



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
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**

**Профили подготовки:** физика плазмы

**Уровень высшего образования:**  
**Магистратура**

Форма обучения: **очная**

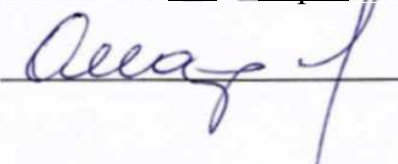
Статус дисциплины: вариативная по выбору

Махачкала, 2017 год

Рабочая программа дисциплины «Газовая электроника» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 - Физика (уровень: магистратура), утвержденным Приказом Минобрнауки от 28.08.2015 №913

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

Программа рабочей дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «22» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

на заседании Совета физического факультета от «31» марта 2017 протокол № 7г.,

Декан  Курбанисмаилов В.С.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017 г., протокол № 8

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим управлением «3» апреля 2017г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

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

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

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 свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2); способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК- 4);

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:

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
2	72	8		12			52	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Газовая электроника» является, 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 ООП магистратуры

Дисциплина «Газовая электроника» относится к вариативной части профессионального цикла ООП. 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 физики плазмы и физической электроники. Студенты, изучающие данную дисциплину должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц, законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения, основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса атомной физики, статистических законах распределения.

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

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-2	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).	<b>Знать</b> основные сведения о плазме как объекте спектроскопии; 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 физики газового разряда; физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов; таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов.

		<p>основы физики и техники столкновений частиц, физические процессы, происходящие в процессе рассеяния частиц, принцип действия различных устройств монокинетизации заряженных частиц и их технические характеристики, 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.</p> <p><b>Уметь</b> для наиболее распространенных плазменных сред (лабораторных, промышленных, космических) оценить ожидаемые значения параметров плазмы и выбрать наилучшие методы диагностики; 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. измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул; понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики газового разряда; использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике газового разряда; 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, оценивать средние длины свободного пробега частиц в плазме, оценивать характерные времена релаксации плотности частиц в плазме в результате процессов ионизации и рекомбинации.</p> <p><b>Владеть</b> 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, нахождения спектра излучения, угловое распределение</p>
--	--	---

		<p>излучения; методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы; методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда; некоторыми диагностическими методами исследования газоразрядной плазмы; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда. владеть 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.</p>
ПК-4	<p>способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции</p>	<p><b>знать</b> наиболее эффективные методы определения каждого из параметров (перечисленных в программе) и границы их применимости, а также необходимые условия реализации каждого метода; для каждого из изученных типов приборов (перечисленных в программе) физические основы работы и факторы, определяющие предельное разрешение и рабочий диапазон, принципы оценки и исключения аппаратных искажений; основные приемы обработки результатов при диагностике плазмы; закономерности физических явлений, используемых в диагностике плазмы; основные источники научно-технической информации в области разработки и эксплуатации оборудования для диагностики высоко - и низкотемпературной плазмы; критерии достоверности применения различных методов диагностики высоко - и низкотемпературной плазмы. основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения. слушать и конспектировать лекции, а также</p>

		<p>самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФГР; строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде.</p> <p><b>Уметь</b> классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, подготавливать обзоры, аннотации, составлять рефераты и библиографии по тематике проводимых научных исследований; разрабатывать проекты узлов аппаратов систем диагностики плазмы; формулировать цели проекта комплекса плазменной диагностики, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач; оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц; решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде; пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов.</p> <p><b>Владеть</b> навыками - изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области диагностики высоко - и низкотемпературной плазмы; выполнять численные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов диагностики плазмы; участвовать в исследовании основных закономерностей процессов и явлений, происходящих в установках с высоко - и низкотемпературной плазмой; способностью и готовностью представлять техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, моделирования и решения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными</p>
--	--	---

		приборами, используемыми в спектроскопии плазмы; навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления; навыки для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями; навыками проведения научных исследований в области физики газового разряда с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. Методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.
--	--	---

#### 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 работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Контроль		
<b>Модуль 1.</b>							
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
<b>Модуль 2.</b>							
Элементарные процессы в плазме	2	2	2			12	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
Газовый разряд и плазма газового разряда	2	2	4			14	Фронтальный опрос; коллективный разбор конкретных ситуаций, типовых задач
<b>Итого (72 часа)</b>		<b>8</b>	<b>12</b>			<b>52</b>	



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

#### 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 – Энскога. 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.

### **Наименование тем и содержание практических занятий**

	<b>Модуль 1.</b>	<b>1</b>
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
	<b>Модуль 2</b>	
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.	2

	Гибель заряженных частиц в плазме	
Газовый разряд и плазма газового разряда	Несамостоятельные токи в газе. Самостоятельные разряды. Тлеющий разряд. СВЧ разряд. Дуговой разряд. Коронный разряд. Механизмы импульсного пробоя газов в различных условиях	4
Всего за семестр		16

### Наименование тем самостоятельной работы

	<b>Модуль 1.</b>	<b>1</b>
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	14

	их применение. Микроволновые разряды. Неустойчивости импульсных разрядов.	
Всего за семестр		46

### **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.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ПК-2	<p><b>Знать:</b> 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 газового разряда; физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов; таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов.</p> <p><b>Уметь:</b> понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики газового разряда; использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике газового разряда; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов. Владеть: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда; некоторыми диагностическими методами исследования газоразрядной плазмы; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда.</p>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-4	<p><b>Знать:</b> слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФГР; строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде.</p> <p><b>Уметь:</b> решать задачи для описания поведения элементарных частиц,</p>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>протекающих при газовом разряде; пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления; навыки для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями; навыками проведения научных исследований в области физики газового разряда с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	
--	--	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и

разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов**– в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

## ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в	Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты	Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять

		инновационной деятельности	научных исследований в инновационной деятельности	результаты научных исследований в инновационной деятельности
--	--	----------------------------	---	--

#### ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Ознакомлен с планированием и организацией физических исследований, семинаров и конференций	Демонстрирует умение планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Показывает навыки успешного планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.

### 7.3. 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 - 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
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.

***7.4. 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. Ю. Д. Королев. Элементарные и кинетические процессы в газоразрядной плазме. Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2009.
2. Б.М. Смирнов. Введение в физику атомных столкновений. М., Атомиздат, 1973.
3. Б.М. Смирнов. Ионы и возбужденные атомы в плазме. М., Атомиздат, 1974.
4. В.Л. Грановский. Электрический ток в газе. Установившийся ток. М., Наука, 1971.
5. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987.
6. Г. Ретер. Электронные лавины и пробой в газах. Пер. с англ., М., "Мир", 1968.
7. Физика быстропротекающих процессов. Т.1, Под ред. Н.А. Златина, М., "Мир", 1971.
8. Ю.Д. Королев, Г.А. Месяц. Физика импульсного пробоя газов, М., Наука, 1991.
9. Елецкий А.В., Палкина Л.А., Смирнов Б.М. Явления переноса в слабоионизованной плазме.- М.: Атомиздат, 1975.
10. Смирнов Б.М. Физика слабоионизованного газа.- М.: Наука, 1985.
11. Райзер Ю.П. Физика газового разряда.- М.:Наука, 1987.
12. Добрецов А.Н., Гомоюнова М.В., Эмиссионная электроника.- Москва: Наука, 1966.- 564с.
13. Шимони К., Физическая электроника.- Москва: Энергия, 1977. 605 с.
14. Г.А. Месяц, Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга.- М.: Наука , 2000. 424 с.
15. Генерация убегающих электронов и рентгеновского излучения в разрядах повышенного давления. Под редакцией В.Ф. Тарасенко. Томск. Издательство STT. 2015. 566 с..
16. Н.А. Ашурбеков, К.О. Иминов. Наносекундные электрические разряды с полым катодом. Махачкала. ИПЦ ДГУ. 2012. 164 с.
17. Ашурбеков Н.А., Омаров О.А., Курбанисмаилов В.С., Омарова Н.О. Кинетика нестационарной неравновесной плазмы наносекундных разрядов. Махачкала. ИПЦ ДГУ, 2007.

**б) дополнительная:**

1. Юбилейный сборник научных статей «Кафедре оптики СПГУ 70 лет. Санкт Петербург. ИПЦ СпбГУ. 2004. 198 с.
2. Плазма в лазерах. Сб. ст. под ред. Дж. Бекефи. М.1982.
3. Друкарев Г.Ф. Столкновения электронов с атомами. М.1978. 9. Мотт Н., Месси Г. Теория атомных столкновений. М.1967.

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

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
4. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008. - электрон.опт. диск (CD-ROM). - 25698-00.
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
7. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
8. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su).

## 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 и др.

### 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 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.