

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СОВРЕМЕННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Направление	03.06.01 Физика и астрономия
Профиль направленности	Приборы и методы экспериментальной физики (в области детекторов физических величин)
Форма обучения	очная

Семестр	Интерактив	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5		3	108	15	15	0	42	0	Э
ИТОГ О	57	3	108	15	15	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Данный курс является физической основой для обучения аспирантов (соискателей). Курс знакомит, а также расширяет знания слушателей по физике регистрации ядерных излучений с помощью газоразрядных, сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов, характеристикам регистрирующих систем, а также основным понятиям радиометрии, спектрометрии и дозиметрии ядерных излучений.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются получение аспирантами углубленных знаний методов регистрации различных видов излучений, радиометрии, спектрометрии и дозиметрии излучений. Дополнительное, более детальное, знакомство аспирантов с устройством, физическими принципами действия, основными характеристиками и областями применения детекторов: радиометров, спектрометров и дозиметров. Развитие навыков работы со спектрометрической аппаратурой, дозиметрическими устройствами. Особое внимание в курсе нужно уделить освоению практических навыков работы на современной аппаратуре, используемой для решения научных и практических задач в области прикладной ядерной физики и ядерного приборостроения.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины аспиранты должны иметь знания по дисциплинам математического и естественно научного цикла, а также некоторым дисциплинам профессионального цикла. Аспиранты должны уметь составлять и решать интегральные и дифференциальные уравнения, понимать и уметь построить функциональные и принципиальные схемы электронных устройств, уметь применять знания физики взаимодействия излучения с веществом для моделирования детекторов излучения. Аспиранты должны быть готовы применить полученные знания при изучении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин.

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

УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1

Знать

методы и основные типы детекторов для радиометрии, спектрометрии и дозиметрии различных видов излучений;

устройство, основные характеристики и области применения детекторов в качестве радиометров, спектрометров и дозиметров ядерных излучений

Уметь

правильно выбирать, конструировать, рассчитывать и применять для решения научных и практических задач в области прикладной ядерной физики различные типы радиометров, спектрометров и дозиметров ионизирующих излучений.

Владеть

практическими навыками работы на современной аппаратуре, используемой для решения научных и практических задач в области прикладной ядерной физики.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции, час.	Практ. занятия / семинары, час.	Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**
	<i>5 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8	8			КИ, 8	25
2	Второй раздел	9-16	7	7			КИ, 16	25
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		15	15	0			50
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр						Э	50

* – 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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	15	15	0
1	Детекторы ядерных излучений: газовые ионизационные, сцинтилляционные, полупроводниковые. Введение Физические основы методов регистрации ядерных излучений. Классификация детекторов.. Ионизация газов. Движение электронов и ионов в газах. Процесс ионизации газов. Ионизационный потенциал. Потенциал возбуждения. Метастабильные уровни возбуждения. Средняя энергия ионизации. Эффективность ионизации. Удельная ионизация. Фотоионизация. Движение электронов и ионов в газах. Подвижности носителей заряда в электрическом поле. Скорость дрейфа. Газы электроположительные и электроотрицательные, захват электронов. Рекомбинация. Ток диффузии и полевой, ток в газах	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
2	Интегральные ионизационные камеры Принцип работы ионизационных камер. Вольтамперная характеристика. Ток насыщения. Уравнение интегральной ионизационной камеры. Учет рекомбинации и диффузии. Устройство ионизационных камер. Схема включения. Области применения и особенности конструкции: ионизационных камер для регистрации различных видов излучения	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
3	Импульсные ионизационные камеры Принцип работы импульсных ионизационных камер. Схемы включения. Механизм образования импульса. Форма и амплитуда импульса. Влияние постоянной RC на форму импульса. Электронная и ионная составляющие импульса. Время разрешения. Амплитудное разрешение. Особенности применения импульсных ионизационных камер при решении задач прикладной ядерной физики	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
4	Пропорциональные газоразрядные детекторы Определение области несамостоятельного разряда. Ударная ионизация. Коэффициент ударной ионизации, механизм газового усиления. Коэффициент газового усиления для плоского и цилиндрического детекторов. Полное газовое усиление. Условие перехода несамостоятельного разряда в самостоятельный. Механизм образования импульса. Форма, амплитуда и длительность импульса. Схемы включения. Амплитудное разрешение. Особенности конструкций и области применения пропорциональных детекторов	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
5	Детекторы с самостоятельным разрядом Определение области самостоятельного разряда, Механизм и способы гашения разряда, роль газового состава. Самогасящиеся счетчики. Характеристики самогасящихся счетчиков: форма, амплитуда и длительность импульса, мертвое время, время восстановления и разрешающее время. Рабочая	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		

	характеристика. Низковольтные счетчики. Срок службы. Эффективность регистрации излучений; Конструкции счетчиков. Особенности применения счетчиков с самостоятельным разрядом при решении практических задач в области прикладной ядерной физики			
6	Сцинтилляционные детекторы Принцип действия и устройство сцинтилляционных детекторов. Механизм люминесценции вещества под действием излучения. Сцинтилляторы, их характеристики. Конверсионная эффективность. Время высвечивания. Механизм высвечивания сцинтилляторов. Типы сцинтилляторов. Сборка сцинтилляционного детектора.. Фотоумножители. Общие характеристики сцинтилляционных детекторов: форма и амплитуда импульса, амплитудное и временное разрешение, отношение сигнал-шум, энергетический эквивалент шума, эффективность регистрации излучений. Особенности применения сцинтилляционных детекторов при регистрации заряженных частиц, электронов и гамма-лучей	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
7	Полупроводниковые детекторы Принцип действия и устройство полупроводниковых детекторов. Физические процессы в детекторе. Собственная и примесная проводимости. Способы уменьшения электропроводности. Однородные ППД, их характеристики. ППД с р-п-переходами. Свойства р-п-переходов, Ширина обедненной области. Емкость р-п-перехода. Типы ППД. Области применения и особенности регистрации излучений; полупроводниковыми детекторами	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
8	Детекторы нейтронов Принцип действия и устройство детекторов нейтронов. Ядерные реакции, используемые для регистрации нейтронов. Регистрация медленных нейтронов. Борные детекторы. Скорость протекания ядерной реакции в борном детекторе. Счетчики с гелием. Регистрация медленных нейтронов сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Регистрация быстрых нейтронов. Импульсные ионизационные камеры для регистрации быстрых нейтронов. Особенности регистрации нейтронов с использованием ядерных реакций деления. Регистрация нейтронов по наведенной; активности. Особенности активационного метода регистрации нейтронов. Пороговые и резонансные активационные детекторы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
9	Основы дозиметрии и спектрометрии ионизирующих излучений кажите название пункта. Введение. Основные понятия поля и дозы ионизирующего излучения. Цель и задачи дозиметрии. Понятие радиационного	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		

	<p>эффекта. Последовательность процессов, приводящих к радиационному эффекту. Прикладное значение дозиметрии для радиационной: техники и радиационной физики. Виды излучений. Характеристика поля излучений. Скалярные, дифференциальные, векторные. Дозы излучения. Поглощенная энергия излучения. Условие электронного равновесия. Линейная передача энергии. Поглощенная доза. Керма. Экспозиционная доза. Относительная биологическая эффективность ионизирующего излучения. Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза. Коллективная доза. Единицы активности препарата, гамма- постоянная</p>			
10	<p>Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Ионизационный метод дозиметрии гамма- излучения Преобразование энергии гамма- излучения в веществе. Коэффициент передачи энергии фотонного излучения. Связь между мощностью экспозиционной дозы, массовым коэффициентом передачи энергии и интенсивностью фотонного излучения. Средняя энергия ионнообразования. Соотношение Брэгга-Грея. Принцип метода. Тормозная способность вещества и поглощенная энергия. Наперстковые ионизационные камеры. Ионизационный ток и мощность дозы. Ход с жесткостью. Особенности дозиметрии импульсного излучения. Применение газоразрядных счетчиков в дозиметрии</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <p>1 1</p> <p>Онлайн</p>		
11	<p>Сцинтилляционный и люминесцентный методы дозиметрии гамма- и рентгеновского излучений. Тепловой метод дозиметрии рентгеновских и гамма-лучей Принцип сцинтилляционного метода. Токовый и счетчиковый режимы работы сцинтилляционного дозиметра. Конверсионная эффективность. Ход с жесткостью в токовом и счетчиковом режимах. Механизмы радиофото- и радиотермолюминесценции. Примеры дозиметров ДФМ и ТЛД. Фон, чувствительность, пределы измерений. Вспышечные фосфоры. Ход с жесткостью. ИЛК. Тепловое действие ионизирующих излучений. Одиночный калориметр. Тканеэквивалентный поглотитель, изотермический и адиабатический калориметры. Связь между поглощенной энергией и изменением температуры поглотителя, калориметрические</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <p>1 1</p> <p>Онлайн</p>		
12	<p>Экспериментальные методы дозиметрии потоков заряженных частиц. Особенности дозиметрии нейтронного излучения Особенности дозиметрии бета-излучения. Применимость теоремы Брэгга-Грея. Экстраполяционная камера. Образование числа пар ионов в газе при взаимодействии бета-излучения. Использование сцинтилляционной техники. Особенности фотографического метода дозиметрии бета-излучения. Чувствительность по дозе и чувствительность по потоку частиц. Дозиметрия</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <p>1 1</p> <p>Онлайн</p>		

	смешанного бета- и гамма-излучения фотографическим методом. Фотодозиметр Никитина Н.С. Градуировочный график. Дозиметрия тяжелых заряженных частиц, методы определения поглощенной дозы. Преобразование энергии нейтронов в вещество. Формирование дозы нейтронов в живой ткани. Единицы в дозиметрии нейтронного излучения. Энергетическая зависимость тканевой дозы. Вклад в дозу медленных, промежуточных и быстрых нейтронов. Экспериментальные методы дозиметрии нейтронов, основанные на применении: ионизационных камер; пропорциональных счетчиков; сцинтилляционных счетчиков; активационных детекторов; фотоэмульсий и трековых детекторов			
13	Предмет ядерной спектрометрии. Ионизационные методы спектрометр Физические основы методов спектрометрии. Прикладные задачи, решаемые методами ядерной спектрометрии. Спектрометр, его основные характеристики. Определение спектрометра Понятие истинного и аппаратурного спектров, функция отклика детектора, физический смысл функции отклика. Задача восстановления спектра и обратная задача, влияние временных факторов на функцию отклика. Спектральная линия и аппаратурная форма линии энергетическое разрешение спектрометра. Эффективность спектрометра. Динамический диапазон. Структурная схема спектрометра. Использование ионизационных камер для спектрометрии заряженных частиц. Сферическая ионизационная камера; связь пробега альфа-частицы с энергией. Импульсные ионизационные камеры сеткой. Причины, влияющие на разрешающую способность. Виды излучений и особенности их спектрометрии при помощи ионизационных камер. Спектрометрия ионизирующих излучений с помощью пропорциональных счетчиков. Основные характеристики пропорционального счетчика как спектрометрического датчика. Методы измерения спектра рентгеновского излучения с помощью пропорциональных счетчиков	Всего аудиторных часов		
		1		
		Онлайн		
14	Сцинтилляционные методы спектрометрии заряженных частиц и гамма-квантов Особенности взаимодействия с веществом сцинтиллятора альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучений. Преимущества и недостатки сцинтилляционных спектрометров. Энергетическое и временное разрешения сцинтилляционных датчиков. Пропорциональность амплитуды световой вспышки энергии регистрируемой частицы. Зависимость линейного коэффициента поглощения гамма-излучения от энергии гамма-квантов. Форма линии в сцинтилляционном гамма-спектрометре. Пик полного поглощения. Асимметрия пика, утечка электронов и рентгеновского характеристического излучения. Комптоновское распределение. Теоретическая форма спектра. Аппаратурная форма линии при	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		

	<p>комптоновском распределении. Пик обратного рассеяния. Характеристическое рентгеновское излучение из конструкционных материалов.</p> <p>Фотоэффективность спектрометра. Фоточасть спектра. Полная эффективность спектрометра. Аппаратурная линия при энергии гамма- квантов более 1.5 МэВ. Анни-гиляция позитрона. Пик утечки и пик полного поглощения. Зависимость площади под всеми пиками от размеров кристалла и энергии гамма-излучения. Аппаратурная линия при каскадных переходах. Калибровка спектрометра.</p> <p>Многочастотные спектрометры. Спектрометр с защитным сцинтиллятором на антисовпадениях. Комптоновский спектрометр. Парный спектрометр. Спектрометр полного поглощения. Факторы, определяющие разрешающую способность сцинтилляционного бета-спектрометра. Эффективность сцинтилляционного однокристалльного спектрометра к заряженным частицам. Особенности спектрометрии заряженных частиц сцинтилляционным методом. Области применения сцинтилляционных спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p>			
15	<p>Полупроводниковые методы спектрометрии ионизирующих излучений</p> <p>Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров. Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров. Пропорциональность амплитуды сигнала числу пар носителей заряда и энергии поглощаемого излучения, разрешение полупроводникового спектрометра : факторы, влияющие на разрешение (обратное смещение, величина обедненного слоя, температура). Градуировка спектрометра Спектрометры тяжелых заряженных частиц. Полупроводниковые бета-спектрометры, влияние обратного рассеяния бета-частиц на аппаратурную линию, разрешение. Применение кремниевых и германиевых детекторов. Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения. Преимущества по сравнению со сцинтилляционными спектрометрами, энергетическое разрешение. Особенности проведения эксперимента. Требования к детекторам. Выбор детекторов в зависимости от энергии гамма-излучения. Радиационные повреждения и их влияние на спектрометрические свойства полупроводниковых детекторов. Способы уменьшения вклада от комптоновского распределения в аппаратурном спектре импульсов. Спектрометр с защитой по антисовпадениям. Комптоновский спектрометр, парный спектрометр. Области применения полупроводниковых спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p>	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
16	<p>Методы спектрометрии нейтронов</p> <p>Метод ядер отдачи. Радиатор. Регистрация нейтронов</p>	Всего аудиторных часов		
		1		

фото эмульсиями и теле-скопами. Метод ядерных реакций, пропорциональные и сцинтилляционные детекторы, требования к ядерным реакциям, метод времени пролета, способы регистрации моментов вылета и попадания нейтронов, метод активационных пороговых детекторов. Метод полупроводниковых детекторов.	Онлайн		

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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1	Детекторы ядерных излучений: газовые ионизационные, сцинтилляционные, полупроводниковые. Введение Физические основы методов регистрации ядерных излучений. Классификация детекторов.. Ионизация газов. Движение электронов и ионов в газах. Процесс ионизации газов. Ионизационный потенциал. Потенциал возбуждения. Метастабильные уровни возбуждения. Средняя энергия ионизации. Эффективность ионизации. Удельная ионизация. Фотоионизация. Движение электронов и ионов в газах. Подвижности носителей заряда в электрическом поле. Скорость дрейфа. Газы электроположительные и электроотрицательные, захват электронов. Рекомбинация. Ток диффузии и полевой, ток в газах.
2	Интегральные ионизационные камеры Принцип работы ионизационных камер. Вольтамперная характеристика. Ток насыщения. Уравнение интегральной ионизационной камеры. Учет рекомбинации и диффузии. Устройство ионизационных камер. Схема включения. Области применения и особенности конструкции: ионизационных камер для регистрации различных видов излучения.
3	Импульсные ионизационные камеры Принцип работы импульсных ионизационных камер. Схемы включения. Механизм образования импульса. Форма и амплитуда импульса. Влияние постоянной RC на

	<p>форму импульса. Электронная и ионная составляющие импульса. Время разрешения. Амплитудное разрешение. Особенности применения импульсных ионизационных камер при решении задач прикладной ядерной физики.</p>
4	<p>Пропорциональные газоразрядные детекторы Определение области несамостоятельного разряда. Ударная ионизация. Коэффициент ударной ионизации, механизм газового усиления. Коэффициент газового усиления для плоского и цилиндрического детекторов. Полное газовое усиление. Условие перехода несамостоятельного разряда в самостоятельный. Механизм образования импульса. Форма, амплитуда и длительность импульса. Схемы включения. Амплитудное разрешение. Особенности конструкций и области применения пропорциональных детекторов.</p>
5	<p>Детекторы с самостоятельным разрядом Определение области самостоятельного разряда, Механизм и способы гашения разряда, роль газового состава. Самогасящиеся счетчики. Характеристики самогасящихся счетчиков: форма, амплитуда и длительность импульса, мертвое время, время восстановления и разрешающее время. Рабочая характеристика. Низковольтные счетчики. Срок службы. Эффективность регистрации излучений; Конструкции счетчиков. Особенности применения счетчиков с самостоятельным разрядом при решении практических задач в области прикладной ядерной физики.</p>
6	<p>Сцинтилляционные детекторы Принцип действия и устройство сцинтилляционных детекторов. Механизм люминесценции вещества под действием излучения. Сцинтилляторы, их характеристики. Конверсионная эффективность. Время высвечивания. Механизм высвечивания сцинтилляторов. Типы сцинтилляторов. Сборка сцинтилляционного детектора.. Фотоумножители. Общие характеристики сцинтилляционных детекторов: форма и амплитуда импульса, амплитудное и временное разрешение, отношение сигнал-шум, энергетический эквивалент шума, эффективность регистрации излучений. Особенности применения сцинтилляционных детекторов при регистрации заряженных частиц, электронов и гамма-лучей.</p>
7	<p>Полупроводниковые детекторы Принцип действия и устройство полупроводниковых детекторов. Физические процессы в детекторе. Собственная и примесная проводимости. Способы уменьшения электропроводности. Однородные ППД, их характеристики. ППД с р-п-переходами. Свойства р-п-переходов, Ширина обедненной области. Емкость р-п-перехода. Типы ППД. Области применения и особенности регистрации излучений; полупроводниковыми детекторами.</p>

8	<p>Детекторы нейтронов Принцип действия и устройство детекторов нейтронов. Ядерные реакции, используемые для регистрации нейтронов. Регистрация медленных нейтронов. Борные детекторы. Скорость протекания ядерной реакции в борном детекторе. Счетчики с гелием. Регистрация медленных нейтронов сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Регистрация быстрых нейтронов. Импульсные ионизационные камеры для регистрации быстрых нейтронов. Особенности регистрации нейтронов с использованием ядерных реакций деления. Регистрация нейтронов по наведенной; активности. Особенности активационного метода регистрации нейтронов. Пороговые и резонансные активационные детекторы.</p>
9	<p>Основы дозиметрии и спектрометрии ионизирующих излучений кажите название пункта. Введение. Основные понятия поля и дозы ионизирующего излучения. Цель и задачи дозиметрии. Понятие радиационного эффекта. Последовательность процессов, приводящих к радиационному эффекту. Прикладное значение дозиметрии для радиационной: техники и радиационной физики. Виды излучений. Характеристика поля излучений. Скалярные, дифференциальные, векторные. Дозы излучения. Поглощенная энергия излучения. Условие электронного равновесия. Линейная передача энергии. Поглощенная доза. Керма. Экспозиционная доза. Относительная биологическая эффективность ионизирующего излучения. Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза. Коллективная доза. Единицы активности препарата, гамма- постоянная.</p>
10	<p>Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Ионизационный метод дозиметрии гамма- излучения Преобразование энергии гамма- излучения в веществе. Коэффициент передачи энергии фотонного излучения. Связь между мощностью экспозиционной дозы, массовым коэффициентом передачи энергии и интенсивностью фотонного излучения. Средняя энергия ионнообразования. Соотношение Брэгга-Грея. Принцип метода. Тормозная способность вещества и поглощенная энергия. Наперстковые ионизационные камеры. Ионизационный ток и мощность дозы. Ход с жесткостью. Особенности дозиметрии импульсного излучения. Применение газоразрядных счетчиков в дозиметрии.</p>
11	<p>Сцинтилляционный и люминесцентный методы дозиметрии гамма- и рентгеновского излучений. Тепловой метод дозиметрии рентгеновских и гамма-лучей Принцип сцинтилляционного метода. Токовый и</p>

	<p>счетчиковый режимы работы сцинтилляционного дозиметра. Конверсионная эффективность. Ход с жесткостью в токовом и счетчиковом режимах. Механизмы радиофото- и радиотермолюминесценции. Примеры дозиметров ДФМ и ТЛД. Фон, чувствительность, пределы измерений. Вспышечные фосфоры. Ход с жесткостью. ИЛК. Тепловое действие ионизирующих излучений. Одиночный калориметр. Тканеэквивалентный поглотитель, изотермический и адиабатический калориметры. Связь между поглощенной энергией и изменением температуры поглотителя, калориметрические.</p>
12	<p>Экспериментальные методы дозиметрии потоков заряженных частиц. Особенности дозиметрии нейтронного излучения</p> <p>Особенности дозиметрии бета-излучения. Применимость теоремы Брэгга-Грея. Экстраполяционная камера. Образование числа пар ионов в газе при взаимодействии бета-излучения. Использование сцинтилляционной техники. Особенности фотографического метода дозиметрии бета-излучения. Чувствительность по дозе и чувствительность по потоку частиц. Дозиметрия смешанного бета- и гамма-излучения фотографическим методом. Фотодозиметр Никитина Н.С. Градуировочный график. Дозиметрия тяжелых заряженных частиц, методы определения поглощенной дозы. Преобразование энергии нейтронов в веществе. Формирование дозы нейтронов в живой ткани. Единицы в дозиметрии нейтронного излучения. Энергетическая зависимость тканевой дозы. Вклад в дозу медленных, промежуточных и быстрых нейтронов. Экспериментальные методы дозиметрии нейтронов, основанные на применении: ионизационных камер; пропорциональных счетчиков; сцинтилляционных счетчиков; активационных детекторов; фотоэмульсий и трековых детекторов.</p>
13	<p>Предмет ядерной спектрометрии. Ионизационные методы спектрометр</p> <p>Физические основы методов спектрометрии. Прикладные задачи, решаемые методами ядерной спектрометрии. Спектрометр, его основные характеристики. Определение спектрометра Понятие истинного и аппаратного спектров, функция отклика детектора, физический смысл функции отклика. Задача восстановления спектра и обратная задача, влияние временных факторов на функцию отклика. Спектральная линия и аппаратная форма линии энергетическое разрешение спектрометра. Эффективность спектрометра. Динамический диапазон. Структурная схема спектрометра. Использование ионизационных камер для спектрометрии заряженных частиц. Сферическая ионизационная камера; связь пробега альфа-частицы с энергией. Импульсные ионизационные камеры сеткой. Причины, влияющие на разрешающую</p>

	<p>способность. Виды излучений и особенности их спектрометрии при помощи ионизационных камер. Спектрометрия ионизирующих излучений с помощью пропорциональных счетчиков. Основные характеристики пропорционального счетчика как спектрометрического датчика. Методы измерения спектра рентгеновского излучения с помощью пропорциональных счетчиков.</p>
14	<p>Сцинтилляционные методы спектрометрии заряженных частиц и гамма-квантов</p> <p>Особенности взаимодействия с веществом сцинтиллятора альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучений. Преимущества и недостатки сцинтилляционных спектрометров. Энергетическое и временное разрешения сцинтилляционных датчиков. Пропорциональность амплитуды световой вспышки энергии регистрируемой частицы. Зависимость линейного коэффициента поглощения гамма-излучения от энергии гамма-квантов. Форма линии в сцинтилляционном гамма-спектрометре. Пик полного поглощения. Асимметрия пика, утечка электронов и рентгеновского характеристического излучения. Комптоновское распределение. Теоретическая форма спектра. Аппаратурная форма линии при комптоновском распределении. Пик обратного рассеяния. Характеристическое рентгеновское излучение из конструкционных материалов. Фотоэффективность спектрометра. Фоточасть спектра. Полная эффективность спектрометра. Аппаратурная линия при энергии гамма-квантов более 1.5 МэВ. Аннигиляция позитрона. Пик утечки и пик полного поглощения. Зависимость площади под всеми пиками от размеров кристалла и энергии гамма-излучения. Аппаратурная линия при каскадных переходах. Калибровка спектрометра. Многокристалльные спектрометры. Спектрометр с защитным сцинтиллятором на антисовпадениях. Комптоновский спектрометр. Парный спектрометр. Спектрометр полного поглощения. Факторы, определяющие разрешающую способность сцинтилляционного бета-спектрометра. Эффективность сцинтилляционного однокристалльного спектрометра к заряженным частицам. Особенности спектрометрии заряженных частиц сцинтилляционным методом. Области применения сцинтилляционных спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p>
15	<p>Полупроводниковые методы спектрометрии ионизирующих излучений</p> <p>Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров. Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров. Пропорциональность амплитуды сигнала числу пар носителей заряда и энергии поглощаемого излучения, разрешение полупроводникового спектрометра : факторы, влияющие</p>

<p>на разрешение (обратное смещение, величина обедненного слоя, температура). Градуировка спектрометра Спектрометры тяжелых заряженных частиц. Полупроводниковые бета-спектрометры, влияние обратного рассеяния бета-частиц на аппаратурную линию, разрешение. Применение кремниевых и германиевых детекторов. Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения. Преимущества по сравнению со сцинтилляционными спектрометрами, энергетическое разрешение. Особенности проведения эксперимента. Требования к детекторам. Выбор детекторов в зависимости от энергии гамма-излучения. Радиационные повреждения и их влияние на спектрометрические свойства полупроводниковых детекторов. Способы уменьшения вклада от комптоновского распределения в аппаратурном спектре импульсов. Спектрометр с защитой по антисовпадениям. Комптоновский спектрометр, парный спектрометр. Области применения полупроводниковых спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения читается курс лекций и проводятся практические занятия

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной учебной дисциплины.

ФОС включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для контроля усвоения аспирантом дисциплины используются банк вопросов, заданий. Ответы позволяют судить об усвоении аспирантом материала дисциплины. Самостоятельная работа аспирантов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к контрольным мероприятиям. В конце освоения дисциплины студент проходит итоговую аттестацию.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 А56 Детекторы импульсного ионизирующего излучения : монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2016
2. 539.1 Б79 Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : , Долгопрудный: Интеллект, 2012

3. 539.1 П69 Практическая спектрометрия ядерных излучений : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2016
4. ЭИ Р 32 Регистрация ядерных излучений в прикладных задачах : Лабораторный практикум в двух частях, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2019
5. 539.1 К58 Детектирование нейтронов : лабораторный практикум, А. Ф. Кожин, В. Е. Смирнов, М.: МИФИ, 2004
6. 539.1 Л12 Лабораторный практикум "Радиометрия в физике переноса излучений" : учеб. пособие для вузов, ред. : В. Т. Самосадный, Москва: МИФИ, 2005
7. ЭИ К68 Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие для вузов, С. А. Королев, В. П. Михеев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б26 Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : , О. А. Барсуков, Москва: Физматлит, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Автор(ы):

Эргашев Дамир Эркинович

Рецензент(ы):