

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет имени И.Н. Ульянова»




Е.Н. Кадышев

15  2022 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по научной специальности
2.4.4. Электротехнология и электрофизика

Программу составил(и):

Кандидат технических наук, доцент Д.Г. Михадаров

Программа рассмотрена и одобрена:
на заседании кафедры 29 марта 2022 г., протокол № 9

заведующий кафедрой А.Г. Калинин

Согласовано:

Начальник отдела подготовки и
повышения квалификации
научно-педагогических кадров С.Б. Харитонова

1. Содержание кандидатского экзамена.

№ п/п	Наименование раздела	Содержание
Раздел 1. Электрофизика		
1.	Тема 1. Основы электродинамики	<p>Электростатика. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Проводники в электрическом поле. Работа электрических сил, потенциал электрического поля. Уравнение Пуассона и Лапласа. Потенциал объемных и поверхностных зарядов. Двойной электрический слой. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электрического поля. Пондермоторные силы.</p> <p>Диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Свободные и связанные заряды. Уравнение электрического поля в произвольной среде. Пондермоторные силы в диэлектриках. Энергия электрического поля в диэлектриках. Тензор напряжений электрического поля. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.</p> <p>Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов. Сила Лоренца. Векторный потенциал магнитного поля. Уравнения магнитного поля. Потенциальные и соленоидальные магнитные поля. Граничные условия в магнитном поле токов. Пондермоторные силы в магнитном поле. Взаимная индукция и самоиндукция линейных проводников.</p> <p>Магнитное поле в веществе. Намагниченность магнитов. Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Механизмы намагничивания магнетиков. Теорема Лармора. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.</p> <p>Электромагнитное поле в неподвижной среде. Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла. Теорема Пойнтинга. Уравнение для потенциалов электромагнитного поля. Решение волнового уравнения. Запаздывающие и опережающие потенциалы. Скорость распространения электромагнитных возмущений.</p> <p>Квазистационарное электромагнитное поле. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Скин-эффект.</p> <p>Распространение электромагнитного поля в волноводах. Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия.</p> <p>Электромагнитные колебания в полых резонаторах.</p> <p>Излучение заряженных частиц. Условия излучения в неограниченном пространстве. Поле излучения системы зарядов. Волновая зона. Дипольное излучение осциллятора. Излучение релятивистской частицы. Магнитотормозное излучение. Переходное излучение. Черенковское излучение электромагнитных волн в среде. Спонтанное и индуцированное излучение. Вынужденное комбинационное рассеяние.</p> <p>Численные методы решения краевых задач электродинамики. Метод конечных разностей. Быстрое преобразование Фурье, методы прогонки и циклической редукции. Метод конечных элементов. Вариационные разностные методы. Функция Грина. Метод конечных элементов.</p>
2.	Тема 2. Основы теории	Линейные цепи. Методы расчета линейных

	электрических цепей	<p>электрических цепей в стационарном режиме. Уравнения Кирхгофа. Метод комплексных амплитуд. Метод контурных токов. Метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора. Цепи с зависимыми источниками. Цепи с взаимными индуктивностями. Методы расчета линейных цепей в нестационарных режимах. Классический метод. Операторный метод (преобразование Лапласа). Метод переменных состояний. Спектральный метод (преобразование Фурье). Интеграл Дюамеля. Цепные схемы, передаточные функции. Обратная связь, электрические фильтры. Цепи с распределенными параметрами. Длинные линии. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в стационарном режиме. Падающие и отраженные волны. Распределение токов и напряжений в линии. Входное сопротивление линии. Согласование длинных линий.</p> <p>Решение телеграфных уравнений в нестационарном режиме. Переходные процессы при коммутации предварительно заряженных линий.</p> <p>Синтез линейных электрических цепей. Синтез пассивных двухполюсников. Свойства входных функций пассивных двухполюсников. Положительные вещественные функции. Критерии физической реализуемости. Алгоритм Кауэра. Алгоритм Фостера.</p> <p>Элементы синтеза четырехполюсника. Синтез четырехполюсников по трем заданным Z- или Y-параметрам, по передаточной функции в виде Г-образного звена из rC- или rL-элементов. Синтез неравновешенных четырехполюсников в виде каскадного соединения.</p> <p>Нелинейные цепи. Методы расчета нелинейных цепей постоянного тока. Метод условной линеаризации. Графические методы – лестничная структура, схемы с двумя узлами. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Трансформатор с ферромагнитным сердечником. Цепи с ферромагнетиками. Феррорезонанс.</p> <p>Методы расчета нелинейных цепей в нестационарном режиме. Метод интегрируемой аппроксимации. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Метод медленно меняющихся амплитуд. Метод малого параметра. Метод интегральных уравнений. Вариационные методы. Цепи с инерционными элементами, параметрические цепи.</p>
3.	Тема 3. Строение вещества	<p>Газы. Основы кинетической теории газов. Давление газа, уравнение состояния идеального газа. Распространение звуковых волн в идеальном газе. Ударные волны в идеальном газе. Эффективное сечение и средняя длина свободного пробега. Процессы переноса.</p> <p>Плазма. Основные понятия. Кинетическая теория плазмы, распределение частиц по скоростям, эффективные сечения и частоты столкновений. Механизмы ионизации и рекомбинации в плазме. Термическая ионизация, уравнение Саха. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Испускание и поглощение фотонов. Диффузия и дрейф частиц. Амбиполярная диффузия. Соотношение между подвижностью и коэффициентами диффузии.</p>

		<p>Проводимость низкотемпературной плазмы. Проводимость полностью ионизированного газа (формула Спитцера). Образование непрерывного спектра в плазме. Свободно-свободные и свободно-связанные переходы в нагретом ионизированном газе.</p> <p>Системы и методы плазменной энергетики. Плазменный пиролиз органических веществ. Плазменные системы переработки токсичных отходов. Генераторы низкотемпературной плазмы (плазмотроны), физические основы и техническая реализация.</p> <p>Жидкости. Макроскопические свойства жидкостей. Силы взаимодействия молекул. Явление переноса в жидкостях.</p> <p>Твердые тела. Кристаллическая решетка. Силы связи в решетке. Электронный газ, модель потенциальной ямы Шоттки. Зонная модель. Проводники, полупроводники, диэлектрики. Работа выхода. Явление сверхпроводимости.</p>
4.	Тема 4. Вещество в сильном электромагнитном поле	<p>Эмиссия заряженных частиц с поверхности вещества. Эмиссия электронов из твердого тела твердого тела. Термоэмиссия, автоэлектронная эмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия, взрывная эмиссия, ионная эмиссия.</p> <p>Газовый разряд. Формы разряда в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Лавинный разряд. Закон Пашена. Стримерная форма разряда, переход от стримера к канальной форме разряда. Коронный и тлеющий разряды. Дуговой разряд. Изоляционные свойства газовых диэлектриков. Сильноточный газовый разряд в плотных средах. Прохождение тока через жидкость. Проводимость электролитов. Топливные элементы. Технический электролиз. Проводимость жидких изоляторов. Диэлектрические потери. Электрическая прочность и пробой жидких диэлектриков. Ударные волны, генерируемые в конденсированной среде. Разряд в жидкостях.</p> <p>Проводники, твердые диэлектрики, полупроводники в сильных полях. Проводимость. Криопроводимость. Сверхпроводимость. Эффект Холла. Термоэлектричество. Электрический взрыв проводников. Диэлектрические потери, электрическая прочность, пробой в твердом диэлектрике. Поверхностный разряд. Механическая прочность диэлектриков в сверхсильных магнитных полях. Магнитные материалы. Сверхпроводимость в постоянных и высокочастотных полях. Эффект Месснера. Остаточное сопротивление.</p>
5.	Тема 5. Накопление и коммутация энергии больших мощностей	<p>Пространственно-временная концентрация энергии. Способы накопления энергии и типы накопителей. Характеристики накопителей энергии, сравнительные характеристики различных типов накопителей. Максимальная плотность энергии у различных типов накопителей, физические ограничения на плотность энергии в накопителях. Способы передачи энергии от накопителей к нагрузке, оптимизация процесса передачи энергии. Согласование энергии различных видов. Емкостные накопители энергии. Емкостные накопители энергии на основе малоиндуктивных импульсных</p>

		<p>конденсаторов. Принципы построения генераторов импульсных напряжений и генераторов импульсных токов. Классификация емкостных накопителей энергии. Защита конденсаторных батарей на высокую энергию. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на основе конденсаторов (вакуумные, газовые, жидкостные разрядники, разрядные колонны). Схемы поджига и синхронизации разрядников. Особенности работы коммутаторов в генераторах импульсных напряжений и генераторах импульсных токов.</p> <p>Методы формирования импульсов с помощью емкостных накопителей энергии. Емкостные накопители на линиях с распределенными параметрами. Первичные и промежуточные емкостные накопители энергии. Особенности работы емкостных накопителей энергии на линиях с распределенными параметрами в режиме заряда (хранения) и разряда. Оптимизация по напряжению и мощности накопителей энергии на линиях коаксиального типа с распределенными параметрами. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на линиях с распределенными параметрами различных типов (газовые, жидкостные и твердотельные разрядники, разрядники V/N-типа, рельсовые разрядники). Особенности работы коммутаторов накопителей на линиях, конструкции коммутаторов. Методы обеспечения режима многоканальной коммутации.</p>
6.	Тема 6. Физика сильноточных пучков заряженных частиц	<p>Распространение сильноточных пучков в вакууме. Предельный ток, ограниченный пространственным зарядом. Предельный ток Альвена. Формирование виртуального катода. Нейтрализованный, самосфокусированный пучок. E-слой. Магнитная изоляция в диодах и линиях передач. Распространение сильноточных пучков в плазме и газе. Электромагнитные поля, возбуждаемые пучком при инъекции. Равновесное состояние пучка в плазме. Нестационарная ионизация при инъекции пучка в газах. Токовая нейтрализация пучка.</p> <p>Генерация сильноточных электронных и ионных пучков. Взрывная эмиссия в сильноточном диоде. Плоский диод в режиме Богуславског-Ленгмюра. Парapotенциальный поток в плоском диоде. Коаксиальный диод с магнитной изоляцией. Сильноточные ионные диоды – диод с магнитной изоляцией, рефлексный диод, пинч-рефлексный диод.</p> <p>Волны и неустойчивости в сильных пучках заряженных частиц. Волны в холодной стационарной плазме. Продольные волны в холодной дрейфующей плазме. Собственные волны в сильноточных пучках. Волны пространственного заряда в замагниченном пучке. Электростатическая и электродинамическая неустойчивости волн пространственного заряда. Циклотронный резонанс. Неустойчивости в многокомпонентной системе.</p>
7.	Тема 7. Физика и техника устройств на основе низкотемпературной плазмы	<p>Особенности физических процессов в низкотемпературной плазме. Плазмохимические, металлургические и другие устройства на основе совместного применения мощных</p>

		электрических дуговых разрядов и электромагнитных полей. Физика приэлектродных процессов в силовых дуговых разрядах.
8.	Тема 8. Компьютерные технологии	Компьютер как инструмент научной работы. Математическое моделирование с применением компьютерных технологий. Возможности пакетов математических вычислительных программ для решения прикладных задач.
	Раздел 2. Электротехнология	
9.	Тема 9. Научно-технические основы электротехнологий	Современные проблемы использования электрической энергии для технологических процессов. Основные виды продукции с предпочтительным производством на электротехнологических установках. Классификация электротехнологических установок. Электротехнологические установки с тепловым процессом формирования требуемого качества продукции. Основные методы преобразования электрической энергии в тепловую, их эффективность и распространенность в современных технологических процессах. Основные законы подобия и моделирования процессов в электротермических установках. Использование физического, математического и численного моделирования для решения задач электрического нагрева и его оптимизации. Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов. Географические, экономические и экологические аспекты использования электротехнологий.
10.	Тема 10. Физические принципы и техническая реализация современных электротехнологических установок	Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику. Сопротивление проводника. Особенности тепловыделения в сопротивлении. Основные законы теплопередачи от элемента сопротивления к объекту нагрева. Влияние геометрии рабочего пространства и третьих тел на теплопередачу. Основные методы расчета стационарных и нестационарных тепловых полей. Решение тепловых задач с внутренними источниками тепла. Электрические печи сопротивления. Основные виды и конструкции электрических цепей сопротивления Печи с нагревательными элементами, прямого действия, электродно-соляная ванна, печь электрошлакового переплава. Тепловой расчет печей периодического действия. Тепловой расчет печей методического действия. Расчет нагревателей среднетемпературных и высокотемпературных печей. Особенности конструкции нагревателей с теплоотдачей преимущественно излучением. Особенности теплового расчета электрических печей с принудительной циркуляцией атмосферы. Расчет электрических нагревателей с преимущественно конвективной теплоотдачей. Методы измерения и регулирования температур в электрических печах. Электрический дуговой разряд как источник тепла.

		<p>Параметры электрической дуги высокого и низкого давления. Влияние внешней среды на процессы тепло- и массопереноса и процесс преобразования энергии в электрических дугах. Приэлектродные процессы в электрических дугах. Коронный, барьерный, тлеющий разряды. Методы расчета электрических цепей с дугowymi разрядами в контуре цепи. Вольтамперная характеристика электрической дуги постоянного и переменного тока. Устойчивость системы с дугowym разрядом. Устойчивость дугowego разряда при наличии возмущений. Влияние материала электродов и среды на устойчивость дугowego разряда.</p> <p>Плазма и ее разновидности. Особенности использования холодной плазмы в электротехнологических установках.</p> <p>Дуговые (в том числе руднотермические и плазменнодуговые) печи прямого и косвенного действия. Особенности теплообразования и теплопередачи в дуговых печах. Технологические процессы выплавки стали в дуговых печах. Расчет электрических процессов в дуговой печи. Тепловой расчет и энергетический баланс процессов в дуговой печи. Источники питания и электрооборудование дуговой печи. Расчет и проектирование коротких сетей. Дуговая печь как нагрузка электрической сети. Современные тенденции в развитии систем электропитания и повышении эффективности тепловых процессов в дуговых печах.</p> <p>Особенности тепловых процессов в рудовосстановительных печах. Область применения, классификация и типы рудовосстановительных печей. Источники питания, электрооборудование, методы электрического расчета энергетического баланса печей. Перспективные направления совершенствования тепловых и энергетических процессов в технологиях рудовосстановительных печей.</p> <p>Дуговые вакуумные печи. Особенности технологических процессов плавки в вакуумных печах. Гарнисажные дуговые вакуумные печи.</p> <p>Перенос и преобразование энергии в электромагнитном поле. Плоская волна, скин-эффект. Процесс взаимодействия электромагнитного поля с металлом. Электромагнитные явления в металлах с постоянной магнитной проницаемостью. Принцип индукционного нагрева. Методы расчета систем «индуктор – металл». Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности системы «индуктор – металл» Электродинамические процессы в ферромагнитных телах. Источники питания индукционных установок. Механические усилия в электродинамических системах. Взаимодействия электромагнитного поля с плазмой и расплавленным металлом.</p> <p>Канальные и тигельные печи индукционного нагрева.</p>
--	--	---

		<p>Физические основы индукционного нагрева. Индукционные плавильные тигельные печи. Расчет основных параметров тигельной печи. Магнитогидродинамические процессы в ванне печи. Энергетический баланс установки. Источники питания и электрооборудование тигельных печей. Особенности расчета индукционных печей. Энергетический баланс канальной печи. Электродинамические явления в каналах печей. Установки индукционного нагрева на средних и высоких частотах. Установки сквозного нагрева. Выбор основных параметров установок сквозного нагрева. Источники питания и электрооборудование на средних частотах. Индукционная поверхностная закалка. Выбор основных параметров установок индукционной закалки. Ламповые генераторы. Режимы работы ламповых генераторов. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Установки зонной плавки.</p> <p>Электронно-лучевая высоковакуумная печь для переплава особо чистой стали и тугоплавких материалов Мощные электронные пушки. Характеристики оптической системы электронных пушек. Электронные установки зонной очистки металлов и выращивание монокристаллов. Электронные испарительные установки. Тепловой расчет и энергетические характеристики электронно-лучевых установок.</p>
11.	Тема 12. Процессы и установки для сварки и улучшения свойств материалов	<p>Электродуговая сварка. Особенности формирования сварочных дуг. Источники питания сварочных дуг. Плазменнодуговая сварка и резка металлов. Физические основы плазменной сварки и резки металлов. Контактная сварка. Физические основы электрической контактной сварки. Стыковая сварка. Точечная сварка. Шовная сварка. Электрооборудование установок контактной сварки. Плазменная техника и технология. Основные типы и классификация плазмотронов атмосферного давления. Основные виды плазменных технологий (резка, плавка, сварка, напыление, плазмохимия, нанопорошки). Плазменно-ионные технологии и устройства (травление, очистка, нанесение покрытий, полировка). Приэлектродные явления и теплообмен в электродных пятнах, условия устойчивости горения электрических дуг. Математическое моделирование и расчет плазмы, плазмотронов и плазменных технологий (уравнение энергии и движения, электромагнитные задачи). Электроэрозионные и анодно-механические методы обработки металлов. Электроэрозионная обработка металлов. Параметры импульсных разрядов. Основные операции, выполняемые электроэрозионным методом. Импульсные генераторы для электроэрозионной обработки. Анодно-механическая обработка металлов. Основы анодно-механической обработки.</p>

		<p>Разновидности анодно-механической обработки. Электрогидравлические и магнитно-импульсные методы обработки. Установки для электрогидравлической обработки. Физические процессы, происходящие при высоковольтном электрическом разряде в жидкости. Генераторы импульсов тока. Технологическое использование электрического разряда в жидкости.</p> <p>Магнитноимпульсная обработка металлов. Физические основы магнитноимпульсной обработки металлов. Элементы оборудования установок магнитноимпульсной обработки. Характеристики операции магнитноимпульсной обработки.</p> <p>Промышленные лазеры. Физические основы лазерной техники. Принцип действия и характеристики газовых лазеров, лазерные технологии.</p> <p>Ультразвуковые установки и методы сварки, очистки и интенсификации технологических процессов.</p>
12.	Тема 13. Электротехнологические процессы в экологии	<p>Перспективы использования электротехнологических процессов для улучшения окружающей среды. Состояние и темпы загрязненности воздушной и водной среды промышленными и бытовыми отходами. Основные электрофизические и электротехнологические методы очистки окружающей среды. Очистка воздушной и водной среды посредством озона. Основные электрофизические методы получения озона. Плазмохимические методы нейтрализации и разложения токсичных газов. Методы деструкции радиоактивных отходов.</p>
13.	Тема 14. Источники электропитания электротехнологических установок	<p>Источники питания электротехнологических установок с первичной энергией в виде электросети промышленной частоты. Источники питания для дуговых и руднотермических печей, выбор печных трансформаторов, методы регулирования мощности в печах. Системы управления режимом работы источника питания.</p> <p>Источники питания постоянного тока для электротехнологических установок. Основные схемы выпрямления, регулирования тока и напряжения источников питания. Формирования падающих вольтамперных характеристик источников. Условия совместимости источников питания с первичной сетью.</p> <p>Источники питания звуковой и ультразвуковой частот для установок индукционного нагрева. Особенности построения схем инвертирования тока и выбор элементной базы для полупроводниковых источников питания печей индукционного нагрева. Ламповые генераторы. Основные схемы генерации и регулирования мощности. Генераторные триоды, параметры ламповых генераторов.</p> <p>Магнетронные источники питания сверхвысокой частоты для целей нагрева.</p>
14.	Тема 15. Автоматическое	Принципы и задачи автоматического управления

	<p>управление электротехнологическими процессами</p>	<p>электротехнологическими установками. Импульсные и непрерывные методы регулирования режимами электротехнологических установок. Программное управление. Понятие о самонастраивающихся системах управления.</p> <p>Автоматическое управление электропечами сопротивления. Позиционные регуляторы температуры. Динамика систем непрерывного регулирования температуры. Расчет и настройка регуляторов температуры. Современные типовые регуляторы температуры.</p> <p>Автоматическое управление индукционными электротехнологическими установками. Управление плавильными установками промышленной частоты. Принцип управления индукционными установками на средних частотах. Управление высокочастотными установками с ламповыми генераторами.</p> <p>Автоматическое управление режимами дуговых сталеплавильных печей. Сталеплавильная печь как объект регулирования. Задачи управления.</p> <p>Промышленные регуляторы дуговых сталеплавильных печей. Системы комплексного управления дуговыми печами с применением ЭВМ. Автоматическое регулирование рудовосстановительных печей.</p> <p>Автоматическое управление вакуумными дуговыми печами. Требования к автоматической системе ведения плавки. Автоматические регуляторы длины дуги и мощности нагревателя печи.</p> <p>Автоматическое управление электрошлаковыми печами. Режимы работы электрошлаковой печи и выбор параметров регулирования.</p> <p>Автоматическое управление плазменными, электронно-лучевыми и лазерными установками.</p>
15.	<p>Тема 16. Особенности математического моделирования электротехнологических процессов</p>	<p>Структура и физический смысл основных уравнений, описывающих электротехнологические и электрофизические процессы (уравнения стационарной и нестационарной теплопроводности, баланса энергии, движения и неразрывности). Уравнения электромагнитного поля (Максвелла, цепные задачи). Плоские и цилиндрические задачи, граничные и начальные условия. Нелинейный характер уравнений и итерационный метод их решения. Элементы вычислительной математики: метод конечных элементов, конечных разностей, контрольного объема. Аппроксимирующие функции. Конструирование дискретного аналога уравнений. Обеспечение устойчивости и сходимости решения. Метод прямой и обратной прогонки.</p> <p>Специфика языков программирования. Системы автоматического проектирования в электротермии.</p>

2. Перечень вопросов к кандидатскому экзамену.

1. Уравнение Пуассона и Лапласа.
2. Потенциал объемных и поверхностных зарядов. Двойной электрический слой.
3. Энергия электрического поля в диэлектриках.
4. Магнитное поле постоянных токов. Сила Лоренца.
5. Теорема Лармора. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.
6. Уравнения Максвелла.
7. Квазистационарное электромагнитное поле.
8. Распространение электромагнитного поля в волноводах.
9. Электромагнитные колебания в полых резонаторах.
10. Излучение заряженных частиц. Волновая зона. Дипольное излучение осциллятора.
11. Излучение релятивистской частицы.
12. Спонтанное и индуцированное излучение.
13. Численные методы решения краевых задач электродинамики.
14. Методы расчета линейных электрических цепей в стационарном режиме.
15. Методы расчета линейных цепей в нестационарных режимах.
16. Цепи с распределенными параметрами.
17. Решение телеграфных уравнений в нестационарном режиме.
18. Синтез линейных электрических цепей.
19. Элементы синтеза четырехполюсника/
20. Методы расчета нелинейных цепей постоянного тока. Метод условной линеаризации.
21. Методы расчета нелинейных цепей в нестационарном режиме.
22. Давление газа, уравнение состояния идеального газа.
23. Плазма. Основные понятия. Проводимость низкотемпературной плазмы.
24. Системы и методы плазменной энергетики.
25. Макроскопические свойства жидкостей. Силы взаимодействия молекул. Явление переноса в жидкостях.
26. Твердые тела. Кристаллическая решетка. Силы связи в решетке.
27. Эмиссия заряженных частиц с поверхности вещества. Термоэмиссия, автоэлектронная эмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия, взрывная эмиссия, ионная эмиссия.
28. Газовый разряд. Самостоятельный и несамостоятельный разряды.
29. Прохождение тока через жидкость. Разряд в жидкостях.
30. Проводники, твердые диэлектрики, полупроводники в сильных полях.
31. Механическая прочность диэлектриков в сверхсильных магнитных полях. Магнитные материалы.
32. Сверхпроводимость в постоянных и высокочастотных полях.
33. Способы накопления энергии и типы накопителей. Характеристики накопителей энергии/
34. Согласование энергии различных видов.
35. Принципы построения генераторов импульсных напряжений и генераторов импульсных токов.
36. Методы формирования импульсов с помощью емкостных накопителей энергии.
37. Первичные и промежуточные емкостные накопители энергии.
38. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на линиях с распределенными параметрами различных типов.
39. Распространение сильноточных пучков в вакууме.
40. Распространение сильноточных пучков в плазме и газе.
41. Генерация сильноточных электронных и ионных пучков.

42. Сильноточные ионные диоды.
43. Волны в холодной стационарной плазме.
44. Электростатическая и электродинамическая неустойчивости волн пространственного заряда.
45. Особенности физических процессов в низкотемпературной плазме.
46. Физика приэлектродных процессов в сильноточных дуговых разрядах.
47. Возможности пакетов математических вычислительных программ для решения прикладных задач.
48. Стационарная теплопередача, расчет тепловых потерь через плоскую многослойную стенку.
49. Стационарная теплопередача, расчет тепловых потерь через цилиндрическую многослойную стенку.
50. Расчет нагревательных элементов электрических печей сопротивления.
51. Последовательность расчета нагревательных элементов.
52. Компенсация реактивной мощности в индукционных установках. Расчет параметров конденсаторной батареи.
53. Выбор частоты тока при сквозном индукционном нагреве. Двухчастотный нагрев.
54. Электродинамические явления в индукционных тигельных печах.
55. СВЧ-нагрев диэлектрических материалов (особенности, источники питания СВЧ-энергии, передача СВЧ-энергии).
56. Источники питания установок для индукционного и диэлектрического нагрева.
57. Применение симметрирующих устройств при питании установок индукционного нагрева.
58. Методика расчета электрических параметров и геометрических размеров нагревательных элементов.
59. Компланарный и триангулированный токоподводы (сравнение параметров)
60. Особенности переноса мощности в дуговых печах. Принципы снижения несимметрии токоподвода
61. Энергетические балансы дуговых печей
62. Основные направления энергосбережения на дуговых печах
63. Влияние несинусоидальности, колебательности режима и нелинейности токоподвода на электрические характеристик дуговых печей
64. Критерии и методы оптимизации режима дуговых печей. Особые точки электрической характеристики дуговых печей
65. Саморегулирование и автоматическое регулирование длины дуги.
66. Сварочные электронные пушки и их основные параметры. Схемы промышленных установок для электронно-лучевой сварки.
67. Типы лазеров, применяемых для сварки и их технологические характеристики. Основные параметры сварки лазерным лучом и их расчёт.
68. Рабочий процесс в электрошлаковой печи.
69. Принцип действия и области применения плазменного нагрева.
70. Закономерности выделения и распределения тепла в шлаковой ванне электрошлаковых печей
71. Тепловые процессы и энергетический баланс при электрошлаковом переплаве.
72. Энергетический баланс электронно-лучевых установок.
73. Источники питания установок для плазменно-дугового напыления.
74. Тепловые процессы при лазерной поверхностной обработке металлов: постановка задачи, методы решения.
75. Электрические и тепловые процессы при вакуумно-дуговой плавке

3. Рекомендуемая литература

Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Теоретический курс физики в 10-ти томах. Т. 2 Теория поля. Т. 5 Электродинамика сплошных сред. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. /Под ред. Л.П. Питаевского. –М.: Физматгиз, 2001
2.	Зельдович И.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. –М.: Наука, 1966
3.	Райзер Ю.П. Физика газового разряда. –М.: Наука, 1987
4.	Шнеереен Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. Издание 2-е. – М.: Энергоатомиздат, 1992
5.	Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. –М.: Энергоатомиздат, 1990
6.	Глебов И.А., Рутберг Ф.Г. Мощные генераторы плазмы. –М.: Энергоатомиздат, 1990
7.	Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. 1 – 4. /Под ред. В.Е. Фортова. –М.: Наука, 2000
8.	Чередниченко В.С. Электрические печи сопротивления. Теплопередача и расчеты электропечей сопротивления: монография/ В.С.Чередниченко и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 624 с. – (Современные электротехнологии) – Т.1)
9.	Чередниченко В.С. Электрические печи сопротивления. Конструкции и эксплуатация электропечей сопротивления /В.С.Чередниченко и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ 2006. – 572 с., ил. – (Серия монографий «Современные электротехнологии». – Т.2).
10.	Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. ч.1. Электрические печи сопротивления. –М.: Энергия, 1975. – 384 с., ил.
11.	Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы. Учебник для вузов. М.: Изд-во МЭИ. 2007. 458 с., ил.
12.	Слухоцкий А.Е., Немков В.С., Павлов Н.А., Бамунер А.В. Установки индукционного нагрева.: Уч.пособ. для вузов/Под ред. А.Е. Слухоцкого. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд., 1981.
13.	Современные энергосберегающие электротехнологии.: Уч. пособие для вузов/ Ю.И. Блинов, А.С. Васильев, А.Н. Никоноров и др. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000.
14.	Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электротехнологическая эффективность дуговых сталеплавильных печей. Чебоксары: Изд-во Чув.ГУ. 1999
15.	Гулуевский Ю.Н., И.Ю.Зинуров Инновации для дуговых сталеплавильных печей. Научные основы выбора. Новосибирск: изд-во НГТУ. 2010
16.	Миронов Ю.М. Установки электрошлаковой металлургической технологии. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 408 с. + 48 илл. – (Серия монографий «Современные электротехнологии». – Т. 11.)
17.	Миронов Ю.М. Электрошлаковые печи для плавки и литья: Учеб. Пособие. Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2005. 294 с.
18.	Акулов А.И. и др. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для ВУЗов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение 1977-432с.
19.	Плазменные электротехнологические установки (учеб. Пособие для ВУЗов) Под ред. В.С. Чередниченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005г. (Современные электротехнологии; т.2).
20.	Лазерная техника и технология. В 7 кн.: Учеб. Пособие для вузов/ Под ред. А.Г. Григорьянца.- М.: Высш. Шк., 1988.

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Электротермическое оборудование/Под общ. Ред. А.П.Альтгаузена. 2-е изд., М.:Энергия,1980, 416с.
2.	Электрооборудование и автоматика электротермических установок / Альтгаузен А.П. и др. – М.: Энергия, 1978, 304 с.
3.	Электрические промышленные печи. Дуговые печи и установки спецнагрева: /Под ред. А.Д. Свенчанского, М. – Энергоатомиздат, 1981, 296 с.
4.	Электрические печи сопротивления: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ Ю.П. Ананьин. Чуваш. Ун-т. Чебоксары, 2010

5.	Электрические печи сопротивления: Методические указания к лабораторным работам/ Ю.П. Ананьин, Чуваш. Ун-т, Чебоксары, 2008, 32с.
6.	А.Д. Свенчанский, К.Д. Гуттерман. Автоматическое регулирование электрических печей/ М.-Л., Энергия, 1965. 480 с.
7.	Немков В.С., Демидович В.Б. Теория и расчет устройств индукционного нагрева.– Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд., 1988.
8.	Княжевская Г.С., Фирсова М.Г., Килькеев Р.Ш. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов. – Л.: Машиностроение, 1989.
9.	Яров В.М., Терехов В.П., Ильгачев А.Н. Полупроводниковые преобразователи частоты для установок индукционного нагрева. ЧГУ, 2005
10.	Миронов Ю.М. Теоретическая электротехника электрических электродных печей.- Чебоксары: Чув.гос.ун-т, 1997
11.	Волохонский Л.А. Вакуумные дуговые печи. – М.: Энергоатомиздат, 1985, 232 с
12.	Порошковая металлургия и напыленные покрытия: / В.Н. Анцифирев и др. -М.: Металлургия, 1987, 792 с.
13.	Технология и оборудование контактной сварки:[Б.Д. Орлов, А. А. Чаналев, Ю. В. Дмитриев и др.]. Под ред. Б. Д. Орлова - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986г. - 351с.
14.	М.Б. Гутман, Л.С. Кацевич, М.С. Лейканд и др.Электрические печи сопротивления и дуговые печи /Под ред. М.Б. Гутмана. – М.: Энергоатомиздат. 1980. – 360 с., ил.
15.	Механизмы и приводы электротехнологических установок / Ю.П. Ананьин, Ю.М. Петросов. Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2005, - 402с.
16.	В.П. Исаченко и др. Теплопередача. М.: Энергия, 1975.488 с
17.	В.А. Рогов. Методика и практика технических экспериментов. М.: Академия, 2007. 283 с., ил.
18.	И.И. Алиев. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. – М., Высшая школа. 2007, 255 с., ил.
19.	Основы метрологии и электрические измерения / Б.Я. Авдеев и др.; Под ред. Е.М. Душина. 6-е изд., перераб. и доп. – Л., Энергоатомиздат. 1987. – 480 с, ил.
20.	Теплотехника / А.П. Баскаков и др. Под ред. А.П. Баскакова. М.: Энергоатомиздат. 1991. 221 с.
21.	Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Под общ. ред. Чл.-корр. РАН А.В. Клименко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., изд-во МЭИ. 2004. – 632 с., ил.

Перечень рекомендуемых ресурсов сети «Интернет»

№	Название
1.	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.chuvsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
3.	Образовательная платформа «Юрайт»: для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.urait.ru
4.	Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/
5.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru
6.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
7.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nlr.ru
8.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
9.	Научная электронная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.elibrary.ru
10.	Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.scopus.com
11.	Поисковая платформа «Web of Science» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webofknowledge.com/