

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

ИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНИКА В ЭЛЕКТРОФИЗИКЕ

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
<u>протокол № 2 от 03.02.2023г.</u>	<u>Ю.Б. Кудасов</u> <u>03.02.2023г.</u>

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/ КР	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
2	32	2	72	-	32	-	40	-	Зачет
3	32	2	72	-	32	-	13	-	Зачет
ИТОГО	64	4	144	-	64	-	53	-	Зач 27

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса «Импульсная техника в электрофизике» является ознакомление с разнообразными методами формирования высоковольтных электрических импульсов на нагрузке.

Особое внимание уделяется схемам формирования электрических импульсов.

Особое внимание уделяется методам расчетов статических электрических полей, влияние различных факторов на пробой газов, жидкостей и твердых диэлектриков в постоянных и переменных электрических полях. Рассматриваются свойства жидких, газообразных и твердых диэлектриков в электрическом поле.

Рассматриваются физические принципы и конструкционные особенности действующих электрофизических установок. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и университетскому курсу математики, теории поля, электродинамики сплошных сред, сильноточной релятивистской СВЧ – электроники. Необходимо иметь навыки обращения с чертежами и схемами электрических цепей, обладать прочными знаниями электродинамики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Импульсная техника в электрофизике», входит в обязательную часть первого блока дисциплин учебного плана, по направлению подготовки 03.04.01 «Приклад-ные математика и физика» по программе «Электрофизика».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Код и наименование общепрофессиональной	Код и наименование общепрофессиональной
ОПК-1 Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности	3-ОПК-1 Знать фундаментальные и прикладные основы, полученные в области физико-математических и естественных наук, знать методы анализа информации для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности. У-ОПК-1 Уметь использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности. В-ОПК-1 Владеть навыками обобщения, синтеза и анализа фундаментальных знаний, для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности, владеть научным мировоззрением
ОПК-2 Способен самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования анализа и обработки данных, компьютерные программы, средства их разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)	3-ОПК-2 Знать современные теоретические, в том числе математические и экспериментальные методы исследований для решения профессиональных задач. У-ОПК-2 Уметь самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования анализа и обработки данных, компьютерные программы, средства из разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики). В-ОПК-2 Владеть навыками проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок, работы на современной 10 экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре
ОПК-4 Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия	3-ОПК-4 Знать современные методы анализа и научного, технического, технологического и инновационного поиска, прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий. У-ОПК-4 Уметь выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, уметь прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия. В-ОПК-4 Владеть навыками использования

	современных методов анализа, обработки и формализации информации для осуществления научного, технического, технологического и инновационного поиска, а также прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий
--	--

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	-	53		
Семестр № 2-3								
1.	РАЗДЕЛ 1	1-16	32	32	-	53		
1.1.	Методы расчета электростатических полей.	1	2	2	-	3	УО	3
1.2.	Электрический ток в газах.	2	2	2	-	3	УО	3
1.3	Развитие газового разряда.	3	2	2		3	УО	3
1.4	Влияние различных факторов на пробой газов на постоянном и переменном напряжениях.	4	2	2		3	УО	3
1.5	Жидкие диэлектрики.	5	2	2	-	3	УО	3
1.6	Твердые диэлектрики.	6	2	2	-	3	УО	3
1.7	Высоковольтная изоляция и ее защита от высоковольтных пробоев.	7	2	2	-	3	УО	3
1.8	Генератор Кокрофта-Уолтона.	8	2	2	-	3	УО	3
1.9	Разряд емкости на индуктивную и омическую нагрузки. Разряд емкости на емкость.	9	2	2		3	УО	3
1.10	Умножение и трансформация напряжения.	10	2	2		3	УО	3
1.11	Линии передачи электромагнитной энергии	11	2	2		4	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	-	53		
1.12	Бегущие волны в линиях.	12	2	2	-	3	УО	3
1.13	Переходные процессы в линии.	13	3	2	-	3	УО	3
1.14	Разрядники высокого давления.	14	3	2	-	3	УО	3
1.15	Разрядники высокого давления.	15	2	2	-	4	УО	3
Рубежный контроль		15	ДЗ					5
Промежуточная аттестация			Зачет-16					0-50
Посещаемость								5
Итого:			32	32		53	зач	100

*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

Зач-зачет

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины/	Содержание
1.	РАЗДЕЛ 1	
1	1 Тема. Методы расчет электростатических полей.	Применение теоремы Гаусса.. Решение Уравнения Лапласа и Пуассона. Решение электростатических задач по методу Грина. Применение функций комплексного переменного для расчет плоско-параллельных электростатических полей, отображении заданной области на каноническую., интеграл Кристоффеля Шварца. Метод интегральных уравнений: метод Гринберга метод Хоу.

2	2 Тема. Электрический ток в газах. Ионизация и возбуждение при столкновении электронов молекулами.	Полное сечение молекул и средний пробег электрона. Ионизация при столкновении молекул и столкновении молекул и ионов. Фотоионизация. Термическая ионизация газа. Движение электронов в газах. Диффузия электронов и ионов. Формула Эйнштейна. Двухполярная диффузия.
3	3 Тема. Развитие газового разряда.	Опытные данные об электрической прочности газов. Статистическое распределение напряженности пробоя и его вероятность. Полуэмпирический подсчет величины пробивной напряженности электрического поля. Электрическая прочность вакуума. Законы подобия разрядов. Формула Пика.
4	4 Тема. Влияние различных факторов на пробой газов на постоянном и переменном напряжениях.	Пробой газа в резко неравномерных полях. Зависимость пробивного напряжения газа от его химического состава. Пробой газа в неравномерном поле при высоких частотах. Зависимость пробивного напряжения от частоты. Влияние механических примесей и влаги на разряд в газе. Влияние барьеров между электродами на пробивное напряжение в газе.
5	5 Тема. Жидкие диэлектрики.	Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении. Зависимость пробивного напряжения от температуры. Электрическая прочность нефтяного – трансформаторного изоляционного масла. Электрическая прочность масла. Пробой трансформаторного масла на импульсах. Скользящий разряд под маслом, барьеры и покрытия. Опытные данные об электрической прочности масла. Эксплуатация масла. Синтетические жидкие диэлектрики.
6	6 Тема. Твердые диэлектрики.	Электропроводность, диэлектрическая проницаемость и потери в диэлектриках. Электрический пробой твердых диэлектриков на постоянном и переменном напряжениях в равномерном поле. Пробой твердых диэлектриков в неравномерном поле. Пробой неоднородных диэлектриков на постоянном и переменном напряжениях. Пробой диэлектриков на импульсах. Неполный пробой твердых диэлектриков. Последовательный пробой. Зависимость электрической прочности диэлектриков от химического состава. Влияние механической нагрузки на пробивное напряжение твердого диэлектрика. Объяснение электрического пробоя на основе представлений классической физики. Теория ударной ионизации в твердых диэлектриках. Квантовые теории пробоя. Разряд по поверхности диэлектрика в вакууме. Тройная точка. Неорганическая изоляция. Органическая изоляция..
7	7 Тема. Высоковольтная изоляция и ее защита от высоковольтных пробоев.	Вакуумная высоковольтная изоляция. Электрическая прочность вакуумных промежутков. Поверхностная изоляция в вакууме. Вакуумная и масляная изоляция в генераторах высокого напряжения.
8	8 Тема. Генератор Кокрофта Уолтона.	Основные процессы в схеме каскадного генератора емкостной связью каскадов. Каскадный генератор емкостной связью в режиме холостого хода. Каскадный генератор с емкостной связью в режиме стационарной

		нагрузки. Расчет каскадных генераторов с емкостной связью при проектировании
9	9 Тема Разряд емкости на индуктивную и омическую нагрузки.	Разряд емкости на емкость.
10	10 Тема. Умножение напряжения трансформации Генератор Аркадьева-Маркса	LC-генератор с переполяризацией напряжения. Трансформатор Гесла. Трансформатор на отрезках кабельных линий Спиральный генератор
11	11 Тема. Линии передачи электромагнитной энергии	Параметры линий. Типы линий. Изолированная линия Экранированная линия. Коаксиальная линия. Полосковая линия, Радиальная линия.
12	12 Тема Бегущие волны в линиях.	Бегущие волны в линии без потерь. Электромагнитное поле бегущих волн. Бегущие волны в линии с потерями. Двойная формирующая линия.
13	13 Тема. Переходные процессы в линиях. Включение постоянного напряжения в разомкнутую линию.	Включение постоянного напряжения в короткозамкнутую линию. Включение постоянного напряжения в нагруженную линию. Разряд линии через сопротивление. Разряд через согласованное сопротивление. Ступенчатые линии
14	14 Тема Разрядники высокого давления. Двухэлектродные разрядники. Трехэлектродные разрядники.	Тригатроны. Разрядники с ультрафиолетовым запуском Разрядники с лазерным запуском и запуском пучком электронов.
15	15 Тема Разрядники высокого давления. Вакуумные разрядники.	Импульсные водородные тиратроны. Псевдоискровые разрядники. Разрядники с пробоем твердого диэлектрика Разрядники с пробоем по поверхности твердого диэлектрика Жидкостные коммутаторы.

Практические/семинарские занятия

- 1 Тема. Решение Уравнения Лапласа и Пуассона в декартовых, цилиндрических и сферических координатах.
- 2 Тема.. Решение электростатических задач по методу Грина. Метод Хоу
- 3 Тема. Возникновение заряда в газах и жидкостях.
- 4 Тема. Законы подобия.
- 5 Тема. Приведение задачи о переходном процессе к решению дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами.
- 6 Тема. Расчет ГИ на по схеме Маркса для заданных параметров электрического импульса на нагрузке.
- 7 Тема. Расчет волнового сопротивления однородных электрических линий различной конфигурации.

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 2-3				
Раздел 1	Решение Уравнения Лапласа и Пуассона в декартовых, цилиндрических и сферических координатах.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-1
	Решение электростатических задач по методу Грина. Метод Хоу		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-2
	Возникновение заряда в газах и жидкостях.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-3
	Законы подобия.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-5
	Приведение задачи о переходном процессе к решению дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-7
	Расчет ГИна по схеме Маркса для заданных параметров электрического импульса на нагрузке.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-9
	Расчет волнового сопротивления однородных электрических линий различной конфигурации.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-11
	Определение характеристик электрического импульса отраженного от нагрузки включающей в себя реактивные элементы.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	УО-13-14
Рубежный контроль		ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	ДЗ-15
Промежуточная аттестация		ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ОПК-2; У-ОПК-2; В-ОПК-2 3-ОПК-4; У-ОПК-4; В-ОПК-4	Зачет-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) и устного опроса (УО)

1. Окружность радиуса R делит плоскость на две области: внутреннюю и внешнюю. Внутренняя область имеет однородный потенциал φ_0 , а внешняя поддерживается при нулевом потенциале. Используя разложение по полиномам Лежандра, определить потенциал φ электрического поля в каждой точке полупространства над указанной плоскостью. В рассматриваемой области заряды отсутствуют.

Ответ:
$$\varphi = \varphi_0 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (2k)! (4k+3)}{2^{2k+1} \cdot k! (k+1)!} \left(\frac{R}{r}\right)^{2k+2} P_{2k+1}(\cos \theta)$$

2 Собственная емкость каждого проводника равна C_1 , а другого C_2 . Они находятся на большом расстоянии друг от друга и имеют потенциалы U_1 и U_2 . Найти силу отталкивания между ними

Ответ:
$$F = \frac{C_1 C_2 (4\pi\epsilon_0 r U_1 - C_2 U_2)(4\pi\epsilon_0 r U_2 - C_1 U_1)}{4\pi\epsilon_0 (16\pi^2 \epsilon_0^2 r^2 - C_1 C_2)^2}$$

3. Методом изображений найти распределение потенциала между металлическими пластинами, имеющими длину l и бесконечную длину в направлении перпендикулярном плоскости рисунка. Расстояние между пластинами d , заряд q расположен на расстоянии a от верхней пластины.

4. Вычислить распределение потенциала и объемного заряда для сферического диода с бесконечной эмиссионной способностью катода. Радиус катода b , который является внешним по отношению к аноду. Радиус анода a . Диодная разность потенциалов U_0 .

5. Точечный заряд q , помещенный на оси тонкого заземленного проводящего кольца радиуса a на расстоянии b от его центра, индуцирует на кольце заряд $-Q$. Найти емкость кольца.

Ответ:
$$C = 4\pi\epsilon_0 q^{-1} Q (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}.$$

6. Конденсатор образован двумя прямоугольными параллельными проводящими пластинами, шириной b , и площадью A они расположены на расстоянии d друг от друга. Между пластинами параллельно им помещена плитка из диэлектрика относительной проницаемости ϵ толщиной t , площадь которой равна площади пластины. Эта плитка выдвинута из конденсатора, так, что между пластинами остается только часть её, имеющая длину x . Найти силу действующую на плитку, если заряд конденсатора Q . Краевыми эффектами пренебречь.

Ответ:
$$F = \frac{Q^2 d b t' (d - t')}{2\epsilon_0 [A(d - t') + x b t']^2}, \text{ где } t' = t \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

8). Из однородной проволоки изготовлен каркас, имеющий форму призмы с $2n$ гранями. Основания призмы имеют вид правильного многоугольника с $2n$ сторонами, каждая из которых имеет сопротивление r . Сопротивление каждого из ребер призмы равно R . Найти сопротивление между двумя противоположными вершинами.

$$R_{11} = \frac{nr}{4} + \frac{R t h \theta}{2 t h n \theta}, \text{ где } \operatorname{sh}^2 \theta = \frac{1}{2} \frac{r}{R}$$

9 Найти мощность, передаваемую в тепло в неизотермической плазме газового разряда при максвеловском распределении электронов по скоростям

Ответ $P = 8 \left(\frac{2m_e k^3 T_e^3}{\pi} \right) \frac{n_e}{\lambda_e m_a}$

10 Найти усредненную за период мощность потерь в расчете на один электрон, движущийся в переменном электрическом поле. Учесть столкновения электронов с нейтральными атомами, считая, что частота столкновений не зависит от скорости.

Ответ: $\bar{P} = \frac{e^2 n v_{ea}}{2m_e} \frac{E_0^2}{\omega^2 + \nu_{ea}^2}$

11 Получить выражение для вольт-амперной характеристики несамостоятельного газового разряда в азоте в стационарном режиме, при условии, что электроны в разряде рождаются в процессе ионизации электронным ударом (α - скорость ионизации), а гибель в результате диссоциативной рекомбинации (β - коэффициент диссоциативной рекомбинации). Считать, что в начальный момент времени концентрация электронов равна нулю, а электрическое поле в межэлектродном промежутке однородно. Длина свободного пробега электронов λ_0 . Площадь электродов S , длина межэлектродного промежутка d

Ответ: При постоянной концентрации $I = enbES = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} ebUS \frac{1}{d}$

12. Найти параметр подобия разряда в диффузионном режиме, выражающийся через разрядный ток.

Ответ: $\frac{I}{R} - const$

5.2.2. Примерные задания к устному опросу (УО)

1. Использование теоремы Гаусса для нахождения электростатических полей
2. Решение электростатических задач по методу Грина
3. Расчет электростатических полей по методу Хоу.
4. Интеграл Кристоффеля-Шварца
5. Элементарные процессы при столкновении электронов с молекулами
6. Диффузия электронов и ионов. Формула Эйнштейна. Двухполярная диффузия
7. Полуэмпирический подсчет величины пробивной напряженности электрического поля.
8. Электрическая прочность вакуума. Законы подобия
9. Пробой газа в неравномерном поле при высоких частотах
10. Влияние барьеров между электродами на пробивное напряжение в газе
11. Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении
12. Электрическая прочность нефтяного – трансформаторного изоляционного масла.
13. Пробой трансформаторного масла на импульсах. Скользящий разряд под маслом, барьеры и покрытия.
14. Синтетические жидкие диэлектрики
15. Электрический пробой твердых диэлектриков на постоянном и переменном напряжениях в равномерном поле
16. Зависимость электрической прочности диэлектриков от химического состава.
17. Влияние механической нагрузки на пробивное напряжение твердого диэлектрика.
18. Квантовые теории пробоя.
19. Разряд по поверхности диэлектрика в вакууме
20. Тройная точка
21. Вакуумная высоковольтная изоляция

22. Поверхностная изоляция в вакууме
23. Вакуумная и масляная изоляция в генераторах высокого напряжения. LC-генератор с переполаризацией напряжения
24. Трансформатор на отрезках кабельных линий

5.2.3. Примерные вопросы к Зачету (Зач)

1. Одиночная формирующая линия.
2. Трансформатор на отрезках кабел
3. Спиральный генератор
4. Разряд емкости на индуктивную и омическую нагрузки
5. Генератор Кокрофта-Уолтона
6. Газовая изоляция
7. Коммутаторы. Типы и характеристики
8. Каскадный генератор с емкостной связью в режиме холостого хода
9. Инверторы импульсов
10. Ступенчатые линии
11. Интеграл Кристоффеля-Шварца
12. Элементарные процессы при столкновении электронов с молекулами
13. Электрическая прочность вакуума. Законы подобия
14. Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении
15. Электрический пробой твердых диэлектриков на постоянном и переменном напряжениях в равномерном поле
16. Влияние механической нагрузки на пробивное напряжение твердого диэлектрика
17. Разряд по поверхности диэлектрика в вакууме
18. Вакуумная высоковольтная изоляция
19. Вакуумная и масляная изоляция в генераторах высокого напряжения
20. Разряд емкости на емкость
21. Трансформатор тесла
22. Трансформатор на отрезках кабельных линий
23. Бегущие волны в линии без потерь
24. Электромагнитное поле бегущих волн.
25. Двойная формирующая линия
26. Тригатроны
27. Вакуумные разрядники
28. Разрядники с пробоем твердого диэлектрика
29. Разрядники с пробоем по поверхности твердого диэлектрика
30. Включение постоянного напряжения в разомкнутую линию.
31. Включение постоянного напряжения в короткозамкнутую линию
32. Включение постоянного напряжения в нагруженную линию
33. Разряд через согласованное сопротивление
34. Ступенчатые линии

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	Разряд конденсаторной батареи в цепи содержащей индуктивность и омическое сопротивление	Заданы параметры элементов цепи. Определить режимы работы цепи. Найти амплитудно-временные характеристики электротехнических параметров на всех элементах контура и представить их графическое изображение	Оценка активности участия студента. Презентация результатов деятельности студентов
2	Определение электрических полей созданных двойным электрическим слоем	Нахождение электрических полей наведенных двойным электрическим слоем в простейших геометрических конфигурациях	
3	Расчет электрических полей методом Хоу	Вычисление емкости цилиндрического провода, протянутого над бесконечной проводящей плоскостью	
4	Определение пондеромоторных сил с использованием тензора напряжений	Задан закон распределения потенциала. Найти силы действующие на проводники и диэлектрики.	
5	Линии с распределенными параметрами	Задан характеристики линии. Найти постоянную распространения, волновое сопротивление, коэффициент отражения,	
6	Переходные процессы в однородных линиях	Задан характеристики линии. Найти распределение потенциалов в линиях 1) При включении постоянного напряжения в разомкнутую линию. 2) Включение постоянного напряжения в нагруженную линию 3) Включение постоянного напряжения в закороченную линию.	
7	Генератор Маркса	Выбор характеристик элементов генератора необходимых для формирования импульсов высокого напряжения с заданными характеристиками	
8	Двойная формирующая линия	Нахождение геометрических размеров линии, предназначенной для формирования на нагрузке импульсов с заданными характеристиками.	

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. Воробьев А.А. Техника высоких напряжений. Москва Государственное энергетическое издательство, 1945
2. Стефанов К.С. Техника высоких напряжений «Энергия» Ленинградское отделение 1967
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М. Гардинаки 2006
4. Миролюбов Н.Н., Костенко М.В., Левинштейн М.Л., Тиходеев Н.Н. Методы расчета электростатических полей 1963
5. Калашников А.М., Степук Я.В. Колебательные системы Военное издательство министерства обороны СССР М 1972
6. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника м Наука 2004

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Миллер Р. Введение в физику сильнооточных пучков заряженных частиц М «Мир» 1984
2. Физика и техника высоких плотностей электромагнитной энергии ред. Селемира В.Д., С Пляшкевича Л.Н. Саров 2003
3. Исследования по физике плазмы под ред. Селемира В.Д., Дубинова А.Е. Министерство Российской Федерации по атомной энергии Саров, 1998
4. Физика и техника импульсных источников ионизирующих излучений для исследования быстротекущих процессов под ред. Макеева Н.Г. Министерство Российской Федерации по атомной энергии Саров, 1996
5. Мегагаусная и мегаамперная импульсная технология и применения Труды Седьмой международной конференции по генерации мегагаусных магнитных полей и родственными экспериментам под ред. Чернышова В.К., Селемира В.Д., Л. Н. Пляшкевича Саров 1997.:
6. Исследования по физике газового разряда под ред. Селемира В.Д., Дубинова А.Е. Саров 2003

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 LMTO расчетов MindLab 5.0, LMTART), интернет-ресурсы среда Maple, MatLab, базы данных aps.org, Elsevier.

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, проводимые на мощных электрофизических установках, а также новые работы по численному моделированию этих экспериментов, 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 36 занятий в интерактивной форме (из РУПа).

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

Автор: преподаватель кафедры ЭФ, Птицын Борис Глебович

Рецензент(ы): преподаватель кафедры ЭФ, Малышев Анатолий Юрьевич