

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
ДЕТЕКТОРЫ И ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

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, экз./зач./КР/КП
2	4	144	30	30	0		48	0	Э
Итого	4	144	30	30	0	0	48	0	

АННОТАЦИЯ

Курс является неотъемлемой частью подготовки студента. Изучаются различные методы формирования сигнала, его аналоговая обработка и преобразование в цифровой код. Также изучаются характеристики спектрометрических усилителей, амплитудно-цифровые и время-цифровые преобразователи, методы дискриминации частиц по различным параметрам импульса детектора. Рассматривается специфика временных измерений.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными целями освоения учебной дисциплины "Детекторы и электроника для временных измерений" является углубленное изучение электронных методов съема и обработки информации, поступающей с детекторов излучения. Основная задача - приобретение практического опыта работы с системами сбора информации с детекторов

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в образовательный модуль комплекса курсов. Структурное место дисциплины в ООП приводится ниже.

«Входными» знаниями являются знание курса общей физики и ядерной физики в университетском объеме. Для изучения дисциплины также необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения основных дисциплин ООП

Данная дисциплина является базой для выполнения курсового и дипломного проектирования, УИР, а также при практической работе выпускников по направлению.

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			
1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание	1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные	ПК-3.1 [1] - Способен работать с детекторами и физическими установками в	3-ПК-3.1[1] - Знать методы регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений и методы

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 человека и объекты окружающей среды	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	области физики ядра и элементарных частиц, над их разработкой и оптимизацией, в том числе – к работе над их модернизацией <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	измерения количественных характеристик ядерных материалов; методы расчета современных электронных устройств, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучения;; У-ПК-3.1[1] - Уметь планировать и организовывать современный физический эксперимент, проводить проектирование и оптимизацию детекторов и установок в области физики ядра, физики элементарных частиц и астрофизики; В-ПК-3.1[1] - Владеть методами разработки новых и модернизации существующих детекторов и установок для научно-инновационных исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц и астрофизики.
1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия лазерного и	1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные системы сбора и обработки данных для ядерных и физических	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач	3-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований;

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 человека и объекты окружающей среды	установок математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
проектный			
4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества,	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты

вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий	распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов		используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
---	--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Раздел 2	9-15	14/14/0		25	КИ-15	3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

* – 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>2 Семестр</i>	30	30	0
1-8	Раздел 1	16	16	0
1	Задачи методов временного анализа в ядерно-физическом эксперименте. Введение. Аналоговые и цифровые методы. Съём сигнала с детектора. Роль и выбор РС-нагрузки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Фотоэлектронный умножитель. Основные факторы, влияющие на временные параметры. Абсолютный счет событий. Просчеты счетных устройств. Выбор оптимального мертвого времени. Счетчики и регистры, методы уменьшения просчетов. Аналоговые и цифровые измерители скорости счета.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Фотоумножители с сетчатыми диодами и на микроканальных пластинах. Спектрометрические особенности различных типов детекторов. Основные характеристики линейных импульсных усилителей. Шумы усилителей и методы оптимизации отношения сигнала к шуму. Факторы, влияющие на конечное энергетическое разрешение спектрометрического тракта. Наложение импульсо, частотные и амплитудные перегрузки. Оптимальное формирование сигнала. Усилители напряжения, тока, зарядочувствительные усилители.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Методы тестирования фотоумножителей. Методы амплитудной дискриминации и селекции. Линейные схемы пропускания.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

		0	0	0
6 - 7	Исследование характеристик временных фотодетекторов. Структура амплитудного анализатора. Методы работы "по живому времени". Методы кодирования амплитуд импульсов (амплитудно-цифровые преобразователи).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Сцинтилляционные и черенковские детекторы для временных измерений. Методы временного анализа и временной селекции. Методы формирования точной временной отметки. Особенности формирования временной отметки для детекторов различных типов. Временное разрешение различных типов детекторов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Раздел 2	14	14	0
9	Электронные методы временной привязки к импульсам. Основные параметры схем совпадений. Выбор оптимального разрешающего времени. Классификация и конструктивные особенности схем совпадений. Мажоритарные схемы совпадений. Особенности метода и схем совпадений.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Методы временных и амплитудных измерений в многоканальных системах. Методы временного анализа. Методы аналогового преобразования и кодирования временных интервалов. Метод времени пролета. Методы время-координатной компенсации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Газовые временные детекторы. Особенности кодирования информации в многодетекторных системах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Метод счета фотонов. Методы дискриминации частиц по форме импульса детектора. n-гамма разделение.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Детекторы с регистрацией отдельных фотонов. Системы сбора и обработки информации в многодетекторных системах. Триггер эксперимента.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Методы тестирования детекторов. Система NIM, система КАМАК и другие.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Итоговое занятие Подготовка к итоговой аттестации	Всего аудиторных часов		
		2	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>2 Семестр</i>
1 - 8	Практикум (часть1) 1. Устройства временного анализа. 2. Метод совпадений. 3. Время-цифровой преобразователь. 4. Амплитудно-временной преобразователь.
9 - 15	Практикум (часть2) 5. Спектрометр энергий. 6. Метод отбора событий. 7. Модульные системы сбора информации

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса используются лекции (презентации лектора) и семинары (практические занятия), которые включают следующие технологии проведения занятий:

- разбор постановки задачи по измерению временных характеристик детекторов;
- разбор типичных ситуации, встречающихся при постановке эксперимента и решением типичных научных задач;
- разбор методики подготовки и проведения ядерно-физического эксперимента;
- разбор решения типичных задач по настройке логики отбора событий в детекторах излучений на основе временных характеристик.

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 в виде доклада).

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-3.1	З-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-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 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 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» 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.
60-64			
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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 8(Англ) Е56 English-Russian dictionary for infotech : англо-русский словарь с дефинициями к учебнику Infotech: english for computer users, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
2. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : , Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. 004 ПЗ1 Лабораторный практикум "Проектирование цифровых устройств на программируемых логических интегральных схемах : (виртуальная микроэлектроника), Микульский С.Г., Сарксян К.А., Петропавловский В.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 539.1 К96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Кушин В.В., Покачалов С.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. ЭИ К96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Кушин В.В., Покачалов С.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
6. ЭИ В 57 Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие, Владимиров Г. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 001 М43 Высокие технологии, исследования, финансы Т.2 , , Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013
2. 621.37 И54 Импульсная электроника Ч.2 Высокоэнергетичная импульсная электроника, , Москва: Янус-К, 2013
3. 539.1 К20 Лабораторная работа "Время-цифровой преобразователь" : , Колюбин А.А., Каплин В.А., Маркина И.С., М.: МИФИ, 2005
4. 539.1 К20 Лабораторная работа "Изучение характеристик спектрометрического тракта" : , Колюбин А.А., Каплин В.А., М.: МИФИ, 2004
5. 539.1 Г83 Лабораторная работа "Исследование характеристик амплитудно-цифрового преобразователя" : , Колюбин А.А., Григорьев В.А., Каплин В.А., М.: МИФИ, 2004
6. 539.1 Л12 Лабораторная работа "Метод совпадений" : , Макляев Е.Ф. [и др.], Москва: МИФИ, 2004
7. 539.1 К20 Лабораторная работа "Спектрометрический усилитель" : , Колюбин А.А., Каплин В.А., Москва: МИФИ, 2004
8. 620 М34 Математическое и компьютерное моделирование наносистем : учебное пособие, Озерин А.Ю. [и др.], Москва: МФТИ, 2011

9. 001 Н35 Молодежь и наука Ч.2 , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

10. 621.38 Щ94 Нанoeлектроника : учебное пособие для вузов, Щука А.А., Москва: Бином, Лаборатория знаний, 2012

11. 001 Н35 Научная сессия МИФИ-2012 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, , Москва: , 2012

12. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2013 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

13. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2014 Т.1 Фундаментальные исследования и физика частиц. Ядерные технологии. Проблемы физического материаловедения. Композиты. Ядерная медицина, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

14. 620 Н34 Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография, , Долгопрудный: Интеллект, 2011

15. 620 Г61 Основы нанотехнологий : , Головин Ю.И., Москва: Машиностроение, 2012

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

Данная дисциплина подразумевает лекционные занятия, практические работы, проводимые на экспериментальной научной установке.

При изучении курса основное внимание обратить на факторы, влияющие на временные параметры детекторов, электроники и, особое внимание, - на методы исследования.

Материал лекций берется из новейшей научной и справочной литературы, в значительной степени он отсутствует в учебниках. При пропуске лекции предлагается написать доклад.

Практические работы проводятся на научной установке, которая готовится к определенному занятию, поэтому - данную работу нельзя провести в другое время.

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):

Кумпан Александр Вячеславович

Шакиров Алексей Вячеславович

Наумов Петр Юрьевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Грачев В.М., доц.каф.7