



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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКА ИМПУЛЬСНОГО ПРОБОЯ**

Кафедра физической электроники  
физического факультета

**Образовательная программа 03.04.02 Физика**

Профиль подготовки: физика плазмы

Уровень высшего  
образования: Магистратура

Форма обучения: очная

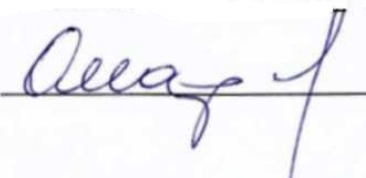
**Статус дисциплины:** вариативный по выбору

**Махачкала, 2017 год**


Рабочая программа дисциплины «Физика импульсного пробоя» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратура), утвержденным Приказом Минобрнауки России от 07.08.2014 N 937

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

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

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

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

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

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

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Физика импульсного пробоя**» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению **03.04.02 Физика (уровень магистратура), профиль – физика плазмы.**

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими представлениями об основных элементарных процессах, которые могут происходить в низкотемпературной плазме газовых разрядов, с основными видами газовых разрядов, экспериментальными результатами, накопленными при их исследовании, методами построения моделей, характеризующих разряд, и методами расчета вольтамперных характеристик, с процессами, протекающими в импульсных газовых разрядах.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных*: ОПК–6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–4:

- способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);
- способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);
- способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4).

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме двух **контрольных работ, и двух коллоквиумов** и промежуточный контроль в форме **зачета.**

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекц ии		Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	зачет	консульт ации			
10	38	16	-	18	3	1	72	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

**Целями освоения дисциплины Физика импульсного пробоя** 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.

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

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Физика импульсного пробоя» относится к вариативной по выбору части профессионального цикла ООП. 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 физики газового разряда.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц, законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения, основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения дисциплин: электронная оптика, методы физических измерений, плазменные приборы, методы диагностики плазмы.

Преподавание курса «Физика импульсного пробоя» сочетает традиционную лекционную форму с мультимедийными компьютерными презентациями и демонстрациями графического представления результатов численного моделирования сечений рассеяния электронов на атомах.

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

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

Изучить физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах, характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов, таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов, некоторые диагностические методы исследования газоразрядной плазмы.

Анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и развитии электрического пробоя, ознакомиться с некоторыми способами применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК – 6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и развитии электрического пробоя;</li> <li>• способы применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров;</li> <li>• основы физики классических типов разрядов и современные представления по физике электрического пробоя газов;</li> <li>• знать основные свойства различных типов разрядов, имеющих широкое практическое применение.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физике импульсного пробоя;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики газового разряда с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в различных типах газовых разрядов;</li> <li>• современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физики импульсного пробоя;</li> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить</li> </ul>

		обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.
ПК-2	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах;</li> <li>• характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов;</li> <li>• таунсендовский, стримерный и современные представления о механизмах пробоя газов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике импульсного пробоя;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в</li> </ul>

		инновационной деятельности.
ПК-4	способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФИП;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления;</li> <li>• навыками для анализа протекания электрического тока в различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;</li> <li>• навыками проведения научных исследований в области физики газового разряда с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.</li> </ul>
--	--	---

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

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 34 аудиторных академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контроль сам. раб	
<b>Модуль 1. Элементарные процессы в плазме газового разряда</b>							
1	Элементарные процессы. Закон сохранения энергии. Сечение столкновений. Скорости протекания элементарных процессов. Принцип детального равновесия. Дифференциальное сечение упругих взаимодействий. Полное сечение. Транспортное сечение. Упругое взаимодействие электронов с атомами и ионами. Эффект Рамзауэра.		2	2		4	
2	Направленное движение электронов и ионов в газе под действием электрического поля. Диффузионное		2	2		4	Устный опрос, семинарское занятие

	движение электронов и ионов.						
3	<p>Элементарные процессы, вызывающие ионизацию и возбуждение. Ионизация при соударении нейтральных частиц с электронами. прямая и ступенчатая ионизация в плазме. Неупругие удары тяжелых частиц. Возбуждение при соударении нейтральных частиц с электронами. Удары второго рода. Девозбуждение атомов и молекул при соударениях с электронами. Каналы разрушения возбужденных частиц в плазме.</p>		2	2		4	Устный опрос, семинарское занятие
4.	<p>Строение двухатомных молекул колебательные и вращательные уровни энергии. Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул. Процессы с участием трех частиц. Формула Томсона для константы Тройного процесса. Константы некоторых тройных процессов, вычисленные по формуле Томсона. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.</p>		2	4		4	Контрольная работа, семинарские занятия

	Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме.						
<b>Модуль 2. Стационарные и импульсные разряды</b>							
5	Распределение электрического поля в промежутке при наличии объемных разрядов. Несамостоятельный ток при слабой объемной ионизации (малой концентрации заряженных частиц в объеме). Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Коэффициент ударной ионизации, его зависимость от напряженности поля и давления газа.		2	2		4	семинарское занятие
6	Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений. Роль объемных зарядов в формировании пробоя. Несамостоятельный ток при сильной объемной ионизации. Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе. Общее описание тлеющего разряда.		2	2		4	семинарское занятие
7	Теория прикатодного		2	2		4	Устный опрос,

	<p>слоя тлеющего разряда. Положительный столб тлеющего разряда. Объемный разряд, поддерживаемый пучком быстрых электронов. Время запаздывания пробоя. Информация, получаемая при измерении времен запаздывания.</p>						семинарское занятие
8	<p>Методы наблюдения одиночной электронной лавины. Таунсендовский и стримерный механизм пробоя. Пробой при высоких перенапряжениях. Самостоятельный объемный разряд в газовых лазерах.</p>		2	2		4	Контрольная работа, семинарские занятия
	<b>Итого</b>		<b>16</b>	<b>18</b>		<b>32</b>	

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

##### Модуль 1. Элементарные процессы в плазме газового разряда.

1. Элементарные процессы. Закон сохранения энергии. Сечение столкновений. Скорости протекания элементарных процессов. Принцип детального равновесия.
2. Дифференциальное сечение упругих взаимодействий. Полное сечение. Транспортное сечение. Упругое взаимодействие электронов с атомами и ионами. Эффект Рамзауэра.
3. Направленное движение электронов и ионов в газе под действием электрического поля.
4. Диффузионное движение электронов и ионов.
5. Элементарные процессы, вызывающие ионизацию и возбуждение. Ионизация при соударении нейтральных частиц с электронами. прямая и ступенчатая ионизация в плазме. Неупругие удары тяжелых частиц.
6. Возбуждение при соударении нейтральных частиц с электронами. Удары второго рода. Девозбуждение атомов и молекул при

- соударениях с электронами. Каналы разрушения возбужденных частиц в плазме.
7. Строение двухатомных молекул колебательные и вращательные уровни энергии. Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул.
  8. Процессы с участием трех частиц. Формула Томсона для константы Тройного процесса. Константы некоторых тройных процессов, вычисленные по формуле Томсона.
  9. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.
  10. Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме.

## **Модуль 2. Стационарные и импульсные разряды**

1. Распределение электрического поля в промежутке при наличии объемных разрядов.
2. Несамостоятельный ток при слабой объемной ионизации (малой концентрации заряженных частиц в объеме).
3. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Коэффициент ударной ионизации, его зависимость от напряженности поля и давления газа.
4. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений. Роль объемных зарядов в формировании пробоя.
5. Несамостоятельный ток при сильной объемной ионизации.
6. Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе. Общее описание тлеющего разряда.
7. Теория прикатодного слоя тлеющего разряда.
8. Положительный столб тлеющего разряда.
9. Объемный разряд, поддерживаемый пучком быстрых электронов.
10. Время запаздывания пробоя. Информация, получаемая при измерении времен запаздывания.
11. Методы наблюдения одиночной электронной лавины.
12. Таунсендовский и стримерный механизм пробоя.
13. Пробой при высоких перенапряжениях.
14. Самостоятельный объемный разряд в газовых лазерах.
15. Решение задач по курсу.

## **5. Образовательные технологии**

Освоение данного курса специальной дисциплины предполагается с использованием лекционных занятий, практических занятий с элементами разбора определенных тем дисциплины в сочетании с внеаудиторной

работой в виде написания курсовой работы с использованием новейших достижений в данной области из периодических отечественных и зарубежных научных изданий. На лекционных занятиях предусмотрены компьютерные презентации с наглядными иллюстрациями процессов рассеяния частиц. Кроме того, предусмотрено посещение научных лабораторий Федерального НОЦ «физика плазмы» с ознакомлением с устройствами для получения электронных пучков и анализа их энергетических характеристик. В рамках учебного курса предусмотрена встреча с ведущими специалистами в данной области из МГУ им. М.В. Ломоносова, ОИВТ РАН, ИОФ РАН, которые ежегодно приглашаются в ДГУ в качестве председателей ГАК или для участия в работе Всероссийской конференции «физическая электроника», организуемой Научным Советом РАН по проблеме «физика низкотемпературной плазмы».

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Учебной программой дисциплины Физика импульсного пробоя предусмотрено половина объема времени изучения материала на самостоятельную работу студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится принимать самостоятельно решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой, обрабатывать экспериментальные данные, формировать отчет о проделанном исследовании.

Самостоятельная работа по курсу «Физика импульсного пробоя» включает:

- самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;
- решение расчетных задач по темам практических работ;
- выполнение заданий.

Выполненные задания оформляются в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы.

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

К **оценочным средствам** результатов обучения по данной дисциплине относятся:

**Устный опрос (экзамен, теоретический зачет)** – диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала.

**Коллоквиум** – способ промежуточной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

**Контрольная работа** – средство промежуточного контроля остаточных знаний и умений, обычно состоящее из нескольких вопросов или заданий, которые студент должен решить, выполнить.

**Курсовая работа** – научно-методическая работа, выполняемая студентом самостоятельно, с учетом определенных требований, под руководством выбранного преподавателя, в заданные сроки.

**Проектная деятельность** – воплощение имеющегося замысла, идеи, образа решения какой-либо проблемы в подходящей для этого форме (описание, обоснование, расчеты, чертежи).

**Презентация** – представление студентом наработанной информации по заданной тематике в виде набора слайдов и спецэффектов, подготовленных в выбранной программе.

**Кейс-задача** — проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы. Студент самостоятельно формулирует цель, находит и собирает информацию, анализирует ее, выдвигает гипотезы, ищет варианты решения проблемы, формулирует выводы, обосновывает оптимальное решение ситуации.

**Доклад, сообщение** – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

**Реферат** – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемого вопроса, приводит различные точки зрения, а также собственное понимание проблемы.

**Портфолио** – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-6	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>анализировать основные элементарные процессы образования и гибели заряженных частиц в плазме газового разряда и их роль в формировании и</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос



	<p>развитии электрического пробоя;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы применения газовых разрядов в качестве активных сред лазеров;</li> <li>• основы физики классических типов разрядов и современные представления по физике электрического пробоя газов;</li> <li>• знать основные свойства различных типов разрядов, имеющих широкое практическое применение.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физике импульсного пробоя;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики импульсного пробоя с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в различных типах газовых разрядов;</li> <li>• современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физики импульсного пробоя;</li> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</li> </ul>	
ПК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах;</li> <li>• характерные признаки и отличительные свойства дуговых, тлеющих, искровых, объемных, высокочастотных и сверхвысокочастотных разрядов;</li> <li>• таунсендовский, стримерный и современные</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>представления о механизмах пробоя газов.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике импульсного пробоя;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования искровых, дуговых и объемных разрядов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя;</li> <li>• некоторыми диагностическими методами исследования газоразрядной плазмы;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики импульсного пробоя.</li> </ul>	
ПК-4	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по ФИП;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели при анализе элементарных процессов, протекающих при газовом разряде.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения элементарных частиц, протекающих при газовом разряде;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления;</li> <li>• навыками для анализа протекания электрического тока в</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>различных типах газового разряда, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения научных исследований в области физики газового разряда с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>	
--	--	--

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

### ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	уметь использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Ознакомлен с использованием знаний современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Демонстрирует знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Показывает навыки успешного использования современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.

### ПК-2

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

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно –	Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения	Демонстрирует свободное владение разделами физики,	Показывает навыки успешного владения разделами

инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
--	---	--	--

## ПК-6

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

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

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

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Перечень вопросов к коллоквиуму

1. Элементарные процессы. Закон сохранения энергии. Сечение столкновений. Скорости протекания элементарных процессов. Принцип детального равновесия.
2. Дифференциальное сечение упругих взаимодействий. Полное сечение. Транспортное сечение. Упругое взаимодействие электронов с атомами и ионами. Эффект Рамзауэра.

3. Направленное движение электронов и ионов в газе под действием электрического поля.
4. Диффузионное движение электронов и ионов.
5. Элементарные процессы, вызывающие ионизацию и возбуждение. Ионизация при соударении нейтральных частиц с электронами. прямая и ступенчатая ионизация в плазме. Неупругие удары тяжелых частиц.
6. Возбуждение при соударении нейтральных частиц с электронами. Удары второго рода. Девозбуждение атомов и молекул при соударениях с электронами. Каналы разрушения возбужденных частиц в плазме.
7. Строение двухатомных молекул колебательные и вращательные уровни энергии. Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул.
8. Процессы с участием трех частиц. Формула Томсона для константы Тройного процесса. Константы некоторых тройных процессов, вычисленные по формуле Томсона.
9. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.
10. Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме.
11. Распределение электрического поля в промежутке при наличии объемных зарядов.
12. Несамостоятельный ток при слабой объемной ионизации (малой концентрации заряженных частиц в объеме).
13. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Коэффициент ударной ионизации, его зависимость от напряженности поля и давления газа.
14. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений. Роль объемных зарядов в формировании пробоя.
15. Несамостоятельный ток при сильной объемной ионизации.
16. Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе. Общее описание тлеющего разряда.

17. Теория прикатодного слоя тлеющего разряда.
18. Положительный столб тлеющего разряда.
19. Объемный разряд, поддерживаемый пучком быстрых электронов.
20. Время запаздывания пробоя. Информация, получаемая при измерении времен запаздывания.
21. Методы наблюдения одиночной электронной лавины.
22. Таунсендовский и стримерный механизм пробоя.
23. Пробой при высоких перенапряжениях.
24. Самостоятельный объемный разряд в газовых лазерах.
25. Решение задач по курсу.

**Тематика рефератов и курсовых работ и методические указания  
по их выполнению**

1. Методы получения электронных пучков низкой интенсивности
2. Упругое рассеяние электронов на атомах
3. Методы расчета сечений неупругого рассеяния электронов на атомах
4. Потенциалы взаимодействия электрона с тяжелыми частицами
5. Ионно-молекулярные процессы в плазме
6. Рекомбинация молекулярных ионов с электронами
7. Ударно-радиационная рекомбинация заряженных частиц

***Методические указания к выполнению курсовой работы***

Целью выполнения курсовой работы по дисциплине "Физика импульсного пробоя" является проверка знаний студентов по вопросам основ физики столкновений, полученных в ходе лекционных и семинарских занятий, умения анализировать и обобщать материалы, раскрывающие связи между теорией и экспериментом, углубленное самостоятельное изучение отдельных разделов физики столкновений.

Основные задачи выполнения рефератов и курсовых работ:

- изучение методов анализа специальной учебной и научной литературы, проблемных статей, статистических данных по конкретной теме;

- анализ, обобщение и систематизация материалов по конкретным вопросам физики столкновений;
- изучение теоретических вопросов анализа столкновительных процессов;
- анализ различных областей физика столкновений в науке и технике.

Реферат должен, как правило, базироваться на конкретных материалах одного типа столкновений или процесса рассеяния.

Выбор темы реферата осуществляется студентом самостоятельно, исходя, прежде всего из возможностей получения необходимых для ее выполнения фактических экспериментальных и теоретических материалов. Изменение формулировки темы по инициативе студента не допускается. Тема реферата утверждается лектором данного курса. Студент должен выполнять реферат в соответствии с планом, утвержденным научным руководителем. Это позволяет выдержать логику изложения и проверить ключевые моменты усвоения студентами базовых физических понятий, умение анализировать конкретные ситуации с применением характеристик лазерного излучения.

План реферата разрабатывается студентом самостоятельно, но при этом он должен учитывать ниже изложенные положения. Структура реферата по дисциплине "Физика импульсного пробоя", как правило, включает:

- введение;
- теоретическую часть;
- аналитическую часть;
- практическая часть, посвященная конкретным экспериментальным результатам;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Во **введении** необходимо охарактеризовать актуальность проблемы, цель и задачи реферата, объект и предмет исследования, методы, используемые при выполнении реферата, ее теоретическую и методологическую основу. Очень важно различать понятия "объект" и "предмет" исследования. Как правило, под объектом понимается определенный тип лазера или оптического явления (например, лазерная искра). Предмет исследования – это более конкретная характеристика определенных аспектов объекта (например, методы расчета порога лазерной искры и т.п.).

В **теоретической части** реферата раскрывается сущность рассматриваемого физического процесса. Необходимо изучить основные теоретические положения, охарактеризовать на основе обобщения учебной и научной литературы, в т.ч. зарубежных авторов, различные трактовки и классификации исследуемого объекта. Теоретическая часть работы может включать исторические аспекты появления и развития данного направления исследований.

Центральное место в реферате занимает **аналитическая часть**. Целью данной части является всесторонний анализ задач, методов экспериментального и теоретического исследования, основные закономерности. Необходимо привести общие сведения об объекте, в т.ч.:

- новые теоретические и экспериментальные результаты, полученные за последние десять лет;
- области применения полученных результатов;
- имеющиеся проблемы и нерешенные вопросы.

В данном разделе необходимо проанализировать соответствие экспериментальных результатов теоретическим моделям, анализировать погрешности измерений и точность теоретических расчетов. Следует показать собственную позицию в оценке проблемной ситуации и возможностей ее решения. Обязательно нужно делать ссылки на использованную литературу и точки зрения цитируемых авторов.



Проведенный анализ объекта исследования с использованием современных, включая квантовых, методов является базой для разработки конкретных предложений.

**Практическая часть** реферата по дисциплине "Физика импульсного пробоя» включает собственные экспериментальные результаты, оценки и расчеты, если эта часть работы запланирована. В данной части необходимо рассмотреть схемы экспериментальных установок, методов исследования и теоретического анализа.

В **заключении** реферата, опираясь на цели и задачи, сформулированные во введении, и результаты трех предшествующих частей, нужно сделать выводы по исследуемой проблеме и обобщить предложения, направленные на конкретные рекомендации.

**Список использованной литературы** должен включать действительно использованные в работе источники. При этом библиография составляется в порядке ссылок по тексту. При ссылке в тексте реферата на использованный источник приводится его порядковый номер в общем списке в квадратных скобках.

В **приложения** включаются вспомогательные материалы, использованные в курсовой работе для характеристики объекта исследования, подготовки таблиц, расчета показателей.

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

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные

программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка "удовлетворительно" выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка "неудовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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 - 0 баллов,

- выполнение лабораторных заданий – 0 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 90 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

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

### ***Основная:***

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда.- 2-е изд.- М.: Наука, 1992. - 592 с.
2. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах: Пер. с англ. /Под ред. Н.А. Капцова. - М.: Гостехиздат, 1950. - 672 с.
3. Грановский В. Л. Электрический ток в газе. - М.: Гостехиздат, 1952.
4. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд: Учебное пособие для вузов.- М.: Изд-во МФТИ, 1997. - 320 с.
5. Ю.П. Райзер, Основы современной физики газоразрядных процессов, М., Наука, 1980. - 415с.
6. Е.П. Велихов, А.С. Ковалев, А.Т. Рахимов, Физические явления в газоразрядной плазме, М., Наука, 1987. 160с.
7. Курбанисмаилов В.С., Омаров О.А., Ашурбеков Н.А. Физика газового разряда. Учебное пособие. Махачкала, ИПЦ ДГУ, 2001.
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. Дьяков А.Ф., Бобров Ю.К., Сорокин А.В., Юргеленас Ю.В. Физические основы электрического пробоя газов. М.: Издательство МЭИ, 1999. 400 с.

### ***Дополнительная:***

1. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда: Пер. с англ. /Под ред. Франк-Каменецкого Д. А. - М.: Атомиздат, 1961.
2. Френсис Г. Ионизационные явления в газах: Пер. с англ. /Под ред.

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

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика импульсного пробоя <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)

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

Перечень вопросов, включенных в рабочую программу дисциплины, может быть дополнен отдельными разделами из последних научных достижений в данной области, отраженных в современных обзорах,

опубликованных в журналах «Успехи физических наук» и научных монографиях.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

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

Работа с презентациями Power Point Power Point template ppt presentation. Работа с документами WORD, ADOBE ACROBAT, работа с электронными библиотеками образовательных и научных ресурсов, в том числе с Научной электронной библиотекой eLibrary/, работа с WEB-2 технологиями.

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

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 отдельным разделам дисциплины.

Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.

В.С. Курбанисмаилов