



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

**Физический факультет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАЗМЕ 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, 2021 год

Рабочая программа дисциплины «**Элементарные процессы в плазме газового разряда**» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – Физика (уровень: бакалавриата)

от «7» августа 2020 г., № 891.

Разработчики: кафедра физической электроники, Ашурбеков Н.А., д.ф.-м.н., профессор, Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «21» мая 2021 г., протокол № 9.

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» июня 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«9» июля 2021 г.  Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Элементарные процессы в плазме 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 элементарных процессов в ионизованных газах и процессы переноса: основы физики и техники столкновений частиц, физические процессы, происходящие в процессе рассеяния частиц, принцип действия различных устройств монокинетизации заряженных частиц и их технические характеристики, особенности характеристик сечений упругого и неупругого рассеяния электронов, атомов, фотонов, основные методы расчета сечений электронного возбуждения, ионизации и упругого рассеяния, особенности рекомбинации заряженных частиц, физическую природу взаимодействия нейтральных и заряженных частиц, физику фото процессов, основы физики поверхностных явлений.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *универсальных* - УК-1; *общепрофессиональных*: ОПК–1; *профессиональных*: ПК–12.

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

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
5	144	86	36	-	50			58	Экзамен

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Элементарные процессы в плазме газового разряда» является расширение и углубление знаний об элементарных процессах столкновений электронов, атомов, молекул, общей природе процессов соударений, ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития физики процессов рассеяния, изучение основ физики и техники получения пучков частиц, особенностей распространения и монокинетизации заряженных частиц, освоение терминологии, применяемой в теории рассеяния.

Курс лекций «Элементарные процессы в плазме газового разряда» является одним из цикла специальных курсов, читаемых для студентов по направлению 03.03.02 Физика на кафедре физической электроники Даггосуниверситета в 5 семестре.

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

Дисциплина «Элементарные процессы в плазме газового разряда» входит в Блока 1 и является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика (профиль – фундаментальная физика).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные с способностью использовать теоретические знания в области теоретической физики, квантовой механики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач по дисциплине «Элементарные процессы в плазме газового разряда».

Студенты, изучающие данную дисциплину должны иметь сведения и базовые знания по курсу общей физики, математике, основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса атомной физики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения дисциплин: специальный физический практикум, оформление результатов научного исследования, техника физического эксперимента, квантовая электроника (факультатив).

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны **получить представление** о вероятностях и сечениях рассеяния, экспериментальных методах измерения сечений возбуждения и ионизации атомов, ионов и молекул, о современном состоянии и перспективах развития теории рассеяния и физики столкновений, об особенностях применения сведений о сечениях рассеяния в разработке газоразрядных приборов и систем, об основных направлениях практического использования пучков заряженных и нейтральных частиц и процессах их формирования и разрушения; **знать**

основы физики и техники столкновений частиц, физические процессы, происходящие в процессе рассеяния частиц, принцип действия различных устройств монокинетизации заряженных частиц и их технические характеристики, особенности характеристик сечений упругого и неупругого рассеяния электронов, атомов, фотонов, основные методы расчета сечений электронного возбуждения, ионизации и упругого рассеяния, особенности рекомбинации заряженных частиц, физическую природу взаимодействия нейтральных и заряженных частиц, физику фотопроцессов, основы физики поверхностных явлений; **уметь** составлять уравнения баланса для плотности различных сортов частиц в плазме, рассчитывать число процессов столкновений в плазме, оценивать средние длины свободного пробега частиц в плазме, оценивать характерные времена релаксации плотности частиц в плазме в результате процессов ионизации и рекомбинации; **приобрести навыки** расчета сечений упругих и неупругих столкновений частиц в плазме. Приобрести навыки работы с устройствами для получения электрических разрядов, электронных пучков низкой интенсивности, устройствами регистрации токов и напряжений и потоков фотонов.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Б-УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;	<p><b>Знает:</b> основные методы критического анализа; методологию системного подхода, принципы научного познания.</p> <p><b>Умеет:</b> производить анализ явлений и обрабатывать полученные результаты; выявлять проблемные ситуации, используя методы анализа, синтеза и абстрактного мышления; использовать современные теоретические концепции и объяснительные модели при анализе информации</p> <p><b>Владет:</b> навыками критического анализа.</p>	Устный опрос, письменный опрос
	Б-УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;	<p><b>Знает:</b> систему информационного обеспечения науки и образования;</p> <p><b>Умеет:</b> осуществлять поиск решений проблемных ситуаций на</p>	

		<p>основе действий, эксперимента и опыта; выделять экспериментальные данные, дополняющие теорию (принцип дополнительности).</p> <p><b>Владеет:</b> основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.</p>	
	<p>Б-УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</p>	<p><b>Знает:</b> методы поиска информации в сети Интернет; правила библиографирования информационных источников; библиометрические и наукометрические методы анализа информационных потоков</p> <p><b>Умеет:</b> критически анализировать информационные источники, научные тексты; получать требуемую информацию из различных типов источников, включая Интернет и зарубежную литературу.</p> <p><b>Владеет:</b> методами классификации и оценки информационных ресурсов.</p>	
...	<p>Б-УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения, в том числе с применением философского понятийного аппарата.</p>	<p><b>Знает:</b> базовые и профессионально-профилированные основы философии, логики, права, экономики и истории; сущность теоретической и экспериментальной интерпретации понятий; сущность операционализации понятий и ее основных составляющих.</p> <p><b>Умеет:</b> формулировать исследовательские проблемы; логически выстраивать последовательную</p>	Устный опрос

		содержательную аргументацию; выявлять логическую структуру понятий, суждений и умозаключений, определять их вид и логическую корректность. <b>Владеет:</b> методами логического анализа различного рода рассуждений, навыками ведения дискуссии и полемики.	
	Б-УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленных задач.	<b>Знает:</b> требования, предъявляемые к гипотезам научного исследования; виды гипотез (по содержанию, по задачам, по степени разработанности и обоснованности). <b>Умеет:</b> 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; навыками статистического анализа данных.	Устный опрос
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	<b>ОПК-1.1.</b> Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<b>Знает:</b> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. <b>Умеет:</b> - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую	Письменный опрос

		<p>научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</li> </ul>	
	<p><b>ОПК-1.2.</b> Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики;</li> <li>- <b>новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности.</b></li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</li> </ul>	
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального</li> </ul>	



		<p>результата.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>- навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	
<p><b>ПК-12.</b></p> <p>Знает теорию и методы исследований в области физики низкотемпературной плазмы</p>	<p><b>ПК-12.1.</b></p> <p>Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p><b>Знает:</b> 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> пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</p> <p><b>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</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления.	
	<b>ПК-12.2.</b> Знает теорию и методы физических исследований в физике плазмы	<b>Знает:</b> теорию и методы физических исследований в физике плазмы <b>Умеет:</b> пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов; решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих в плазме газового разряда; <b>Владеет:</b> навыками проведения научных исследований в области физики низкотемпературной плазмы с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	
	<b>ПК-12.3.</b> Знает теорию и методы физических исследований в области физики плазмы.	<b>Умеет:</b> понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики низкотемпературной плазмы; использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике низкотемпературной плазмы; проводить научные исследования в области физики низкотемпературной плазмы с помощью	

		<p>современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеет:</b> навыки для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями; 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.</p>	
--	--	--	--

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

4.1. Объем дисциплины составляет **4** зачетные единицы, **144** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се мес тр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Сам. работа в т.ч. экзамен	
<b><i>Модуль 1. Физика элементарных процессов в плазме газового разряда.</i></b>							
1	Введение в физику элементарных процессов в плазме газового разряда.	5	4	8		2	семинарское занятие
2	Столкновения электронов с	5	8	8		6	контрольная

	атомами						работа, семинарское занятие
<b>Модуль 2. Методы расчета сечений возбуждения и ионизации атомов.</b>							
3	Столкновения тяжелых частиц	5	4	8		4	контрольная работа, семинарское занятие
4	Фотовозбуждение и фотоионизация	5	8	8		4	семинарское занятие
<b>Модуль 3. Методы получения и монокинетизации электронных пучков, сечения рассеяния</b>							
5	Термическое возбуждение и ионизация	5	6	8		2	семинарское занятие
6	Рекомбинация заряженных частиц. Методы монокинетизации электронных пучков.	5	4	4		2	контрольная работа, семинарское занятие
7	Ударно-радиационная рекомбинация. Неупругие столкновения тяжелых частиц.	5	2	6		2	контрольная работа, семинарское занятие
	Экзамен	5				36	
	<b>Итого</b>		<b>36</b>	<b>50</b>		<b>58</b>	

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

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

##### Модуль 1.

##### Тема 1. Введение

Предмет курса. Основные этапы развития физики столкновений. Роль процессов столкновений в плазме. Классификация элементарных процессов. Вероятность рассеяния заряженных частиц. Дифференциальное и полное эффективные сечения рассеяния. Прохождение заряженных частиц через слой пара или газа. Связь сечения рассеяния с длиной свободного пробега.

##### Тема 2. Столкновения электронов с атомами

Техника экспериментов по исследованию элементарных процессов. Способы получения электронов (фотоэффект, термоэлектронная эмиссия, холодная эмиссия). Методы монокинетизации заряженных частиц (движение в скрещенных электрических и магнитных полях, движение в поперечном магнитном поле, метод конденсатора Южа-Рожанского, метод Фокса).

Упругое рассеяние электронов на атомах. Сечение упругого рассеяния. Угловое распределение сечения рассеяния. Эффект Рамзауэра.

Неупругое рассеяние электронов на атомах. Методы исследования сечений неупругого рассеяния (оптические и электрические методы). Характерные особенности сечений возбуждения атомов электронным ударом.

Методы расчета сечений возбуждения атомов электронным ударом. Асимптотический метод теории рассеяния. Общие понятия о приближениях Борна, Борна-Опенгеймера, сильной связи.

Ионизация атома электронным ударом. Сечение ионизации. Методы измерения сечений ионизации.

## **Модуль 2.**

### ***Тема 3. Столкновения тяжелых частиц***

Столкновения тяжелых частиц между собой. Упругое соударение тяжелых частиц. Сечение упругого рассеяния. Определение потенциалов взаимодействия по сечениям рассеяния. Явление Пеннинга. Ассоциативная ионизация. Ионно-молекулярные реакции. Образование эксимерных молекул.

### ***Тема 4. Фотовозбуждение и фотоионизация***

Экспериментальные методы измерения сечений фотовозбуждения и фотоионизации. Сила осциллятора.

## **Модуль 3.**

### ***Тема 5. Термическое возбуждение и ионизация***

### ***Тема 6. Рекомбинация заряженных частиц***

Рекомбинация заряженных частиц. Теория Ланжевена. Теория Томсона.

Электрон-ионная рекомбинация. Ион-ионная рекомбинация. Трехчастичная рекомбинация. Коэффициент рекомбинации. Ударно-радиационная рекомбинация. Коэффициент ударно-радиационной рекомбинации. Диссоциативная рекомбинация (прямой и непрямого механизмы). Влияние колебательной релаксации на коэффициент диссоциативной рекомбинации.

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

### ***Модуль 1. Физика элементарных процессов в плазме газового разряда.***

***Тема 1.*** Роль процессов столкновений в плазме. Классификация элементарных процессов. Вероятность рассеяния заряженных частиц. Дифференциальное и полное эффективные сечения рассеяния.

#### ***Тема 2. Столкновения электронов с атомами.***

Техника экспериментов по исследованию элементарных процессов. Способы получения электронов (фотоэффект, термоэлектронная эмиссия, холодная эмиссия).

***Тема 3.*** Упругое рассеяние электронов на атомах. Сечение упругого рассеяния. Угловое распределение сечения рассеяния. Эффект Рамзауэра. Неупругое рассеяние электронов на атомах. Методы исследования сечений неупругого рассеяния (оптические и электрические методы). Характерные особенности сечений возбуждения атомов электронным ударом.

## **Модуль 2. Методы расчета сечений возбуждения и ионизации атомов.**

**Тема 4.** Методы расчета сечений возбуждения атомов электронным ударом. Асимптотический метод теории рассеяния. Общие понятия о приближениях Борна, Борна-Опенгеймера, сильной связи.

**Тема 5.** Ионизация атома электронным ударом. Сечение ионизации. Методы измерения сечений ионизации.

## **Модуль 3. Методы получения и монокинетизации электронных пучков, сечения рассеяния**

### **Тема 6. Методы монокинетизации электронных пучков**

Вопросы к теме:

1. Какими методами можно получить электронные пучки?
2. Как определить предельный ток электронной пушки на основе термоэлектронной эмиссии?
3. Как регулировать степень монокинетичности пучка?

### **Тема 7. Сечения рассеяния электронов на атомах, ионах и молекулах.**

Вопросы к теме:

1. Каков физический смысл дифференциального сечения рассеяния, эффективного сечения рассеяния, полного сечения рассеяния и вероятности рассеяния?
2. Каковы критерии применимости классического и квантового методов описания сечений рассеяния электронов на атомах?
3. Каковы основные общие закономерности сечений упругого и неупругого рассеяния?
4. Как определить число возбуждений атома электронным ударом в условиях плазмы и в условиях взаимодействия пучка электронов с газом?

### **Тема 8. Неупругие столкновения тяжелых частиц**

Вопросы к теме:

1. Какие известны механизмы взаимодействия тяжелых частиц?
2. Что означает правило Вигнера для столкновений двух возбужденных атомов?
3. Каким методом можно получить пучок ускоренных нейтральных атомов?

## **5. Образовательные технологии**

При реализации дисциплины используются различные виды образовательных технологий, которые связаны с применением, как правило, компьютерных и технических средств, в том числе компьютерных презентаций. В числе образовательных технологий используются ИКТ технологии, работа в команде, проблемное обучение, контекстное обучение, междисциплинарное обучение и опережающая самостоятельная работа.

Среди интерактивных технологий, используемых в ходе реализации образовательного модуля, можно выделить кейс-технология, метод проблемного изложения, защита проектов, web 2.0. технологии для дистанционного обучения. Web-технологии обеспечивают доступность

информации о результатах научно-образовательной и инновационной деятельности различных вузов и научно-исследовательских групп, использование которой студентами позволяет повысить уровень формирования их дополнительных профессиональных компетенций.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями ЦКП «Аналитическая спектроскопия», с учеными из других вузов, принимающих участие в научных мероприятиях ДГУ по профилю дисциплины.

По отдельным разделам лекционного материала 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.

## **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.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

№ пп	Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, ч.
<b>Текущая СРС</b>		
1.	работа с лекционным материалом, с учебной литературой	1
2.	опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	1
3.	самостоятельное изучение разделов дисциплины с использованием рекомендуемой литературы	2
4.	выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	2
5.	подготовка к практическим и семинарским занятиям	1
6.	подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	1
7.	решение расчетных задач по темам практических работ	1
8.	выполнение реферата по отдельным разделам дисциплины	2
9.	доклад, сообщение по представлению полученных результатов решения определенной учебно-исследовательской или научной темы	2
10.	представление студентом наработанной информации по заданной тематике (презентация)	2

<b>Творческая проблемно-ориентированная СРС</b>	
поиск, изучение и презентация информации по физике элементарных процессов в плазме газового разряда, анализ научных публикаций по заданной теме	2
исследовательская работа, участие в конференциях по физической электронике, научных семинарах кафедры по физике плазмы	2
анализ литературных данных по физике элементарных процессов в плазме газового разряда, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	1
Обработка результатов исследования элементарных процессов, протекающих в газах в процессе электрического пробоя в инертных газах пониженного и атмосферного давления.	2
подготовка к экзамену	36
<b>Итого СРС:</b>	<b>58</b>

**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.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Б-УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;	<p><b>Знает:</b> основные методы критического анализа; методологию системного подхода, принципы научного познания.</p> <p><b>Умеет:</b> производить анализ явлений и обрабатывать полученные результаты; выявлять проблемные ситуации, используя методы анализа, синтеза и абстрактного мышления; использовать современные теоретические концепции и объяснительные модели при анализе элементарных процессов в плазме.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками</p>	Устный опрос, письменный опрос



		критического анализа.	
	Б-УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;	<p><b>Знает:</b> систему информационного обеспечения науки и образования;</p> <p><b>Умеет:</b> осуществлять поиск решений проблемных ситуаций на основе действий, эксперимента и опыта; выделять экспериментальные данные, дополняющие теорию (принцип дополнительности).</p> <p><b>Владеет:</b> основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.</p>	
	Б-УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов	<p><b>Знает:</b> методы поиска информации в сети Интернет; правила библиографирования информационных источников; библиометрические и наукометрические методы анализа информационных потоков.</p> <p><b>Умеет:</b> критически анализировать информационные источники, научные тексты; получать требуемую информацию из различных типов источников, включая Интернет и зарубежную литературу.</p> <p><b>Владеет:</b> методами классификации и оценки информационных ресурсов.</p>	
...	Б-УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения, в том числе с применением философского понятийного аппарата.	<p><b>Знает:</b> базовые и профессионально-профилированные основы философии, логики, права, экономики и истории; сущность теоретической и экспериментальной интерпретации понятий; сущность операционализации понятий и ее основных составляющих.</p> <p><b>Умеет:</b> формулировать исследовательские проблемы; логически выстраивать последовательную содержательную аргументацию; выявлять</p>	Устный опрос

		логическую структуру понятий, суждений и умозаключений, определять их вид и логическую корректность. <b>Владеет:</b> методами логического анализа различного рода рассуждений, навыками ведения дискуссии и полемики в области физики элементарных процессов в плазме газового разряда.	
	Б-УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленных задач.	<b>Знает:</b> требования, предъявляемые к гипотезам научного исследования; виды гипотез (по содержанию, по задачам, по степени разработанности и обоснованности). <b>Умеет:</b> 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; навыками статистического анализа данных.	Устный опрос
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	<b>ОПК-1.1.</b> Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<b>Знает:</b> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач в области физики элементарных процессов в плазме газового разряда; - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. <b>Умеет:</b> - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. <b>Владеет:</b> - навыками находить и	Письменный опрос

		критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем в области физики элементарных процессов в плазме газового разряда..	
	<b>ОПК-1.2.</b> Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	<b>Знает:</b> - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики элементарных процессов в плазме газового разряда; - новые методологические подходы к решению задач в области физики элементарных процессов в плазме газового разряда. <b>Умеет:</b> - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области физики элементарных процессов в плазме газового разряда. <b>Владеет:</b> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	
	<b>ОПК-1.3.</b> Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.	<b>Знает:</b> - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <b>Умеет:</b> - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной	

		проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.	
<p><b>ПК-12.</b> Знает теорию и методы исследований в области физики низкотемпературной плазмы</p>	<p><b>ПК-12.1.</b> Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p><b>Знает:</b> методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; физические основы элементарных процессов в плазме самостоятельного и несамостоятельного разряда. <b>Умеет:</b> 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. <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 элементарных процессов в плазме газового разряда; навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
	<p><b>ПК-12.2.</b> Знает теорию и методы физических исследований в физике плазмы</p>	<p><b>Знает:</b> теорию и методы физических исследований в физике плазмы. <b>Умеет:</b> пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями</p>	

		<p>образования и гибели элементарных частиц; решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих в плазме газового разряда.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками проведения научных исследований в области физики низкотемпературной плазмы с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	
	<p><b>ПК-12.3.</b> Знает теорию и методы физических исследований в области физики плазмы.</p>	<p><b>Умеет:</b> понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики низкотемпературной плазмы; использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике низкотемпературной плазмы; проводить научные исследования в области физики низкотемпературной плазмы с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеет:</b> навыки для анализа элементарных процессов в плазме различных типов газового разряда; 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.</p>	

## 7.2. Типовые контрольные задания

### *Примерный перечень вопросов к экзамену по изучаемому курсу*

1. Основные этапы развития физики столкновений. Роль процессов столкновений в плазме.
2. Классификация элементарных процессов. Вероятность рассеяния заряженных частиц. Дифференциальное и полное эффективные сечения рассеяния.
3. Прохождение заряженных частиц через слой пара или газа. Связь сечения рассеяния с длиной свободного пробега.
4. Техника экспериментов по исследованию элементарных процессов. Способы получения электронов (фотоэффект, термоэлектронная эмиссия, холодная эмиссия).
5. Методы монокинетизации заряженных частиц (движение в скрещенных электрических и магнитных полях, движение в поперечном магнитном поле, метод конденсатора Южа-Рожанского, метод Фокса)
6. Упругое рассеяние электронов на атомах. Сечение упругого рассеяния.
7. Угловое распределение сечения рассеяния. Эффект Рамзауэра.
8. Неупругое рассеяние электронов на атомах. Методы исследования сечений неупругого рассеяния (оптические и электрические методы). Характерные особенности сечений возбуждения атомов электронным ударом.
9. Методы расчета сечений возбуждения атомов электронным ударом. Асимптотический метод теории рассеяния.
10. Общие понятия о приближениях Борна, Борна-Опенгеймера, сильной связи.
11. Ионизация атома электронным ударом. Сечение ионизации. Методы измерения сечений ионизации.
12. Столкновения тяжелых частиц между собой. Упругое соударение тяжелых частиц. Сечение упругого рассеяния.
13. Определение потенциалов взаимодействия по сечениям рассеяния.
14. Явление Пеннинга. Ассоциативная ионизация. Ионно-молекулярные реакции. Образование эксимерных молекул.
15. Фотовозбуждение и фотоионизация. Экспериментальные методы измерения сечений фотовозбуждения и фотоионизации.
16. Сила осциллятора. Спектральное распределение сил осцилляторов.
17. Термическое возбуждение и ионизация.
18. Рекомбинация заряженных частиц. Теория Ланжевена. Теория Томсона.
19. Электрон-ионная рекомбинация. Ион-ионная рекомбинация. Трехчастичная рекомбинация. Коэффициент рекомбинации.
20. Ударно-радиационная рекомбинация. Коэффициент ударно-радиационной рекомбинации.
21. Диссоциативная рекомбинация (прямой и непрямо механизмы). Влияние колебательной релаксации на коэффициент диссоциативной рекомбинации.

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

**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

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

**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:

- 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. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

**а) адрес сайта курса (образовательный портал ДГУ).**

Курбанисмаилов В.С. Физика газового разряда.

<http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=883>

**б) основная литература:**

1. Смирнов Б.М. Ионы и возбужденные атомы в плазме. М.1974.
2. Смирнов Б.М. Возбужденные атомы в плазме. М. 1982.
3. Смирнов Б.М. Атомные столкновения и элементарные процессы в плазме. М.1968.
4. Мотт Н., Месси Г. Теория атомных столкновений. М.1967.
5. Райзер, Юрий Петрович. Физика газового разряда: [монография] / Райзер, Юрий Петрович. - 3-е изд., перераб. и доп. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 734,[1] с. - Библиогр.: с. 725-734 . - ISBN 978-5-91559-019-8: 1386-00.
6. Щеголев, Игорь Фомич. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики: [учеб. пособие] / Щеголев, Игорь Фомич. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 207 с. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-91559- 006-8: 509-85.
7. Виноградова Т.В. Кинетика простых гомогенных реакций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Виноградова. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 75 с. — 978-5-7996-1103-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66160.html> (дата обращения: 27.09.2021).

**в) дополнительная литература:**

1. Юбилейный сборник научных статей «Кафедре оптики СПГУ 70 лет. Санкт Петербург. ИПЦ СпбГУ. 2004. 198 с.
2. Плазма в лазерах. Сб. ст. под ред. Дж. Бекефи. М.1982.
3. Красников, Анатолий Сергеевич. Физика элементарных частиц: учебное пособие к спецкурсу / Красников, Анатолий Сергеевич. - Рязань: РГПМ, 1992. - 99, [3] с. : ил.; 19 см. - Библиогр.: с. 101 (12 названий). - 0-25.
4. Булидорова Г.В. Кинетика сложных реакций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.В. Булидорова, К.А. Романова, Ю.Г. Галяметдинов. - Электрон. текстовые данные. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 88 с. - 978-5-7882-1919-6. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62180.html> (дата обращения: 27.09.2021).
5. Ашурбеков Н.А., Омаров О.А., Курбанисмаилов В.С., Омарова Н.О. Кинетика нестационарной неравновесной плазмы наносекундных разрядов. Махачкала. ИПЦ ДГУ, 2007.

## **9. 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 от 02.10.2020 г. Срок действия договора со 02.10.2020 г. по 02.10.2021 г.
2. Moodle [Физика газового разряда]: 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/> (дата обращения: 27.09.2021).
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. Срок действия договора с 01.10.2020 до 30.09.2021 г. 537наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.



6. 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.
7. **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)
8. **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>
9. **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/>
10. **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>
11. **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 элементарных процессов в плазме 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;

- 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.