

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 5/25
от 18.11.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

| 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 |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|-----------|--|
| 6 | 7 | 252 | 30 | 60 | 30 | | 78 | 0 | Э |
| 7 | 2 | 72 | 16 | 16 | 16 | | 24 | 0 | З |
| Итого | 9 | 324 | 46 | 76 | 46 | | 102 | 0 | |

АННОТАЦИЯ

Учебный курс содержит вопросы, связанные с прохождением заряженных частиц и гамма квантов через вещество; свойства ядерного взаимодействия, модели ядер и их основные характеристики. Приводится систематика и классификация элементарных частиц в рамках стандартной модели. Изучаются закономерности ядерных реакций и их особенности под действием заряженных частиц гамма квантов и нейтронов. Изучаются радиоактивные превращения ядер, цепные ядерные реакции и основы ядерной энергетики.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная цель курса – дать будущему исследователю знания об основных закономерностях взаимодействия различных видов корпускулярного излучения с веществом с целью выбора метода для его эффективной регистрации и оценки проникающей способности, понять закономерности строения микрообъектов на уровне ядер и частиц, ознакомиться с методами исследования различных характеристик микрообъектов. Эти знания особенно важны медицинскому физику, в будущей работе с радиацией, применительно к живым системам. Приобрести практический опыт по проведению исследований в области ядерной физики с использованием ионизирующего и космического излучения, также обработки физических результатов с применением компьютерных технологий.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами, как математический анализ, теория вероятности, молекулярная физика, электричество и магнетизм, волны и оптика, взаимодействие физических полей и частиц с веществом, атомная физика, квантовая механика. Приступая к освоению курса, студент должен владеть терминологией и понятиями современной физики, представлениями о назначении и устройстве детекторов и ядерно-физических установок.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, |

| | |
|---|--|
| | разработки стратегий действий |
| ОПК-1 [1] – Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, а также результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных разработках; | З-ОПК-1 [1] – знать современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем У-ОПК-1 [1] – уметь применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов экспериментальных исследований в области своей профессиональной деятельности В-ОПК-1 [1] – владеть навыками оценки и представления результатов исследования, навыками апробации результатов научных исследований в фундаментальных и прикладных разработках |
| ОПК-2 [1] – Способен применять современный математический аппарат при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности; | З-ОПК-2 [1]–Знать: современный математический аппарат, используемый при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь: применять современный математический аппарат для построения количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть: навыками построения количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности |

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код) | Воспитательный потенциал дисциплин |
|-----------------------------|--|---|
| Профессиональное воспитание | Формирование чувства личной ответственности за научно технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования |

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| | | социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты. |
| Профессиональное воспитание | Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18) | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий. |
| Профессиональное воспитание | Формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19) | 1. Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| | | <p>посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p> |
| Профессиональное воспитание | <p>Формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p> | <p>1 .Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p> |
| Профессиональное воспитание | <p>Формирование культуры информационной безопасности</p> | <p>Использование воспитательного потенциала дисциплин</p> |

| | | |
|--|-------|---|
| | (B23) | профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям. |
|--|-------|---|

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>6 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Основные представления микрофизики. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. | 1-8 | 16/32/16 | | 25 | к.р-8 | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |
| 2 | Взаимодействие э/м излучения с веществом. Модели ядер. | 8-15 | 14/28/14 | | 25 | к.р-15 | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |
| | <i>Итого за 6 Семестр</i> | | 30/60/30 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 6 Семестр | | | | 50 | Э | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, |

| | | | | | | | |
|---|---|------|----------|--|----|--------|---|
| | | | | | | | В-ОПК-2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |
| | <i>7 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Закономерности ядерных реакций. Нейтронная и прикладная физика | 1-8 | 8/8/8 | | 25 | к.р-8 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |
| 2 | 2. Закономерности радиоактивных распадов. Различные виды радиоактивности. | 9-16 | 8/8/8 | | 25 | к.р-16 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |
| | <i>Итого за 7 Семестр</i> | | 16/16/16 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 7 Семестр | | | | 50 | 3 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1. |

* – 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 |
|-------------|---------------------|
| к.р | Контрольная работа |
| З | Зачет |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|--|---------------|-------------------|---------------|
| | <i>6 Семестр</i> | 30 | 60 | 30 |
| 1-8 | Основные представления микрофизики. | 16 | 32 | 16 |

| | | | | |
|---|--|------------------------|---|---|
| | Взаимодействие заряженных частиц с веществом. | | | |
| 1 | Закономерности квантовой механики. Закономерности квантовой механики. Закономерности теории относительности при релятивистских энергиях. Основные математические формулы для описания процессов в ядерной физике с учетом представлений квантовой механики и теории относительности. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Единицы измерения в микро мире. Единицы измерения в микро мире. Масштабы величин в ядерной физике: энергия, расстояние, время. Примеры ядернофизических процессов разного масштаба. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Классификация элементарных частиц по группам Классификация элементарных частиц по группам: гамма квант, лептоны, мезоны, барионы. Четыре типа взаимодействий в природе: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное. Описание с помощью частиц-переносчиков взаимодействий. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Электромагнитное взаимодействие заряженных частиц и гамма квантов с веществом. Электромагнитное взаимодействие заряженных частиц и гамма квантов с веществом. Понятие сечения взаимодействия частиц. Формула Резерфорда. Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Удельные ионизационные потери. Эффект плотности. Зависимость удельных ионизационных потерь от параметров частицы и характеристик среды. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Пробег частиц, обусловленный ионизационными потерями. Пробег частиц, обусловленный ионизационными потерями. Страгглинг при пробеге. Кривые и пик Брэгга. Дельта электроны. Примеры наблюдения и использования ионизационных эффектов в различных областях физики. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Многократное рассеяние заряженных частиц. Многократное рассеяние заряженных частиц. Сопоставление потерь энергии при столкновении частиц с электронами и ядрами вещества. Вычисление угла многократного рассеяния при прохождении толстых фильтров. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Черенковское излучение и его характеристики. Черенковское излучение и его характеристики. Спектр излучения. Применение для регистрации частиц: дифференциальные и пороговые счетчики. Обзор всех выше рассмотренных эффектов с заряженными частицами; их роль и вклад при прохождении различных частиц через слой вещества. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Радиационное торможение. Радиационное торможение. Зависимость сечения тормозного излучения от энергии, массы, заряда частицы и параметров среды. Потери энергии на тормозное излучение. Критическая энергия и радиационная единица длины. Зависимость $E_{кр}$ и $X_{рад}$ от характеристик частицы и среды. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|------|--|------------------------|----|----|
| 8-15 | Взаимодействие э/м излучения с веществом. Модели ядер. | 14 | 28 | 14 |
| 9 | Взаимодействие гамма квантов с веществом. Взаимодействие гамма квантов с веществом. Фотоэффект. Зависимость сечений фотоэффекта от энергии и характеристик вещества. Пространственное распределение фотоэлектронов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 10 | Комптон-эффект. Комптон-эффект. Характеристики рассеянных фотонов. Зависимость сечения комптон-эффекта от энергии гамма квантов и параметров среды. Сопоставление с процессом на протонах и ядрах. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 11 | Рождение электрон-позитронных пар частиц. Рождение электрон-позитронных пар частиц. Порог рождения пар частиц разной массы. Поведение сечения рождения пар в области разных энергий. Зависимость сечения от параметров среды. Линейный коэффициент поглощения гамма квантов. Каскадные ливни. Аннигиляция позитронов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 12 | Принципы построения графов Фейнмана Принципы построения графов Фейнмана: роль и учет пропагатора, правила использования «треххвосток», учет вершинных констант, построение амплитуды процесса, переход к сечению. Графы для электромагнитных процессов. Качественная зависимость сечений от параметров налетающих частиц (Z_1, m_1) и характеристик среды (A_2, Z_2, ρ_2). Сопоставление вероятности при взаимодействии частиц разных зарядов, масс, а также для гамма квантов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 13 | Атомные ядра: стабильные и радиоактивные. Атомные ядра: стабильные и радиоактивные. Нуклонный состав. Основные статические характеристики атомных ядер: масса, энергетический спектр, заряд, спин, четность состояния, магнитный момент, квадрупольный момент. Устойчивость ядер. Ядерные силы. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 14 | Измерение масс ядер с помощью масс-спектрометра. Измерение масс ядер с помощью масс-спектрометра. Массовое число. Изотопы. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи. Запас внутренней энергии ядра. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| 15 | Модели атомных ядер. Модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Вычисления энергии связи ядер и различных изотопов. Область применения модели. Оболочечная модель ядра. Вычисление спина и четности для основного энергетического состояния ядер. Понятие об обобщенной модели ядер. Области применения моделей. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | 7 Семестр | 16 | 16 | 16 |
| 1-8 | Закономерности ядерных реакций. Нейтронная и прикладная физика | 8 | 8 | 8 |
| 1 | Общие закономерности ядерных реакций Общие закономерности ядерных реакций: энергетический порог, энергия реакции, энергия возбуждений | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |

| | | | | |
|------|---|------------------------|---|---|
| | промежуточного ядра. Сохранение квантовых чисел: электрического, барионного и лептонного зарядов. | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Барьеры реакций Барьеры ядерных реакций. Выход ядерной реакции в тонкой мишени. Длина взаимодействия. Механизмы ядерных реакций. Особенности взаимодействия заряженных и нейтральных частиц разных энергий. Геометрическое сечение взаимодействия нейтральных частиц. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Характеристики нейтронов. Характеристики нейтронов. Взаимодействие нейтронов. Методы регистрации разных энергий. Активационный анализ. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Рассеяние на ядрах. Замедление. Рассеяние на ядрах. Замедление. Применение Cd для поглощения нейтронов. Источники нейтронов разных энергий. Нейтроны в медицине. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Резонансное взаимодействие в ядерной физике. Резонансное взаимодействие в ядерной физике. Резонансное поглощение нейтронов. Формула Брейта-Вигнера. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Явление ядерно-магнитного резонанса. Явление ядерно-магнитного резонанса. Резонансное поглощение гамма-квантов (эффект Мессбауэра). Применение в медицине. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Ускорители в медицине. Ускорители в медицине. Движение заряженных частиц в э/м полях разной конфигурации. Особенности медицинских ускорителей. Преимущества разрезного микротрона. Система гантри. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Ядерно-физические методы в медицине. Терапевтические особенности различных излучений. Ядерно-физические методы в медицине. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 9-16 | 2. Закономерности радиоактивных распадов. Различные виды радиоактивности. | 8 | 8 | 8 |
| 9 | Закон радиоактивного распада. Радиоактивность. Активность и единицы ее измерения. Радиоактивные ряды в природе. Искусственная радиоактивность. Явление внутренней конверсии. Альфа, бета и гамма радиоактивность. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Метастабильное состояние ядер. Метастабильное состояние ядер. Понятие о несохранении пространственной четности в слабых взаимодействиях. Воздействие радиации на живой организм. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Механизм деления ядер. Механизм деления ядер. Особенности в делении урана-235 и урана-238. Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная ядерная реакция. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Ядерная энергетика. Реактор-размножитель. Схема ядерного реактора. Ядерная | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|----|---|------------------------|---|---|---|
| | энергетика. Применение для медицины. | Онлайн | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Процессы взаимодействия гамма квантов в ткани. Процессы взаимодействия гамма квантов в ткани. Рентгенодиагностика и методы ее применения. Гамма-нож и методика его применения. | Всего аудиторных часов | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | 0 | 0 | 0 |
| 14 | Различные методики облучения гамма квантами. Различные методики облучения гамма квантами. Кибер-нож и особенности его применения. Терапия нейтронами разных энергий. | Всего аудиторных часов | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Перспективные методы радиационной терапии. Перспективные методы радиационной терапии. Особенности протонной лучевой терапии. Методика карандашного пучка протонов. Двухэнергетическая компьютерная томография. | Всего аудиторных часов | 1 | 1 | 1 |
| | | Онлайн | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Сопоставление протонной и ионной терапии. Сопоставление протонной и ионной терапии. FLASH-терапия. Томотерапия. Применение технеция-99m. Брахитерапия. Радиофармпрепараты. | Всего аудиторных часов | 1 | 1 | 1 |
| | | 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 |

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса используются традиционные и инновационные технологии:

- лекционные занятия, с применением авторских мультимедийных технологий,
- практические занятия,
- самостоятельная работа студентов,
- занятия проводятся в активной и интерактивной форме.

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) | Аттестационное мероприятие (КП 2) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ОПК-1 | З-ОПК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | У-ОПК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | В-ОПК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | У-ОПК-2 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | В-ОПК-2 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| УК-1 | З-УК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | У-УК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-16 |
| | В-УК-1 | Э, к.р-8, к.р-15 | З, к.р-8, к.р-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 | 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. |

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А 92 Атомная физика Т. 1 Введение в атомную физику, : , 2022
2. ЭИ А 92 Атомная физика Т. 2 Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома, : , 2022
3. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
4. ЭИ И 83 Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2021
5. ЭИ Б 43 Квантовые измерения : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
6. ЭИ К 17 Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
7. ЭИ А 50 Радиоактивность : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
8. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, : , 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 20 Введение в физику ядра и частиц : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2010
2. 53 И83 Квантовая физика : основные законы, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2014
3. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.3 Элементарные частицы: свойства и взаимодействия, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , : МИФИ, 2008
6. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.1 Нейтронная физика, , : МИФИ, 2008
7. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : Лань, 2008
8. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, , : Лань, 2008
9. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008

10. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 2008
11. ЭИ С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, ред. : Ю. П. Добрецов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
12. 539.1 С23 Сборник лабораторных работ по ядерной физике Ч.2 Ядерные реакции, ред. : Ю. П. Добрецов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
13. 539.1 Т58 Сборник задач по ядерной физике : , Э. П. Топоркова, Б. У. Родионов, В. В. Борог, Москва: МИФИ, 2005

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

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения – мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены рабочими местами, в том числе компьютерной техникой, с возможностью выхода в сеть «Интернет». Для проведения лабораторных работ помещения оснащены соответствующим оборудованием.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В связи с большим объемом изучаемого материала и ограниченным количеством занятий, работа студентов над заданиями, в значительной степени, должна быть самостоятельной и систематической. Допускается использование любой научной и учебной литературы и интернет-ресурсов по тематике изучаемых проблем. Рекомендуются обращаться к преподавателю за консультациями.

В рабочей программе дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов, которая проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины по материалам лекции и рекомендованной литературе;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля;
- использование контрольно-измерительных материалов по учебной дисциплине.

Программой дисциплины предусмотрено решение ряда задач.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы учебно-научных сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Материалы и методы, используемые в течение семестра для контроля знаний студентов:

1. Регулярный интерактивный опрос по текущему домашнему заданию.
2. Итоговая проверка и приём домашних заданий на последней учебной неделе.
3. Проведение контрольных работ в конце каждого раздела курса.
4. Устный интерактивный опрос и обсуждение на семинарах текущих лекционных материалов.

Важно:

- освоить и «почувствовать» масштабы единиц, характерных для области, в которой применима ядерная физика;

- освоить: систему единиц CGSE, применять – эВ и эрг для энергетических величин. Массу частиц (m) вычислять в энергетических единицах (mc^2). Это необходимо, чтобы не быть «белой вороной» среди специалистов, а до этого – успешно пройти текущую аттестацию по предмету;

- при оценке различных физических эффектов правильно использовать формулы классической и релятивистской физики. Характерной границей «раздела» в большинстве случаев является кинетическая энергия, близкая по величине к массе покоя частиц;

- помнить! - медицинская физика с применением ядерных излучений способна не только лечить (продлить жизнь человеку), но привести к печальному результату при применении неправильных числовых значений в ядерно-физических методиках;

- регулярно выполнять практические задания и систематически прорабатывать материалы лекций. Это ключ к успеху (и внутреннему удовлетворению) при регулярном тестировании по материалам лекций и обсуждений решения текущих заданий.

При изучении курса не забывать общий тезис: не откладывать на конец семестра непонятные вопросы курса или способ решения какой-либо задачи. Преподаватель всегда готов «подсказать правильную дорогу к решению проблемы».

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Цель курса – дать будущему исследователю знания об основных закономерностях взаимодействия различных видов корпускулярного излучения с веществом с целью выбора метода для его эффективной регистрации и оценки проникающей способности, понять закономерности строения микрообъектов на уровне ядер и частиц, ознакомиться с методами исследования различных характеристик микрообъектов. Приобрести опыт (в физическом

практикуме каф.7) по проведению практических измерений в области ядерной физики с использованием ионизирующего излучения, также обработки физических результатов с применением ЭВМ в линию с экспериментальной установкой.

Основное внимание уделяется:

- качественному пониманию физических процессов, связанных с походом излучения через вещество. Решается двуединая задача: научить оценивать эффект взаимодействия и поглощения с целью защиты от радиации, а также представлять наиболее эффективные способы регистрации характеристик самих проникающих частиц;

- поведению сечений взаимодействия и потерь энергии как от характеристик налетающих частиц (энергия, масс, заряд), так и от свойств вещества (атомный номер, заряд, плотность);

- получению количественных оценок потерь энергии в разных физических эффектах.

При изучении классификации фундаментальных частиц полезно рассмотреть проблему исторически: сначала ввести лептоны, мезоны и барионы. Важно ввести квантовые числа: лептонный и барионный заряды. Затем обобщить задачу в рамках Стандартной модели с участием кварков и глюонов. Ограничиться кварковым строением частиц, характеризующих ядра (протоны, нейтроны и мезоны). В качестве факультатива можно ввести понятие о цветных кварках (для объяснения структуры омега-минус-гиперона).

Показать сложность и многообразие характеристик ядерных сил, которые не позволяют построить одну непротиворечивую модель ядра. Показать, что в настоящее время характеристики ядра качественно объясняются в рамках двух типов моделей: капельной и оболочечной. Одна модель объясняет прочность ядра к распадам, другая дает динамические характеристики состояния – спин и четность.

Обратить внимание студентов (для более расширенного изучения отдельных материалов) на интернет-ресурс «ядерная физика в интернете».

Закреплять текущий материал следует с помощью решения задач с числовыми примерами, позволяющими лучше уяснить масштабы и взаимосвязь сложных явлений. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных презентаций. Следует уделять особое внимание проведению практических расчетов, выполняемых студентами при работе над текущими заданиями. Допускается использование справочных материалов, необходимых для выполнения численных расчетов.

Контроль текущей работы студентов следует проводить в интерактивном режиме в виде опроса и обсуждения выполненного домашнего задания. Все задачи домашнего задания должны быть сданы преподавателю до итоговой аттестации в конце каждого семестра. Типовые домашние задачи могут входить в итоговую аттестацию.

Учебная задача (7 семестр). Основная задача курса – дать будущему медицинскому физику базовые знания об основных закономерностях осуществления и протекания ядерных реакций, а также радиоактивных превращениях разных типов, с целью выбора метода и способа воздействия на микрообъекты и (или) изучения их характеристик. Приобрести знания по методам проведения исследований в области ядерной физики с использованием ионизирующего и нейтрального проникающего излучения.

Основное внимание уделяется: - качественному пониманию физических процессов, связанных с осуществлением ядерных реакций. Рассматриваются общие энергетические и кинематические характеристики протекания ядерных реакций под действием заряженных и нейтральных частиц. При изучении кинематики целесообразно ввести импульсную диаграмму

как для упругих процессов, так и для ядерных реакций, дающую наглядное представление о пределах «разлета» продуктов взаимодействия;

- основная часть вопросов по ядерным реакциям относится к области низких и умеренных энергий, в которых отражается специфика профиля подготовки студентов, связанных с медицинской физикой. Поэтому более подробно изложены закономерности модели промежуточного ядра. Акцентировать внимание на понятии дифференциальных сечений как по энергии, так и по углам. Это важно для правильного подсчета полных сечений взаимодействия частиц;

- с единых позиций рассматриваются вопросы радиоактивного распада: общие закономерности и различные частные виды (альфа-, бета-, гамма распады). Для специализации важны тонкие вопросы: явления внутренней конверсии, метастабильные состояния, правила отбора переходов, последовательный распад, искусственная радиоактивность и т.п. Рассматривается методика сверхточных исследований на примерах ЯМР и эффекта Мессбауэра;

- особое значение отводится физике нейтронов (свойства, взаимодействие, регистрация, источники, замедление). К сожалению, из-за дефицита времени все это рассмотрено очень кратко. Дается только главное, чтобы студент мог сам ориентироваться при дальнейшей индивидуальной работе;

- в рамках требований специальности кратко изложены вопросы физики деления ядер и осуществления цепных ядерных реакций. Рассмотрено физическое устройство реактора, как источника энергии, так и радиоактивного объекта высокой активности и мощного источника нейтронов.

Обратить внимание студентов (для более расширенного изучения отдельных материалов) на интернет-ресурс «Ядерная физика в интернете».

Автор(ы):

Борог Владимир Викторович, д.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Ю.Д. Котов