



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ГАЗОВОГО РАЗРЯДА

Кафедра физической электроники  
Образовательная программа 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Фундаментальная физика

Уровень высшего образования: Бакалавриат

Форма обучения: Очная

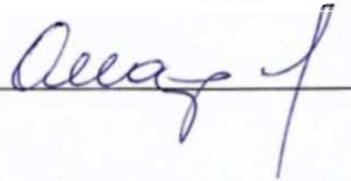
Статус дисциплины: по выбору

Махачкала, 2017год

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02- Физика, профиль подготовки: фундаментальная физика (уровень: бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: кафедра физической электроники, Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор.

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

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

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 «Физика газового разряда» входит в Блок 1., дисциплина по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основ физики газового разряда: элементарные процессы в ионизованных газах и процессы переноса, физика тлеющих и дуговых разрядов, механизмы пробоя газа при различных давлениях, формирование плазменных каналов, объемные самостоятельные разряды, искровой и коронный разряды.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных*: ОПК-3; *профессиональных*: ПК-2, ПК-5.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, коллоквиум и пр.) и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
5	144	12	-	36	60		36	экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Физика газового разряда» является одним из цикла специальных курсов, читаемых для студентов по направлению «Физика» на кафедре физической электроники Даггосуниверситета в 5 семестре.

Основная цель данного курса состоит в том, чтобы продемонстрировать знания, полученные студентами на 1-3 курсах, а также получение новых знаний, которые могут быть использованы при экспериментальном

исследовании и теоретическом описании конкретных типов газовых разрядов.

В лекциях рассматриваются основные свойства наиболее изученных и имеющих наиболее практическое применение типов разрядов: тлеющие, дуговые, искровые, объемные, стримерные, высокочастотные, а так же вопросы, связанные с протеканием электрического тока в газах, параметры и диагностические методы исследования газоразрядной плазмы, применение газового разряда в науке и технике и т. д.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата**

Дисциплина «Физика газового разряда» входит как курс по выбору Блока 1 образовательной программы (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению 03.03.02– Физика.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные с способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики газового разряда.

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 общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения основ физики плазмы, спектроскопии плазмы, основ физики газовых лазеров, физических основ плазменных технологий.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны освоить основы физики классических типов разрядов и современные представления по физике электрического пробоя газов. Знать основные свойства различных типов разрядов, имеющих широкое практическое применение.

Изучить 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, некоторые диагностические методы исследования газоразрядной плазмы.

Анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и

развитии электрического пробоя, ознакомиться с некоторыми способами применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-3	Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда;</li> <li>• физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах;</li> <li>• характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов;</li> <li>• таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики газового разряда;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике газового разряда;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда;</li> <li>• некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда.</li> </ul>

ПК-2	<p>способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФГР;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя;</li> <li>• 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;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления;</li> <li>• навыками для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;</li> <li>• 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.</li> </ul>
ПК-5	<p>способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и развитии электрического пробоя;</li> <li>• способы применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров;</li> <li>• основы физики классических типов разрядов и современные представления по физике электрического пробоя газов;</li> </ul>



1	Введение в физику газового разряда. Основные понятия физики атомных столкновений и кинетической теории газов.	5	1	6		8	
2	Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе. Образование и гибель заряженных частиц в газе.	5	2	4		10	контрольная работа семинарское занятие
3	Ионизация электронным ударом в электрическом поле. Испускание электронов твердыми телами.	5	2	6		10	контрольная работа семинарское занятие
4	Основные свойства и структура тлеющего разряда. Дуговые разряды. Искровые разряды. Разряды при высоких давлениях и перенапряжениях.	5	2	4		12	семинарское занятие
5	Самостоятельные объемные разряды. Высокочастотный емкостный разряд.	5	2	6		10	семинарское занятие
6	Разряды в мощных CO <sub>2</sub> – лазерах непрерывного действия.	5	2	4		10	контрольная работа семинарское занятие
7	Оптический пробой.	5	1	6		10	контрольная работа семинарское занятие
	<b>Итого</b>		<b>12</b>	<b>36</b>		<b>60</b>	

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

##### Модуль 1.

##### 1. Введение.



Основные понятия и термины физики газового разряда. Что изучает физика газового разряда. Типичные разряды в постоянном электрическом поле. Классификация разрядных процессов. Краткий исторический очерк развития исследований газового разряда. Вклад русских и советских ученых. Применение газового разряда в науке и технике.

## **2. Основные понятия физики атомных столкновений и кинетической теории.**

Упругие и неупругие удары. Эффективное сечение. Частота столкновений. Длина свободного пробега. Дрейф электронов в слабоионизованном газе. Скорость дрейфа, подвижность. Проводимость ионизованного газа. Энергия электронов. Релаксации энергии, критерий постоянства и однородности поля. Диффузия электронов. Коэффициенты свободной и амбиполярной диффузии.

## **3. Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе.**

Несамостоятельный ток без ионизационного усиления. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Самостоятельный ток. Коэффициенты ионизации электронным ударом. Усиление тока электронными, ионными и фотонными процессами. Несамостоятельные и самостоятельные разряды в газах при высоких давлениях.

## **4. Образование и гибель заряженных частиц в газе.**

Различные механизмы и их роль в условиях газового разряда: рождение электронов и положительных ионов, электрон-ионная рекомбинация, диффузионный уход зарядов к стенкам разрядного сосуда. Ионизация при столкновении возбужденного атома с атомом или молекулой. Термодинамическая равновесная плотность электронов.

## **5. Ионизация электронным ударом в электрическом поле.**

Первый ионизационный коэффициент Таунсенда, ионизационная способность, частота ионизации, электронная лавина и ионизация в однородном магнитном поле, связь между частотой ионизации и первым ионизационным коэффициентом Таунсенда. Пробой газа при малых давлениях и малых расстояниях в полях, близких к однородному. Простейшая теория ударной ионизации Таунсенда. Экспериментальное определение скорости ионизации. Коэффициент вторичной эмиссии и процессы на катоде.

## **6. Испускание электронов твердыми телами.**

Электроны проводимости в металле. Эмиссионный ток насыщения. Температура вырождения, работа выхода. Термоэлектронная, ионно-электронная, фотоэлектронная, вторичная электронная, автоэлектронная и термоавтоэлектронная эмиссия.

## **Модуль 2. Типы разрядов**

### **7. Основные свойства и структура тлеющего разряда.**

Область существования, основные свойства и структура тлеющего разряда. Картина свечения тлеющего разряда: астоново темное пространство, слой катодного свечения, темное катодное пространство, область

отрицательного свечения, фарадеево темное пространство, положительный столб, анодное пространство и пленка анодного свечения. Качественная интерпретация картины свечения. ВАХ разряда между электродами. Положительный столб тлеющего разряда. Неустойчивости однородного разряда. Анодное падение потенциала. Нормальное и аномальное катодное падение потенциала. Природа анодных пятен. Нормальный, аномальный и поднормальный тлеющие разряды.

### **8. Дуговые разряды.**

Виды дуг: дуга с горячим термоэмиссионным катодом, дуги с внешним накалом катода, дуги с “холодным” катодом и катодными пятнами, вакуумная дуга, дуга высокого давления, дуга сверхвысокого давления, дуги низкого давления. Зажигание дуги: способ инициирования, назначение катодного слоя, катодные пятна и вакуумная дуга, механизм эмиссии. Отрыв газовой и электронной температур в равновесной плазме. Положительный столб дуги высокого давления.

### **9. Искровые разряды.**

Общие представления, неприемлемость Таунсендовской схемы пробоя при больших произведениях  $P$ , недостатки Таунсендовского механизма пробоя, стримерная теория, искажение поля пространственным зарядом, камера Вильсона. Понятие о стримере, катодонаправленный стример, анодонаправленный стример. Таунсендовский и стримерный механизмы пробоя, границы существования Таунсендовского и стримерного механизмов пробоя, общая картина развития Таунсендовского пробоя, общее описание процессов при стримерном пробое. Модели распространения стримера. Плазменная модель пробоя газов высокого давления.

### **10. Разряды при высоких давлениях и перенапряжениях.**

Общие закономерности. Особенности развития электронных лавин при высоких перенапряжениях. Эффект непрерывного ускорения электронов. Формирование пробоя при одноэлектронном и многоэлектронном инициировании.

### **11. Самостоятельные объемные разряды.**

Различные формы изменения напряжения на разрядном промежутке. Время запаздывания и время формирования пробоя. Самостоятельные разряды с предиионизацией. Типичные устройства и способы создания предиионизации. Этапы протекания объемного разряда (образование искрового канала). Характеристики горения объемного разряда. Контракция объемного разряда в искровой канал. Сильноточный диффузный разряд в инертных газах высокого давления. Применение ОР в качестве активной среды газовых лазеров. Разряды в пеннинговских эксимерных смесях газовых лазеров.

### **12. Высокочастотный емкостный разряд.**

Дрейфовые качания электронного газа: распределение пространственного заряда, поля и потенциала в плоском промежутке.

Идеализированная модель протекания быстропеременного тока через длинный плоский промежуток при повышенных давлениях: уравнения электрического процесса в безэлектродном случае, уравнения в случае оголенных электродов, решение для случая изолированных электродов, вариант решения с оголенными электродами. ВАХ положительного столба: частота ионизации ВЧ полем, расчет ВАХ и электрических параметров безэлектродного разряда. Формы существования ВЧ разрядов и постоянный положительный потенциал пространства: скачки на кривых потенциала зажигания, и разряды, слаботочный и сильноточный ВЧ разряды среднего давления, область существования слаботочного разряда. Электрические процессы в непроводящем приэлектродном слое и механизм замыкания тока. Слаботочный и сильноточный режимы разряда.

### **13. Разряды в мощных CO<sub>2</sub> – лазерах непрерывного действия.**

Принцип работы электроразрядного лазера на CO<sub>2</sub>: лазерный переход в молекуле CO<sub>2</sub>, механизм создания инверсной заселенности, лазерная смесь. Типы лазера с различающимися способами теплоотвода. Способы борьбы с неустойчивостями: секционирование катода, управления потоком, применение несамостоятельного разряда. Организации разряда больших объемах с протоком газа: поперечный самостоятельный разряд, продольный самостоятельный разряд, несамостоятельный разряд с ионизацией электронным пучком, комбинированный разряд с постоянным и ВЧ полем, несамостоятельный разряд с ионизацией газа повторяющимися емкостными импульсами. Разряд переменного тока, самостоятельный ВЧ разряд.

#### **Темы практических (семинарских) занятий**

##### **Тема I. Вопросы к теме:**

1. Дрейф, энергия и диффузия заряженных частиц и проводимость слабоионизированной плазмы.
2. Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе.

##### **Тема II. Вопросы к теме:**

1. Испускание электронов твердыми телами.
2. Ионизация электронным ударом в электрическом поле.

##### **Тема III. Вопросы к теме:**

1. Тлеющий разряд и его практическое применение.
2. Отличительные свойства дуговых разрядов.
3. Виды плазматронов и их применение для плазменного напыления.

##### **Тема IV. Вопросы к теме:**

1. Высокочастотные и сверхвысокочастотные разряды.
2. Применение объемных и тлеющих разрядов высокого давления в качестве активных сред газовых лазеров.
3. Устойчивость импульсных разрядов в газах высокого давления. Стабилизирующие и дестабилизирующие факторы.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, измерительных приборов, технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений. При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной	Результаты лабораторной работы
<b>Лабораторная работа № 1: Исследование тлеющего разряда</b>		
<b>Лабораторная работа № 2: Исследование дугового разряда</b>		
<b>Лабораторная работа № 3: Закон Пашена</b>		
<b>Лабораторная работа № 4: Коронный разряд</b>		
<b>Лабораторная работа № 5: Время формирования разряда в тиратроне</b>		
<b>Лабораторная работа № 6: Зондовые методы исследования плазмы</b>		

**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.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

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 *лабораторного практикума* используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах), опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

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.** Экзамен в конце 5 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
ОПК-3	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда;</li> <li>• физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах;</li> <li>• характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов;</li> <li>• таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики газового разряда;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике газового разряда;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда;</li> <li>• некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики газового разряда.</li> </ul>	
ПК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФГР;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов,</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>протекающих при газовом разряде.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя;</li> <li>• 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;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления;</li> <li>• навыками для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;</li> <li>• 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.</li> </ul>	
ПК-5	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и развитии электрического пробоя;</li> <li>• способы применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров;</li> <li>• основы физики классических типов разрядов и современные представления по физике электрического пробоя газов;</li> <li>• знать основные свойства различных типов разрядов, имеющих широкое практическое применение.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики атома;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики газового разряда с помощью</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в различных типах газовых разрядов;</li> <li>• современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физики газового разряда;</li> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</li> </ul>	
--	---	--

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

### ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Ознакомлен с использованием базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Демонстрирует знания использования базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Показывает навыки успешного использования базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

### ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта».

Уровень	Показатели (что)	Оценочная шкала
---------	------------------	-----------------



	обучающийся должен продемонстрировать)	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Проведение научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	Ознакомлен с проведением научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	Демонстрирует знания проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	Показывает навыки успешного проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

### ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Ознакомлен с использованием современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Демонстрирует умение пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Показывает умение пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

1. Основные понятия физики атомных столкновений и кинетической теории

2. Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе.
3. Образование и гибель заряженных частиц в газе.
4. Ионизация электронным ударом в электрическом поле.
5. Испускание электронов твердыми телами.
6. Основные свойства и структура тлеющего разряда.
7. Дуговые разряды.
8. Искровые разряды.
9. Разряды при высоких давлениях и перенапряжениях.
10. Самостоятельные объемные разряды.
11. Высокочастотный емкостный разряд.
12. Разряды в мощных  $\text{CO}_2$  – лазерах непрерывного действия.

***Примеры тестовых заданий по физике газового разряда:***

1. Первый ионизационный коэффициент Таунсенда характеризует:
  - 1) число пар ионов, которое один электрон в среднем рождает на 1 см пути, дрейфуя в направлении электрического поля;
  - 2) число ионизаций, которое какой ни будь электрон, в среднем, совершает в 1 с.
  - 3) число пар ионов, которое в среднем рождает электрон, проходя в однородном электрическом поле разность потенциалов 1 В.
2. Ионизационная способность  $\eta$  связана с коэффициентом ударной ионизации  $\alpha$  следующим образом
  - 1)  $\eta = aE$ ;
  - 2)  $\eta = a / E$ ;
  - 3)  $\eta = E / a$ .
- 3) Как зависит дрейфовая скорость электронов от напряженности электрического поля?
  - 1)  $\vec{v}_d = m v_m / \vec{E}$ ;
  - 2)  $\vec{v}_d = \vec{E} e / m v_m$ ;
  - 3)  $\vec{v}_d = m v_m \vec{E} e$ .
- 4) Каков закон нарастания числа электронов в однородном электрическом поле?
  - 1)  $n_e = n_0 \exp(at)$ ;
  - 2)  $n_e = n_0 ax$ ;
  - 3)  $n_e = n_0 \exp(ax)$ .
- 5) Каково условие перехода несамостоятельного разряда в самостоятельный?
  - 1)  $\mu > 1$
  - 2)  $\mu < 1$
  - 3)  $\mu = \gamma(\exp(ad) - 1) = 1$ .
- 6) Какой из следующих закономерностей подчиняется плотность тока аномального тлеющего разряда?
  - 1)  $j = I/S \neq \text{const}$

- 2)  $j=I/S = \text{const}$   
 3) не зависит от  $S$  и  $I$ .
- 7) Какое из следующих соотношений является критерием стримерного пробоя
- 1)  $\exp(ad) > N_{KP}$
  - 2)  $\exp(ad) \geq N_{KP}$
  - 3)  $ad = N_{KP}$ .
- 8) Отличительным признаком Таунсендовского механизма пробоя является то, что объемный заряд одиночной лавины не искажает электрическое поле в промежутке, т.е. число электронов в лавине удовлетворяет следующему соотношению
- 1)  $\exp(ad) > N_{KP}$
  - 2)  $\exp(ad) = N_{KP}$
  - 3)  $\exp(ad) < N_{KP}$ .
- 9) Катоды дуговых разрядов испускают электроны в результате:
- 1) термоэлектронной, автоэлектронной и термоавтоэлектронной эмиссии;
  - 2) вторичной электронной эмиссии;
  - 3) за счет фотоэффекта.
- 10) Кривые Пашена определяют экспериментальные зависимости
- 1) потенциал зажигания  $V_i$  и  $E_i/p$  от отношения  $p/d$ ;
  - 2) потенциал зажигания  $V_i$  и  $E_i/p$  от произведения  $pd$ ;
  - 3) потенциал зажигания  $V_i$  и  $E_i/p$  от отношения  $d/p$ .
- 11) Неотъемлемой частью тлеющего разряда является наличие:
- 1) положительного столба;
  - 2) фарадеево темного пространства;
  - 3) катодного слоя;
  - 4) области отрицательного свечения.
- 12) Положительный столб тлеющего разряда постоянного тока – наиболее ярко выраженный и распространенный пример:
- 1) высокотемпературной плазмы;
  - 2) слабоионизированной неравновесной плазмы;
  - 3) сильноионизированной равновесной плазмы.
- 13) Дуговым называют самоподдерживающиеся разряды, в которых
- 1) катодное падение составляет сотни вольт;
  - 2) катодное падение потенциала имеет относительно низкую величину порядка потенциалов ионизации или возбуждения атомов ( $\sim 1-10$  эВ);
  - 3) напряжение горения дуг составляет десятки киловатт.
- 14) Разновидности разрядов постоянного тока, которые перечисляют к типу дуговых можно квалифицировать:
- 1) по характеру процессов на катоде;

- 2) по состоянию плазмы положительного столба дуги;
- 3) по характеру процессов на катоде, состоянию плазмы положительного столба, по роду среды в которой протекает ток.

15) В дуге с горячим термоэлектронным катодом катод нагревается целиком до высоких температур за счет:

- 1) вторичной электронной эмиссии;
- 2) постороннего источника;
- 3) автоэлектронной эмиссии;
- 4) интенсивной термоэлектронной эмиссии.

16) Столб дуги атмосферного давления – наиболее типичный и распространенный образец:

- 1) слабо ионизированной низкотемпературной плазмы;
- 2) плотной низкотемпературной плазмы, поддерживаемой электрическим полем;
- 3) столб однородного разряда с объемным протеканием тока.

17) Катодный слой дугового разряда в отсутствие постороннего накала катода призван создать условия:

- 1) для зажигания столба дуги;
- 2) для самоподдержания сильного тока;
- 3) для обеспечения вторичной эмиссии.

18) Одним из условий для зажигания однородного объемного разряда является то, что абсолютное значение начальной концентрации электронов определяется как:

- 1)  $n_0 = (4dt)^{1/2}$ ;
- 2)  $n_0 \geq 2\varepsilon_0 / 3\varepsilon_0$ ;
- 3)  $n_0 \geq (3eaE_0 / 32\varepsilon_0)^{3/2}$ ,

где  $\varepsilon_0$  - средняя энергия электронов;  $\alpha$  - коэффициент ударной ионизации;  $E_0$  - внешнее поле,  $n_0$  - начальная концентрация электронов.

19) Связь между частотой ионизации  $\nu_i$  и скоростью дрейфа  $\nu_g$  и ионизационным коэффициентом  $\alpha$ :

- 1)  $\nu_i = \nu_g \alpha$ ;
- 2)  $\nu_i = \nu_g / \alpha$ ;
- 3)  $\nu_i = \alpha / \nu_g$ .

20) Для аналитического описания ионизационного коэффициента  $\alpha$  Таунсендом была предложена эмпирическая формула

- 1)  $\alpha = \nu_i \nu_g$ ;
- 2)  $\alpha / p = A \exp(-BP / E)$ ;
- 3)  $\alpha / p = AP / BE$ ,

где А и В - постоянные коэффициенты; р- давление; Е - модуль напряженности электрического поля.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ответ																				

**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%.

**Лекции - Текущий контроль** включает:

- посещение занятий \_\_10\_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_15\_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_60\_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_15\_\_ бал.

**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.**

**Литература**

**Основная:**

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда: Учеб. руководство.- М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1992. - 592 с.
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда.- 2-е изд.- М.: Наука, 1992. - 592 с.
3. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах: Пер. с англ. /Под ред. Н.А. Капцова. - М.: Гостехиздат, 1950. - 672 с.
4. Грановский В. Л. Электрический ток в газе. - М.: Гостехиздат, 1952.
5. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд: Учебное пособие для вузов.- М.: Изд-во МФТИ, 1997. - 320 с.
6. Ю.П.Райзер, Основы современной физики газоразрядных процессов, М., Наука, 1980. - 415с.
7. Е.П. Велихов, А.С. Ковалев, А.Т. Рахимов, Физические явления в газоразрядной плазме, М., Наука, 1987. 160с.
8. Курбанисмаилов В.С., Омаров О.А., Ашурбеков Н.А. Физика газового разряда. Учебное пособие. Махачкала, ИПЦ ДГУ, 2001.
9. Цендин Л.Д., Кудрявцев А.А., Смирнов А.С. Физика тлеющего разряда. Учебное пособие. Изд-во «Лань». Санкт- Петербург.2010. 512 с.

10. Смирнов А.С. Физика газового разряда. Учебное пособие. Изд-во СПбГТУ, СПб. 1997.
11. Дьяков А.Ф., Бобров Ю.К., Сорокин А.В., Юргеленас Ю.В. Физические основы электрического пробоя газов. М.: Издательство МЭИ, 1999. 400 с.

***Дополнительная:***

1. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда: Пер. с англ. /Под ред. Франк-Каменецкого Д. А. - М.: Атомиздат, 1961.
2. Френсис Г. Ионизационные явления в газах: Пер. с англ. /Под ред. Настюхин А. И., Семашко Н. Н. - М.: Атомиздат, 1964.
3. Грановский В. Л. Электрический ток в газе (установившийся ток). - М.: Наука, 1971.
4. Смирнов Б. М. Физика слабоионизованного газа (в задачах с решениями). - Изд. 2-е. М.: Наука, 1985.
5. Ховатсон А. М. Введение в теорию газового разряда /Пер. с англ. Иванчика И. И. - М.: Атомиздат, 1980.
6. Мик Дж., Крэгс Дж. Электрический пробой в газах. - М.: ИЛ, 1960. - 600 с.
7. Ретер Г. Электронные лавины и пробой в газах: Пер. с нем. /Под ред. В.С. Камелькова. - М.: Мир, 1968. - 390 с.
8. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде – Новосибирск: Наука, 1982.- 255 с.
9. Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. - М.: Атомиздат, 1975. 275 с.
10. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. - М.: Наука, 1991. - 224 с.
11. Карнюшин В.М., Солоухин Р.И. Макроскопические и молекулярные процессы в газовых лазерах. - М.: Атомиздат, 1981.

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике элементарные процессы <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

**Перечень** учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;

- словарь терминов по физике газового разряда;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

**Самостоятельная работа студентов:**

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование кинетических процессов в плазме объемного разряда;

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

**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 компьютерный класс, оснащенный 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.