МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Снежинский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
0BDE66000DAECEA44E1BF4E83F4BE9DB
Владелец: НИЯУ МИФИ
Действителен: с 29.12.2021 до 29.12.2022

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе
«_____»_____ 20__ г.
_____П.О.Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Источники ионизирующего излучения

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) _____

_____14.03.02 «Ядерная физика и технологии»_____

Профиль подготовки _____«Физика атомного ядра и частиц»_____

Квалификация (степень) выпускника_____бакалавр_____

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения_____очная_____

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

г. Снежинск, 20___ г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины *Источники ионизирующего излучения* является ознакомление студентов с основными типами изотопных источников и генераторов ионизирующих излучений и их применением.

Задачи изучения дисциплины «Источники ионизирующих излучений»:

1.1. Знакомство со способами описания источников и полей излучений.

1.2. Знакомство с характеристиками изотопных источников альфа-, бета- и фотонного излучений и их применениями в технике.

1.3. Знакомство со способами генерации рентгеновского, гамма- и нейтронного излучений, характеристиками генерируемых излучений, применением импульсных излучений в технике.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина "Источники ионизирующих излучений" относится к части «Дисциплины по выбору» Б1.В.ДВ.10.02 ООП ВО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и является частью професионального образовательного модуля. Курс «Источники ионизирующих излучений» посвящен одному из разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков. «Источники ионизирующих излучений» изучается на четвертом курсе в восьмом семестре обучения.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

2.1. Общий курс физики.

2.2. Элементы теории вероятностей.

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

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ООП ВО по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»:

ОПК-1 – умение использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-3 – готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов и подготовке научных результатов.

ПК-7 – способность к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств.

ПК-19.1 – готовность разрабатывать способы применения ядерно-энергетических установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

Знать:

З1. основные характеристики источников ионизирующего излучения (ИИИ);
З2. свойства частиц источников ионизирующий излучений;
З3. основные типы и физические принципы ИИИ;
З4. принципы и области применения ИИИ.

Уметь:

У1. Рассчитывать характеристики поля излучения любого вида по заданным параметрам источника;
У2. Оценивать ошибки и учитывать погрешности измерений.

Владеть:

В1. навыками самоорганизации и самообучения;
В2. навыками анализа и поиска оптимальных решений практических задач, планирования несложных экспериментов с использованием ИИИ;
В3. навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;
В4. программным обеспечением для работы с физической и технической информацией и основами Интернет - технологий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем-кость, кредит	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Контроль, час.	СРС, час.	Форма контроля, Экз./зачет
8	3	108	30	30	36	12	Зачет

Общая трудоемкость дисциплины составляет __3__ кредитов, ___108__ часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости *(неделя, форма)*	Аттестация раздела *(неделя, форма)*	Макс. балл за раз-дел*
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
8 семестр								
1	Введение.	1	3	3		конспект лекции		3
2	Основные характеристики поля ионизирующих излучений.	2	3	3		конспект лекции		3
3	Изотопные источники альфа-, бета- и гамма-излучений.	3	3	3		конспект лекции		3

4	Изотопные источники альфа-, бета- и гамма-излучений (окончание).	4	3	3		конспект лекции		3
5	Изотопные источники электрической энергии.	5	3	3		конспект лекции		3
6	Деление ядер как источник излучений.	6	3	3		конспект лекции		3
7	Радиоактивные источники нейтронов.	7	3	3		конспект лекции		3
8	Источники рентгеновского и тормозного излучения.	8	3	3		конспект лекции		3
9	Нейтронные источники на основе ДД и ДТ-реакций.	9	3	3		конспект лекции	Защита ДЗ	3+10
10	Ядерный реактор как источник излучений.	10	3	3		конспект лекции	Сдача реферата	3+10
Всего:			30	30				50
	Экзамен							50
	Итого за 8 семестр:							100

Раскрытие лекционных тем

Тема 1. Введение.

Классификация источников. Идеальный источник.

Основные фотометрические понятия. Физические пучки. Освещенность, закон косинусов. Точечный источник. Сила света. Яркость пучка, яркость светящейся поверхности.

Излучение плоского слоя. Законы Эйлера и Ламберта. Шаровой источник. Связь между угловым и пространственным распределениями яркости. Коэффициент ввода излучения.

Сечения процессов. Полное сечение взаимодействия и его составные части. Массовые коэффициенты ослабления. Средняя длина пробега частицы. Прохождение излучения через среды сложного состава. "Хорошая" и "плохая" геометрия.

Тема 2. Основные характеристики поля ионизирующих излучений.

Поток частиц, плотность потока, пространственно-угловая плотность потока.

Флюенс частиц. Понятие о факторе накопления.

Активность радионуклида в источнике. Единицы активности: кюри и беккерель. Связь между активностью и постоянной распада. Динамика активности в цепочках распада.

Тема 3. Изотопные источники альфа-, бета- и гамма-излучений.

Альфа-источники. Спектры альфа-частиц. Сопутствующие излучения. Пробеги альфа-частиц. Кривая Брэгга. Число альфа-частиц, испускаемых с поверхности излучателя.

Энергетический спектр вылетающих частиц. Прохождение альфа-частиц через экраны. Изотопные бета-источники. Типы бета-распадов. Спектр бета-частиц. Гамма-излучение бета-источников. Потери энергии МэВ-ных электронов в веществе. Экстраполированный пробег. Пробеги бета-частиц и МэВ-ных электронов.

Изотопные источники фотонного излучения. Гамма-спектры при бета-распаде. Пробеги гамма-квантов. Рентгеновские изотопные источники.

Тема 4. Изотопные источники электрической энергии.

Радиоизотопные источники электрической энергии. Методы получения изотопов. Формы топлива. Типы преобразователей энергии распада в электрическую. Атомные батареи (прямого сбора, с p-n- переходом). Применения атомных батарей.

Термоэлектрические источники. Энергетические мощные источники.

Источники электрической энергии для биомедицинских применений.

Тема 5. Деление ядер как источник излучений.

Мгновенное излучение и излучение осколков деления.

Источники нейтронов на основе спонтанного деления. Спектр нейтронов деления.

Сопутствующее гамма-излучение, его спектр. Осколки деления ядер. Пробеги нейтронов и гамма-квантов деления в воздухе, воде и железе. Пробеги осколков деления. Спонтанное деление и нейтронный фон тяжелых нуклидов.

Излучение осколков деления. Зависимость активности продуктов деления от времени. Запаздывающее гамма-излучение, его зависимость от времени.

Запаздывающие нейтроны, их характеристики. Понятие о предшественниках.

Тема 6. Радиоактивные источники нейтронов.

Нейтронные источники на основе (α,n)-реакций, их основные характеристики: выходы и спектры нейтронов, сопутствующее гамма-излучение. Примеры.

Изотопные фотоядерные (фотонейтронные) источники. Основные характеристики. Применение осциллирующих источников нейтронов в контроле делящихся материалов.

Тема 7. Источники рентгеновского и тормозного излучения.

Рентгеновское излучение. Физические процессы в рентгеновских трубках. Рентгеновские спектры. Особенности взаимодействия рентгеновских лучей с веществом. Рентгеновские трубки. Импульсные рентгеновские трубки с холодным и горячим катодом. Принцип действия, применение. Мощные трубки с вращающимся анодом.

Тормозное излучение электронных ускорителей. Спектр тормозного излучения, угловое распределение. Применение тормозного излучения в радиографии.

Гигантский резонанс, получение фотонейтронов. Выход фотонейтронов, спектр. Применение фотонейтронов в активационном анализе.

Тема 8. Нейтронные источники на основе ДД и ДТ-реакций.

Статические и импульсные нейтронные генераторы. Принцип действия. Источник Пеннинга. Типичные параметры импульсных нейтронных генераторов: спектры и выходы нейтронов, ресурс.

Камеры с плазменным фокусом, принцип действия, параметры и применение.

Применения импульсных нейтронных источников: активационный анализ, каротаж скважин, контроль делящихся материалов. Метод ассоциированных частиц и его применения для анализа веществ и получения нейтронных изображений.

Тема 9. Ядерный реактор как источник излучений.

Понятие о коэффициенте размножения нейтронов, реактивности, периоде реактора. Принципы управления реактором. Импульсные самогасящиеся ядерные реакторы: реакторы с графитовой зоной; реакторы с металлической зоной; растворные реакторы (характерные длительности импульсов и спектры).

Темы практических занятий

Тема 1. Идеальный источник ионизирующего излучения (ИИ).

На примере измерения углового распределения рассеянных нейтронов формулируются требования к «идеальному» источнику нейтронов.

Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.

Вычисление коэффициентов ослабления и пробегов излучения в простых и сложных по составу средах.

Тема 3. Основные характеристики поля ионизирующих излучений.

Примеры вычисления плотности потока и флюенса частиц и энергии согласно их определению. Изменение во времени активности источника с учётом активности дочерних продуктов: составление и решение уравнения для активности источника.

Тема 4. Виды спектров, преобразования спектров.

Примеры нормирования спектров. Требования к функциям, используемым для описания спектров. Примеры преобразования спектра.

Тема 5. Альфа-, бета- и гамма-источники.

Характеристики нуклидов (примеры, комментарии). Пример измерения альфа-активности раствора, содержащего 2-3 нуклида. Пределы применимости приближения экспоненциального ослабления плотности потока бета-частиц. Основные применения альфа-, бета- и гамма-активных изотопов. Риадиоизотопные источники электрической энергии для биомедицинских применений.

Тема 6. Деление ядер как источник излучений.

Тротиловый эквивалент ядерного взрыва в воздухе. Пробеги нейтронов спектра деления и гамма-квантов в воздухе, воде и железе. Применение мигающего источника нейтронов для контроля ДМ в растворе: вывод и решение уравнений.

Тема 7. Применение импульсного гамма-излучения в радиографии.

Требования к размеру и яркости излучающего пятна. Пространственный разрешаемый элемент. Острофокусные трубки. Импульсная радиография во взрывных экспериментах.

Тема 8. Применение импульсных нейтронных генераторов.

Активационный анализ, каротаж скважин, контроль делящихся материалов в сыпучих и твёрдых отходах. Метод ассоциированных частиц: электронное коллимирование и его применения для анализа веществ и получения нейтронных изображений.

Тема 9. Применение ИИИ в авиации и космонавтике.

Измерение расстояний и скоростей движения. Измерения плотности атмосферы и поверхностного слоя планет. Ядерно-физические методы анализа состава планет и их атмосферы. Радиоизотопные методы измерения толщины. Радиоизотопные уровнемеры.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать

обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

3. Домашние задания выдаются преподавателем студентам на каждом практическом занятии. Задание представляет собой номера задач и упражнений из сборника задач. Содержанием домашнего задания является решение задач студентом и краткое выступление в аудитории с изложением полученного решения. Тематика задач направлена, в основном, на закрепление пройденного материала. Домашние задания сдаются преподавателю на проверку. Приём заданий возможен как в рукописном, так и в печатном виде.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце лекции и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством проверки наличия конспекта лекции.

Экзамен проводится в традиционной форме – по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

7.1. А.И.Абрамов, Ю.А.Казанский, Е.С.Матусевич. Основы экспериментальных методов ядерной физики. - М.: Атомиздат, 1970 г. –580с.

7.2. В.П.Машкович. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1982 г. – 296с.

7.3. В.В.Фролов. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. - М.: Энергоатомиздат, 1989 г. – 184с.

7.4. Г.М.Фрадкин, В.М.Кодюков. Радиоизотопные источники электрической энергии. - М.: Атомиздат, 1972 г. – 304с.

7.5. Экспериментальные методы нейтронных исследований. Учебное пособие для вузов. Е.А.Крамер-Агеев и др. - М., Знергоатомиздат, 1990 г. – 272с.

7.6. С.А.Иванов, Г.А.Щукин. Рентгеновские трубки технического назначения. - Л.: - Энергоатомиздат, 1989 г.

7.7. Г.И.Кирьянов. Генераторы быстрых нейтронов. - М.: Энергоатомиздат, 1990 г.

7.8. И.К.Зыков, С.Б.Варющенко. Ионизирующие излучения в авиационной и космической технике. - М.: Атомиздат, 1975 г. – 128с.

7.9. А.И.Свалухин. Источники ионизирующих излучений. Учебное пособие – Снежинск: СФТИ, 1999. – 178с.: ил.

б) дополнительная литература:

7.10. Р.А.Сапожников. Теоретическая фотометрия. - Л.: "Энергия", 1967 г. – 268с.

7.11. Ю.В.Лазаренко, А.А.Пустовалов, В.П.Шаповалов. Малогабаритные ядерные источники злектрической энергии. - М.: Энергоатомиздат, 1992 г. – 208с.

7.12. К.Бекурц, К.Виртц. Нейтронная физика. - М.: Атомиздат, 1965 г.

4.13. М.Борн, Э.Вольф. Основы оптики. - М.: "Наука", 1973 г. – 719с.

7.14. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекер. Схемы распада радиоактивных ядер. – М.-Л.: АН СССР, 1958 г. – 786с

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

http://www.ph4s.ru, раздел Математика, электронный курс по математическому анализу «Дифференциальное исчисление», разработанный кафедрой ВМ НИЯУ МИФИ: http://80.250.160.82/index.php.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Мультимедийная аудитория (Л-315). Компьютерный класс, оснащённый компьютерами с выходом в Интернет, а также принтером, сканером, ксероксом:

- Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) - 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) - 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.
- Ноутбук Samsung (2008)
- Проектор ACER X1260 (2008)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 31.05.2018 г., протокол №18/03 (актуализирован 27.07.2021 г., протокол №21/11).

Автор: заведующий кафедрой, к.ф.-м..н., доцент, Хмельницкий Д.В.

Рецензент_____

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерной физики и спецтехнологий»

« »_____ 20 г., протокол №_____