

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»  
(РУДН)*

*Факультет физико-математических и естественных наук  
Институт физических исследований и технологий*

Рекомендовано МССН

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКА ГАЗОВЫХ РАЗРЯДОВ**

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности  
03.04.02 «Физика»**

**Направленность программы (профиль) Фундаментальная и прикладная физика**

### 1. Цели и задачи дисциплины:

Курс излагается для студентов факультета физико-математических и естественных наук 2-го года обучения в магистратуре. Основной целью специализированного курса является общеобразовательная подготовка студентов, создание фундаментальной базы для усвоения специализированных курсов. Для реализации поставленной цели в процессе преподавания курса решаются следующие задачи: 1) анализ основных физических понятий и законов; 2) приложение законов физики к практическим задачам; 3) формирование у студентов единой, логически непротиворечивой физической картины мира.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина относится к элективной части блока Б1.В.ДВ.02 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

#### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
1	ПК-1: способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	Физика нелинейных процессов Математические методы в физике	Научно-исследовательская работа

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные процессы, протекающие в газовом разряде, и методы их теоретического описания, особенности разрядов основных типов, способы создания различных разрядов, их параметры, характерные неустойчивости разрядов.

**Уметь:** использовать полученные знания для анализа и расчета конкретных типов разрядов, решения задач в области физики газового разряда.

**Владеть:** навыками проведения оценок параметров газоразрядной плазмы, информацией о приложениях газового разряда в науке и технике.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4 зачетных единицы**.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры, магистратура			
		5	6		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>68</b>	<b>36</b>	<b>32</b>		
В том числе:					
<i>Лекции</i>	34	18	16		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>	34	18	16		
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>76</b>	<b>36</b>	<b>40</b>		
Общая трудоемкость	час	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	
зач. ед.		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Самостоятельный разряд	Пробой и зажигание самостоятельного разряда в постоянном, однородном электрическом поле. Изменение тока разряда во времени. Потенциал зажигания
2.	Тлеющий разряд	Распределение параметров разряда по длине разрядного промежутка. ВАХ тлеющего разряда. Определение условий зажигания тлеющего разряда и его поддержания
3.	Катодный слой и положительный столб тлеющего разряда	Переходные области, диффузионные процессы, контракция, стратифицирование и т.д.
4.	Дуговые разряды и основные процессы в них	Образование и динамика развития лавин.
5.	Искровой разряд Коронный разряд	Лавина, стример, критерий возникновения. Критерий зажигания. ВАХ коронного разряда. Коронный разряд в высоковольтных линиях передач.
6.	Высокочастотный разряд	ВЧ-емкостной разряд. Критерий зажигания. ВАХ ВЧЕ разряда. Две формы ВЧЕ разряда. ВЧ-индукционный разряд. Критерий зажигания. ВАХ разряда.
7.	Оптический разряд	Критерий зажигания
8.	СВЧ-разряд	СВЧ-пробой, предельные $p_d$ для Таунсендовского пробоя. Уравнение кинетики ионизации СВЧ-разряда. Функция распределения частиц по энергиям в СВЧ разряде. СВЧ-разряд в резонаторе
9.	Принципы подобия разрядов	
10.	Разряды в лазерах непрерывного действия	Газовые лазеры. Принцип генерации, основные процессы. Практическая реализация газовых лазеров - две модели.
11.	Практические приложения газовых разрядов	Плазмохимические технологии. Технологии напыления и ионной обработки материалов. Ионные источники для различных приложений.

### 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1	Самостоятельный разряд	3			2	7	12
2	Тлеющий разряд	3			3	6	12
3	Катодный слой и положительный столб тлеющего разряда	3			3	6	12
4	Дуговые разряды и основные процессы в них	3			2	7	12
5	Искровой разряд. Коронный разряд	3			3	6	12
6	Высокочастотный разряд	3			2	7	12
7	Оптический разряд	3			2	9	14
8	СВЧ-разряд	3			3	8	14
9	Принципы подобия разрядов	3			3	6	12

10	Разряды в лазерах непрерывного действия	4			4	8	16
11	Практические приложения газовых разрядов	3			3	6	12

## 6. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	1.	Самостоятельный разряд	2
2.	2.	Тлеющий разряд	3
3.	3.	Катодный слой и положительный столб тлеющего разряда	3
4.	4.	Дуговые разряды и основные процессы в них	2
5.	5.	Искровой разряд. Коронный разряд	3
6.	6.	Высокочастотный разряд	2
7.	7.	Оптический разряд	2
8.	8.	СВЧ-разряд	3
9.	9.	Принципы подобия разрядов	3
10.	10.	Разряды в лазерах непрерывного действия	4
11.	11.	Практические приложения газовых разрядов	3

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционный компьютер, компьютерный проектор, аудитория для компьютерного тестирования, кабинет лекционных демонстраций, научные лаборатории.

## 8. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

МЕНТОР

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС)

Учебный портал РУДН

Научная электронная библиотека РУДН

<http://www.edu.ru/> – федеральный образовательный портал.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/demo/>- кабинет физических демонстраций МГУ.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/>

<http://www.alpud.ru/> - автоматизированные лабораторные практикумы удаленного доступа.

<http://prac-gw.sinp.msu.ru/atom.htm> - атомный и ядерный практикум МГУ.

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

Обязательная:

1. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987. С. 355 - 407.

Дополнительная:

1. Encyclopedia of Physics. Vol. XXII Gas discharges II. Edit by S.Flugge, Berlin: Springer-Verlag, 1956. 253 p

2. N.St.J. Braithwaite. Introduction to gas discharges // Plasma Sources Sci. Technol. **9** (2000) p.p. 517-527

3. M.A. Lieberman, A.J. Lichtenberg Principles of plasma discharges and materials processing. New York: John Wiley& Sons Inc., 1994. 572 p

4. H. Conrads and M. Schmidt. Plasma generation and plasma sources // Plasma Sources Sci. Technol. **9** (2000) p.p. 441-454

5. В.Е. Голант .Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы. Наука, 1968. 328 с.
6. F.F. Chen. Principles of plasma processing (lecture course) UCLA 2002.
- в) Учебное пособие:
1. Андреев В.В., Балмашнов А.А., Лебедев Ю.А., Морозов А.И., Скворода А.А. Физика газового разряда и ее современные приложения. Учебное пособие – М.: РУДН, 2008. –382 с.

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Необходимо обеспечить себя рекомендованными учебными материалами. Для получения глубоких и прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима, кроме проработки лекционного материала, систематическая самостоятельная работа студента. Дополнить конспект лекций, выделить главное студент должен самостоятельно, пользуясь предлагаемыми учебными пособиями.

#### **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Все виды работ выполняются строго в срок, указанный в календарном плане. Работы, сданные с опозданием по неуважительной причине, не проверяются и не оцениваются. Студенты, набравшие в течение семестра менее 50 баллов, к экзамену не допускаются.

Для допуска к итоговому контролю знаний необходимо:

- сдать все тесты;
- защитить реферат.

Сдача тестов проводится письменно. Пересдача тестов не проводится.

Защита реферата проводится в рамках аудиторных занятий.

#### **Шкала оценок**

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Физика газовых разрядов

Направление/Специальность: 03.04.02 Физика / Фундаментальная и прикладная физика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства										Баллы темы	Баллы раздела
			Текущий контроль							Промежуточная аттестация				
			Опрос	Тест	Работа на занятии	Реферат	Выполнение РГР	Защита ЛР		Экзамен/Зачет	∴	∴		
ПК-1	Самостоятельный разряд	Глеющий разряд		10	2	10				10				35
		Дуговой разряд			1									
		Искровой разряд			1									
		Коронный разряд			1									
ПК-1	Разряды в электромагнитных полях	ВЧ разряд		10	1	10				10				33
		СВЧ разряд			1									
		Оптический разряд			1									
ПК-1	Подходы к изучению и практическому применению плазмы газовых разрядов	Принципы подобия		10	1	10				10				32
		Источники частиц и излучений для технологий			1									
		<b>Итого:</b>		<b>30</b>	<b>10</b>	<b>30</b>				<b>30</b>				<b>100</b>

Сдача тестов проводится письменно. Передача тестов не проводится.

Защита реферата проводится в рамках аудиторных занятий.

**Фонд оценочных средств дисциплины "Физика газовых разрядов"**  
**Словарь (гlossарий) основных терминов и понятий (включая индекс)**

**А**

**Адсорбция** – способность вещества поглощать своей поверхностью газообразные и растворенные вещества за счет образования физических или химических связей с ними.

**Активные частицы плазмы** – частицы, способные при столкновениях с реагентами инициировать химические реакции. Это электроны, ионы, радикалы, атомы, возбужденные атомы и молекулы, образованные в плазме.

**Анизотропия** – (от греческого слова *anisos* – неравный и *tropos* – направление) означает зависимость физических свойств (механических, оптических, электрических и др.) вещества от направления. Анизотропия характерна для [кристаллов](#) и связана с их симметрией: чем ниже симметрия, тем сильнее анизотропия. В отношении некоторых свойств, например, плотности, удельной [теплоемкости](#), [кристаллы](#) изотропны, т.е. эти свойства не зависят от направления. Анизотропия [жидких кристаллов](#) и некоторых [жидкостей](#) объясняется частичной упорядоченностью в ориентации [молекул](#) и анизотропией некоторых их свойств (например, поляризуемости). В изотропных средах под действием электрического или магнитного полей, механических воздействий может возникнуть искусственная анизотропия их характеристик.

**В**

**ВАХ** – вольт-амперная характеристика.

**ВУФ** – вакуумный ультрафиолет. Излучение в диапазоне длин волн 100 – 200 нм.

**Диффузия** – процесс переноса материи или энергии из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией.

**И**

**Изотропия** – независимость физических свойств (механических, оптических, электрических и др.) вещества от направления.

**Имплантация** – (от латинского слова – *im(in)* – в, внутрь и *plantatio* – сажание) встраивание, внедрение.

**К**

**Контракция** (плазменного столба) – шнурование плазменного столба в тонкий, ярко светящийся токовый канал.

**М**

**МГД-генератор** – магнитогидродинамический генератор.

**Н**

**Неравновесность** – отличие состояния системы от термодинамического равновесия. Может проявляться в существовании нескольких температур, характеризующих распределения разных частиц по энергиям, или в отличии распределений частиц по энергиям (скоростям) от Максвелл-Больцмановского распределения.

**О**

**ОКГ** – оптический квантовый генератор.

**Потенциал ионизации** – величина, равная работе, которую надо совершить для отрыва электрона от атома (молекулы).

**Рекомбинация** – **Рекомбинация** ионов и электронов, образование нейтральных атомов или молекул из свободных электронов и положительных атомных или молекулярных [ионов](#); процесс, обратный [ионизации](#). Р. происходит главным образом в ионизованных газах и [плазме](#) и приводит к практически полному исчезновению заряженных частиц при отсутствии противодействующих ей факторов. Атомы и молекулы при Р. образуются не только в основном, но и в возбужденных состояниях. Поэтому выделяющаяся в акте Р. энергия  $W$  (за вычетом кинетической энергии рекомбинирующих частиц) может быть различна. Р. характеризуют коэффициентом Р.  $a$ ; умноженный на

произведение концентраций зарядов, он даёт интенсивность  $P$ . (скорость исчезновения заряженных частиц).

**С**

**СВЧ** – сверхвысокая частота.

**СПД** – стационарный плазменный двигатель.

**Страта** – разбиение положительного столба газового разряда на пространственно регулярные слои с разной светимостью.

**Стример** (stream – поток) – тонкий канал ионизованного газа.

**Т**

**Термоэмиссия** – эмиссия электронов с нагретого тела.

**У**

**УТС** – управляемый термоядерный синтез.

**УФ** – ультрафиолетовая область спектра. Излучение в диапазоне длин волн 200 –

**Ф**

**Фотоэмиссия** – эмиссия электронов под действием квантов энергии.

**Э**

**ЭДС** – электродвижущая сила.

**Электропроводность** – электрическая проводимость, проводимость, способность тела пропускать электрический ток под воздействием электрического поля, а также физическая величина, количественно характеризующая эту способность. Тела, проводящие электрический ток, называются проводниками, в отличие от изоляторов (диэлектриков). Проводники всегда содержат свободные (или квазисвободные) носители заряда – электроны, ионы, направленное (упорядоченное) движение которых и есть электрический ток. Электропроводность большинства проводников (металлов, полупроводников, плазмы) обусловлена электронами (в плазме небольшой вклад в электропроводность вносят также ионы). Ионная электропроводность свойственна электролитам.

**ЭЦР** – электронный циклотронный резонанс.

### **Методические указания для преподавателя, студента, слушателя**

Курс состоит из лекций, предусмотрено выполнение семестрового реферата. Поскольку программа данного курса предусматривает изучение широкого круга вопросов, часто составляющих содержание разных курсов, то из-за ограниченного объема часов рассматриваются лишь те вопросы, которые способствуют пониманию основных принципов, используемых при изучении отдельных разделов.

Для освоения курса требуются знания курса общей физики (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физика атома и атомных явлений, физика атомного ядра и частиц), курсов теоретической физики (теоретическая механика и основы механики сплошных сред, квантовая механика, электродинамика, статистическая физика, основы физики конденсированного состояния), а также курсов высшей математики (высшая алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, методы математической физики), входящих в учебный план обучения бакалавра классического университета по направлению подготовки – физика.

Лекции построены по принципу: от простого к сложному, и реализуют непрерывную подготовку в рамках учебной программы, демонстрируя примеры конкретных межпредметных взаимосвязей. Лекции проходят с демонстрацией иллюстративного видеоматериала (слайдов и т.п.), с использованием мультимедийного проекционного оборудования.

Все виды работ выполняются строго в срок, указанный в календарном плане. Работы, сданные с опозданием по неуважительной причине, не проверяются и не оцениваются. Студенты, набравшие в течение семестра менее 50 баллов, к экзамену не допускаются.

Для допуска к итоговому контролю знаний необходимо:

- сдать все тесты;
- защитить реферат.

Сдача тестов проводится письменно. Пересдача тестов не проводится.

Защита реферата проводится в рамках аудиторных занятий.

### **Тестовые задания по темам (для текущего и промежуточного самоконтроля)**

#### **1. Что является обязательным условием развития любого механизма пробоя?**

Наличие процессов на электродах;

Первичная лавина;

Максимальный коэффициент ионизации.

#### **2. Чем отличается несамостоятельный разряд от самостоятельного?**

Более высоким током разряда;

Наличием внешнего источника ионизации;

Наличием процессов на электродах, определяющих разряд.

#### **3. Чем характеризуется темный таунсендовский разряд?**

Наличие однородного электрического поля в межэлектродном пространстве;

Несамостоятельный разряд;

Стримерная теория пробоя.

#### **4. Что характеризует коэффициент газового усиления?**

Отношение электронного тока в конце разрядного промежутка к его току в начале;

Разность электронного тока в конце разрядного промежутка и его значения в начале;

Падение напряжения на разрядном промежутке.

#### **5. Что определяет закон Пашена?**

Межэлектродную разность потенциалов, при которой выполняется условие пробоя;

Предельное значение коэффициента газового усиления;

Максимальный коэффициент ионизации.

#### **6. Что определяет выражение $\gamma_e (e^{\alpha_{Td}} - 1) = 1$ ?**

Ионизационный коэффициент Таунсенда;

Критерий пробоя;

Точку Столетова.

#### **7. Точка Столетова определяет:**

Условия, когда ионизационная способность электронов максимальна;

Ионизационный потенциал;

Потенциал пробоя.

#### **8. Каково отношение количества светящихся зон к количеству темных зон нормального тлеющего разряда с холодными электродами?**

4 : 4;

5 : 4;

4 : 5;

5 : 5.

#### **9. Характерным пространственным масштабом зон свечения**

**нормального тлеющего разряда является:**

Длина свободного пробега;  
Дебаевская длина;  
Характерный масштаб действия кулоновских сил.

**10. Правило Зеелигера определяет:**

Спектральный порядок свечения катодной и отрицательной зон тлеющего разряда;  
Переход тлеющего разряда в дугу;  
Распределение межэлектродного потенциала в зависимости от величины разрядного тока.

**11. Какой параметр определяет тип тлеющего разряда?**

Величина, протекающего тока;  
Величина межэлектродной разности потенциалов;  
Сечение ионизации;

**12. Как меняется плотность тока на катоде с увеличением разности потенциалов при нормальном законе плотности тока в газовом разряде?**

Растет;  
Убывает;  
Остается неизменным.

**13. Чем характеризуется возникновение страт?**

Чередованием областей рождения и гибели электронов;  
Перераспределением плотности электронов в пространстве;  
Перераспределением плотности ионов в пространстве.

**14. Существенное отличие в физической природе дугового разряда от иных форм разрядов постоянного тока?**

Резкое падение напряжения на разрядном промежутке;  
Изменение типа эмиссии электронов из катода;  
Возрастание сечения ионизации.

**15. Способствует ли эффект Шоттки развитию дугового разряда?**

Да;  
Нет;  
Влияет, но слабо.

**16. Модель Штеенбека позволяет определить:**

Поле температур дугового разряда;  
Принцип минимума мощности дугового разряда;  
Область неравновесности дугового разряда.

**17. Стример это:**

Ионизованный канал предпробойной стадии коронного или искрового разряда;  
Сильно ионизованный канал коронного или искрового разряда;  
Сильно ионизованный тонкий канал тлеющего или дугового разряда.

**18. Плотность ионов в следе лавины определяется следующей зависимостью от координаты:**

Линейная;

Квадратичная;  
Экспоненциальная.

**19. Для перерождения лавины в стример необходимо:**

Межэлектродное поле должно превышать напряжение пробоя;

Ток разряда должен быть максимально возможным;

Поле пространственного заряда лавины с учетом процесса фотоионизации должно возрасти до значения приложенного.

**20. Лидер прорастает из..... от:**

Области сильного поля от активного электрода;

Области сильного поля от пассивного электрода.

**21. Критерий зажигания и поддержания коронного разряда определяется:**

Формой и взаимным расположением электродов;

Напряжение соответствует пробивному напряжению;

Полярностью коронирующего электрода.

**22. Амплитуда колебаний электронов в поле электромагнитной волны:**

Пропорциональна частоте поля;

Пропорциональна квадрату частоты поля;

Обратно пропорциональна квадрату частоты поля;

Обратно пропорциональна частоте поля.

**23. Что определяет выражение  $\frac{e^2 E^2 v_m}{m(\omega^2 + v_m^2)}$ :**

Скорость набора энергии электроном от поля в СВЧ-разряде в отсутствие потерь;

Скорость набора энергии электроном от поля в СВЧ-разряде при наличии потерь;

Значение максимальной энергии достигаемой электроном в СВЧ-разряде.

**24. Определите зависимость порогового поля пробоя СВЧ-разряда в условиях низкого давления ( $\omega, p, \Lambda$  – частота поля, давление, диффузионная длина соответственно):**

$$E_t \propto \frac{\omega}{p\Lambda};$$

$$E_t \propto \frac{1}{p};$$

$$E_t \propto \omega.$$

**25. Определите зависимость порогового поля пробоя СВЧ-разряда в условиях высокого давления ( $\omega, p, \Lambda$  – частота поля, давление, диффузионная длина соответственно):**

$$E_t \propto \frac{\omega}{p\Lambda};$$

$$E_t \propto \frac{1}{p};$$

$$E_t \propto \omega.$$

**26. Какому условию соответствует минимум пробойного напряжения в высокочастотном поле?**

$$\omega^2 \approx v_m^2;$$

$$\omega^2 \ll v_m^2;$$

$$\omega^2 \gg v_m^2.$$

Здесь  $\omega$  – частота высокочастотного поля,  $v_m$  – частота столкновений.

**27. Какова яркость свечения при  $\alpha$  и  $\gamma$ -разрядах?**

Одинакова;

В  $\alpha$ -разряде выше;

В  $\gamma$ -разряде выше.

**Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам**

1. Чем отличается несамостоятельный разряд от самостоятельного?
2. Что является источником электронов для разряда в газе?
3. Опишите процессы при несамостоятельном разряде.
4. Опишите процессы при самостоятельном разряде.
5. Изобразите график распределения потенциала в разрядном промежутке при самостоятельном разряде.
6. Каково условие существования самостоятельного разряда?
7. Изобразите кривую Пашена, объясните ее ход.
8. Изобразите вольт-амперную характеристику самостоятельного разряда, поясните области.
9. Что такое напряжение зажигания разряда и напряжение горения?
10. Какова роль балласта в цепи газового разряда?
11. Какова роль балласта в цепи газового разряда?
12. Что характеризует коэффициент газового усиления?
13. Как меняется плотность тока на катоде с увеличением разности потенциалов при нормальном законе плотности тока в газовом разряде?
14. Чем характеризуется возникновение страт?
15. Как меняется энергия заряженных частиц в бесстолкновительной плазме при включении высокочастотного электрического поля?
16. Какие существуют типы высокочастотных источников плазмы?
17. Какие источники плазмы называются ЭЦР источниками плазмы?
18. Каков механизм формирования плазмы в ЭЦР источниках?
19. Какому условию соответствует минимум пробойного напряжения в высокочастотном поле?
20. Какова яркость свечения при  $\alpha$  и  $\gamma$ -разрядах?

**Примерные темы рефератов**

1. Пробой и зажигание самостоятельного разряда в постоянном, однородном электрическом поле.
2. Определение условий зажигания тлеющего разряда и его поддержания.
3. Образование и динамика развития лавин.
4. Коронный разряд в высоковольтных линиях передач.
5. Практическая реализация газовых лазеров – две модели.
6. Плазмохимические технологии.
7. Технологии напыления и ионной обработки материалов.
8. Ионные источники для различных приложений.

## Перечень вопросов итоговой аттестации по курсу

1. Самостоятельный разряд. Пробой и зажигание самостоятельного разряда в постоянном однородном поле. Зависимость тока разряда во времени. Потенциал зажигания.
2. Тлеющий разряд. Распределение параметров по длине разрядного промежутка. ВАХ тлеющего разряда. Определение условий зажигания тлеющего разряда и его поддержание.
3. Катодный слой и положительный столб тлеющего разряда. Переходные области, диффузионные процессы, контракция, стратифицирование.
4. Дуговые разряды и основные процессы в нем. Образование и динамика лавин.
5. Искровой разряд (лавина, стример), критерий возникновения.
6. Коронный разряд. Критерий зажигания. ВАХ коронного разряда. Коронный разряд в высоковольтных линиях передач. Молния.
7. Высокочастотный разряд. ВЧ - емкостной разряд. Критерий зажигания.
8. ВАХ - ВЧЕ разряда. Две формы ВЧЕ разряда.
9. ВЧ – индукционный разряд. Критерий зажигания. ВАХ разряда.
10. СВЧ - пробой, предельные  $p_d$  для таунсендовского пробоя.
11. Уравнение кинетики ионизации СВЧ-разряда.
12. Функция распределения частиц по энергиям в СВЧ разряде. СВЧ-разряд в резонаторе.
13. Принципы подобия разрядов.
14. Разряды в лазерах непрерывного действия.

Руководитель направления 03.04.02

Директор института физических исследований  
и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза