

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
факультета СарФТИ НИЯУ МИФИ
_____ А.К.Чернышев

«...» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы рентгентехники

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность) 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Фундаментальная и прикладная физика

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Автор _____ к.т.н С.Л. Эльяш

Рецензент _____ к.ф.-м. н. А.В. Тельнов

Согласовано:

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

Руководитель ОПП _____ 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 28.07.2023 г)

Программа актуализирована на заседании кафедры
Ядерной и радиационной физики
от 30.08.23 протокол №1

г. Саров, 2023 г.

1.1. Цель изучения дисциплины:

- в области обучения – дать студентам необходимый минимум знаний о природе рентгеновского излучения (РИ), физических процессах, происходящих при взаимодействии РИ с веществом, принципах действия рентгентехнической аппаратуры, ознакомление с конструкцией рентгеновских трубок (РТ) и рентгеновских аппаратов, навыков получения, измерения и использования РИ, а также компетенций в области их разработки и эксплуатации.

1.2. Задачи дисциплины:

- сообщение сведений об основных понятиях физики генерации и взаимодействия РИ с веществом,

- представление общей информации о принципах действия рентгентехнической аппаратуры, в частности о современных и проектируемых рентгеновских аппаратах,

- описание принципа действия, конструктивных особенностей, технических характеристик и параметров современных рентгеновских аппаратов,

- описание физических основ работы и конструкций рентгеновских трубок (РТ),

- ознакомление с методами и средствами регистрации РИ,

- освещение вопросов физических исследований, проводимых с использованием РТю

В итоге изучения курса студент должен освоить основной фактический материал, научиться работать с научной периодикой, овладеть техникой представления результатов в виде доклада, научно-технического отчёта, статьи в научное издание.

2 МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс «Основы рентгентехники» изучается студентами на 3 курсе (6 семестр обучения) и дает представление об основных понятиях физики генерации и взаимодействия РИ с веществом, об общих принципах действия рентгентехнической аппаратуры, о физических основах работы рентгеновских трубок, их конструкции и технических характеристиках, а также формирует у студентов навыки получения, измерения и использования РИ. Изучение курса основано на базе курса общей физики. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и университетскому курсу математики.

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

В совокупности с другими дисциплинами базовой части ФГОС ВПО курс «Основы рентгентехники» направлен на формирование следующих научно-исследовательских и аналитических профессиональных компетенций (ПК) бакалавра экспериментальной физики:

ПК-2 – Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области;

ПК-4 - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования.

ПК-8.1 - способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области ядерной и радиационной физики с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов

ПК-8.2 - способен к участию в проведении измерений, выполнении экспериментов на ядерно- и электрофизических установках – источниках излучения, высоковольтном и измерительном оборудовании

Студент должен:

Знать:

З-ПК-2 Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.

З-ПК-4 Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности

З-ПК-8.1 знать нормы и правила ядерной и радиационной безопасности

З-ПК-8.2 знать порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

В том числе:

3.1 - основные термины, определения и единицы системы измерений в области ионизирующих излучений;

3.2 - основные явления и процессы, протекающие при взаимодействии ионизирующих излучений с веществом;

3.3 - источники ионизирующего излучения их основные характеристики и параметры;

3.4 - нормы радиационной безопасности и способы и средства радиационной защиты;

3.5 - основные принципы и методы использования ионизирующих излучений;

3.6 - методы и средства регистрации рентгеновского излучения (РИ);

3.7 - принцип действия, особенности конструкции, характеристики и параметры современных генераторов РИ.

Уметь:

У-ПК-2 Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области

У-ПК-4 Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.

У-ПК-8.1 уметь проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений

У-ПК-8.2 уметь создавать математические модели процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках

В том числе:

У.1 - обоснованно выбирать элементы схем электронных функциональных устройств на этапе проектирования генераторов РИ;

У.2 - регистрировать основные параметры РИ;

У.3 - пользоваться справочной и технической документацией;

Владеть:

В-ПК-2 Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения в задач избранной предметной области

В-ПК-4 Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности

В-ПК-8.1 владеть навыками проведения экспериментов на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных

В-ПК-8.2 владеть навыками обработки результатов исследований

В том числе:

В.1 – практическими навыками решения задач по физике взаимодействия РИ с веществом;

В.2 - приемами расчёта и измерения дозовых и спектральных характеристик электронного и рентгеновского излучения;

В.3 - навыками ведения научной дискуссий.

В результате изучения дисциплины студент должен получить комплексную систему знаний о физике генераторов РИ:

- **Знание и понимание физики генерации и взаимодействия РИ с веществом** (теория возбуждения, понятия и определения, тормозное излучение (ТИ) и характеристическое излучение, распределение энергии в спектре ТИ, граница непрерывного спектра, зависимость интенсивности ТИ от напряжения, общие законы ослабления узкого пучка, фотоэлектрическое поглощение, эффект Комптона, когерентное и некогерентное рассеяние, спектральные характеристики РИ, ослабление РИ при прохождении через

вещество, полный коэффициент ослабления, экспериментальное определение коэффициента ослабления)

- **Основные представления о генераторах РИ** (классификация источников рентгеновского излучения, принцип действия, физические основы и методы получения импульсов РИ, схемы построения и конструктивные особенности импульсных генераторов РИ, приборы для генерирования рентгеновского излучения, узлы, элементы)
- **Практические навыки измерения параметров высоковольтных импульсов РИ и электронных пучков** (методы измерения параметров высоковольтных импульсов РИ, диагностика электронных пучков, практическое применение генераторов РИ в науке и технике).
- **Радиационная безопасность** (биологическое действие ионизирующего излучения, основные определения радиационной техники безопасности, физические основы безопасности РИ, защитные устройства).

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 семестр, 4 ЗЕ: 144 часа, из них лекции – 32 часа, практика – 32 часа, включая 16 часов обучения в интерактивной форме, СРС – 44 часа

.1 СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции (час.)	Практ. занятия/ семинары, в т.ч. в интерактивной форме (ИАФ) (час.)	Самост. работа (час.)			
1. Генерация рентгеновского излучения	1-4	8	8 (ИАФ – 2)	12	УО, СРС, Д (1 – 4)	КР (4),	
2. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	5-10	10	10 (ИАФ – 8)	11	УО, СРС, Д (5 – 10)	КР (10)	
3. Рентгеновские трубки.	11-15	12	10 (ИАФ – 4)	12	УО, СРС, Д (11 – 16)	КР (16)	
4. Генераторы РИ	16	2	2 (ИАФ – 2)		УО, СРС, Д (17)	Т (17)	

Работа в семестре:							
Контрольные работы	4, 10, 115						30
Тестирование	16						10
СРС	1-16						10
Экзамен				9			50
Итоги за семестр		32	32	44			100

Т – тест, КР – контрольная работа, УО – устный опрос, СРС – рефераты, задачи, Д- дискуссия

4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Раздел 1. Генерация рентгеновского излучения

Тема 1.1 Природа РИ.

Открытие рентгеновского излучения. Свойства рентгеновских лучей. Опыт Лауэ. Уравнение Вульфа–Брэгга. Преломление рентгеновских лучей. Полное внутреннее отражение рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей от обыкновенной дифракционной решетки и непосредственное измерение длины волны.

Тема 1.2 Теория возбуждения рентгеновского излучения .

Понятия и определения. Строение атома. Электронные оболочки. Возбуждение рентгеновских лучей. Характеристическое излучение. Тормозное излучение. Квантовая теория возбуждения тормозного излучения. Теория возникновения характеристического излучения. Закон Мозли.

Тема 1.3 Спектральные характеристики РИ

Распределение энергии в спектре тормозного излучения. Граница непрерывного спектра. Сплошной спектр тормозного излучения. Зависимость интенсивности тормозного излучения от напряжения. Зависимость интенсивности тормозного излучения от тока, протекающего через трубку. Зависимость интенсивности тормозного излучения от рода вещества анода трубки. Влияние формы кривой напряжения. Коэффициент полезного действия рентгеновской трубки.

Раздел 2. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Тема 2.1 Виды взаимодействия рентгеновских лучей с веществом

Истинное поглощение. Рассеяние. Фотоэлектрическое поглощение, когерентное рассеяние, некогерентное рассеяние, образование пар, ядерный фотоэффект. Ослабление рентгеновского излучения при прохождении через вещество Классическая теория рассеяния. Квантовая теория рассеяния.

Тема 2.2 Ослабление РИ при прохождении через вещество.

Общие законы ослабления узкого пучка. Полный коэффициент ослабления. Экспериментальное определение коэффициента ослабления. Законы ослабления широкого пучка.

Раздел 3. Рентгеновские трубки.

Тема 3.1 Классификация рентгеновских трубок

Ионные трубки. Способ получения свободных электронов. Электронные трубки. Разборные трубки. Отпаянные трубки. Рентгеновские трубки с накаливаемым катодом. Электронные трубки с холодным катодом. Особенности конструкции. Область применения.

Тема 3.2 Физические основы генерации РИ

Термоэмиссионная эмиссия – процесс испускания электронов термокатодом. Физические основы работы импульсных трубок.

Тема 3.3 Характеристики рентгеновских трубок

Электрическая характеристика электронной трубки. Фокусировка пучка электронов. Определение величины фокусного пятна Фокусировка электронов аксиально-симметричным магнитным полем «короткой» катушки. Экспериментальное изучение электростатического поля методом электролитической ванны Нагревание фокуса Охлаждение анода Вакуумная оболочка трубки. Типы и конструкции электронных рентгеновских трубок Диагностические трубки. Трубки для структурного анализа Рентгеновские трубки для просвечивания материалов. Конструкции трубок с вращающимся анодом. Импульсные трубки для микросекундной рентгенографии

Раздел 4. Генераторы РИ

Тема 4.1 Классификация источников рентгеновского излучения

Классификация источников рентгеновского излучения по принципу ускорения и по форме траектории частиц. Высоковольтные ускорители: рентгеновские аппараты, импульсные ускорители.

Тема 4.2 Схемы построения и конструктивные особенности генераторов РИ

Принцип действия. Схема построения. Конструктивные особенности. Узлы и элементы генераторов РИ. Высоковольтный блок. Зарядное устройство. Пульт управления. Технология изготовления.

Тема 4.3 Методы измерения параметров РИ.

Измерение энергии и интенсивности РИ. Основные понятия. Единицы измерения величин, характеристики излучения. Полупроводниковые детекторы. Методы измерений. Метод фильтров. Термолюминесцентный метод. Физические основы дозиметрии РИ. Электронное равновесие.

Тема 4.4 Расчет параметров генераторов РИ.

Основные параметры, характеризующие работу генераторов РИ. Расчет распределения напряженности электрических полей для элементов генераторов РИ. Восстановление спектров РИ по кривой поглощения.

Тема 4.5 Практическое применение генераторов РИ в науке и технике

Промышленная дефектоскопия. Стерилизация. Медицинская диагностика. Радиобиологические исследования.

Тема 4.6. Физические основы безопасности РИ.

Принципы расчета защиты. Защитные устройства и мероприятия. Защита временем, расстоянием, количеством. Предельно допустимые дозы.

4.3 ПЛАНЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

№	Раздел темы	План занятия	Кол-во часов
1	1.1	Тормозное (ТИ) и характеристическое излучение.	1
2	1.2	Зависимость интенсивности ТИ от напряжения. Распределение энергии в спектре тормозного излучения. Граница непрерывного спектра.	2
3	1.3	Квантовая теория возбуждения тормозного излучения. Теория возникновения характеристического излучения. Закон Мозли.	2
4	1.4	Поглощение рентгеновских лучей (фотоэффект). Классическая теория рассеяния. Квантовая теория рассеяния (эффект Комптона).	2
5	2.1	Ослабление РИ при прохождении через вещество, Законы ослабления узкого и широкого пучка. Экспериментальное определение коэффициента ослабления.	1
6	2.2	Высоковольтные ускорители: рентгеновские аппараты, импульсные ускорители.	2
7	2.3	Эмиссионные процессы на катоде ускорительной трубки..	1
8	2.3	Принцип действия генераторов РИ. Схемы построения.	2
9	2.4	Основные параметры, характеризующие работу генераторов РИ.	2
10	3.1	Отличительные особенности импульсных ускорителей, действующих во ВНИИЭФ.	2
11	3.1	Ускорительная трубка. Технология изготовления.	2
12	3.2	Физические основы дозиметрии РИ Термолюминесцентный метод	2
13	3.2	Методы измерений РИ. Метод фильтров.	2
14	3.3	Измерение энергии и интенсивности РИ.	2
15	3.3	Восстановление спектров РИ по кривой поглощения.	1
16	3.4	Практическое применение генераторов РИ в науке и технике	2
17	4.1	Дозы: экспозиционная, поглощенная, эквивалентная. Единицы измерения доз.	2
18	4.2	Принципы расчета защиты. Защитные устройства. Предельно допустимые дозы.	2

4.4 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачами интерактивных форм обучения являются:

- пробуждение у обучающихся интереса;
- эффективное усвоение учебного материала;
- самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- установление взаимодействия между студентами, обучение работать в команде, проявлять терпимость к любой точке зрения, уважать право каждого на свободу слова, уважать его достоинства;
- формирование жизненных и профессиональных навыков;
- выход на уровень осознанной компетентности студента.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

5.1. ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. самостоятельный поиск литературы по разделам и темам курса;
2. изучение литературы и подготовка к семинарскому занятию;
3. самостоятельное изучение тем, предложенных преподавателем;
4. написание рефератов по разделам курса;
5. устная презентация материала по разделам курса;
6. ответы на вопросы для обсуждения;
7. подготовка к тестированию, решению задач и упражнений;
8. подготовка к экзамену.

Формы контроля: проверка работ, сданных преподавателю в письменной и электронной формах.

5.2 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задания №№ 1 – 15 (индивидуальные презентации и рефераты)

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ПО РАЗДЕЛАМ КУРСА

1. Природа РИ. Понятия и определения Характеристическое и тормозное излучение. Закон Мозли.
2. Спектральные характеристики РИ.
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом (фотоэффект, эффект Комптона).
4. Принцип действия генераторов РИ. Схемы. Конструктивные особенности.
5. Физические основы работы рентгеновских трубок. Конструкции.
6. Физические основы работы импульсных трубок. Конструктивные особенности.
7. Применение термомюлюминесцентной дозиметрии для измерения полей РИ.
8. Измерение характеристик электронного излучения с помощью дозиметрических плёнок.
9. Метод фильтров. Восстановление спектров РИ по кривой ослабления. .
10. Методы измерения энергии рентгеновского излучения.
11. Расчет распределения напряженности электрических полей для элементов высоковольтного блока генераторов РИ.
12. Измерение импульсных токов и напряжений (шунты, делители).
13. Практическое применение РИ в науке и технике.
14. Общие законы ослабления узкого пучка. Слой половинного ослабления.

15. Основные понятия и термины РТБ. Принципы расчета защиты. Предельно допустимые дозы.

6 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Текущий и итоговый контроль знаний студентов:

- - посещаемость лекций и семинарских занятий
- - активность на всех видах занятий
- - написание рефератов
- решение контрольных работ
- написание итогового теста
- сдача экзамена по предложенным вопросам.

6.1 Примерные задачи по разделам курса

Задача 1 Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $v_0 = 2 \times 10^7$ м/с. Длина конденсатора $l = 10$ см, напряженность электростатического поля конденсатора $E = 200$ В/см. При вылете из конденсатора электрон попадает в магнитное поле, линии которого перпендикулярны силовым линиям электростатического поля. Магнитная индукция поля $B = 2 \times 10^{-2}$ Тл. Найти радиус винтовой траектории электрона в магнитном поле.

Решение. На электрон, движущийся в электрическом поле конденсатора, действует электрическая сила, сообщающая ему ускорение, перпендикулярное к пластинам. Когда электрон вылетит из поля конденсатора, то он приобретет вертикальную скорость, причем, горизонтальная составляющая скорости останется постоянной. Применяв теорему Пифагора, определите скорость с которой электрон влетает в магнитное поле. Магнитная сила сообщает электрону центростремительное ускорение.

$$R = 5 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Задача 2 Электрон влетает в область пространства с однородным электростатическим полем напряженностью $E = 6 \times 10^4$ В/м перпендикулярно линиям напряженности. Определить модуль и направление вектора магнитной индукции однородного магнитного поля, которое надо создать в этой области для того, чтобы электрон пролетел ее, не испытывая отклонений. Энергия электрона $W = 1,6 \times 10^{-16}$ Дж, масса электрона $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ кг.

Решение. Для прямолинейного движения необходимо выполнение условия равенства сил Лоренца и электрической.

$$B = E\sqrt{m_e/(2W)}, v \perp B, B \perp E.$$

Задача 3 Магнитный поток через катушку, состоящую из $N = 75$ витков, $\Phi = 4,8 \times 10^{-3}$ Вб. За сколько времени должен исчезнуть этот поток, чтобы в катушке возникла средняя ЭДС индукции $E_i = 0,75$ В?

Решение. Воспользуйтесь законом электромагнитной индукции.

$$\Delta t = 4,8 \times 10^{-1} \text{ с.}$$

6.4 ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Диапазон длин волн электромагнитного излучения, характеризующий РИ. Соотношение между энергией и длиной волны РИ.
2. Основные параметры, характеризующие работу генераторов РИ.
3. Квантовая теория возбуждения РИ.
4. Классическая теория возбуждения РИ.
5. Классификация источников РИ.
6. Закон Мозли.
7. Измерение формы импульса РИ с помощью полупроводниковых детекторов
8. Характеристический и тормозной спектры излучения.
9. Принципы действия и конструкции трансформаторов..
10. Дозы: экспозиционная, поглощенная, эквивалентная. Единицы измерения доз РИ
11. Характеристический и тормозной спектры излучения. Распределение энергии в спектре тормозного излучения. Граница непрерывного спектра.
12. Измерение граничной энергии электронов с помощью клина.
13. Влияние материала анода, амплитуды напряжения и тока на интенсивность тормозного излучения.
14. Основные узлы и элементы рентгеновских аппаратов
15. Термоэмиссионная и автоэлектронная эмиссия электронов.
16. Измерение доз РИ термолюминесцентным методом.
17. Поглощение рентгеновского излучения (фотоэффект).
18. Рассеяние рентгеновского излучения (эффект Комптона).
19. Импульсные рентгеновские трубки.
20. Практическое применение рентгеновских аппаратов и генераторов РИ в науке и технике.
21. Интенсивность излучения точечного источника. Общие законы ослабления узкого пучка.
22. Узлы и элементы генераторов рентгеновского излучения.
23. Общие законы ослабления узкого пучка. Слой половинного ослабления.
24. Слой половинного ослабления.
25. Организация работ с применением источников ионизирующего излучения. Средства защиты.

6.5. УРОВЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Формой промежуточной аттестации является экзамен, который проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билетов и решения задачи.

Максимальная сумма баллов за экзамен – 50. За ответы на каждый вопрос – максимум 15 баллов, за правильное решение задачи – 20 баллов.

Оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:
- работы в семестре:

- оценки за контрольные работы;
- оценки за тестирование;
- оценки за СРС (рефераты, презентации, задачи)
- оценки знаний в ходе экзамена

Ориентировочное распределение баллов по видам работы

№ п/п	Вид отчетности	Баллы
1	контрольные работы	30
2	Тестирование	10

4	СРС (2 реферата, задачи)	10
5	Экзамен	50
	Итого	100

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

- 90 – 100 баллов – отлично
- 75 – 89 баллов – хорошо
- 60 – 74 баллов – удовлетворительно
- 0– 59 баллов – неудовлетворительно

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по подготовке студентов для направления (специальности) 03.03.01 «Прикладные математика и физика» реализация компетентного подхода к обучению предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, готовят семинары, выполняют домашние задания. В процессе подготовки студенты используют 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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Тарасенко Ю.Н. Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения. – М. Техносфера. 2013, - 264 с.
2. Болодзья А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения. - Долгопрудный. Издательский дом «Интеллект», 2012.– 208 с.
3. Месяц Г.А. Взрывная электронная эмиссия. – М. Физматмет, 2011 – 280 с.
4. Соковнин С.Ю. Мощная импульсная техника. Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008, 65с.
5. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.:Наука, 2006. – 704с.
6. Пичугина М.Т. Физика и техника генерирования и измерения высоковольтных и сильноточных сигналов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007 – 209с.
7. H.Bluhm. Pulsed Power System. Principles and Applications. Springer –Verlag Berlon Heidelberg, 2006, 328p.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Хараджа Ф.Н. Общий курс рентгентехники.- М.:Энергия,1966
2. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений. - М.: Энергоатомиздат,1995
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1999.
4. Иванов В.И. Курс дозиметрии. - М., Атомиздат, 2004.
5. Аглинцев К.К. Дозиметрия ионизирующих излучений. – М., ГИТТЛ, 1957, - 503 с.
6. Месяц Г.А. Генерирование мощных наносекундных импульсов. – М., Сов.радио, 1974, - 256 с.

7. Средства диагностики однократного импульсного излучения./под ред. Веретенникова А.И., М., ИздАТ, 1999 – 252с.
8. Вавилов С. П. Импульсная рентгеновская техника.- М.: Энергия, 1981.- 120с.
9. Немиро Е.А., Губатова Д.Я., Балодэ Г.Ю. Региональная система индивидуального дозиметрического контроля на основе ТЛД. – М., Энергоатомиздат, 1987 – 126 с.
10. Месяц Г.А., Насибов А.С. Кремнев В.В. Формирование наносекундных импульсов высокого напряжения. – М., Энергия, 1970 – 152 с.
11. Рентгенотехника: Справочник, /под ред. В.В. Клюева, кн. 1. М.: Машиностроение, 1992. -480с.
12. Рентгенотехника: Справочник, /под ред. В.В. Клюева, кн.2. М.: Машиностроение, 1992. -368с.
13. Бочвар и др. Метод дозиметрии ИКС. – М., Атомиздат, 1977. – 221 с.
14. Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме. – Новосибирск, Наука, 1984. – 256 с.
15. Шмелев В. К. Рентгеновские аппараты. - М.: Энергия, 1973. -472 с,
16. Быстров Ю.А., Иванов С.А. Ускорительная техника и рентгеновские приборы. - М.; Высшая школа, 1983.- 288 с.
17. Шваб А.Измерения на высоком напряжении. – М. Энергоатомиздат, 1983.-.262.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Приборы и техника эксперимента
2. Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ). Серия:
3. Успехи физических наук
4. Известия вузов: Физика.
5. Приборы для научных исследований (Review Scientific Instruments)
6. Physical Review

РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТ

1. официальные сайты, веб-порталы и веб-представительства организаций, предприятий и учреждений,
2. тематические форумы и телекоммуникации,
3. электронные учебники и учебно-методические пособия.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения (ноутбук, проектор). В качестве лучшего восприятия предмета используются экскурсии на действующие импульсные ускорители ИЯРФ РФЯЦ-ВНИИЭФ: АРСА, АРСА-М, АРГУМЕНТ-1000 и др.

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

Изучение дисциплины предполагает освоение материалов лекций, систематическую работу студентов в ходе проведения семинарских занятий, тестовых заданий, выполнение заданий для самостоятельной работы. При прослушивании курса должен быть усвоен необходимый объем знаний о процессах взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Должны быть получены представления о физических основах работы генераторов рентгеновского излучения и методах регистрации импульсов рентгеновского излучения.

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

Целью семинарского занятия является рассмотрение основных и наиболее проблемных вопросов в рамках темы занятия, контроль за степенью усвоения студентами пройденного материала и ходом выполнения ими заданий самостоятельной работы. В ходе семинарских занятий закрепляются умения и навыки использования прослушанного в ходе лекций и самостоятельных работ материала, его дальнейшее осмысление с целью более глубокой увязки с общефизической картиной мира.

Задания для самостоятельной работы предусмотрены для закрепления и расширения знаний, умений и навыков, приобретенных в результате изучения дисциплины. Задания выполняются студентами в письменном виде во внеаудиторное время.

Работа должна носить творческий характер. При ее оценке учитывается обоснованность и оригинальность выводов. В письменной работе студент должен полно и всесторонне рассмотреть все аспекты задания, четко сформулировать и аргументировать свою позицию по исследуемым вопросам.

Преподавание дисциплины требует в каждой теме выделить наиболее важные, базовые моменты и сделать акцент на них. Предлагается:

- в теме 1.1 обратить внимание на опыт Лауэ,
- в теме 1.2 обратить внимание на отличие природы генерации тормозного и характеристического излучений,
- в теме 1.3 обратить внимание на ограничение спектра тормозного излучения со стороны коротких длин волн, на зависимость возникновения характеристического излучения от материала мишени,
- в теме 2.1 обратить внимание на различный характер поглощения рентгеновских квантов при фотоэффекте (полное поглощение) и эффекте Комптона (изменение длины волны кванта),
- в теме 2.2 обратить внимание экспоненциальную зависимость поглощения узкого пучка рентгеновского излучения и на необходимость учёта фактора накопления при поглощении широкого пучка,
- в теме 3.1 обратить внимание на особенности конструкции РТ с накаливаемым и холодным катодом,
- в теме 3.2 обратить внимание на физические основы работы импульсных трубок,
- в теме 3.3 обратить внимание на экспериментальное изучение электростатического поля методом электролитической ванны
- в теме 4.1 обратить внимание на современные перспективные разработки генераторов рентгеновского излучения: импульсные рентгеновские аппараты.
- в теме 4.2 обратить внимание на схему построения и конструктивные особенности генераторов РИ,
- в теме 4.3 обратить внимание на термолюминесцентный метод измерения доз рентгеновского излучения.
- в теме 4.4 обратить внимание на расчёт распределения напряженности электрических полей для элементов генераторов РИ,
- в теме 4.5 обратить внимание на широкое применение генераторов рентгеновского излучения в науке и технике.
- в теме 4.6 обратить внимание на понятие дозы: экспозиционной, поглощенной, эквивалентной, на основные дозовые пределы облучения и допустимые уровни, на принципы расчета защиты временем, расстоянием и количеством пусков.

Автор Эльяш С.Л., к.т.н

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.								