярно посещать занятия, готовиться к ним, своевременно отчитываться по проделанным работам;

При изучении данного курса важной частью является раздел «Физические основы методов регистрации излучений». Следует глубоко изучить при проработке лекций процессы ионизационных потерь заряженных частиц и связанных с этим процессом пробегов частиц, радиационных потерь, процессов взаимодействия гамма-квантов с веществом, процессы взаимодействия нейтронов с веществом.

При изучении конкретных детекторов следует выделять следующие моменты:

- физические процессы, определяющие механизм регистрации заряженной или нейтральной частицы в детекторе;
- -иметь ясное представление о формировании импульсов тока, индуцированного заряда в ионизационных детекторах, оптимальных параметрах эквивалентной цепи;
- -принцип действия рассматриваемых в курсе конкретных детекторов,их схемы включения;
 - физические характеристики детекторов;

газовых,полупроводниковых,сцинтилляционных детекторов.

При изучении электронных методов регистрации принять во внимание, что значительная часть ошибок при проведении экспериментов бывает связана с неправильным выбором электронных узлов. Необходимо научиться рисовать блок-схемы устройств, которые вы применяете, и временные диаграммы, поясняющие их работу.

При рассмотрении темы №6 «Спектрометрия ионизирующих излучений» обратить внимание на статистический характер распределения во времени поступающих с детектора электрических сигналов и возникающие в связи с этим просчеты и наложение импульсов. Особое внимание обратить на основные источники шумов усилителя и методы оптимизации отношения сигнала к шуму, а также на другие источники ухудшения энергетического разрешения спектрометрического тракта.

При изучении разделов «Методы амплитудного анализа» и «Методы временного анализа» следует обратить особое внимание, что различные методы применяются в зависимости от требуемого быстродействия и требуемых значений интегральной и дифференциальной нелинейности.

При рассмотрении темы №7и 8 «Съем временной информации с детекторов излучений» необходимо четко уяснить себе, что ключевым параметром в этом случае является временное разрешение детектора. Именно временное разрешение определяет используемый метод формирования временной отметки , а также требования в временному разрешению схем совпадений и антисовпадений.

При рассмотрении темы Neq 10 «Методы и аппаратура для съема координатной информации» обратить внимание, что в настоящее время для получения координатной информации в основном применяются годоскопические системы, координатное разрешение в которых определяется размером единичного детектора, которое может быть как 10 мкм, так и 10 м. С помощью электронных методов координатное разрешение можно улучшить в сцинтилляционных детекторах и газовых пропорциональных камерах. В настоящее время появляются новые детекторы, например дрейфовые полупроводниковые камеры.

11. 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.

Кирсанов Михаил Алексеевич

Каплин Владимир Александрович, к.ф.-м.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

Курепин А.Б., д.ф.-м.н, в.н.с. ГНЦ КИ