

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ С ВЕЩЕСТВОМ

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	2	72	16	16	0		4	0	Э
Итого	2	72	16	16	0	0	4	0	

АННОТАЦИЯ

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 заключительной частью знаний студентов 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 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 новых знаний в области физики элементарных	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц,	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по

частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	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: 40.011	3-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
1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок;	1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие	ПК-13.1 [1] - Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-13.1[1] - Знать цели и задачи проводимых исследований и разработок, их методы и средства планирования, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения; У-ПК-13.1[1] - Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации; В-ПК-13.1[1] - Владеть методами сбора, обработки и анализа научной информации, способами ее обобщения

	ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
	проектный		
Участие в формировании целей проекта, решения задач, критериев и показателей достижения целей, в построении структуры их взаимосвязей, выявлении приоритетов решения задач с учетом аспектов деятельности;	Ускорители заряженных частиц и детекторы элементарных частиц	ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим

			заданием , требованиями безопасности и принципами CDIO
--	--	--	---

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	Детекторы излучений	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Электронные методы ЯФЭ	9-16	8/8/0		25	КИ-16	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3,

							У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-13.1, У-ПК-13.1, В-ПК-13.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

* – 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>	16	16	0
1-8	Детекторы излучений	8	8	0
1 - 2	Вводная лекция Основы методики проведения ЯФЭ	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 8	Основные типы детекторов ЯИ Изучение принципов работы счетчика Гейгера, ионизационной камеры, полупроводникового детектора, сцинтилляционного детектора	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Электронные методы ЯФЭ	8	8	0
9 - 10	Вводная лекция Основы электронных методов обеспечения ЯФЭ	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 15	Основные узлы спектрометрического тракта Изучение принципов работы предварительного усилителя, формирователей с постоянным и переменным порогами, АЦП, ВАП и др.элементов	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Зачетное занятие Проведение тестирования по вопросам программы	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна чение	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо лекций используются:

- семинарские занятия с разбором типичных ситуаций, 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-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-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
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-13.1	З-ПК-13.1	КИ-16
	У-ПК-13.1	КИ-16
	В-ПК-13.1	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 – «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		E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала,
60-64			

			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 G72 Microwave Radiation of the Ocean-Atmosphere : Boundary Heat and Dynamic Interaction, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ K96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
3. 539.1 K96 Методы регистрации излучений (итоговое занятие) : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. 539.1 C23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. ЭИ C23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
6. 539.1 О-21 Физические основы радиационных технологий : , Долгопрудный: Интеллект, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 33 X20 Динамика развития ядерной энергетики. Экономико-аналитические модели : , Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 001 N35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2013 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
4. 539.1 A39 Фотонные методы регистрации излучений : , Дубна: ОИЯИ, 2014

5. 001 Н35 Научная сессия МИФИ-2012 Т.1 Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине, , Москва: , 2012

6. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010 Т.1 Ядерная физика и энергетика, , Москва: МИФИ, 2010

7. 620 Г96 Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии : , А. И. Гусев, Москва: Физматлит, 2009

8. 539.1 Г83 Черенковские детекторы : учебное пособие, В. А. Григорьев, 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;
- сравнительные спектрометрические характеристики 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 к временному разрешению схем совпадений и антисовпадений.

При рассмотрении темы №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

При рассмотрении темы №1 «Физические основы методов регистрации излучений» следует выделить следующие моменты:

-физические параметры излучения, многообразие методических приемов, детекторов излучения, объединенных общей схемой ядерно-физического эксперимента, основные разделы курса и связь с другими дисциплинами. Так как в сигнале на выходе детектора содержится информация об излучении и о процессах в детекторе, обосновать необходимость понимания характера взаимодействия ионизирующего излучения с веществом детектора (ионизационных и радиационных потерь заряженной частицы, взаимодействия гамма-квантов и нейтронов).

При рассмотрении темы №2 «Общие характеристики детекторов излучений» ввести определения основных гостированных характеристик детекторов.

При рассмотрении темы №3 «Формирование импульсов тока в детекторах с электрическим съемом информации» обратить особое внимание на связь между дрейфующими зарядами и формированием импульсов тока, индуцированного заряда во внешней цепи детектора.

При рассмотрении темы №4 «Ионизационный метод регистрации» на примере импульсной ионизационной особое внимание уделить выбору оптимальной эквивалентной цепи ионизационного детектора, характеристикам детекторов, их схемам включения, областям применения.

При рассмотрении темы №5 «Сцинтилляционный метод регистрации» особое внимание уделить пониманию связи амплитуды сигнала на выходе ФЭУ и энергии, потерянной в сцинтилляторе,

сравнительным характеристикам газовых, полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов, форме их аппаратурных линий.

При рассмотрении темы №6 «Спектрометрия ионизирующих излучений» особое внимание уделить пониманию природы дробового шума, шумов зарядо-чувствительного предусилителя и методов снижения их влияния на получаемые результаты. При рассмотрении АЦП особое внимание уделить объяснению природы дифференциальной нелинейности в АЦП и правильному выбору типа АЦП с учетом требований эксперимента.

При рассмотрении темы №7 «Съем временной информации с детекторов излучений». Особое внимание уделить объяснению, что такое временное разрешение в детекторах различного типа, и отсюда – требования к временным формирователям. Выделить формирователь со следящим порогом и время-амплитудный преобразователь как основные узлы, применяемые для временных измерений.

При рассмотрении темы №8 «Физические основы совпадений» особое внимание уделить примерам применения и выбору основных параметров схем совпадения. Показать, что оптимальное разрешающее время связано с требуемой эффективностью регистрации событий. Обратить внимание на связь временного разрешения схемы совпадения и кривой задержанных совпадений.

При рассмотрении темы №9 «Измерение числа и средней частоты следования событий» напомнить студентам, что такое триггеры R-S-типа и D-типа. Обязательно представить функциональную схему двоичного счетчика и временные диаграммы, поясняющие его работу.

При рассмотрении темы №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. С помощью электронных методов координатное разрешение можно улучшить в сцинтилляционных детектора большого размера.

Автор(ы):

Кирсанов Михаил Алексеевич

Рецензент(ы):

Курепин А.Б., д.ф.-м.н, в.н.с. ГНЦ КИ

