

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)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр.РАН, д.ф.м.н.

_____ А.К.Чернышев

«___» _____ 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>3.04.01 «Прикладные математика и физика»</u>
Наименование образовательной программы	<u>электрофизика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Заведующий кафедрой «ЭФ»,
д.ф.м.н., доцент

протокол № 2 от 03.02.2023г.

_____ Ю.Б. Кудасов
04.02.2023г.

г. Саров, 2023г.

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
2	64	5	180	32	32	-	80	0	Экзамен
ИТОГО	64	5	180	32	32	-	80	0	36

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса «Методы регистрации излучений» является ознакомление с методами измерений различных видов ионизирующих излучений: рентгеновского и гамма излучений; заряженных частиц; нейтронов. В курсе особое внимание уделено регистрации импульсных излучений при наличии мощных электромагнитных наводок и в условиях смешанных по видам излучений полей. Знание курса дает представление студентам о видах излучений, детекторах излучений, экспериментальных способах определения основных характеристиках излучений и методах определения погрешности измеряемых параметров. Это позволит им адаптироваться на начальном этапе практической деятельности в области экспериментальной физики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Методы регистрации излучений», входит в первый блок: «Дисциплины» часть, формируемая участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладные математика и физика» по программе «Электро-физика». Является дисциплиной по выбору.

Опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-технических специальностей: высшая математика (математический анализ, линейная алгебра, теория функций комплексных переменных), общая физика (термодинамика, молекулярная физика, электричество и магнетизм), теория поля, квантовая механика, электродинамика.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: проектный			
организация выполнения проектов исследовательской и инновационной направленности в качестве исполнителя, ответственного за выполнение отдельного направления работ	мощные электрофизические установки: мощные источники электрических импульсов, крупномасштабные лабораторные электрофизические установки высоковольтные и сильноточные системы, ускорители заряженных частиц, мощные ВЧ- и СВЧ-генераторы, взрывомагнитные источники энергии, диагностические комплексы, и вспомогательное оборудование.	ПК-14.2 способен к проведению испытаний согласно техническим требованиям, анализу характеристик испытываемого изделия, а также к подготовке аналитической документации испытаний	З-ПК-14.2 знать 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 У-ПК-14.2 уметь оценивать научно-технический уровень достигнутых результатов В-ПК-14.2 владеть 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)

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
УКЦ-1 Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	3-УКЦ-1 Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальн ый балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	80		
Семестр № 2								
1.	РАЗДЕЛ 1	1-16	32	32	-	80		
1.1.	1 Тема. Регистрация импульсного излучения.	1	2	2	-	5	УО	3
1.2.	2 Тема. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.	2	2	2	-	5	УО	3
1.3	3 Тема. Взаимодействие рентгеновского и γ-излучения с веществом.	3	2	2		5	УО	3
1.4	4 Тема. Взаимодействие нейтронов в веществе.	4	2	2		6	УО	3
1.5.	5 Тема. Полупроводниковые детекторы.	5	2	2	-	5	УО	3
1.6	6 Тема. Сцинтилляционные детекторы.	6	2	2	-	5	УО	3
1.7	7 Тема. Элементы рентгеновской оптики.	7	2	2	-	5	УО	3

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальн ый балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	80		
1.8	8 Тема. Спектрометрия заряженных частиц.	8	2	2	-	6	УО	3
1.9	9 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма- излучения.	9	2	2	-	5	УО	3
1.10	10 Тема. Спектрометрия нейтронов.	10	2	2	-	5	УО	3
1.11	11 Тема. Погрешности измерений.	11	2	2	-	5	УО	3
1.12	12 Тема. Основные функции распределения вероятностей	12	2	2	-	5	УО	3
1.13	13 Тема. Выборочный метод при измерениях.	13	2	2	-	6	УО	3
1.14	14 Тема. Линейные косвенные измерения.	14	2	2	-	5	УО	3
1.15	15 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма- излучений с помощью поглощающих фильтров.	15	2	2	-	5	УО	3
Рубежный контроль		15	ДЗ					5
Промежуточная аттестация		Экзамен-16					36	0-50
Посещаемость								5
Итого:			32	32		80	36	100

*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

Э-экзамен

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	РАЗДЕЛ 1	
1	1 Тема. Регистрация импульсного излучения.	Отличительные особенности регистрации импульсного излучения. Дополнительные требования, накладываемые на регистрацию. Канал и тракт регистрации. Импульсная характеристика канала регистрации. Восстановление сигнала, искаженного трактом регистрации. Кабельные тракты регистрации, их характеристики. Регистраторы детектируемых сигналов.
2	2 Тема. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.	Механизмы потерь энергии. Формула Бете-Блоха. Удельные потери энергии. Ионизационные потери энергии. Пробег частицы в веществе. Экспериментальное определение экстраполированного пробега. Радиационные пробеги. Тормозное излучение. Черенковское излучение. Многократное рассеяние частиц. Теория Мольера.
3	3 Тема. Взаимодействие рентгеновского и γ -излучения с веществом.	Типы взаимодействия с веществом. Экспоненциальный закон ослабления излучения. Фотоэффект. Сечение взаимодействия. Угловое распределение фотоэлектронов. Комптон-эффект. Сечение взаимодействия. Формула Клейна и Нишины Угловое распределение комптоновских электронов. Томсоновское рассеяние. Образование пар. Вероятность образования пар. Общее сечение взаимодействия. Зоны энергий квантов по типу преимущественного взаимодействия с веществом.
4	4 Тема. Взаимодействие нейтронов в веществе.	Основные виды взаимодействий. Характер передачи энергии заряженным частицам. Пороговые реакции на нейтронах. Многоступенчатый механизм передачи энергии веществу.
5	5 Тема. Полупроводниковые детекторы.	Основные характеристики ППД. Требования к твердотельной ионизационной камере. Ограничение на удельное сопротивление материала камеры. Основные понятия физики полупроводников. Зонная модель полупроводника. Компенсированные полупроводники. Удельное сопротивление полупроводника. Невырожденные полупроводники. Температурная зависимость удельного сопротивления. Переходы в полупроводниках. Расчет удельного сопротивления обедненной области в полупроводнике. Ширина обедненной области. Зависимость ширины зоны от напряжения обратного смещения. Детекторы с p-i-n структурой. Импульсная характеристика детектора. Спектральная чувствительность детектора.
6	6 Тема. Сцинтилляционные детекторы.	Типы сцинтилляторов. Механизм высвечивания в сцинтилляторах. Фотоприемники. ФЭКи фотоумножители. Принцип работы фотоумножителя. Временное разрешение детекторов. Диапазон регистрации. Радиационное поражение сцинтилляторов.
7	7 Тема. Элементы рентгеновской оптики.	Пространственное разделение квантов в зависимости от их энергии. Условие Вульфа-Брэгга. Типичные схемы спектрометров, их особенности. Спектрограф на базе изогнутого многослойного зеркала.

		Зависимость коэффициента отражения от энергии квантов. Основные элементы и характеристики спектрографа. Вывод основных соотношений спектрографа.
8	8 Тема. Спектрометрия заряженных частиц.	β -спектрографа с однородным поперечным магнитным полем. Интенсивность засветки приемника в зависимости от угла вылета частицы из источника. Разрешение, светосила и дисперсия спектрографа.
9	9 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучения.	Комптоновский магнитный спектрометр. Разрешение γ -спектрометра и его составляющие. Светосила спектрометра. Парный магнитный спектрометр. Фотоэлектронный спектрометр.
10	10 Тема. Спектрометрия нейтронов.	Спектрометрия по времени пролета. Вывод соотношения связи спектра с интенсивностью нейтронного излучения на детекторе. Требования к детекторам нейтронов. Спектрометрия нейтронов с использованием пороговых реакций.
11	11 Тема. Погрешности измерений.	Тип погрешностей. Класс точности средств измерений. Иллюстрация измерениями мерного объема. Характеристики случайных величин. Функция распределения случайной величины. Математическое ожидание и дисперсия.
12	12 Тема. Основные функции распределения вероятностей.	Равномерное распределение. Биноминальное распределение. Закон радиоактивного распада. Распределение Пуассона. Нормальное распределение. χ^2 (хи-квадрат) распределение. Распределение Стьюдента.
13	13 Тема. Выборочный метод при измерениях.	Методы оценки среднего и дисперсии. Состоятельность оценки. Смещенность оценки. Доверительная вероятность. Уровень значимости. Квантиль случайной величины.
14	14 Тема. Линейные косвенные измерения.	Ковариационная и корреляционная матрицы. Метод линеаризации системы интегральных соотношений. Метод определения погрешности восстановленных из интегральных соотношений величин.
15	15 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучений с помощью поглощающих фильтров.	Принципы регистрации интегральными методами. Получение интегральных соотношений связи спектра с детектируемыми сигналами. Способы решения системы интегральных соотношений. Нахождение погрешности восстановления измеряемых спектральных характеристик.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	1 Тема. Расчет искажения сигнала кабельным трактом.	Нахождение связи сигналов на входе и выходе тракта регистрации. Коаксиальный кабель как волновод. Расчетное выражение импульсной характеристики для коаксиальных кабелей типа РК-75. Переходная характеристика кабеля. Отражение сигналов в местах рассогласования кабельного тракта.
2.	2 Тема. Расчет искажения сигнала разделительным конденсатором.	Объединение линии питания детектора и сигнального тракта посредством разделительного конденсатора. Расчетное выражение для искажения сигнала при прохождении разделительного конденсатора. Выбор оптимальной емкости конденсатора при регистрации сигналов.

3	3 Тема. Расчет свертки импульсных характеристик элементов канала.	Получение импульсной характеристики канала регистрации по совокупности искажающих факторов. Свойства свертки. Оценка влияния степени искажения составляющих на общую импульсную характеристику.
4	4 Тема. Измерение импульсной характеристики кабельного канала регистрации.	Блок-схема измерений. Получение коротких сигналов посредством короткозамкнутого отрезка кабеля. Формулировка требований на длительность зондирующего сигнала. Одновременная регистрация входного и выходного сигналов через кабельный тракт РК-75-9-13 длиной 100 м.
5	5 Тема. Восстановление импульсной характеристики и результатов измерений.	Понятие некорректности при решении интегрального уравнения. Введение априорной информации в алгоритм решения. Краткий обзор методов восстановления. Сведение задачи к поиску оптимальных параметров решения.
6	6 Тема. Пробег рентгеновского гамма-нейтронного излучений в веществе.	Построение графика пробега γ -излучения в Pb с помощью программы ORIGIN. Особенности построения защиты от фонового γ -излучения или нейтронов
7	7 Тема. Детекторы излучений.	Основные характеристики сцинтилляционных детекторов. Типичные фотодетекторы производства НИИИТ (Россия). Рентгеновские полупроводниковые детекторы типа СППД11. Способы определения спектральной чувствительности детекторов к γ -излучению и нейтронам.
8	8 Тема. Нормальный закон распределения погрешностей.	Следствие центральной предельной теоремы. Способы проверки случайной выборки на соответствие нормальному закону распределения. Оценка погрешности измерений.
9	9 Тема. Построение ковариационной и корреляционной матриц.	Способы линеаризации нелинейных уравнений. Построение матриц как способ оценки погрешности измерений. Оптимизация схемы измерений с помощью ковариационной и корреляционной матриц.
	10 Тема. Определение погрешности восстановленных спектральных характеристик в методе МПФ	Линеаризация системы интегральных соотношений. Построение алгоритма нахождения погрешности измерений восстановленных спектральных характеристик. Реализация алгоритма в среде программного пакета MathCAD.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр 2				
Раздел 1	1 Тема. Регистрация импульсного излучения.	ПК-14.2 УКЦ-1	3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-1
	2 Тема. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-2
	3 Тема. Взаимодействие рентгеновского и γ -излучения с веществом.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-3
	4 Тема. Взаимодействие нейтронов в веществе.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-4
	5 Тема. Полупроводниковые детекторы.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-5
	6 Тема. Сцинтилляционные детекторы.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-6
	7 Тема. Элементы рентгеновской оптики.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-7
	8 Тема. Спектрометрия заряженных частиц.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-8
	9 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучения.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-9
	10 Тема. Спектрометрия нейтронов.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-10
	11 Тема. Погрешности измерений.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-11
	12 Тема. Основные функции распределения вероятностей.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-12
	13 Тема. Выборочный метод при измерениях.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-13
	14 Тема. Линейные косвенные измерения.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-14

	15 Тема. Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучений с помощью поглощающих фильтров.		3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	УО-15
	Рубежный контроль	ПК-14.2 УКЦ-1	3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	ДЗ-15
	Промежуточная аттестация	ПК-14.2 УКЦ-1	3-ПК-14.2; У-ПК-14.2; В-ПК-14.2 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1	Эк-16

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.2.1 Примерные темы домашнего задания (ДЗ)

1. Провести восстановление импульсной характеристики с помощью программы Conv по входному и выходному сигналам кабельного тракта.
2. Сделать свертку восстановленной импульсной характеристики и входного сигнала. Построить с помощью программы Origin на одном графике свертку и выходной сигналы. Провести их сравнение. В случае большого расхождения провести повторное восстановление по 1 заданию.
3. Рассчитать импульсную характеристику кабельного тракта. Провести сравнение расчетной и восстановленной импульсной характеристик с помощью программы Origin.
4. Оформить результаты измерений в виде презентации.
5. При одинаковом выходе из источника гамма-квантов с энергией 1 МэВ и нейтронов той же энергии рассчитать защиту из доступных материалов, за которой: квантов более чем в 10 раз больше нейтронов; нейтронов более чем в 10 раз больше квантов.
6. Выбрать геометрию измерений для спектральных измерений 14 МэВ нейтронов. Длительность источника излучения и временное разрешение детектора равны 1 нс.

5.2.2. Примерные вопросы к устному опросу (УО)

1. Нахождение связи сигналов на входе и выходе тракта регистрации.
2. Коаксиальный кабель как волновод.
3. Объединение линии питания детектора и сигнального тракта посредством разделительного конденсатора.
4. Получение импульсной характеристики канала регистрации по совокупности искажающих факторов.
5. Свойства свертки. Оценка влияния степени искажения составляющих на общую импульсную характеристику.
6. Блок-схема измерений.
7. Понятие некорректности при решении интегрального уравнения.
8. Введение априорной информации в алгоритм решения.
9. Краткий обзор методов восстановления. Сведение задачи к поиску оптимальных параметров решения.
10. Типичные фотодетекторы производства НИИИТ (Россия).
Рентгеновские полупроводниковые детекторы типа СППД11.

11. Способы определения спектральной чувствительности детекторов к γ -излучению и нейтронам.
12. Следствие центральной предельной теоремы.
13. Способы проверки случайной выборки на соответствие нормальному закону распределения. Оценка погрешности измерений.
14. Способы линеаризации нелинейных уравнений.
15. Линеаризация системы интегральных соотношений.

5.2.3. Примерные вопросы к Экзамену (Э)

1. Канал и тракт регистрации. Импульсная характеристика канала регистрации.
2. Восстановление сигнала, искаженного трактом регистрации. Регистраторы детектируемых сигналов.
3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.
4. Радиационные потери заряженных частиц. Черенковское излучение.
5. Взаимодействие рентгеновского и γ -излучения с веществом.
6. Полупроводниковые детекторы.
7. Основные понятия физики полупроводников.
8. Переходы в полупроводниках.
9. Детекторы с р-і-п структурой. Импульсная характеристика детектора.
10. Схемы спектрографов на принципе соотношения Вульфа-Брэгга.
11. Спектрограф на базе многослойных зеркал.
12. β -спектрометр с однородным поперечным магнитным полем.
13. Методика поглощающих фильтров.
14. Метод линеаризации системы интегральных соотношений.
15. Ковариационная и корреляционная матрицы. Систематические погрешности.
16. Линейные косвенные измерения.
17. Выборочный метод при измерениях.
18. χ^2 (хи -квадрат) распределение (непрерывное).
19. Нормальное распределение (непрерывное).
20. Распределение Пуассона (дискретное).
21. Биноминальное распределение (дискретное).
22. Равномерное распределение (непрерывное).
23. Характеристики случайных величин.
24. Типы погрешностей, класс точности.

5.2.3. Интерактивная форма, используемая в реализации дисциплины (УО)

При выполнении 36 интерактивных занятий студентам предлагается решить следующие проблемы:

- Мозговой штурм;
- Case-study (анализ конкретных задач или ситуаций);

№	Проблемы для интерактивных занятий	Условия	Методы и средства контроля
1	Расчетное выражение импульсной характеристики для коаксиальных кабелей типа РК-75.	Переходная характеристика кабеля. Отражение сигналов в местах рассогласования кабельного тракта.	Оценка активности участия студента. Презентация результатов деятельности студентов
2	Получение коротких сигналов посредством короткозамкнутого отрезка кабеля. Формулировка требований на длительность зондирующего сигнала.	Одновременная регистрация входного и выходного сигналов через кабельный тракт РК-75-9-13 длиной 100 м.	
3	Построение графика пробега γ -излучения в Рб. Особенности построения защиты от фоновое γ -излучения или нейтронов	Программа ORIGIN	
4	Построить матрицы как способ оценки погрешности измерений. Оптимизация схемы измерений с помощью ковариационной и корреляционной матриц.	Схема, ковариационная и корреляционная матрица	
5	Построить алгоритм нахождения погрешности измерений восстановленных спектральных характеристик.	пакет MathCAD	
6	Построение ковариационной и корреляционной матриц. Определение погрешности восстановленных спектральных характеристик в методе МПФ.	пакет MathCAD	
7	Измерение импульсной характеристики кабельного канала регистрации.	Программа ORIGIN	
8	Восстановление импульсной характеристики из результатов измерений.	Программа ORIGIN	

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. В.И.Калашникова, М.С.Козодоев «Детекторы элементарных частиц» М.:Наука,1966.
2. А.И.Веренников, В.М.Горбачев, Б.А.Предеин «Методы исследования импульсных излучений» М:Энергоатомиздат, 1985г.
3. В.Н.Лавренчик «Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов» М:Энергоатомиздат, 1986г.
4. А.И.Абрамов, Ю.А.Казанский, Е.С.Матусевич «Основы экспериментальных методов ядерной физики» М:Энергоатомиздат, 1985 г.
5. Д.Худсон «Статистика для физиков» М.:Мир, 1970г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.А. Будагов, Г.И. Мерзов, В.А.Чечин «Ионизационные измерения в физике высоких энергий» М:Энергоатомиздат, 1988г.
2. И.Е.Константинов, В.Ф.Баранов «Методы спектрометрии ионизирующих излучений» М:МИФИ, 1961г.
3. Х.И.Кунце «Методы физических измерений» М.:Мир, 1989г.
4. Л.С.Зажигалов, А.А.Кишин, Ю.И.Романиков «Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента.
5. В) программное обеспечение и Интернет-ресурсы среда Origin, MatCAD, базы данных aps.org, Elseiver.

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»
4. программное обеспечение (среда для LMT0 расчетов MindLab 5.0, LMTART), интернет-ресурсы среда Maple, MatLab, базы данных aps.org, Elseiver.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины производится на базе учебной лаборатории кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебного корпуса. Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить практические занятия. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по квалификационным проектам.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические работы являются частью занятия и выполняются под контролем наставника с использованием результатов практических занятий, в том числе – и в качестве практических занятий.

В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса.

При выполнении практических, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, хозяйственных и госбюджетных работ используются современные средства измерения и контроля разных фирм и др.

8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины применяются активная и интерактивная формы обучения в сочетании с самостоятельной работой. На аудиторных занятиях происходит изложение нового теоретического материала в виде лекций, разбираются решения типичных задач на применение полученных сведений для более глубокого понимания, проводится контроль выполнения домашних работ. Во время лекционных и практических занятий используются презентации и обсуждаются новые эксперименты, научные исследования, которые появились в научной литературе.

Организация занятий обязательно включает диалог со студентами по вопросам решения задач. Во время контроля выполнения заданий, предложенных для внеаудиторной самостоятельной работы, производится выступление студентов с вариантами решений.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из двух взаимосвязанных частей. Первая представляет собой освоение теоретического материала, вторая – приобретение практических навыков решения задач. Освоение теоретического материала производится по лекциям и указанной основной и дополнительной литературе. Решение задач, предложенных в качестве домашнего задания, позволяет студентам научиться решать типичные задачи, возникающие при работе с электрофизическими установками.

Для решения воспитательных и учебных задач дисциплины используется 18 занятий в интерактивной форме (из РУПа).

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 03.04.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Электрофизика»

Автор: профессор кафедры ЭФ, д.ф.-м.н. Субботин Александр Николаевич

Рецензент(ы): профессор кафедры ЭФ д.ф.м.н. Горохов Василий Васильевич