

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИСЭ СО РАН
академик РАН



Н. А. Ратахин Н. А. Ратахин
« 24 » августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
«Физика газового разряда»

основных профессиональных образовательных программ высшего образования —
программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)	Место дисциплины в учебном плане
1	03.06.01 Физика и астрономия	Оптика	Вариативная часть, дисциплина по выбору
2		Электрофизика, электрофизические установки	Вариативная часть, дисциплина по выбору
3	11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи	Вакуумная и плазменная электроника	Вариативная часть, дисциплина по выбору

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина и ее место в учебном плане приведены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Дисциплина изучает элементарные процессы в газоразрядной плазме и основные виды электрических разрядов в газах.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен знать:

- фундаментальные основы физики и математического анализа;
- принципы действия средств измерений, методы измерений различных физических величин;
- методы решения классических задач общей физики.

Должен уметь:

- работать на ПК в современных операционных средах;
- использовать технические средства для измерения различных физических величин;
- использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач.

1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

1. Знакомство с основными элементарными и кинетическими процессами, которые могут происходить в низкотемпературной плазме газовых разрядов.

2. Изучение основных видов стационарных газовых разрядов, экспериментальных результатов, накопленных при их исследовании, методов построения моделей, характеризующих разряд, и методов расчета вольтамперных характеристик.

3. Изучение процессов, протекающих в импульсных газовых разрядах, то есть процессов, сопровождающих зажигание стационарного разряда.

4. Формирование навыков вычленения основных физических факторов в системах с газовым разрядом, оценивания и количественных расчетов применительно к различным видам газового разряда.

1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов эксперимента и моделирования.

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний об элементарных процессах в низкотемпературной плазме и о газовых разрядах (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение вычленять факторы, наиболее существенные для различных условий горения разряда. Умение выполнять качественные оценки и количественные расчеты физических процессов в низкотемпературной плазме газовых разрядов (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2: Способность осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.

2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и их трудоемкость (в часах)		
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Раздел 1. Элементарные и кинетические процессы в плазме газового разряда	18		36
2	Раздел 2. Стационарные и импульсные разряды в газах	18	12	24
	ВСЕГО	36	12	60

2.2. Лекционные занятия

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
	ПЕРВЫЙ СЕМЕСТР	36	1
	РАЗДЕЛ 1. Элементарные и кинетические процессы в плазме газового разряда	18	0,5
1	<u>Тема 1.1. Введение к разделу элементарные процессы</u> Элементарные процессы. Закон сохранения энергии. Сечение столкновений. Скорости протекания элементарных процессов. Принцип детального равновесия	2	0,055
2	<u>Тема 1.2. Упругие столкновения электронов с тяжелыми частицами (начало)</u> Дифференциальное сечение упругих взаимодействий. Полное сечение. Транспортное сечение.	2	0,055
3	<u>Тема 1.2. Упругие столкновения электронов с тяжелыми частицами (окончание)</u> Упругое взаимодействие электронов с атомами и ионами. Эффект Рамзауэра	2	0,055
4	<u>Тема 1.3. Дрейфовое и диффузионное движение</u> Направленное движение электронов и ионов в газе под действием электрического поля. Диффузионное движение электронов. Амбиполярная диффузия.	2	0,055
5	<u>Тема 1.4. Ионизация и возбуждение частиц в плазме (начало)</u> Элементарные процессы, вызывающие ионизацию и возбуждение. Ионизация при соударении нейтральных частиц с электронами. Прямая и ступенчатая ионизация в плазме. Неупругие столкновения тяжелых частиц.	2	0,055
6	<u>Тема 1.4. Ионизация и возбуждение частиц в плазме (окончание)</u> Возбуждение при соударении нейтральных частиц с электронами. Удары второго рода. Девозбуждение атомов и молекул при соударениях с электронами. Каналы разрушения возбужденных частиц в плазме.	2	0,055
7	<u>Тема 1.5. Некоторые сведения о строении молекул</u> Строение двухатомных молекул. Колебательные и вращательные уровни энергии. Потенциальные кривые. Спектры свечения двухатомных молекул	2	0,055
8	<u>Тема 1.6. Общие сведения о трехчастичных процессах</u> Процессы с участием трех частиц. Формула Томсона для константы тройного процесса. Константы некоторых тройных процессов, вычисленные по формуле Томсона	2	0,055
9	<u>Тема 1.7. Гибель заряженных частиц в плазме</u> Виды процессов рекомбинации электрона и иона. Образование отрицательных ионов в низкотемпературной плазме. Ион-ионная рекомбинация	2	0,055
	РАЗДЕЛ 2. Стационарные и импульсные разряды в газах	18	0,5
10	<u>Тема 2.1. Несамостоятельные токи в газе (начало)</u>	2	0,055

	Несамостоятельный ток при слабой объемной ионизации (малой концентрации заряженных частиц в объеме). Несамостоятельный ток с ионизационным усилением.		
11	<u>Тема 2.1. Несамостоятельные токи в газе (окончание)</u> Коэффициент ударной ионизации, его зависимость от напряженности поля и давления газа. Несамостоятельный ток при сильной объемной ионизации.	2	0,055
12	<u>Тема 2.2 Самостоятельные разряды (начало)</u> Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений. Роль объемных зарядов в формировании пробоя.	2	0,055
13	<u>Тема 2.2 Самостоятельные разряды (окончание)</u> Вольтамперная характеристика стационарного разряда, демонстрирующая различные формы протекания электрического тока в газе.	2	0,055
14	<u>Тема 2.3. Тлеющий разряд (начало)</u> Общее описание тлеющего разряда. Теория прикатодного слоя тлеющего разряда. Законы подобия для катодного слоя. Положительный столб тлеющего разряда.	2	0,055
15	<u>Тема 2.3. Тлеющий разряд (окончание)</u> Общее описание тлеющего разряда. Теория прикатодного слоя тлеющего разряда. Законы подобия для катодного слоя. Положительный столб тлеющего разряда.	2	0,055
16	<u>Тема 2.4. Вводные понятия применительно к импульсным разрядам</u> Время запаздывания пробоя. Информация, получаемая при измерении времен запаздывания. Методы наблюдения одиночной электронной лавины.	2	0,055
17	<u>Тема 2.5. Механизмы импульсного пробоя газов в различных условиях (начало)</u> Таунсендовский и стримерный механизм пробоя. Пробой при высоких перенапряжениях.	2	0,055
18	<u>Тема 2.5. Механизмы импульсного пробоя газов в различных условиях (окончание)</u> Зажигание и горение импульсных объемных разрядов в газах при высоком давлении.	2	0,055
	СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	36	1,0

2.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы проводятся на стенде для исследования импульсного объемного разряда инициируемого пучком быстрых электронов.

Темы лабораторных работ:

1) Устройство стенда для исследования импульсного объемного разряда инициируемого пучком быстрых электронов.

2) Исследование режимов горения объемного разряда при высоком давлении, инициируемого пучком быстрых электронов.

2.5. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе;
- конспектирование и реферирование литературных источников;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- выполнение индивидуальных домашних заданий аналитического или расчетного характера.

Контроль качества самостоятельной работы заключается в оценке качества выполнения аспирантом вышеперечисленных пунктов.

2.5.1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Аспиранты имеют возможность получать консультации у лектора и у заведующего лабораторией ИСЭ СО РАН.

2.5.2. Вопросы для самоконтроля при самостоятельной работе

1. Понятие сечений и констант элементарных процессов.
2. Закон сохранения энергии при элементарных процессах. Принцип детального равновесия.
3. Упругие соударения электронов с атомами.
4. Упругие соударения электронов с ионами.
5. Дрейфовое движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда.
6. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (однополярная диффузия).
7. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (амбиполярная диффузия).
8. Виды процессов ионизации и возбуждения.
9. Константы скорости ионизации и возбуждения.
10. Каналы гибели возбужденных частиц в плазме. Удары второго рода.
11. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.
12. Несамостоятельный ток при малой концентрации заряженных частиц в газе.
13. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Вольтамперная характеристика разряда.
14. Коэффициент ударной ионизации и его зависимость от напряженности поля и давления газа.
15. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений.
16. Вольтамперная характеристика разряда в газе в общем виде и место различных видов разрядов на вольтамперной характеристике.
17. Импульсный пробой в газе. Время запаздывания при импульсном пробое.
18. Методы наблюдения одиночной лавины.
19. Таунсендовский механизм пробоя.
20. Стримерный механизм пробоя.
21. Пробой сильно перенапряженных промежутков.
22. Импульсные объемные разряды.
23. Механизм перехода от объемного разряда к искровому.

3. Учебно-методические материалы

3.1. Литература

1. Ю. Д. Королев. Элементарные и кинетические процессы в газоразрядной плазме. Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2009.
2. Б.М. Смирнов. Введение в физику атомных столкновений. М., Атомиздат, 1973.
3. Б.М. Смирнов. Ионы и возбужденные атомы в плазме. М., Атомиздат, 1974.
4. Т.А. Ворончев, В.Д. Соболев. Физические основы электровакуумной техники. М., Высш. школа, 1967.
5. В.Л. Грановский. Электрический ток в газе. Установившийся ток. М., Наука, 1971.
6. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987.
7. Д. Мик, Д. Крэгс. Электрический пробой в газах. Пер. с англ. М., ИЛ, 1960.
8. Г. Ретер. Электронные лавины и пробой в газах. Пер. с англ., М., "Мир", 1968.
9. Физика быстропротекающих процессов. Т.1, Под ред. Н.А. Златина, М., "Мир", 1971.
10. Ю.Д. Королев, Г.А. Месяц. Физика импульсного пробоя газов, М., Наука, 1991.

4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИСЭ СО РАН,
- средства мультимедиа,
- рабочее место аспиранта с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИСЭ СО РАН,

- лабораторный стенд для исследования импульсного объемного разряда инициируемого пучком быстрых электронов.

5. Оценка качества освоения дисциплины

5.1. Оценочные мероприятия и формирование оценки

Текущий контроль качества усвоения теоретического материала включает оценку ответов на вопросы в ходе лекций и две контрольные работы в середине и в конце семестра.

Контроль приобретения практических навыков оценивается по результатам выполнения домашних заданий, содержащих задачи и по подготавливаемым рефератам. Кроме того, учитывается качество выполнения лабораторных работ.

Перечень оценочных мероприятий и максимальное количество баллов, которое может быть получено по каждому мероприятию приведены в таблице.

Оценочное мероприятие	Максимальное число баллов
Контрольные работы по первому и второму разделу курса, суммарно	15
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	15
Выполнение лабораторных работ и отчеты по ним.	30
Дифференцированный зачет	40
Максимальный суммарный балл	100

На дифференцированном зачете аспиранту выставляется оценка и соответствующее ей число баллов:

«Отлично»: 16—20 баллов.

«Хорошо»: 11—15 баллов.

«Удовлетворительно»: 6—10 баллов.

«Неудовлетворительно»: 5 баллов и менее.

Итоговая оценка качества освоения дисциплины определяется величиной суммарного балла:

«Отлично»: 81—100 баллов.

«Хорошо»: 61—80 баллов.

«Удовлетворительно»: 41—60 баллов.

«Неудовлетворительно»: 40 баллов и менее.

5.2. Соответствие оценочных мероприятий (компонентов ФОС) дисциплины формируемым компетенциям, перечисленным в п. 1.3

Компонента ФОС, оценочное мероприятие	Компетенции					
	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	УК-1	УК-2	УК-3
Контрольные работы по первому и второму разделу курса, суммарно	+	+	+			
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	+	+	+	+		+
Выполнение лабораторных работ и отчеты по ним.	+	+	+	+	+	+

Дифференцированный зачет	+	+	+	+		
--------------------------	---	---	---	---	--	--

Рабочая программа составлена на основании:

федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлениям подготовки 03.06.01 Физика и астрономия и 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденных приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспортов специальностей научных работников 01.04.05 — оптика; 01.04.13 — электрофизика, электрофизические установки; 05.27.02 — вакуумная и плазменная электроника;

- программ-минимумов кандидатских экзаменов по выше перечисленным специальностям, утвержденных приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Составитель рабочей программы
главный научный сотрудник,
д.ф.-м.н., профессор



Ю. Д. Королев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена ученым советом ИСЭ СО РАН.

Протокол № 13 от «24» августа 2018 г.

Секретарь ученого совета, д.ф.-м.н.



И. В. Пегель

Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу дисциплины «Физика газового разряда» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИСЭ СО РАН.
Протокол № ____ от « » _____ 20__ г.

Секретарь ученого совета

подпись

Ф. И. О.