



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ГАЗОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Кафедра физической электроники

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки: **физика плазмы**

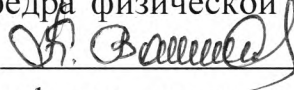
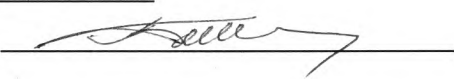
Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения: **очная**

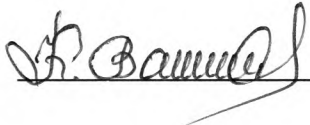
Статус дисциплины: **вариативная по выбору**

Махачкала, 2020 год

Рабочая программа дисциплины «Газовая электроника» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (уровень: магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки от «28» августа 2015 г. № 913

Разработчик: кафедра физической электроники, Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор 
Рагимханов Г.Б., к.ф.-м.н., доцент 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «21» 02 2020 г., протокол № 6.

Зав каф кафедрой  Омаров О.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «28» 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «16» 03 2020 г.

/Начальник УМУ  Гасангаджиева А. Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Газовая электроника» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы магистратуры по направлению **03.04.02 Физика** (уровень магистратуры).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Содержание охватывает круг вопросов, связанных с физическими представлениями об эмиссионной электронике, процессах переноса нейтральных и заряженных частиц в газах и плазме, элементарных процессах столкновений электронов с атомами и молекулами, типами газовых разрядов, оптическими свойствами плазмы и ознакомлением студентов с современным состоянием дел в области физики газового разряда.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

профессиональных - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1); способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме двух **контрольных работ, и двух коллоквиумов** и промежуточный контроль в форме **зачета**.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС	
	Всего	из них						
		Лек ции	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации		
2	72	8	-	10	-		54	Зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Газовая электроника» является расширение и углубление знаний о процессах столкновений электронов, атомов, молекул, общей природе процессов соударений, ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития физики процессов рассеяния, изучение методами исследования оптических свойств газов и плазмы, а также характерными эмиссионными свойствами конденсированных сред.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Газовая электроника» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы по направлению 03.04.02 Физика. Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные с способностью использовать теоретические знания в области теоретической физики, квантовой механики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач газовой электроники. Студенты, изучающие данную дисциплину должны иметь сведения и базовые знания по курсу общей и теоретической физике, численные методы в физике, типы газовых разрядов, применение лазеров.

Освоение дисциплины «Газовая электроника» необходимо для освоения дисциплины «Диагностика плазмы», а также для успешного прохождения производственной и научно-исследовательской практик, подготовки выпускной квалификационной работы.

Преподавание курса «Газовая электроника» сочетает традиционную лекционную форму с мультимедийными компьютерными презентациями.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных	Знать: • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики; • строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных

	технологий использованием новейшего российского зарубежного опыта с и	процессов, протекающих при газовом разряде. Уметь: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики; • классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц; решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по газовой электронике; • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области газовой электроники; • применять при изучении вопросов газовой электроники профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин. Владеть: • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • некоторыми физическими методами исследования при решении практических задач на практике; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики; • навыками изучения научно-технической информации, отечественный и зарубежный опыт в области диагностики низкотемпературной плазмы; • выполнять численные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов диагностики плазмы; • моделирования и решения задач по газовой электронике, навыки работы со специальными приборами, используемыми в газовой электронике; • навыками исследования физических
--	---	---

		процессов, протекающих в газах высокого давления; • навыками для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.
ПК-2	Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	Знать: • основные сведения о плазме как объекте исследования; • основные сведения по катодной электронике и о явлениях переноса в газах и плазме; • основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; • характерные признаки и отличительные свойства разрядов; современные представления о механизмах пробоя газов; • основы физики и техники столкновений частиц, физические процессы, происходящие в процессе рассеяния частиц; • особенности характеристик сечений упругого и неупругого рассеяния электронов, атомов; • основные методы расчета сечений электронного возбуждения, ионизации и упругого рассеяния; • особенности рекомбинации заряженных частиц, физическую природу взаимодействия нейтральных и заряженных частиц. Уметь: • по заданным значениям параметров плазмы (концентрациям атомов, электронов, температур, геометрических размеров) и табличным значениям атомных констант

		оценивать в рамках простейших моделей основные характеристики плазмы; • выполнять простейшие эксперименты по диагностике плазмы и применению приборов, оценивать систематическую и случайную погрешности этих экспериментов; • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области газовой электроники; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по газовой электронике; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов; • составлять уравнения баланса для плотности различных сортов частиц в плазме, рассчитывать число процессов столкновений в плазме и оценивать средние длины свободного пробега частиц в плазме; • оценивать характерные времена релаксации плотности частиц в плазме в результате процессов ионизации и рекомбинации. Владеть: • навыками расчета параметров плазмы при различных условиях, сечений упругих и неупругих столкновений частиц в плазме, расчета функции распределения частиц, расчета мощности тормозного и рекомбинационного излучения; • методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • некоторыми диагностическими методами исследования газоразрядной плазмы; • разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности;
--	--	--

		• расчета сечений упругих и неупругих столкновений частиц в плазме; • приобрести навыки работы с устройствами для получения электрических разрядов, электронных пучков низкой интенсивности, устройствами регистрации токов и напряжений и потоков фотонов.
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

Разделы и темы дисциплин	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная рабоа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Контр. самост работы		
Модуль 1.							
Катодная электроника.	2	2	2			12	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
Явления переноса в газах и плазме.	2	2	4			14	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
Модуль 2.							
Элементарные процессы в плазме	2	2	2			14	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
Газовый разряд и плазма газового разряда	2	2	2			14	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
Итого (72 часа)		8	10			54	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Катодная электроника. Работа выхода электрона из конденсированного вещества. Статистические характеристики свободного электронного газа в металлах. Поверхность твёрдого тела. Эффект Шоттки. Фундаментальные виды эмиссии. Контактная разность потенциалов в вакуумном промежутке. Формула Ричардсона–Дэшмана. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию. Измерение работы выхода термоэмиссионным методом. Калориметрический эффект термоэлектронной эмиссии. Термоэлектронные катоды. Термоэмиссионный преобразователь. Вторичная электронно-электронная эмиссия. Вторичная потенциальная ионно-электронная эмиссия. Вторичная кинетическая ионно-электронная эмиссия. Катодное распыление. Поверхностная ионизация. Феноменологическое описание явления фотоэлектронной эмиссии.. Экспериментальная проверка феноменологической модели.. Селективность фотокатодов. Влияние температуры на фотоэмиссию. Влияние внешнего электрического поля на фотоэмиссию. Многофотонная фотоэмиссия металлов. Фотоэмиссионные приборы для исследования быстропротекающих процессов. Формула Фаулера-Нордгейма. Калориметрический эффект автоэмиссии. Ограничение тока автоэмиссии пространственным зарядом эмитированных электронов. Определение параметров автоэлектронных катодов из экспериментальных данных. Экспериментальное наблюдение автоэлектронной эмиссии. Эмиссионный сканер. Эмиссионные центры в практически используемых вакуумных промежутках. Предельные токи автоэмиссии. Эмиссия электронов из плазмы. Эмиссия ионов из плазмы. Вольт-амперная характеристика диода с взрывоэмиссионным катодом. Катодное пятно. Зависимость времени запаздывания пробоя от плотности тока в эмиссионном центре и от напряженности электрического поля на катоде при катодном механизме инициирования пробоя.

Явления переноса в газах и плазме. Функция распределения атомных частиц по скоростям. Кинетическое уравнение Больцмана. Взаимодействие атомных частиц на далеких расстояниях. Дальнодействующее и обменное взаимодействие. Значения коэффициентов переноса, вычисленные на основании элементарной кинетической теории и на основании решения кинетического уравнения в приближении. Коэффициенты переноса в атомарном газе в приближении Чепмена – Энского. Движение электронов в газе в постоянном электрическом поле. Функция распределения электронов по скоростям. Подвижность и диффузия электронов в газе. Подвижность и диффузия ионов в газе. Соотношение Эйнштейна. Амбиполярная диффузия. Движение электронов в переменном электрическом поле. Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электронный циклотронный резонанс. Форма линии резонансного излучения в низкотемпературной плазме. Пленение и перенос резонансного излучения в спектральных линиях. Перенос инфракрасного излучения в молекулярных газах.

Модуль 2.

Элементарные процессы в плазме. Элементарные процессы. Закон сохранения энергии. Сечение столкновений. Скорости протекания элементарных процессов. Принцип детального равновесия. Дифференциальное сечение упругих взаимодействий. Полное сечение. Транспортное сечение. Упругое взаимодействие электронов с атомами и ионами. Эффект Рамзауэра. Направленное движение электронов и ионов в газе под действием электрического поля. Диффузионное движение электронов. Амбиполярная диффузия. Элементарные процессы, вызывающие ионизацию и возбуждение. Ионизация при соударении нейтральных частиц с электронами. Прямая и ступенчатая ионизация в плазме. Неупругие столкновения тяжелых частиц. Возбуждение при соударении нейтральных частиц с электронами. Удары второго рода. Девозбуждение атомов и молекул при соударениях с электронами. Каналы разрушения возбужденных частиц в плазме. Строение двухатомных молекул. Колебательные и вращательные уровни энергии.

Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул. Процессы с участием трех частиц. Формула Томсона для константы тройного процесса. Константы некоторых тройных процессов, вычисленные по формуле Томсона. Виды процессов рекомбинации электрона и иона. Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме. Ион-ионная рекомбинация.

Плазма газового разряда.

Несамостоятельный ток при слабой объемной ионизации (малой концентрации заряженных частиц в объеме). Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Коэффициент ударной ионизации, его зависимость от напряженности поля и давления газа. Несамостоятельный ток при сильной объемной ионизации. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений. Роль объемных зарядов в формировании пробоя. Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе. Общее описание тлеющего разряда. Теория прикатодного слоя тлеющего разряда. Законы подобия для катодного слоя. Положительный столб тлеющего разряда. Время запаздывания пробоя. Информация, получаемая при измерении времен запаздывания. Методы наблюдения одиночной электронной лавины. Таунсендовский и стримерный механизм пробоя. Пробой при высоких перенапряжениях. Зажигание и горение импульсных объемных разрядов в газах при высоком давлении.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

	Модуль 1.	1
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Катодная электроника.	История изучения вакуумного разряд Основные виды эмиссии электронов из конденсированного вещества. Термоэлектронная эмиссия. Вторичная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Взрывоэмиссионные катоды	2
Явления переноса в газах и плазме.	Явления переноса в однокомпонентном атомарном газе. Явления переноса в низкотемпературной плазме при участии заряженных частиц. Перенос излучения в газе и низкотемпературной плазме. Радиальные распределения концентраций заряженных частиц и температуры в газоразрядной плазме.	4
	Модуль 2	
Элементарные процессы в плазме	Упругие столкновения электронов с тяжелыми частицами. Дрейфовое и диффузионное движение. Ионизация и возбуждение частиц в плазме. Строение двух и трехатомных молекул. Трехчастичные взаимодействия в плазме. Гибель заряженных частиц в плазме	2
Газовый разряд и плазма газового разряда	Несамостоятельные токи в газе. Самостоятельные разряды. Тлеющий разряд. СВЧ разряд. Дуговой разряд. Коронный разряд. Механизмы импульсного пробоя	4

	газов в различных условиях	
Всего за семестр		12

Наименование тем самостоятельной работы

	Модуль 1.	
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Катодная электроника.	Исторический экскурс в развитие вакуумного разряда и вакуумной изоляции как научного направления. Краткая аннотация курса. Контактная разность потенциалов в вакуумном промежутке. Измерение работы выхода термоэмиссионным методом. Термоэмиссионный преобразователь. Эмиссионный сканер. Катодное инициирование пробоя. Анодное инициирование пробоя. Жидкая фаза на электроде. Эффект полного напряжения. Сильноточные источники электронных пучков на основе взрывной эмиссии электронов.	12
Явления переноса в газах и плазме.	Коэффициенты переноса в атомарном газе в приближении Чепмена - Энскога. Движение электронов в переменном электрическом поле. Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электронный циклотронный резонанс. Перенос инфракрасного излучения в молекулярных газах. Сжатие разряда в инертном газе. Сжатие разряда в молекулярном газе. Явление сжатия разряда как кинетическая и тепловая неустойчивость.	14
Элементарные процессы в плазме	Строение двухатомных молекул. Колебательные и вращательные уровни энергии. Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул. Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме. Ион-ионная рекомбинация	12
Плазма газового разряда	Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе. СВЧ разряды и их применение. Микроволновые разряды. Неустойчивости импульсных разрядов.	14
Всего за семестр		52

Наименование тем лабораторных работ (не предусмотрено)

5. Образовательные технологии: активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки по курсу физика атома, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль. В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль. Зачет в конце 2 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
----------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	--------------------

ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	Знать: • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики; • строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде. Уметь: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики; • классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц; решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по газовой электронике; • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области газовой электроники; • применять при изучении вопросов газовой электроники профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.	Устный опрос, письменный опрос
------	--	--	--------------------------------

		Владеть: • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • некоторыми физическими методами исследования при решении практических задач на практике; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики; • навыками изучения научно-технической информации, отечественный и зарубежный опыт в области диагностики низкотемпературной плазмы; • выполнять численные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов диагностики плазмы; • моделирования и решения задач по газовой электронике, навыки работы со специальными приборами, используемыми в газовой электронике; • навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления; • навыками для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.	
ПК-2	Способностью свободно владеть разделами физики,	Знать: • основные сведения о плазме как объекте	Устный опрос, письменный опрос

	необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	исследования; • основные сведения по катодной электронике и о явлениях переноса в газах и плазме; • основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; • характерные признаки и отличительные свойства разрядов; современные представления о механизмах пробоя газов; • основы физики и техники столкновений частиц, физические процессы, происходящие в процессе рассеяния частиц; • особенности характеристик сечений упругого и неупругого рассеяния электронов, атомов; • основные методы расчета сечений электронного возбуждения, ионизации и упругого рассеяния; • особенности рекомбинации заряженных частиц, физическую природу взаимодействия нейтральных и заряженных частиц. Уметь: • по заданным значениям параметров плазмы (концентрациям атомов,	
--	---	--	--

		электронов, температур, геометрических размеров) и табличным значениям атомных констант оценивать в рамках простейших моделей основные характеристики плазмы; • выполнять простейшие эксперименты по диагностике плазмы и применению приборов, оценивать систематическую и случайную погрешности этих экспериментов; • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области газовой электроники; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по газовой электронике; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов; • составлять уравнения баланса для плотности различных сортов частиц в плазме, рассчитывать число процессов столкновений в плазме и оценивать средние длины свободного пробега частиц в плазме; • оценивать характерные времена релаксации плотности частиц в плазме в результате процессов ионизации и рекомбинации. Владеть: • навыками расчета параметров плазмы при различных условиях, сечений упругих и неупругих столкновений	
--	--	--	--

		частиц в плазме, расчета функции распределения частиц, расчета мощности тормозного и рекомбинационного излучения; • методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области газовой электроники; • некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы; • разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности; • расчета сечений упругих и неупругих столкновений частиц в плазме; • приобрести навыки работы с устройствами для получения электрических разрядов, электронных пучков низкой интенсивности, устройствами регистрации токов и напряжений и потоков фотонов.	
--	--	--	--

7.2. Типовые контрольные задания

Коллоквиумы.

1. Коллоквиум.

1. История изучения вакуумного разряда.
2. Основные виды эмиссии электронов из конденсированного вещества.
3. Термоэлектронная эмиссия
4. Вторичная эмиссия
5. Фотоэлектронная эмиссия

6. Автоэлектронная эмиссия
7. Эмиссия электронов из плазмы
8. Эмиссия ионов из плазмы
9. Предпробойные явления и инициирование пробоя
10. Пробой по поверхности диэлектрика в вакууме.
11. Взрывная электронная эмиссия
12. Вакуумный сетевой выключатель
13. Функция распределения атомных частиц по скоростям.
14. Кинетическое уравнение Больцмана
15. Взаимодействие атомных частиц на далеких расстояниях.
16. Дальнодействующее и обменное взаимодействие.
17. Значения коэффициентов переноса, вычисленные на основании элементарной кинетической теории и на основании решения кинетического уравнения в приближении.
18. Коэффициенты переноса в атомарном газе в приближении Чепмена - Энскога.
19. Движение электронов в газе в постоянном электрическом поле. Функция распределения электронов по скоростям. Подвижность и диффузия электронов в газе.
20. Подвижность и диффузия ионов в газе. Соотношение Эйнштейна. Амбиполярная диффузия.
21. Движение электронов в переменном электрическом поле.
22. Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электронный циклотронный резонанс.
23. Уравнение теплопроводности для положительного столба разряда.
24. Уравнение баланса для электронов в положительном столбе тлеющего разряда. Решение Шоттки.
25. Механизмы контракции газового разряда.
26. Сжатие разряда в инертном газе.
27. Сжатие разряда в молекулярном газе.
28. Явление сжатия разряда как кинетическая и тепловая неустойчивость

2. Коллоквиум

1. Понятие сечений и констант элементарных процессов.
2. Закон сохранения энергии при элементарных процессах. Принцип детального равновесия.
3. Упругие соударения электронов с атомами.
4. Упругие соударения электронов с ионами.
5. Дрейфовое движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда.
6. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (однополярная диффузия).
7. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (амбиполярная диффузия).
8. Виды процессов ионизации и возбуждения.

9. Константы скорости ионизации и возбуждения.
10. Каналы гибели возбужденных частиц в плазме. Удары второго рода.
11. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.
12. Несамостоятельный ток при малой концентрации заряженных частиц в газе.
13. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Вольтамперная характеристика разряда.
14. Коэффициент ударной ионизации и его зависимость от напряженности поля и давления газа.
15. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений.
16. Вольтамперная характеристика разряда в газе в общем виде и место различных видов разрядов на вольтамперной характеристике.
17. Импульсный пробой в газе. Время запаздывания при импульсном пробое.
18. Методы наблюдения одиночной лавины.
19. Таунсендовский механизм пробоя.
20. Стримерный механизм пробоя.
21. Пробой сильно перенапряженных промежутков.
22. Импульсные объемные разряды.
23. Механизм перехода от объемного разряда к искровому.

Вопросы к зачету

1. История изучения вакуумного разряда.
2. Основные виды эмиссии электронов из конденсированного вещества.
3. Термоэлектронная эмиссия
4. Вторичная эмиссия
5. Фотоэлектронная эмиссия
6. Автоэлектронная эмиссия
7. Эмиссия электронов из плазмы
8. Эмиссия ионов из плазмы
9. Предпробойные явления и инициирование пробоя
10. Пробой по поверхности диэлектрика в вакууме.
11. Взрывная электронная эмиссия
12. Вакуумный сетевой выключатель
13. Функция распределения атомных частиц по скоростям.
14. Кинетическое уравнение Больцмана
15. Взаимодействие атомных частиц на далеких расстояниях.
16. Дальнодействующее и обменное взаимодействие.
17. Значения коэффициентов переноса, вычисленные на основании элементарной кинетической теории и на основании решения кинетического уравнения в приближении.
18. Коэффициенты переноса в атомарном газе в приближении Чепмена - Энского.

19. Движение электронов в газе в постоянном электрическом поле. Функция распределения электронов по скоростям. Подвижность и диффузия электронов в газе.
20. Подвижность и диффузия ионов в газе. Соотношение Эйнштейна. Амбиполярная диффузия.
21. Движение электронов в переменном электрическом поле.
22. Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электронный циклотронный резонанс.
23. Уравнение теплопроводности для положительного столба разряда.
24. Уравнение баланса для электронов в положительном столбе тлеющего разряда. Решение Шоттки.
25. Механизмы контракции газового разряда.
26. Сжатие разряда в инертном газе.
27. Сжатие разряда в молекулярном газе.
28. Явление сжатия разряда как кинетическая и тепловая неустойчивость
29. Понятие сечений и констант элементарных процессов.
30. Закон сохранения энергии при элементарных процессах. Принцип детального равновесия.
31. Упругие соударения электронов с атомами.
32. Упругие соударения электронов с ионами.
33. Дрейфовое движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда.
34. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (однополярная диффузия).
35. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (амбиполярная диффузия).
36. Виды процессов ионизации и возбуждения.
37. Константы скорости ионизации и возбуждения.
38. Каналы гибели возбужденных частиц в плазме. Удары второго рода.
39. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.
40. Несамостоятельный ток при малой концентрации заряженных частиц в газе.
41. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Вольтамперная характеристика разряда.
42. Коэффициент ударной ионизации и его зависимость от напряженности поля и давления газа.
43. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений.
44. Вольтамперная характеристика разряда в газе в общем виде и место различных видов разрядов на вольтамперной характеристике.
45. Импульсный пробой в газе. Время запаздывания при импульсном пробое.
46. Методы наблюдения одиночной лавины.
47. Таунсендовский механизм пробоя.
48. Стримерный механизм пробоя.

49. Пробой сильно перенапряженных промежутков.
50. Импульсные объемные разряды.
51. Механизм перехода от объемного разряда к искровому.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:
(от 51 и выше - зачет)

▪ посещение занятий	___10___ бал.
▪ активное участие на практических занятиях	___15___ бал.
▪ выполнение домашних работ	___15___ бал.
▪ выполнение самостоятельных работ	___20___ бал.
▪ выполнение контрольных работ	___40___ бал.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Райзер, Юрий Петрович. Физика газового разряда / Райзер, Юрий Петрович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1992. - 535,[1] с. : ил.; 22 см. - ISBN 5-02-014615-3.
2. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд: Учебное пособие для вузов.- М.: Изд-во МФТИ, 1997. - 320 с.
3. Райзер, Юрий Петрович. Основы современной физики газоразрядных процессов / Райзер, Юрий Петрович. - М.: Наука, 1980. - 415 с.: ил.; 20 см. - Библиогр.: с. 411-415. - Загл. корешка: Физика газоразрядных процессов. - 3-60.
4. Кудрявцев, Анатолий Анатольевич. Физика тлеющего разряда : учеб. пособие / Кудрявцев, Анатолий Анатольевич, Смирнов, Александр Сергеевич. - СПб.-; М.; Краснодар : Лань, 2010. - 907-28.
5. Омаров, Омар Алиевич. Физика газового разряда: учеб. пособие для студентов физ. специальностей / Омаров, Омар Алиевич, Ашурбеков, Назир Ашурбекович, Курбанисмаилов, Вали Сулейманович. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2001. - 166 с. - 25-00.

6. Цендин Л.Д., Кудрявцев А.А., Смирнов А.С. Физика тлеющего разряда. Учебное пособие. Изд-во «Лань». Санкт-Петербург. 2010. 512 с.
7. Смирнов А.С. Физика газового разряда. Учебное пособие. Изд-во СПбГТУ, СПб. 1997.
8. Левитский, Сергей Михайлович. Сборник задач и расчётов по физической электронике : [учеб. пособие для физ. и радиофиз. фак. ун-тов УССР] / Левитский, Сергей Михайлович. - Киев : Изд-во Киев. ун-та, 1964. - 211 с. ; 21 см. + черт. - 0-37.
9. Вакуумная электроника: [учеб. пособие для вузов]. Ч.1 / А. Н. Диденко. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. - 604 с. - (Серия "Электроника в техническом университете: Прикладная электроника"/ под общ. ред. И.Б. Федорова). - ISBN 978-5-7038-3185-4 : 400-00.
10. Бродский А.М., Гуревич Ю.Я. Теория электронной эмиссии из металлов. / Бродский А.М., Гуревич Ю.Я. - М. : "Наука.", 1973. - 255с.
11. Инжекционная газовая электроника / [Ю.И. Бычков, Ю.Д. Королёв, Г.А. Месяц и др.] ; Отв. ред. О.Б. Евдокимов; [Предисл. Г.А. Месяца]. - Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1982. - 239 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 220-237 (301назв.). - В пер.: 2-70.
12. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль; под ред. Ю.С. Протасова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 595 с. - (Серия Электроника. Прикладная электроника / под общ. ред. И.Б. Федорова). - Библиогр.: с. 593. - ISBN 978-5-7038-3347-6: 1500-00.
13. Высокоскоростная фотоэлектронная регистрация изображений: сборник статей: в 3 кн. / Российская академия наук, Институт общей физики им. А. М. Прохорова; под ред. М.Я. Щелева. - Москва: Физматлит, 2017. - Кн. 3. Сверхскоростная электронно-оптическая диагностика в физике ускорителей элементарных частиц. - 195 с.: табл., граф., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1737-1. - ISBN 978-5-9221-1740-1 (кн. 3); То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485559> (20.06.2018).
14. Жукешов А.М. Исследование импульсного разряда высокой мощности [Электронный ресурс] / А.М. Жукешов. — Электрон. текстовые данные. — Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. — 158 с. — 978-601-04-0620-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58662.html> (дата обращения: 20.06.2018)
15. Иванов И.Г. Газовый разряд и его применение в фотонике [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.Г. Иванов. — Электрон. текстовые данные. — Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009. — 96 с. — 978-5-9275-0613-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46937.html> (дата обращения: 25.06.2018)
16. Чехлова Т.К. Учебное пособие по курсу «Физическая электроника» для преподавания с использованием мультимедийных технологий [Электронный ресурс] / Т.К. Чехлова. — Электрон. текстовые данные.

— М. : Российский университет дружбы народов, 2013. — 124 с. — 978-5-209-04770-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22155.html> (дата обращения: 25.06.2018)

б) дополнительная:

1. Ашурбеков Н.А., Омаров О.А., Курбанисмаилов В.С., Омарова Н.О. Кинетика нестационарной неравновесной плазмы наносекундных разрядов. Махачкала. ИПЦ ДГУ, 2007.
2. Газовая электроника: метод. указ. к выполнению спец. практикума / [сост. В.С. Курбанисмаилов, Ш.М. Самудов, А.З. Эфендиев]; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2007. - 85 с. - 51-00.
3. Омаров, Омар Алиевич. Импульсные разряды в газах высокого давления: учебное пособие для вузов / Омаров, Омар Алиевич. - Махачкала: Юпитер, 2001. - 335 с. - Библиогр.: с. 332-333. - ISBN 5-7895-0027-7: 87-56.
4. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда: Пер. с англ. /Под ред. Франк-Каменецкого Д. А. - М.: Атомиздат, 1961.
5. Трубецков, Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. В 2-х т. [Текст]. Т.1 / Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. - М.: Физматлит, 2005. - ISBN 5-9221-0372-5: 270-27.
6. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде – Новосибирск: Наука, 1982.- 255 с.
7. Мутаева, Гайбат Ихласовна. Лекции по эмиссионной электронике : учеб. пособие / Мутаева, Гайбат Ихласовна ; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2006. - 81 с. - 46-50
8. Классификация и параметры катодов: учеб. пособие / [сост. Г.И. Мутаева, Х.И. Аджиева]; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Махачкала: Изд-во ДГУ, 2009. - 28 с. - 19-00.
9. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом: монография / А.И. Пушкарев, Ю.И. Исакова, Р.В. Сазонов, Г.Е. Холодная. - Москва: Физматлит, 2013. - 238 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1411-0; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457656> (20.06.2018).
10. Савинов, В.П. Физика высокочастотного емкостного разряда: монография / В.П. Савинов. - Москва: Физматлит, 2013. - 308 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1551-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457688> (20.06.2018).

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>

- Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 года).
 3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
 4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
 5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
 6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
 8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
 9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
 10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
 11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
 13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
 14. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
 15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г.

подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г.

- 16.«Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных –диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
- 17.Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
- 18.American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
- 19.Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на материал практических занятий, рекомендуемую литературу.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским (практическим) занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины "Компьютерные технологии в науке и образовании".

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

- Microsoft Office (Access, Excel, Power Point, Word и т.д.)

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

- автоматизированная система управления - база данных «Университет»

- электронные библиотечные системы: Руконт, издательство «Лань».

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

- Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб.
- При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.
- При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.
- Комплект мультимедийных слайд-лекций по всем разделам дисциплины.
- Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.