

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан физико-технического факульте-
та СарФТИ НИЯУ МИФИ

_____ А.К.Чернышев

«...» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Ядерные-физические методы анализа

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность) 03.04.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Физика фундаментальных взаимодействий

Квалификация (степень) выпускника магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Автор _____ П.Н. Цедрик

Рецензент _____ д-р. техн. наук С.Ф. Разиньков

Согласовано:

Зав. кафедрой ЯРФ _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Руководитель ООП _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ
(актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г)

Программа одобрена
на заседании кафедры Ядерной и радиационной физики
от 31.08.21 (протокол №2).

г. Саров, 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у будущих специалистов современного представления о ядерно-физических методах в аналитике как науке, изучающей методы неразрушающего радиационного анализа веществ различной природы возникновения.

Задачи дисциплины:

- изучение теории и физических основ проведения ядерно-физических методов анализа;
- изучение основных методов ядерно-физического анализа;
- ознакомление с диагностическим оснащением основных методик, используемых в ядерно-физическом анализе;
- овладеть навыками применения полученных знаний в практической деятельности.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

«Ядерно-физические методы анализа» читается в 3 семестре обучения по ООП магистратуры.

«Ядерно-физические методы анализа» - курс лекций и практических занятий, призванный заложить основы знаний о ядерно-физических методах анализа, диагностическом оснащении методик активного и пассивного анализа ДМ. Изучение курса основано на базе дисциплин «Общая физика», «Физика твердого тела», «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

2. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В совокупности с другими дисциплинами специализации дисциплина «Ядерно-физические методы анализа» направлена на формирование следующих компетенций магистра прикладной математики и физики:

ПК-2 – способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования

ПК-3 – способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра;

ПК-13.1 – способен к обеспечению безопасности при проведении работ на ядерно-физических и электрофизических установках, с делящимися материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами;

ПК-13.2 способен к проведению испытаний согласно техническим требованиям, анализу характеристик испытываемого изделия, а также к подготовке аналитической документации испытаний

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать

- 3-ПК-2 Знать методики оценки и выбора методов исследования.
- 3-ПК-3 Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области
- 3-ПК-13.1 федеральные нормы и правила, отраслевые нормативные документы по ядерной и радиационной безопасности, электробезопасности и охране труда при эксплуатации исследовательских ядерных и электрофизических установок – источников излучения, высоковольтного и измерительного оборудования; технические характеристики установок и оборудования; технологические регламенты безопасной эксплуатации установок и оборудования

– 3-ПК-13.2 Метрологию, стандартизацию и сертификацию в атомной отрасли, методы и средства автоматизации выполнения испытаний; порядок разработки и оформления технологической, методической документации для подготовки и проведения испытаний, отчетной документации по результатам выполненных исследований

В том числе:

- основные физические принципы, лежащие в основе ядерно-физических методов анализа;
- принципы регистрации ионизирующих излучений;
- диагностическое и методическое оснащение ядерно-физических методов анализа.

Уметь

- У-ПК-2 Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования
- У-ПК-3 Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты
- У-ПК-13.1 анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, в том числе для организации контроля за техническим состоянием установок и оборудования; средств измерений, контроля, управления и автоматики, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок и стендов
- У-ПК-13.2 Оценивать научно-технический уровень достигнутых результатов

В том числе:

- Рассчитывать ослабление ионизирующих излучений материалами измерительного оборудования и материалами внешней среды;
- определять принадлежность характеристик гамма-нейтронного излучения различным изотопам;
- оценивать соответствие радиационной обстановки требованиям норм радиационной безопасности;
- представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления, доклада, информационного обзора.

Владеть

- В-ПК-2 Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.
- В-ПК-3 Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области
- В-ПК-13.1 навыками разработки планов перспективных исследований по инновационным ядерным технологиям и мероприятий по обеспечению ядерной безопасности планируемых работ
- В-ПК-13.2 навыками анализа и обобщения результатов выполненных научно-технических исследований и разработок, включая разработку методик выполнения измерений, испытаний и контроля работоспособности основных подсистем и узлов испытательного оборудования и применяемых средств измерений; а также анализ результатов, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания)

В том числе:

- практическими приемами решения задач в области ядерно-физических методов анализа;
- терминологией в области ядерно-физических методов анализа;
- навыками применения полученной информации при проведении ядерно-физического анализа объекта;
- навыками самостоятельной работы, самоорганизации и организации выполнения заданий.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа: 32 часа лекции, 22 часа – практика (включая 10 часов в интерактивной форме), 18 часов - самостоятельная работа студента.

3.1 СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Раздел учебной дисциплины | Недели | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ) | | | Текущий контроль успеваемости (неделя, форма) | Аттестация раздела (неделя, форма) | Максимальный балл за раздел |
|--|--------|---|-----------------------------------|------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|
| | | Лекции | Практ. занятия/ лаборатор. работы | Самостоятельная работа | | | |
| Тема 1. Ядерно-физические методы анализа. Общая характеристика. Актуальность и сферы применения. | 1 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Тема 2. Виды ионизирующих излучений, используемых в ядерно-физических методах анализа. Источники гамма- и нейтронного излучения. | 2 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Тема 3. Детекторы ионизирующих излучений. Основные механизмы взаимодействия ионизирующих излучений с материалами детекторов | 3 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| <i>Занятие в интерактивной форме «Детекторы гамма-излучения»</i> | 4 | | 1 | 1 | Оценка активности участия студента | | 0,5 |
| <i>Занятие в интерактивной форме на тему «Детекторы нейтронов»</i> | 5 | | 1 | 1 | Оценка активности участия студента | | 0,5 |
| Тема 4. Взаимодействие ионизирующих излучений с материалами внешней среды | 6 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Контрольная работа | 7 | | 2 | 2 | <i>Контрольная работа (разделы 1-4)</i> | | 7 |
| Тема 5. Гамма-спектрометрический метод анализа. | 8 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| <i>Ознакомление с гамма-спектрометрическим оборудованием Ortec, Canberra</i> | 9 | | 1 | 1 | Оценка активности участия студента | | 1 |
| <i>Занятие в интерактивной форме: Лабораторная работа «Гамма-спектрометрический метод анализа»</i> | 9 | | 4 | 2 | Сдача лабораторной работы | | 10 |
| Тема 6. Нейтронные методы анализа | 10 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| <i>Ознакомление с нейтронными методиками анализа совпадений (множествен-</i> | 11 | | 1 | 1 | Оценка активности участия студента | | 1 |

| | | | | | | | |
|---|----------|----|------|----|---------------------------|-------------------|-----|
| ности) | | | | | | | |
| Занятие в интерактивной форме: Лабораторная работа «Нейтронная методика анализа совпадений (множественности)» | 11 | | 4 | 2 | Сдача лабораторной работы | | 10 |
| Тема 7. Методы сравнительного радиационного анализа | 12 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Ознакомление с методиками сравнительного радиационного анализа | 13 | | 2 | 1 | Устный опрос | | 1 |
| Тема 8. Калориметрический метод анализа | 14 | 4 | | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Тема 9. Краткий обзор проблематики нераспространения ядерных технологий | 15 | | 2 | | Устный опрос | Зачет (17 неделя) | 1 |
| Защита рефератов | 16 | | 2 | 2 | Защита рефератов | | 7 |
| Зачет | 17 | | 2 | 5 | Зачет по билетам | | 50 |
| Работа в семестре: | | | | | | | 50 |
| посещаемость | 1-16 | | | | | | 2 |
| устный опрос | 1-15 | | | | | | 10 |
| участие в дискуссии (4 дискуссии) | 4,5,9,11 | | | | | | 4 |
| Контрольная работа | 7 | | | | | | 7 |
| Реферат | 16 | | | | | | 7 |
| Лабораторная работа | 9, 11 | | | | | | 20 |
| Зачет | 17 | | | | | | 50 |
| Итоги за семестр | | 32 | 22/8 | 18 | | | 100 |

3.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Ядерно-физические методы анализа. Общая характеристика. Актуальность и сферы применения.

Физические методы анализа. Ядерно-физические методы анализа. Гамма-спектрометрия. Нейтронные методы. Калориметрия. Активные и пассивные методики. Количественные и сравнительные методы. Сферы применения. Актуальность.

Тема 2. Виды ионизирующих излучений, используемых в ядерно-физических методах анализа. Источники гамма и нейтронного излучения.

Ядерные реакции под действием гамма-квантов, нейтронов, протонов, дейтронов и альфа-частиц. Источники гамма- и нейтронного излучения. Изотопные источники гамма-квантов. Получение гамма-квантов с помощью ускорителей заряженных частиц. Ампульные

источники нейтронов. Фотонейтронные источники. Генераторы нейтронов. Ядерные реакторы.

Тема 3. Детекторы ионизирующих излучений. Основные механизмы взаимодействия ионизирующих излучений с материалами детекторов.

Основные механизмы взаимодействия гамма-излучения с материалами детекторов. Фотоэлектрическое поглощение. Комptonовское рассеяние. Образование электрон-позитронных пар. Основные механизмы взаимодействия нейтронов с материалами детекторов. Упругое рассеяние на ядрах. Ядерные реакции с вылетом заряженных частиц. Деление ядер под действием нейтронов. Радиационный захват нейтрона. Детекторы гамма и нейтронного излучения. Сцинтилляторы. ФЭУ. Полупроводниковый детектор. Газонаполненные счетчики нейтронов. Сцинтилляционные детекторы нейтронов. Нейтронные детекторы на основе перегретых дисперсных сред.

Тема 4. Взаимодействие ионизирующих излучений с материалами внешней среды.

Механизмы энергетических потерь. Ионизационное и радиационное торможение. Тормозная способность. Линейная плотность ионизации. Пробег заряженных частиц. Закон ослабления гамма-квантов. Альbedo нейтронов и гамма-квантов. Взаимодействие ионизирующих излучений с атмосферой. Фоновое излучение.

Тема 5. Гамма-спектрометрический метод анализа.

Типовая схема гамма-спектрометра. Детектор. Предусилитель. Усилитель. Многоканальный анализатор на базе АЦП. ЭВМ. Аппаратурный спектр. Калибровка. Учет фонового излучения.

Тема 6. Нейтронные методы анализа.

Источники нейтронов. Спонтанное деление. Вынужденное деление. Реакции (α, n) . Множественность нейтронов. Синглеты. Дублеты. Триплеты. Распределение Росси-альфа. Сдвиговой регистр. Анализ совпадений. Математическая постобработка.

Тема 7. Методы сравнительного радиационного анализа.

Принципы радиационной паспортизации ядерных материалов и изделий. Пороговые и многопараметрические методики сравнительного анализа. Аппаратно-программная реализация паспортизаторов.

Тема 8. Калориметрический метод анализа.

Калориметрия. Энтальпия. Энтропия. Калориметр теплового потока. Выходная мощность калориметра. Эффективная удельная мощность изотопного состава. Удельная мощность радионуклидов. Вычисление удельной мощности. Расчет массы ДМ.

Тема 9. Краткий обзор проблематики нераспространения ядерных технологий.

Ядерные программы различных стран. Ядерная энергетика. Добыча и обогащение ядерных материалов. МАГАТЭ. Нераспространение ядерного оружия.

3.3. ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Цель практических занятий – закрепить основные (базовые) понятия изучаемой темы, приобрести навыки дискуссии и решения задач по изучаемой тематике, знакомство с методиками и оборудованием.

| Номер недели | Номер раздела или темы | Наименование и краткое содержание занятия | Цель и характер занятия | Количество часов очная форма обучения | Литература (ссылка на номер в списке литры) |
|--------------|------------------------|--|--|---------------------------------------|---|
| 7 | 1-4 | Контрольная работа | Закрепить изученный материал | 2 | 1-5 |
| 13 | 7 | Ознакомление с методиками сравнительного радиационного анализа. Ознакомление с разработками отдела 0405 ИЯРФ в области паспортизации ядерных изделий и материалов, демонстрация работы портативных устройств паспортизации, ознакомление с принципом и внутренним устройством радиационных паспортизаторов, ознакомление со статической моделью обработки данных «Хи-квадрат». | Сформировать представление о методах радиационной паспортизации ядерных материалов | 2 | 1-5 |
| 15 | 9 | Краткий обзор проблематики нераспространения ядерных технологий. Ознакомление с проблематикой по нераспространению ядерного оружия, технологий «двойного назначения», обсуждение проблем ядерной энергетики, добычи, обогащения и утилизации ядерных материалов. Роль и место ядерно-физических методов анализа в решении задач по нераспространению. Программы различных стран. | Ознакомить с ядерными программами различных стран непосредственно на рабочих местах в отделах ИЯРФ | 2 | 6 |
| 16 | 9 | Защита рефератов | Оценить знания и умения студента представлять результаты своей работы | 2 | 6 |
| 17 | 1-9 | Зачет | | 2 | 1-6 |

Интерактивные формы, используемые в реализации дисциплины

| Номер недели | Раздел дисциплины (тема) | Интерактивная форма | Кол-во часов | Методы и средства контроля |
|--------------|---|--|--------------|------------------------------------|
| 4 | Интерактивное занятие на тему «Детекторы гамма-излучения» | 1. Дискуссия 2. Анализ конкретных ситуаций. | 1 | Оценка активности участия студента |
| 5 | Интерактивное занятие на тему «Детекторы нейтро- | 1. Дискуссия 2. Анализ конкретных ситуаций. | 1 | Оценка активности участия студента |

| | | | | |
|----|---|---|---|---------------------------|
| | нов» | | | |
| 9 | Интерактивное занятие: Лабораторная работа «Гамма-спектрометрический метод анализа» | 1. Дискуссия 2. Анализ конкретных ситуаций | 4 | Сдача лабораторной работы |
| 11 | Интерактивное занятие: Лабораторная работа «Нейтронная методика анализа совпадений (множественности)» | 1. Дискуссия 2. Анализ конкретных ситуаций | 4 | Сдача лабораторной работы |

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

4.1 ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- самостоятельный поиск литературы по разделам и темам курса;
- изучение литературы и подготовка к практическому занятию, проводимому в интерактивной форме;
- подготовка рефератов по темам, предложенным преподавателем;
- подготовка к контрольной работе;
- подготовка к зачету.

Календарно-тематический план самостоятельной работы студентов

| Номер недели | Номер темы | Задание для СРС | Форма занятий для контроля | Кол-во часов |
|--------------|------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|
| 4 | 3 | Подготовка к дискуссии | Д | 1 |
| 5 | 3 | Подготовка к дискуссии | Д | 1 |
| 7 | 1-4 | Подготовка к контрольной работе | КР | 2 |
| 9 | 5 | Подготовка к лабораторной работе | ЛР | 3 |
| 11 | 6 | Подготовка к лабораторной работе | ЛР | 3 |
| 13 | 9 | Подготовка к дискуссии | Д | 1 |
| 16 | 9 | Подготовка реферата | защита реферата | 2 |
| 17 | 1-9 | Подготовка к зачету | Зачет | 5 |
| ИТОГО: | | | | 18 |

4.2 ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Посещаемость лекций и практических занятий, проверка контрольных работ, защита рефератов, устный опрос, участие в дискуссиях, сдача зачета.

5. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Текущий и итоговый контроль знаний студентов:

- устный опрос;
- участие в дискуссиях;
- выполнение контрольной работы;
- сдача лабораторных работ;
- защита реферата;
- посещаемость;
- сдача зачета по предложенным билетам.

5.1. ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе изучения дисциплины «Ядерно-физические методы анализа» студент должен выполнить контрольную работу (7 неделя 3 семестра) в письменной форме, состоящую из одного теоретического вопроса и двух расчетных задач. Теоретический вопрос относится к основным физическим процессам и понятиям дисциплины, первая расчетная задача предполагает вычисление одного из основных параметров детектора ионизирующих излучений, вторая задача предполагает проведение инженерного расчета эффективности и энергетического разрешения детектора.

Критерии оценки контрольной работы

| Правильно выполненных заданий | Балл |
|-------------------------------|------|
| задание 1 | 3 |
| задание 2 | 3 |
| задание 3 | 1 |
| не выполнено заданий | 0 |

Примерные задания для контрольной работы

Ссылка на ПО SRIM/TRIM <http://www.srim.org/SRIM/SRIMLEGL.htm>.

Ссылка на ПО Teion <https://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/teion-c/index.html>.

Задание 1. С учетом полного поглощения определить минимальную толщину детектора из полупроводникового материала А для регистрации частиц В с энергией Е.

| Вариант | А | В | Е, МэВ |
|---------|------|----------|----------------|
| 1 | Si | α | 0,3; 1; 5; 9 |
| 2 | Ge | α | 0,3; 1; 5; 9 |
| 3 | GaAs | α | 0,3; 1; 5; 9 |
| 4 | Si | p | 1; 10; 50; 100 |
| 5 | Ge | p | 1; 10; 50; 100 |
| 6 | GaAs | p | 1; 10; 50; 100 |

Задание 2. Определить энергетическое разрешение детектора и его эффективность.

| Вариант | Число испущенных частиц N_0 | Число частиц зарегистрированное детектором | Расстояние между источником и детектором, м | Радиус детектора, см | ΔE на линии ^{22}Na (1274,54 кэВ) (четный вариант), ^{137}Cs (нечетный вариант), кэВ |
|---------|-------------------------------|--|---|----------------------|--|
| 1 | 10^4 | 10 | 0,5 | 4 | 30 |
| 2 | 10^8 | 10^3 | 3 | 2,5 | 40 |
| 3 | 10^7 | 10^2 | 5 | 5 | 20 |
| 4 | 10^6 | 5 | 2,5 | 2 | 180 |
| 5 | 10^{10} | 10^5 | 7 | 1,5 | 10 |
| 6 | 10^{14} | 10^9 | 10 | 6 | 90 |

Задание 3. Дать описание реакции. Привести примеры (2-3) с указанием типа реакции (эндо- или экзо-) и эффективного сечения взаимодействия

| Вариант | Тип реакции |
|---------|--------------|
| 1 | (n,γ) |
| 2 | (n,p) |
| 3 | (n,α) |
| 4 | $(n,2n)$ |
| 5 | (n,n') |
| 6 | (n,f) |

5.2. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Каждый студент в ходе освоения учебной дисциплины должен выполнить один реферат. Темы выдаются на 8 неделе обучения. Защита рефератов проводится на 16 неделе обучения.

1. Ядерная программа Израиля.
2. Ядерная программа Индии.
3. Ядерная программа Пакистана.
4. Ядерная программа КНР.
5. Ядерная программа КНДР.
6. Ядерная программа ЮАР.
7. Ядерная программа США и Великобритании.
8. Ядерная программа Франции.
9. Методы регистрации нейтронов. Индивидуальные дозиметры нейтронов.
10. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с радиоактивными отходами.
11. Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации генерирующих установок.
12. Организация работ с радиоактивными веществами.
13. Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации исследовательских ядерных установок.
14. Использование ядерно-физических методов в геологии.
15. Применение ядерно-физических методов в криминалистике.
16. Использование ядерно-физических методик в медицине.

5.3. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Зачет проводится по билетам. Каждый билет состоит из двух вопросов. Ответ на каждый вопрос оценивается в 25 баллов, максимально на зачете можно получить 50 баллов.

1. Классификация ядерно-физических методов анализа.
2. Гамма-спектрометрический метод анализа.
3. Виды ионизирующих излучений используемых в ядерно-физических методах анализа.
4. Нейтронные методы анализа на основе совпадений (множественности нейтронов).
5. Детекторы гамма-излучения.

6. Сравнительные методы анализа.
7. Детекторы нейтронов.
8. Калориметрический метод анализа.
9. Взаимодействие ионизирующих излучений с материалами внешней среды.
10. Фоновое гамма-нейтронное излучение.
11. Нераспространение ядерных материалов.
12. Взаимодействие ионизирующих излучений с материалами детекторов.
13. Активные ядерно-физические методы анализа.
14. Пассивные ядерно-физические методы анализа.
15. Качественные методы анализа ядерных материалов.
16. Количественные методы анализа ядерных материалов.
17. Ядерные реакции под действием заряженных частиц.
18. Фотоядерные реакции.
19. Ядерные реакции под действием нейтронов.
20. Источники гамма-излучения. Генераторы гамма-квантов.
21. Источники нейтронного излучения. Генераторы нейтронов.
22. Сцинтилляционные детекторы ионизирующих излучений.
23. Полупроводниковые детекторы ионизирующих излучений.
24. Газонаполненные детекторы ионизирующих излучений.

5.4. УРОВЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса, консультирования студентов, проверки выполнения ими контрольной работы, защиты рефератов, участие в дискуссиях.

Формой аттестации является зачет, который проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билетов.

- Оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:
- оценки за работу в семестре: устный опрос, посещаемость, оценки за контрольную работу; оценки за защиту реферата; дискуссии;
 - оценки знаний в ходе зачета.

Распределение баллов по видам работы:

- *работа в семестре* – 50 баллов;
 - посещаемость – максимум 2 баллов;
 - устный опрос – максимум 10 баллов;
 - участие в дискуссиях – максимум 4 баллов;
 - контрольная работа – максимум 7 баллов;
 - лабораторные работы – максимум 20;
 - реферат – максимум 7 баллов;
 - *зачет* – максимум 50 баллов.
- Итого – 100 баллов

Контроль посещаемости

Заслуженный балл выставляется преподавателем в конце семестра, исходя из следующих критериев:

| Общая посещаемость | Максимальный балл |
|--------------------|-------------------|
| 100-90% | 2 |
| 90-80% | 2 |
| 80-70 | 1 |
| 70-60 | 1 |
| 60-50 | 0 |
| Менее 50% | 0 |

Оценка знаний по 100-бальной шкале в соответствии с критериями СарФТИ НИЯУ МИФИ реализуется следующим образом

| Сумма баллов по дисциплине | Зачет | Оценка (ECTS) | Критерии оценивания |
|----------------------------|------------|---------------|---|
| 90 – 100 | Зачтено | A | «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов. Необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены. Качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. |
| 85-89 | Зачтено | B | «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов. Необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены. Качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному. |
| 75-84 | Зачтено | C | «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены. Качество выполнения ни одного из них оценено минимальным числом баллов. Некоторые виды заданий выполнены с ошибками. |
| 65-74 | Зачтено | D | «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено. Некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. |
| 60-64 | Зачтено | E | «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично. Некоторые практические навыки работы не сформированы. Многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному. |
| Ниже 60 | Не зачтено | F | «Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов. |

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.01 Прикладные математика и физика реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия по проблемным вопросам, обсуждение рефератов и др.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, готовятся к контрольной работе. В процессе подготовки студенты используют специализированные программные продукты: юридические информационно-справочные системы (Консультант-Плюс, Гарант), информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы и веб-представительства организаций, предприятий и учреждений, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

учебники и учебные пособия:

1. Р.Э. Лэпп, Г.Л. Эндрюс «Физика ядерного излучения». Первод с английского под редакцией К.В. Астахова, Б.Б. Кудрявцева, А.В. Кустовой. М.: Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1956. -436 с.
2. К.Н. Мухин «Введение в ядерную физику». М.: Госатомиздат, 1963. – 589 с.
3. Д. Райлли, Н. Энслин, Х. Смит, С. Кайнер «Пассивный неразрушающий анализ ядерных метриалов». Перевод с аглийского ВНИИА. М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2000. - 720 с.: ил.
4. Д. Райлли «Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов. Дополнение 2007г.». Перевод с английского ВНИИА. М.: Издательство БИНОМ, 2013. – 456 с.: ил.
5. Д. Роджерс «Справочник по методам измерений ядерных материалов». Перевод с английского ВНИИА. М.: Издательство БИНОМ, 2009. -712 с.
6. Анрюшин И.А., Юдин Ю.А. «Нераспространение: технологии, материалы, угрозы». Информационное издание. Обзор. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2010. – 564 с. – ил.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудованные мультимедийными средствами обучения.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)

Изучение дисциплины "Ядерно-физические методы анализа" предполагает освоение материалов лекций, систематическую работу студентов в ходе проведения практических занятий, решение заданий контрольной работы. На самостоятельную работу студентов при изучении дисциплины " Ядерно-физические методы анализа " отводится 38 часов. 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 разделе 7 УМКД "Ядерно-физические методы анализа". По каждой из тем следует сначала прочитать конспект и рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в изучаемой теме. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных поисковых системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных на лекциях.

Одной из задач преподавателя является выработка у студентов осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для их дальнейшей работы по специальности. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- активное участие студентов в учебном процессе;
- проведение практических занятий, позволяющих приобрести навыки работы с оборудованием методик ядерно-физического анализа;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия, индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

На лекциях раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, ставятся акценты на наиболее сложных положениях изучаемого материала. Материалы лекции используются студентами для подготовки к практическим занятиям.

Целью практических занятий является приобретение навыков работы с оборудованием.

Подготовка рефератов предусмотрена для закрепления и расширения знаний, приобретенных в результате изучения дисциплины. Рефераты выполняются студентами в письменном виде во внеаудиторное время. Реферат должен носить творческий характер. При его оценке учитывается обоснованность выводов. В реферате студент должен полно и всесторонне рассмотреть все аспекты выбранной темы, четко сформулировать и аргументировать свою позицию по исследуемому вопросу.

Лист регистрации изменений

| Номер изменения | Номера листов | | | Основание для внесения изменений | Подпись | Расшифровка |
|--------------------|---------------|-------|----------------|--|---------|-------------|
| | замененных | новых | аннулированных | | | |
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |
| 4. | | | | | | |
| 5. | | | | | | |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |