

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы

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 Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы 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, Омарова Н.О., д.ф.-м.н., профессор 

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры физической электроники от «3» марта 2022 г., протокол № 4
И.о. зав. кафедрой  Ашурбеков Н.А.
(подпись)

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

Председатель  Мурлиева Ж.Х.
(подпись)

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

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Оглавление

Аннотация рабочей программы дисциплины	4
1.Цель изучения дисциплины	Ошибка! Закладка не определена.
2.Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	7
4.Объем, структура и содержание дисциплины	8
4.1.Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.....	8
4.2.Структура дисциплины.	8
4.3.Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	10
4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.....	10
4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.....	Ошибка! Закладка не определена.
5. Образовательные технологии.....	12
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	13
7.Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	14
7.2. Типовые контрольные задания.....	14
7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	17
8.Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
9.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	19
10.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21
11.Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	22
12.Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	22

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы» является дисциплиной по выбору ОПОП (магистратуры) по направлению подготовки /специальности) 03.04.02 **Физика**.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники в качестве *дисциплиной по выбору*

В курсе лекций кратко рассматриваются основные понятия, связанные с плазмой, и приводятся кинетические модели, используемые при описании состояния реальной неравновесной плазмы. Приводится детальное описание эффектов взаимодействия ионизованного газа с внешним полем, анализируется динамика передача энергии от электрического поля заряженным частицам плазмы и формирования функции распределения электронов по энергиям. Рассматриваются различные режимы поддержания стационарных состояний неравновесных разрядов. На основе анализа системы кинетических уравнений баланса для заселенностей возбужденных состояний при учете всевозможных элементарных процессов, приводящих к заселению и расселению рассматриваемых уровней, решается задача о распределении частиц по состояниям возбуждения. Кратко рассматриваются процессы переноса возбуждения в плазме и некоторые особенности разрядов в смесях газов. Анализируется влияние продольного магнитного поля на пространственное перераспределение нейтральных, возбужденных и заряженных частиц. Особое внимание уделяется анализу кинетики молекулярной плазмы. Даются основные сведения о протекании релаксационных процессов в газоразрядной плазме молекулярных газов. Анализируется процесс установления равновесия по всевозможным степеням свободы молекулярного газа.

Функция распределения электронов по энергиям в плазме молекулярного азота. Рассматривается кинетика нагрева молекулярного газа при больших значениях приведенного электрического поля. Определена роль неравновесности возбужденных частиц в плазмохимии. Изучается кинетика воспламенения воздушно-углеводородных смесей в условиях низкотемпературной неравновесной газоразрядной плазмы, существующей при высоких значениях приведенного электрического поля. Рассмотрены различные механизмы, приводящие к воспламенению углеводородного топлива. Описывается математическое моделирование изучаемого явления.

Студенты, изучающие 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, квантовой механики, статистических законах распределения, иметь базовые знания в области физики газового разряда, физики плазмы.

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

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контроля текущей успеваемости – контрольная работа, коллоквиум, тесты* и промежуточный контроль в форме *зачета.*

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе 108 академических часов по видам учебных занятий, зачет (3 семестр).

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	
		всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
3	108	24		-	24	-	-	84	зачет

1. Цели освоения дисциплины.

Целью спецкурса является ознакомление студентов с физическими основами кинетики низкотемпературной неравновесной плазмы.

Задачи дисциплины.

Изучить:

физические основы описания кинетики неравновесной низкотемпературной плазмы, создаваемой в атомарных и молекулярных газах;

процессы, влияющие на формирование различных режимов поддержания стационарных состояний неравновесных разрядов;

процессы переноса возбуждения в плазме;

методы математического моделирования кинетики нагрева молекулярного газа при больших значениях приведенного электрического поля.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

универсальных: УК-1,

общепрофессиональных: ОПК-4,

профессиональных: ПК-6.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы» входит как курс по выбору Блока 1 образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02 Физика.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать физические основы кинетики низкотемпературной газоразрядной плазмы; основные законы формирования неравновесных плазменных систем, основные кинетические модели плазмы и принципы их построения;

владеть методами математического моделирования процессов перераспределения энергии между различными степенями свободы молекулярной плазмы;

уметь применять полученные знания для описания газоразрядной плазмы, используемой для различных практических применений.

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

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. ИУК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению. ИУК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников ИУК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов. ИУК-1.5. Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения.	Знает виды, методы и концепции критического анализа. Умеет применять виды, методы и концепции критического анализа при выработке плана действий в проблемных ситуациях. Владеет основными принципами, определяющими цель и стратегию решения сложных ситуаций.
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	Знает: методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; возможные варианты внедрения результатов

научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.	исследований в области профессиональной деятельности. Умеет: определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; определять ожидаемые результаты научных исследований; определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; методами описания результатов научных исследований для их внедрения.
	ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики низкотемпературной плазмы.	ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; Умеет: 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. Владеет: 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.
	ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике плазмы	
	ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики плазмы.	
	ПК-6.4. Способен собирать, 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	

4.Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточно й аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	...	Самостоятель ная работа в	
Модуль 1.								
1.	Тема 1. Низкотемпературная плазма.	3		2			8	Устный опрос
2.	Тема 2. Элементарные процессы в низкотемпературной плазме.			4			8	
3.	Тема 3. Радиационный перенос возбуждения.			2			10	
Итого 1:				8			28	
Модуль 2.								
1.	Тема 4. Критерий возникновения неравновесных состояний.			2			10	Устный опрос
2.	Тема 5. Кинетика заселения возбужденных состояний.			4			8	
3.	Тема 6. Кинетика ионизации и рекомбинации.			2			8	
Итого 2:				8			28	
Модуль 3.								
1.	Тема 7. Распределение электронов по энергиям и баланс энергии электронов. Кинетическое уравнение и баланс энергии электронов.			2			10	Устный опрос
2.	Тема 8. Нестационарная неравновесная плазма.			4			8	
3.	Тема 9. Некоторые вопросы кинетики молекулярной плазмы.			2			8	

	Итого 3:			8			28	
	Итого :			24			84	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание практических занятий по дисциплине

Рассматриваются вопросы кинетики неравновесной низкотемпературной плазмы. Приводятся данные о столкновительных и радиационных элементарных процессах. Рассмотрен радиационный перенос возбуждения. Обсуждаются критерии равновесия в различных экспериментальных условиях. Описаны неравновесные распределения атомов по уровням и электронов по энергиям. Излагаются методы расчета коэффициентов ионизации и рекомбинации. Обсуждаются нестационарные процессы. Рассмотрены некоторые вопросы кинетики в молекулярной плазме.

Модуль 1

Тема 1.

Низкотемпературная плазма. Общие сведения. Квазинейтральность. Дебаевское экранирование. Идеальная плазма. Равновесная плазма. Локальное термодинамическое равновесие. Элементарные процессы. Особенности явлений переноса. Неравновесные низкотемпературная и высокотемпературная плазмы.

Тема 2.

Элементарные процессы в низкотемпературной плазме. Упругие столкновения. Неупругие столкновения электронов с атомами, ионами и молекулами. Неупругие столкновения с тяжелыми частицами. Элементарные радиационные процессы. Средняя энергия, передаваемая атому при столкновениях.

Тема 3.

Радиационный перенос возбуждения. Основные особенности радиационного переноса возбуждения. Уравнение радиационного переноса возбуждения. Приближенный метод эффективного времени жизни.

Радиационный перенос возбуждения в неоднородной среде
Границы применимости теории.

Модуль 2

Тема 4.

Критерий возникновения неравновесных состояний. Критерий отрыва температуры электронов. Критерий равновесной ионизации и равновесного распределения атомов по уровням. Критерии нарушения максвелловского распределения.

Тема 5.

Кинетика заселения возбужденных состояний. Качественная картина распределения населенностей в неравновесной плазме. Система кинетических уравнений баланса для населенностей возбужденных состояний. Численные методы решения кинетической системы уравнений для населенностей. Диффузионное приближение. Дискретные методы и модифицированное диффузионное приближение. Сравнение населенностей, найденных аналитически, с данными, расчётов на ЭВМ и с экспериментами. Влияние столкновений атом-атом на распределение населенностей. Учет источников возбужденных атомов в системе уравнений баланса. Особенности ударно-радиационной кинетики в разреженной плазме. Некоторые приложения теории.

Тема 6.

Кинетика ионизации и рекомбинации. Элементарная кинетика ионизации и рекомбинации. Основные уравнения кинетики ионизации к рекомбинации и результаты их численного решения. Коэффициенты ударно-радиационной рекомбинации в диффузионном и модифицированном диффузионном приближениях. Концентрация электронов в неравновесных стационарных условиях.

Модуль 3

Тема 7.

Распределение электронов по энергиям и баланс энергии электронов. Кинетическое уравнение и баланс энергии электронов. Неупругие столкновения.

Их влияние на баланс энергии электронов, частоту возбуждения и ионизации. Самосогласованные распределения электронов по энергиям и атомов по возбужденным состояниям. Распределение электронов по энергиям в сильном электрическом поле.

Тема 8.

Нестационарная неравновесная плазма. Критерии квазистационарности. Ионизационная релаксация. Излучение нестационарной плазмы. Релаксация функции распределения. Неустойчивости неравновесной плазмы во внешнем электрическом поле.

Тема 9.

Некоторые вопросы кинетики молекулярной плазмы. Баланс энергии электронов. Функция распределения электронов по энергиям. Распределение молекул по колебательным уровням. Электрон-ионная рекомбинация в молекулярных газах. Некоторые вопросы кинетики атомно-молекулярной плазмы.

5. Образовательные технологии

С целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки, предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

- во время лекционных занятий используется презентация с применением слайдов с графическим и табличным материалом, что повышает наглядность и информативность используемого теоретического материала;
- практические занятия предусматривают использование групповой формы обучения, которая позволяет студентам эффективно взаимодействовать в микрогруппах при обсуждении теоретического материала;
- использование кейс-метода (проблемно-ориентированного подхода), то есть анализ и обсуждение в микрогруппах конкретной ситуации из практического опыта;

- использование тестов для контроля знаний во время текущих аттестаций и промежуточной аттестации;
- решение задач;
- подготовка рефератов и докладов по самостоятельной работе студентов и выступление с докладом перед аудиторией, что способствует формированию навыков устного выступления по изучаемой теме и активизирует познавательную активность студентов.

Проводятся контрольные работы (на семинарах).

Зачет выставляется по итогам выполнения контрольных работ, 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, 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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции	Контроль выполнения работы (Опрос, тест, дом. задание, и т.д)
1.	1	Скращенные электрические и магнитные поля		УК-1	Опрос на практических занятиях. Проверка конспекта.
		Дрейф плазмы.		ПК-4	
		Магнитные ловушки			
	2	Равновесие ионизации.		ПК-6	Контрольная работа. Коллоквиум. Опрос на практических занятиях. Проверка конспекта.
		Вывод формулы Саха.			
		Многоступенчатая ионизация.			
	3	МГД – теория плазмы		ПК-6	Опрос на практических занятиях. Проверка конспекта.
		Обобщенный закон Ома, тензор проводимости			

	4	Звуковые волны.		ПК-6	Контрольная работа.
		Электронные плазменные волны			Коллоквиум.
		Ионно- звуковые волны.			Опрос на практических
	5	распределение Максвелла и Дрювстейна		ОПК-4	занятиях. Проверка
	6	Связь между диффузией и подвижностью.		ПК-6	конспекта.
2	7	Общие положения теории излучения			Опрос на практических
		Лучистая теплопроводность			занятиях. Проверка
	8	УТС		ПК-6	конспекта.
	9	Лазеры		ОПК-4	Контрольная работа.
	10	Плазменные источники света			Коллоквиум.
	11	Плазменные технологии		ОПК4	Опрос на практических
				ПК-6	занятиях.

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

7.1. Типовые контрольные задания

Примерный перечень вопросов к зачету Модуль 1

Тема 1.

1. Низкотемпературная плазма. Общие сведения.
2. Квазинейтральность. Дебаевское экранирование.
3. Идеальная плазма.
4. Равновесная плазма.
5. Локальное термодинамическое равновесие.
6. Элементарные процессы.
7. Особенности явлений переноса.
8. Неравновесные низкотемпературная и высокотемпературная плазмы.

Тема 2.

9. Элементарные процессы в низкотемпературной плазме.
10. Упругие столкновения
11. Неупругие столкновения электронов с атомами, ионами и молекулами.
12. Неупругие столкновения с тяжелыми частицами.
13. Элементарные радиационные процессы.

14. Средняя энергия, передаваемая атому при столкновениях.

Тема 3.

15. Радиационный перенос возбуждения. Основные особенности радиационного переноса возбуждения.

16. Уравнение радиационного переноса возбуждения.

17. Приближенный метод эффективного времени жизни.

18. Радиационный перенос возбуждения в неоднородной среде.

19. Границы применимости теории.

Модуль 2

Тема 4.

20. Критерий возникновения неравновесных состояний.

21. Критерий отрыва температуры электронов.

22. Критерий равновесной ионизации и равновесного распределения атомов по уровням.

23. Критерии нарушения максвелловского распределения.

Тема 5.

24. Кинетика заселения возбужденных состояний.

25. Качественная картина распределения населенностей в неравновесной плазме.

26. Система кинетических уравнений баланса для населенностей возбужденных состояний.

27. Численные методы решения кинетической системы уравнений для населенностей.

28. Диффузионное приближение.

29. Дискретные методы и модифицированное диффузионное приближение.

30. Сравнение населенностей, найденных аналитически, с данными, расчетов на ЭВМ и с экспериментами.

31. Влияние столкновений атом-атом на распределение населенностей.

32. Учет источников возбужденных атомов в системе уравнений баланса.

33. Особенности ударно-радиационной кинетики в разреженной плазме.

34. Некоторые приложения теории.

Тема 6.

35. Кинетика ионизации и рекомбинации.
36. Элементарная кинетика ионизации и рекомбинации.
37. Основные уравнения кинетики ионизации к рекомбинации и результаты их численного решения.
38. Коэффициенты ударно-радиационной рекомбинации в диффузионном и модифицированном диффузионном приближениях.
39. Концентрация электронов в неравновесных стационарных условиях.

Модуль 3

Тема 7.

40. Распределение электронов по энергиям и баланс энергии электронов. Кинетическое уравнение и баланс энергии электронов.
41. Неупругие столкновения. Их влияние на баланс энергии электронов, частоту возбуждения и ионизации.
42. Самосогласованные распределения электронов по энергиям и атомов по возбужденным состояниям.
43. Распределение электронов по энергиям в сильном электрическом поле.

Тема 8.

44. Нестационарная неравновесная плазма.
45. Критерии квазистационарности.
46. Ионизационная релаксация.
47. Излучение нестационарной плазмы.
48. Релаксация функции распределения.
49. Неустойчивости неравновесной плазмы во внешнем электрическом поле.

Тема 9.

50. Некоторые вопросы кинетики молекулярной плазмы. Баланс энергии электронов.
51. Функция распределения электронов по энергиям.
52. Распределение молекул по колебательным уровням.
53. Электрон-ионная рекомбинация в молекулярных газах.
54. Некоторые вопросы кинетики атомно-молекулярной плазмы.

Тематика рефератов

1. Механизмы формирования однородного плазменного столба в импульсных разрядах высокого давления.
 2. Механизмы формирования катодного слоя в импульсных объемных разрядах.
 3. Модели прорастания искрового канала в газах высокого давления.
 4. Стримерный механизм пробоя газов высокого давления.
 5. Пространственно-временная динамика развития импульсных разрядов в газах высокого давления.
 6. Плазменная модель пробоя газов высокого давления.
 7. Скоростная визуализация быстропротекающих наносекундных процессов.
 8. Технология создания высоковольтных импульсов напряжения для возбуждения импульсных разрядов в газах высокого давления.
6. Проблемы УТС.

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%.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

посещение занятий 10 баллов

активное участие на практических занятиях 15 баллов

выполнение домашних работ 15 баллов

выполнение самостоятельных работ 20 баллов

выполнение контрольных работ 40 баллов

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

а) основная литература:

1. А.М. Девятков, В.М.Шибков. «Элементарные процессы и кинетика низкотемпературной плазмы», Издательство МГУ, Москва, 1992
2. А.М. Девятков, В.М. Шибков. «Элементарные процессы в ионизованном газе», Издательство МГУ, Москва, 2001
3. Неравновесная колебательная кинетика. Под ред. М. Капителли. М.: Мир, 1989, 391 с.
4. Л.М. Биберман, В.С. Воробьев, И.Т. Якубов. Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы. М.: Наука, 1982, 375 с.
5. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. Долгопрудный: Интеллект, 2009, 736 с. ISBN 978-5-91559-019-8/
6. Кудрявцев, Анатолий Анатольевич. Физика тлеющего разряда: учеб. пособие / Кудрявцев, Анатолий Анатольевич, Смирнов, Александр Сергеевич. - СПб.-б.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 907-28.
7. 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.
8. Цендин Л.Д., Кудрявцев А.А., Смирнов А.С. Физика тлеющего разряда. Учебное пособие. Изд-во «Лань». Санкт- Петербург.2010. 512 с.
9. Смирнов А.С. Физика газового разряда. Учебное пособие. Изд-во СПбГТУ, СПб. 1997.
10. Чехлова Т.К. Учебное пособие по курсу «Физическая электроника» для преподавания с использованием мультимедийных технологий [Электронный ресурс] / Т.К. Чехлова. — Электрон. текстовые данные. М. : Российский университет дружбы народов, 2013. -124 с. -978-5-209-04770-4. — Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/22155.html>

б) дополнительная:

1. Ашурбеков Н.А., Омаров О.А., Курбанисмаилов В.С., Омарова Н.О. Кинетика нестационарной неравновесной плазмы наносекундных разрядов. Махачкала. ИПЦ ДГУ, 2007.
2. Газовая электроника: метод. указ. к выполнению спец. практикума / [сост. В.С. Курбанисмаилов, Ш.М. Самудов, А.З. Эфендиев]; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2007. - 85 с. - 51-00.

3. Омаров, Омар Алиевич. Импульсные разряды в газах высокого давления: учебное пособие для вузов / Омаров, Омар Алиевич. Махачкала: Юпитер, 2001. - 335 с. - Библиогр.: с. 332-333. - ISBN 5-7895-0027-7: 87-56.
4. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда: Пер. с англ. /Под ред. Франк-Каменецкого Д. А. - М.: Атомиздат, 1961. 5. Трубецков, Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. В 2-х т. [Текст]. Т.1 / Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. -М.: Физматлит, 2005. - ISBN 5-9221-0372-5: 270-27.
6. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде – Новосибирск: Наука, 1982. - 255 с. 7. Мутаева, Гайбат Ихласовна. Лекции по эмиссионной электронике: учеб. пособие / Мутаева, Гайбат Ихласовна ; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2006. - 81 с. 46-50
8. Классификация и параметры катодов: учеб. пособие / [сост. Г.И. Мутаева, Х.И. Аджиева]; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Махачкала: Изд-во ДГУ, 2009. - 28 с. - 19-00.
9. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом: монография / А.И. Пушкарев, Ю.И. Исакова, Р.В. Сазонов, Г.Е. Холодная. - Москва: Физматлит, 2013. - 238 с.: ил., схем., табл. -Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-92211411-0; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457656> (20.06.2018).
10. Савинов, В.П. Физика высокочастотного емкостного разряда: монография / В.П. Савинов. - Москва: Физматлит, 2013. - 308 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1551-3; То же [Электронный ресурс]. -URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457688> (20.06.2018).

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

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)

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

подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 20172018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г.

16. DP©ro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных –диссертации. Доступ продлен согласно лицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании лицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании лицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании лицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017 г.

10.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.

Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на материал практических занятий, рекомендуемую литературу.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

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

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

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

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

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

- автоматизированная система управления - база данных «Университет» - электронные библиотечные системы: Рукопт, издательство «Лань».

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

- Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб.

- При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.
- При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.
- Комплект мультимедийных слайд-лекций по всем разделам дисциплины.
- Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.