

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СОВРЕМЕННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

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
2	2	72	30	0	0		42	0	3
Итого	2	72	30	0	0	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина предназначена, в первую очередь, для экспериментаторов, планирующих работать на ускорительных экспериментах. Курс состоит двух основных частей. В первой части рассматривается структура больших детекторных экспериментов, дается классификация детекторов по назначению и принципу действия. Проводится обзор физических условий, в которых работают детекторы, с точки зрения их проектирования и модернизации. Рассматриваются такие аспекты планирования экспериментов, такие, как радиационное старение, дозиметрический контроль, безопасность работы на эксперименте, организация работы специалистов, программное обеспечение, используемое для расчета параметров и проектирования детекторов. Во второй части студентам предлагается «параметризовать» различные физические задачи с точки зрения выбора типов детекторов, используемых технологий и материалов, выбрать физические условия для решения частных физических задач, что соответствует этапам создания или модернизации детекторов физических экспериментов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является развитие понимания у студентов основ физики детекторов, практических и организационных аспектов работы на ускорительных экспериментах, умения разрабатывать экспериментальные подходы для решения физических задач на современных ускорителях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения курса студенты должны предварительно ознакомиться с курсами: «Дополнительные главы по экспериментальным методам ядерной физики», «Квантовая механика», «Введение в ядерную физику», «Электроника». Изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС, а также для работы над дипломным проектом. Также понимание основ курса способствует лучшему пониманию научных публикаций по экспериментальной физике элементарных частиц, а также адаптации к работе в научных коллективах.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЦ-1 [1] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать	З-УКЦ-1 [1] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 [1] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 [1] – Владеть навыками решения

работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

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			
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; 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

<p>моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.</p>			<p>работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика,</p>	<p>Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач ; У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[1] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач</p>

мониторинг атомных станций и др.).			
------------------------------------	--	--	--

4. 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>2 Семестр</i>						
1	Часть 1: Аналоговая обработка сигналов с детекторов	1-8	16/0/0		25	СК-8	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Часть 2: Цифровая обработка сигналов с детекторов	9-15	14/0/0		25	КИ-15	3-ПК-4, У-ПК-4, В-

							ПК-4, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	30, 3	3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3-

							УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-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
ЗО	Зачет с оценкой
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	30	0	0
1-8	Часть 1: Аналоговая обработка сигналов с детекторов	16	0	0
1 - 8	<p>Введение в постановку современного эксперимента</p> <p>1-2 Введение. Эксперименты в области физики высоких энергий. Эксперименты на БАК. Отличия экспериментов на встречных пучках от экспериментов с фиксированной мишенью с точки зрения детекторов. Другие ускорительные эксперименты.</p> <p>3-4. Эксперимент ATLAS: структура и детекторные технологии, использованные в ATLAS. Модернизация эксперимента ATLAS. Чем чревата повышенная светимость? Логика построения эксперимента с точки зрения детекторов: бюджет материалов, фон, шум, расположение считывающей электроники, материалы для детекторостроения.</p> <p>5. Ионизирующие излучения. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Наведенная радиоактивность. Бета-распад и его следствия. Радиационное старение материалов. Другие виды старения материалов в детекторах. Тесты на старение: для чего проводятся, разновидности.</p> <p>6. Радиационная безопасность при проведении эксперимента. Виды радиоактивных источников. Единицы измерения активности и дозы. Ограничения по поглощенной дозе при работе в радиационно-опасных зонах в ЦЕРН и в России (согласно НРБ). Оценка поглощенных доз при различных видах деятельности. Классификация зон радиационной опасности в ЦЕРНе и в России.</p> <p>7-8. Дозиметрический контроль. Виды дозиметров, диапазоны энергий и применение. Защита от ионизирующих излучений, техника безопасности при работе с источниками. Ослабление ионизирующего излучения, как посчитать защиту и что нужно учитывать.</p>	Всего аудиторных часов		
		16	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2: Цифровая обработка сигналов с детекторов	14	0	0
9 - 15	<p>Планирование эксперимента</p> <p>9. Планирование эксперимента. Организационные и научно-технические этапы при строительстве и запуске эксперимента в рамках научной коллаборации. Нюансы и этапы работы физиков различных специализаций, распределение ролей в эксперименте.</p> <p>10. Допущения, которые делаются при моделировании эксперимента в различных средах. Программное обеспечение для моделирования различных процессов: GEANT, Garfield, SRIM/TRIM и др.</p>	Всего аудиторных часов		
		14	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

11. Стандарты NIM, VME. 12. Постановка задачи для студентов: разделение на подгруппы, раздача задач из области ФВЭ для каждой из подгрупп. 13. Параметризация детекторов по задачам подгрупп: параметры объекта (энергия ускорителей и тп) 14. Параметризация детекторов по задачам подгрупп: типы детекторов 15. Параметризация детекторов по задачам подгрупп: выбор материалов			
---	--	--	--

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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 8	Часть 1 1. Формирование сигналов детектора 2. Шумы и наводки в электронном тракте 3. Схема совпадений 4. Интегральный и дифференциальный амплитудный спектр
9 - 15	Часть 2 5. Шумы и сигналы в ППД. Прохождение частиц через вещество 6. Сбор заряда и электрическое поле 7. Структура детектора, распределение заряда и пространственное разрешение 8. Гамма-спектроскопия с использованием полупроводниковых детекторов

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 8	Часть 1 Современная измерительная аппаратура, используемая

	при работе и отладке ядерной электроники. Кремниевые фотоумножители (SiPM) как альтернатива ФЭУ. Методика измерения основных характеристик SiPM. Характеристики современных усилителей, используемых в физике высоких энергий. Методика измерения шумов в усилителях, используемых в физическом эксперименте. Укорачивание сигналов. Дифференцирующая цепочка. Перегрузка усилителя – методы борьбы. Восстановление постоянной составляющей.
9 - 16	Часть 2 Метод совпадений. Методика отбора полезного сигнала. Временные распределения. Измерение временного разрешения установки для регистрации аннигиляционных гамма-квантов. Амплитудные распределения. Дифференциальный и интегральный спектр. Энергетическое разрешение. Стандарты NIM и SAMAC. Принципы работы с модульной аппаратурой. Быстрые логические схемы на модулях NIM.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами, как на знание пройденного материала, так и на решение проблем в рамках обсуждаемой темы. Все лекционные занятия проводятся с использованием презентаций.

Во второй части курса студенты делятся на подгруппы, им предлагается набор физических задач, для решения которых им необходимо сформировать эксперимент – выбрать детекторы, материалы, условия и т.п. В течение занятий происходит обсуждения выбора. Во время защиты выбранного пути решения задачи остальная часть группы студентов, а также преподаватель выступают в роли ревизионной комиссии, по аналогии с реально существующими экспериментами.

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-10	З-ПК-10	З, ЗО, СК-8, КИ-15
	У-ПК-10	З, ЗО, СК-8, КИ-15
	В-ПК-10	З, ЗО, СК-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	З, ЗО, СК-8, КИ-15
	У-ПК-4	З, ЗО, СК-8, КИ-15

	В-ПК-4	3, 30, СК-8, КИ-15
УКЦ-1	3-УКЦ-1	3, 30, СК-8, КИ-15
	У-УКЦ-1	3, 30, СК-8, КИ-15
	В-УКЦ-1	3, 30, СК-8, КИ-15
УКЦ-2	3-УКЦ-2	3, 30, СК-8, КИ-15
	У-УКЦ-2	3, 30, СК-8, КИ-15
	В-УКЦ-2	3, 30, СК-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. ЭИ Н99 Image Feature Detectors and Descriptors : Foundations and Applications, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ D53 Microelectronics : From Fundamentals to Applied Design, Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ R58 Phasor Power Electronics : , Singapore: Springer Singapore, 2016
4. ЭИ Г12 Основы ядерной электроники Ч.1 , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
5. 621.38 Г12 Основы ядерной электроники Ч.1 , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
6. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , : МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , : МИФИ, 2008

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

1. Лекционная аудитория ()

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Важным условием обучения является систематическое посещение учебных занятий, т.к. немалая часть излагаемого материала, основанная на современных научных результатах, отсутствует в учебных пособиях. Лекции читаются преимущественно с использованием проектора (в виде презентаций), а также с помощью доски.

При подготовке к зачету важно обратить внимание на взаимосвязь предлагаемых к рассмотрению тематик и материала лекций. На лекциях приводится весь необходимый

материал для подготовки к зачетной работе, и даются комментарии по рассматриваемым темам, что подчеркивает необходимость максимально возможной посещаемости занятий.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В течение лекции важно поддерживать интерактивную связь между лектором и студентами в форме вопросов и небольших заданий к аудитории. Важно задавать вопросы на владение материалом прошедших лекций, а также других смежных курсов. Важно, чтобы студенты понимали связь между различными дисциплинами и формами знаний и необходимость комплексного овладения предметом. Вопросы должны дать студентам возможность оказаться на месте сотрудника группы, планирующей проведение эксперимента.

Автор(ы):

Дубинин Филипп Андреевич

Тетерин Пётр Евгеньевич