

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 ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЯДЕРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ)

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. | KCP, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|-----------|--|
| 7 | 2 | 72 | 32 | 0 | 32 | | 8 | 0 | 3 |
| Итого | 2 | 72 | 32 | 0 | 32 | 0 | 8 | 0 | |

АННОТАЦИЯ

Курс предполагает ознакомление студентов с принципами построения современной электронной измерительной аппаратуры в физическом эксперименте, с современными стандартами ядерной электроники.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс предполагает ознакомление студентов с принципами построения современной электронной измерительной аппаратуры в физическом эксперименте, с современными стандартами ядерной электроники.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

К началу изучения курса студенты уже должны пройти дисциплины: "Экспериментальные методы ядерной физики", «Квантовая механика», «Введение в ядерную физику», «Электротехника» и «Электроника». Изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и работы над ВКР.

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 | | | |
| Участие в организации работы научной группы. | Работа в научной группе, отчеты и научные статьи. | ПК-11.1 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики элементарных частиц и космологии, определять необходимые средства и к их использованию для решения поставленных задач | З-ПК-11.1[1] - Знать физику элементарных частиц и основные средства и методы исследования в данной области.; У-ПК-11.1[1] - Уметь использовать методы детектирования элементарных частиц и излучений и программные |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | | <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | средства при решении задач в соответствующей области.; В-ПК-11.1[1] - Владеть методами исследования в области физики элементарных частиц. |
| научно-исследовательский | | | |
| 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, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | З-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 |
| производственно-технологический | | | |
| участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом. | Разработка и совершенствование современных ускорительно-накопительных комплексов. | ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования ; У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | | | проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования |
| участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом. | Разработка и совершенствование современных ускорительно-накопительных комплексов. | ПК-8 [1] - Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за соблюдением экологической безопасности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-8[1] - Знать методы оценки ядерной и радиационной безопасности, контроля за соблюдением экологической безопасности ; У-ПК-8[1] - Уметь оценивать ядерную и радиационную безопасность, проводить контроль за соблюдением экологической безопасности; В-ПК-8[1] - Владеть навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности |

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/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|-------|--|--------|---|---|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| | 7 Семестр | | | | | | |
| 1 | Часть 1: Аналоговая обработка сигналов с | 1-8 | 16/0/16 | | 25 | СК-8 | З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---------|--|----|-------|--|
| | детекторов | | | | | | В-ПК-11.1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |
| 2 | Часть 2: Цифровая обработка сигналов с детекторов | 9-16 | 16/0/16 | | 25 | КИ-16 | З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |
| <i>Итого за 7 Семестр</i> | | | 32/0/32 | | 50 | | |
| Контрольные мероприятия за 7 Семестр | | | | | 50 | 3 | З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |

* – 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 |
|-------------|----------------------|
| СК | Семестровый контроль |
| КИ | Контроль по итогам |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|---------------------------|------------|----------------|------------|
|--------|---------------------------|------------|----------------|------------|

| | | | | |
|-------------|--|---|---|--------------|
| | <i>7 Семестр</i> | 32 | 0 | 32 |
| 1-8 | Часть 1: Аналоговая обработка сигналов с детекторов | 16 | 0 | 16 |
| 1 - 8 | Детектор элементарных частиц как источник сигнала Детектор элементарных частиц как источник сигнала. Сигналы в длинных линиях. Кремниевый фотоумножитель. Схемы связи детекторов с электронными устройствами. Зарядочувствительные предусилители. Наводки и шумы электронного тракта. Аналоговая обработка сигналов детекторов. | Всего аудиторных часов 16 Онлайн 0 | 0 | 16 0 0 |
| 9-16 | Часть 2: Цифровая обработка сигналов с детекторов | 16 | 0 | 16 |
| 9 - 16 | Цифровая регистрация событий Метод совпадений-антисовпадений. Случайные совпадения. Разрешающее время установки. Измерение временных распределений. Преобразователи время-цифра. Измерение амплитудных распределений. Кодирование амплитуд импульсов. Стандарты NIM, КАМАК. Цифровая регистрация событий. | Всего аудиторных часов 16 Онлайн 0 | 0 | 16 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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели | Темы занятий / Содержание |
|---------------|--|
| | <i>7 Семестр</i> |
| 1 - 8 | Часть 1 1. Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала 2. Аналоговая обработка сигналов |
| 9 - 16 | Часть 2 1 Способы преобразования амплитуды сигналов в цифровой двоичный код 2 Способы измерения коротких временных интервалов (~нс) с преобразованием в цифровой двоичный код |

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

| Недели | Темы занятий / Содержание |
|---------------|----------------------------------|
|---------------|----------------------------------|

| | |
|--------|--|
| | <i>7 Семестр</i> |
| 1 - 8 | <p>Часть 1</p> <p>Современная измерительная аппаратура, используемая при работе и отладке ядерной электроники.</p> <p>Кремниевые фотоумножители (SiPM) как альтернатива ФЭУ. Методика измерения основных характеристик SiPM.</p> <p>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.</p> |
| 9 - 16 | <p>Часть 2</p> <p>Метод совпадений. Методика отбора полезного сигнала.</p> <p>Временные распределения. Измерение временного разрешения установки для регистрации аннигиляционных гамма-квантов.</p> <p>Амплитудные распределения. Дифференциальный и интегральный спектр.</p> <p>Энергетическое разрешение.</p> <p>Стандарты NIM и CAMAC. Принципы работы с модульной аппаратурой. Быстрые логические схемы на модулях NIM.</p> |

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и поднимаемой студентами проблемой в рамках обсуждаемой темы.

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-11.1 | З-ПК-11.1 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | У-ПК-11.1 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | В-ПК-11.1 | 3, СК-8, КИ-16 |
| ПК-3 | З-ПК-3 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | У-ПК-3 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | В-ПК-3 | 3, СК-8, КИ-16 |
| ПК-6 | З-ПК-6 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | У-ПК-6 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | В-ПК-6 | 3, СК-8, КИ-16 |
| ПК-8 | З-ПК-8 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | У-ПК-8 | 3, СК-8, КИ-16 |
| | В-ПК-8 | 3, СК-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 балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100 | 5 – «отлично» | A | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно 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 твердо 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, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | 3 – «удовлетворительно» | | |
| 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 H99 Image Feature Detectors and Descriptors : Foundations and Applications, , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ D53 Microelectronics : From Fundamentals to Applied Design, Di Paolo Emilio, Maurizio. , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ R58 Phasor Power Electronics : , Rim, Chun T. , Singapore: Springer Singapore, 2016

4. ЭИ Г12 Основы ядерной электроники Ч.1 , Гаврилов Л.Е., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
5. 621.38 Г12 Основы ядерной электроники Ч.1 , Гаврилов Л.Е., 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/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория ()

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Указания студентам:

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется посещать все занятия без пропусков, тезисно конспектировать лекции, участвовать в обсуждениях, самостоятельно искать ответы на вопросы преподавателя и других студентов, возникающие в процессе освоения курса. Рекомендуется задавать вопросы преподавателю по теме курса, а также на смежные темы. Это способствует пониманию материала, а также помогает формировать ассоциативные связи и лучше понимать цели курса и его роль в системе обучения.

После каждой лекции рекомендуется знакомиться с соответствующим материалом из рекомендованной литературы.

Кроме того рекомендуется:

1. Подготовка к каждой лекции для участия в обсуждении предыдущей лекции.
2. Подготовка к практическому занятию по предлагаемым методическим пособиям и лекциям преподавателя.
3. Отчет по практическому занятию.
4. Подготовка к промежуточному семестровому контролю в соответствии с предложенным преподавателем списком вопросов.
5. Подготовка к промежуточной аттестации по всему курсу.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс призван познакомить студента с реалиями современного эксперимента. Курс неразрывно связан с методами и технологиями, применяемыми на практике. Преподавателю рекомендуется приводить примеры реализации изучаемых методов в реальных экспериментах, уделять внимание особенностям и нюансам, присущим в тех или иных экспериментах, делиться собственным опытом. Всё это помогает осмыслению и усвоению материала студентами.

Курс предполагает скорее качественное, чем теоретическое изучение методов и принципов работы, поскольку, во-первых, теоретические основы курса излагаются студенту в предыдущих семестрах; во-вторых, глубокое изложение основ может серьёзно осложнить целостное усвоение материала, меж тем как основной задачей курса является формирование у студента представлений о построении эксперимента и принципов использования аппаратуры. При этом курс предполагает наличие у преподавателя уверенных знаний общей физики, электротехники, электроники, ядерной физики, ФЭЧ, физики детекторов.

Кроме того рекомендуется:

1. Краткое повторение предыдущей лекции: основные вопросы с участием студентов.
2. Изложение плана лекции.
3. Чтение лекции.
4. Указание литературы по прочитанному материалу.
5. Проведение практических занятий по отдельным разделам курса в научной лаборатории. Использование методических пособий.
6. Проведение промежуточного семестрового контроля в соответствии с предложенными преподавателем тестами.
7. В конце семестра – обзорная лекция по всему курсу.

Автор(ы):

Канцеров Вадим Абдурахманович, к.т.н., с.н.с.

Дубинин Филипп Андреевич