

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типы газовых разрядов**

**Кафедра физической электроники**

**Образовательная программа магистратуры**

**03.04.02- Физика**

Направленность (профиль) программы:

**Физика плазмы**

Форма обучения:

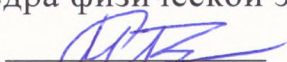
*очная*

Статус дисциплины:

*дисциплина по выбору*

Махачкала, 2022 год

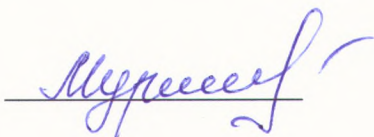
Рабочая программа дисциплины Типы газовых разрядов составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – *магистратура* по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, от «07» 08 2020 г. №914.

Разработчик: кафедра физической электроники, Рабаданов К.М., к.ф.-м.н., ст. преподаватель 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «3» марта 2022 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  Ашурбеков Н.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022 г., протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Типы газовых разрядов» (ДВ.2)

Дисциплина «Типы газовых разрядов» является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы).

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: универсальных: УК-1, общепрофессиональных: ОПК-4, профессиональных: ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические 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 3 зачетных единиц, в том числе 108 в академических часах по видам учебных занятий, зачет (1 семестр).

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	...	..				
1	108	32	16	-	16			76	зачет

### 1. Цели освоения дисциплины.

Курс «Типы газовых разрядов» является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы).

Основная цель данного курса состоит в том, чтобы продемонстрировать знания, полученные студентами в период обучения в бакалавриате, а также получение новых знаний, которые могут быть использованы при экспериментальном исследовании и теоретическом описании конкретных типов газовых разрядов, а именно: знакомство с основными элементарными и кинетическими процессами, которые могут происходить в низкотемпературной плазме газовых разрядов; изучение основных видов стационарных газовых разрядов, экспериментальных результатов, накопленных при их исследовании, методов построения моделей, характеризующих разряд, и методов расчета вольтамперных характеристик; изучение процессов, протекающих в импульсных газовых разрядах, то есть процессов, сопровождающих зажигание стационарного разряда.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач типа 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 дисциплин: электронная оптика, методы физических измерений, плазменные приборы, методы диагностики плазмы.

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения

<p><b>УК-1</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>М-ИУК1.1.Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p>	<p><b>Знает:</b> методы системного и критического анализа; <b>Умеет:</b> применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; <b>Владеет:</b> методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций.</p>	<p><b>Устный опрос</b></p>
	<p>М-ИУК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению</p>	<p><b>Знает:</b> источники и электронные базы данных для поиска требуемой информации <b>Умеет:</b> выявлять проблемные ситуации, используя методы анализа, синтеза и абстрактного мышления. <b>Владеет:</b> методами работы с источниками информации, включая технологии поиска специализированной информации</p>	
	<p>М-ИУК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников</p>	<p><b>Знает:</b> источники критерии проверенной, официальной и надежной информации <b>Умеет:</b> производить анализ явлений и обрабатывать полученные результаты; оценивать адекватность и достоверность информации о проблемной ситуации, работать с противоречивой информацией из разных источников <b>Владеет:</b> Методами критического анализа информации</p>	
	<p>М-ИУК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и</p>	<p><b>Знает</b> основные принципы составления концепции и стратегии развития проблемной ситуации <b>Умеет:</b> осуществлять</p>	

	междисциплинарного подходов	поиск решений проблемных ситуаций на основе действий, эксперимента и опыта; определять в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке и предлагать способы их решения; <b>Владеет:</b> технологиями выхода из проблемных ситуаций, навыками выработки стратегии действий	
	М-ИУК-1.5 Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения	<b>Знает:</b> методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации; <b>Умеет:</b> разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации; <b>Владеет:</b> методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий	
<b>ОПК-4</b> Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	<b>Знает:</b> - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности <b>Умеет:</b> определять сферу внедрения результатов научных	Устный опрос

		<p>исследований в области своей профессиональной деятельности; определять ожидаемые результаты научных исследований;</p> <p>- определять способы внедрения результатов научных исследований.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; методами описания результатов научных исследований для их внедрения.</p>	
<p><b>ПК-6.</b></p> <p>Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики низкотемпературной плазмы.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках технологиях физических исследований с помощью современного оборудования</p> <p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике плазмы</p> <p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики плазмы.</p> <p>ПК-6.4. Способен собирать,</p>	<p><b>Знает:</b></p> <p>методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах;</p> <p><b>Умеет:</b></p> <p>пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов</p>	<p>Устный опрос</p>

	<p>обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>	<p>их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</p> <p><b>Владеет:</b> методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления.</p>	
--	---	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

- 4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 аудиторных академических часов.
- 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в	
<i>Модуль 1. Введение в физику газового разряда</i>								



1.	Введение в физику газового разряда. Основные понятия физики атомных столкновений и кинетической теории газов.	1	2	2		14	Устный опрос
2.	Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе. Образование и гибель заряженных частиц в газе.	1	4	2		12	Устный опрос
	<b>Итого по модулю 1:</b>		6	4		26	
<b>Модуль 2. Элементарные процессы в плазме газового разряда</b>							
3.	Образование и гибель заряженных частиц в газе. Ионизация электронным ударом в электрическом поле. Испускание электронов твердыми телами.		2	4		12	Устный опрос
4.	Основные свойства и структура тлеющего разряда. Дуговые разряды. Искровые разряды. Разряды при высоких давлениях и перенапряжениях.		4	2		12	Устный опрос
	<b>Итого по модулю 2:</b>		6	6		24	
<b>Модуль 3. Самостоятельные разряды</b>							
5.	Самостоятельные Объемные разряды. Высокочастотный емкостный разряд.		2	2		14	Устный опрос
6.	Разряды в мощных CO <sub>2</sub> – лазерах непрерывного действия. Оптический пробой.		2	4		12	Устный опрос
	<b>Итого по модулю 3:</b>		4	6		26	Письменная контрольная работа, коллоквиум
	<b>ИТОГО:</b>		16	16		76	Зачет

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

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

#### **4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.**

#### ***Модуль 1. Введение в физику газового разряда***

##### **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.

#### ***Модуль 2. Элементарные процессы в плазме газового разряда***

##### **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.

##### **4. 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.

### ***Модуль 3. Самостоятельные разряды***

#### **5. 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.

#### **6. 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.

#### **7. Искровые разряды.**

Общие представления, неприемлемость Таунсендовской схемы пробоя при больших произведениях  $pd$ , 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.

## **8. 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.

## **9. 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. ВАХ положительного столба: частота ионизации ВЧ полем, расчет ВАХ и электрических параметров безэлектродного разряда. Формы существования ВЧ разрядов и постоянный положительный потенциал пространства. Слаботочный и сильноточный режимы разряда.

## **10. 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.

### ***4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.***

#### ***Модуль 1. Введение в физику газового разряда***

**Тема I.** Дрейф, энергия и диффузия заряженных частиц

1. Дрейф, энергия и диффузия заряженных частиц и проводимость слабоионизованной плазмы.

2. Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе.

***Модуль 2. Элементарные процессы в плазме газового разряда*** **Тема II.** Элементарные процессы.

1. Образование и гибель заряженных частиц в плазме газового разряда.
2. Испускание электронов твердыми телами.
3. Ионизация электронным ударом в электрическом поле.

### ***Модуль 3. Самостоятельные разряды***

#### **Тема III. Название темы**

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.

**5. Образовательные технологии:** активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и 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 компьютерный класс, оснащенный 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 контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета

(<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

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 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по отдельным разделам дисциплины обеспечивается материалом, размещенный на образовательном модуле ДГУ: 1. Курбанисмаилов В.С.

Диагностика газоразрядной плазмы.

<http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=876>

2. Курбанисмаилов В.С. Структура и механизмы формирования различных форм импульсного разряда в газах высокого давления.

<http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=878>

3. Курбанисмаилов В.С. Интересная физика. <http://physic01.blogspot.com/>

4. Омаров О.А. Методы диагностики плазмы.

<http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=3015>.

#### ***Вопросов для самоконтроля при самостоятельной работе.***

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

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

***7.1. 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 CO<sub>2</sub> – лазерах непрерывного действия.

***7.2. 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%. Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 20 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум - 60 баллов,
- (доклады, рефераты) - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 50 баллов,
- письменная контрольная работа - 50 баллов,

### **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

а) адрес сайта курса

*Интернет-адрес сайта. В качестве сайта курса рекомендуется использовать сайт кафедры или факультета (института), специализированные учебные сайты (например, на платформе Moodle).*

**б) 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. Кудрявцев, Анатолий Анатольевич. Физика тлеющего разряда: учеб. пособие / Кудрявцев, Анатолий Анатольевич, Смирнов, Александр Сергеевич. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 907-28.

4. 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.

5. Цендин Л.Д., Кудрявцев А.А., Смирнов А.С. Физика тлеющего разряда. Учебное пособие. Изд-во «Лань». Санкт-Петербург.2010. 512 с.

6. Смирнов А.С. Физика газового разряда. Учебное пособие. Изд-во СПбГТУ, СПб. 1997.

7. Дьяков А.Ф., Бобров Ю.К., Сорокин А.В., Юргеленас Ю.В. Физические основы электрического пробоя газов. М.: Издательство МЭИ, 1999. 400 с.

8. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т.ХІ - 4: Газовые и плазменные лазеры / отв. ред. С.И. Яковленко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 820 с.:



ил. - (Энциклопедическая серия. Серия Б: Справочные приложения, базы и банки данных/ гл. ред. В.Е. Фортов). - ISBN 59221-0571-6 : 984-06.

9. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. т. III- 1:

Термодинамические свойства низкотемпературной плазмы / отв. ред. А.Н. Старостин. - М.: Физматлит, 2004. - ISBN 5-9221-0550-7: 984-06.

10. 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>

**в) Дополнительная литература:**

1. Райзер, Юрий Петрович и др. Высокочастотный емкостный разряд: Физика. Техника эксперимента. Приложения: [учеб. пособие для вузов по направлению "Техн. физика"] / Райзер, Юрий Петрович и др.; М.Н. Шнейдер, Н.А. Яценко. - М.: Изд-во Моск. физ.-техн. ин-та: Наука. Изд. фирма "Физ.-мат. лит.", 1995. - 310 с.: ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 299-310. - ISBN 5-7417-0006-3 (Изд-во Моск. физ. техн. ин-та): 2500-00.

2. 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.

3. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда: Пер. с англ. /Под ред. Франк-Каменецкого Д. А. - М.: Атомиздат, 1961.

4. 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.

5. Ховатсон А.М. Введение в теорию газового разряда /Пер. с англ. Иванчика И. И. - М.: Атомиздат, 1980.

6. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. - М.: Наука, 1991. - 224 с.

7. 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>

8. 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>

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

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks

2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>

3. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru). Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ

4. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г.

5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.

6. **Web of Science:** Web of Science Core Collection базы данных Clarivate. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 07.07.2020 г. № 692 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Clarivate в 2020 г. [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)

7. **Scopus:** Scopus издательства Elsevier B.V. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2020 г. <https://www.scopus.com>

8. **Международное издательство Springer Nature** Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2020 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>

9. **Журналы American Physical Society.** Базы данных APS (American Physical Society). Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2020 г. <http://journals.aps.org/about>

10. **Университетская информационная система РОССИЯ**  
<https://uisrussia.msu.ru/>

**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 тем
- 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.

**11. 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.