

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет
Кафедра электродинамики

УТВЕРЖДАЮ
Декан радиофизического факультета

_____ Матросов В.В.
« » _____ 2014 г.

Учебная программа

Дисциплины М2.В5. «Электродинамика высокочастотных и оптических разрядов»

по направлению подготовки 010800 «Радиофизика»

Магистерская программа – «Радиофизические методы в медицине и экологии»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – очная

Нижегород
2014 г.

1. Цели освоения дисциплины

Содержание дисциплины направлено на расширение знаний электродинамики плазменных процессов, обусловленных ионизационной нелинейностью в поле мощных электромагнитных источников.

Цель курса — сформировать у студентов современное представление об аналитических и численных методах расчета структуры и параметров плазменных неоднородностей, формируемых электромагнитным полем.

В курсе рассматриваются элементарные и коллективные процессы, определяющие процессы ионизации в разрядах и влияние плазмы разряда на величину и структуру возбуждающего поля. Анализируются основные типы ионизационно-полевых неустойчивостей разряда. Рассматриваются основные механизмы преобразования спектров электромагнитного излучения в нестационарной пространственно-неоднородной плазме. Обсуждаются основные принципы и схемы генерации терагерцового, вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения при оптическом пробое газа. Рассматриваются некоторые численные методы моделирования плазменно-полевых структур в разрядах на высокопроизводительных вычислительных системах.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Электродинамика высокочастотных и оптических разрядов» относится к вариативной части профессионального цикла М.2 образовательной программы по выбору студента по направлению подготовки 011800 «Радиофизика».

Данная дисциплина опирается на компетенции, приобретённые студентами в результате освоения дисциплины «Электродинамика» базовой части профессионального цикла бакалавриата по тому же направлению подготовки.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук (ОК-1);
- способность к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели (ОК-3).

В области профессиональных компетенций:

- способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своим профилем подготовки) (ПК-1);
- способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики (ПК-3);
- способность использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-4).

В области организационно-управленческой деятельности:

- способность к организации работы молодежных коллективов исполнителей (ПК-11).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать элементарные и коллективные процессы в плазме, процессы ионизации и формирования плазмы в высокочастотных и оптических разрядах, влияние плазмы разряда на величину и структуру возбуждающего поля;
- уметь оценить величину пробойных полей при заданных параметрах газа и разрядного промежутка;

- иметь представление об аналитических и численных методах, используемых в расчетах плазменно-полевых структур в разрядах различных типов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 108 часов.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
Общая трудоемкость дисциплины	75	11
Аудиторные занятия	36	36
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	0	0
Семинары (С)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Другие виды аудиторных занятий	0	0
Самостоятельная работа	39	39
Курсовой проект (работа)	0	0
Расчетно-графическая работа	0	0
Реферат	0	0
Другие виды самостоятельной работы	0	0
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР
1.	Введение. Объемные элементарные процессы.	2		
2.	Процессы переноса в газоразрядной плазме.	2		
3.	Уравнения баланса частиц и энергии.	2		
4.	Пробой газа в статических, высокочастотных и оптических полях.	4		
5.	Электродинамика разряда в волновых электромагнитных пучках.	5		
6.	Основные типы ионизационно-полевых неустойчивостей разряда.	6		
7.	Механизмы преобразования спектров электромагнитного излучения при пробое.	4		
8.	Использование оптических разрядов для генерации электромагнитного излучения в труднодоступных частотных диапазонах.	5		
9.	Численные методы моделирования плазменно-полевых структур в высокочастотных и оптических разрядах на высокопроизводительных вычислительных системах.	6		

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Объемные элементарные процессы

Объемные элементарные процессы, определяющие кинетику ионизации в газовом разряде (электронный удар, сечения ионизации, диссоциативное и трехчастичное прилипание, электрон-ионная рекомбинация, разрушение отрицательных ионов).

Раздел 2. Процессы переноса в газоразрядной плазме

Свободная и амбиполярная диффузия; термодиффузия; теплопроводность, проводимость.

Раздел 3. Уравнения баланса частиц и энергии

Уравнения баланса частиц и энергии в газовом разряде; их стационарные и простейшие динамические решения. Процессы нагрева электронной компоненты в разряде.

Раздел 4. Пробой газа в статических, высокочастотных и оптических полях

Пороги пробоя, зависимость скорости лавинообразного процесса от давления газа, частоты и амплитуды электрического поля. Влияние плазмы разряда на величину и структуру поля.

Основные механизмы насыщения лавины при пробое. Многофотонная и туннельная ионизация.

Раздел 5. Электродинамика разряда в волновых электромагнитных пучках

Роль процессов рефракции и поглощения волны. Волна пробоя в волновом пучке. Предельные значения электронной концентрации. Разряд вблизи одиночного электрода.

Раздел 6. Основные типы ионизационно-полевых неустойчивостей разряда

Вынужденное ионизационное рассеяние. Мелкомасштабная плазменно-резонансная неустойчивость. Ионизационно-полевая неустойчивость пространственно-ограниченного разряда. Ионизационно-перегревная неустойчивость в поле электромагнитной волны.

Раздел 7. Механизмы преобразования спектров электромагнитного излучения при пробое

Частотно-модовая конверсия электромагнитных волн в процессе пробоя. Резонансное и ударное возбуждение плазменных колебаний и их излучение.

Раздел 8. Использование оптических разрядов для генерации электромагнитного излучения в труднодоступных частотных диапазонах

Генерация терагерцового излучения при оптическом пробое газа: схемы с внешними статическими полями и схемы самоиндуцированной генерации ионизирующими полями. Генерация вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения при оптическом пробое газа.

Раздел 9. Численные методы моделирования плазменно-полевых структур в высокочастотных и оптических разрядах на высокопроизводительных вычислительных системах

Методы решения нестационарного уравнения Шредингера для описания процессов ионизации в интенсивных электромагнитных полях. Псевдоспектральный метод, быстрое преобразование Фурье, дискретное преобразование Ханкеля. Методы решения системы уравнений Максвелла-Шредингера на многопроцессорных вычислительных системах. Модели пониженной размерности. Алгоритмы распараллеливания.

4.3. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

5. Образовательные технологии

1. Еженедельно текст каждой прочитанной лекции вместе с соответствующими контрольными вопросами из списка 4.3 предлагаются студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы, формирования компетенций ОК-6 (работать

самостоятельно и в коллективе) и ОК-10 (самостоятельно приобретать новые знания, применяя современные информационные технологии).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде семинаров по современным проблемам радиофизики, проводимым на кафедре факультативно.

6.1. Критерии оценок

Зачтено	Ставится при удовлетворительном ответе на большинство вопросов билета
Незачтено	Ставится при неудовлетворительном ответе на половину вопросов билета

6.2. Примерная тематика курсовых работ и критерии их оценки
Курсовые работы не предусмотрены.

6.3. Вопросы для контроля

1. Уравнение баланса частиц в разряде.
2. Уравнение баланса энергии в разряде.
3. Вероятности многофотонной и туннельной ионизации.
4. Величина пробойного поля при заданных параметрах газа и разрядного промежутка.
5. Инкремент плазменно-резонансной неустойчивости однородного разряда.
6. Ионизационно-полевая неустойчивость пространственно-ограниченного разряда.
7. Ионизационно-перегревная неустойчивость.
8. Дисперсионное уравнение для волн в плазменном слое.
9. Резонансное и ударное возбуждение плазменных колебаний.
10. Механизмы генерации терагерцового излучения при оптическом пробое газа.
11. Механизмы генерации вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения при оптическом пробое газа.
12. Псевдоспектральный метод численного решения нестационарного уравнения Шредингера.
13. Быстрое преобразование Фурье.
14. Дискретное преобразование Ханкеля.
15. Квантовомеханические модели пониженной размерности.
16. Алгоритмы распараллеливания при численном решении системы уравнений Максвелла-Шредингера на многопроцессорных вычислительных системах.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Райзер Ю.П. *Физика газового разряда*. М.: Наука, 1992.

2. Гуревич А.В., Шварцбург А.Б. М.Ш. *Нелинейная теория распространения радиоволн в ионосфере*. М.: Наука, 1974.
3. Делоне Н.Б., Крайнов В.П. *Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением*. М.: Физматлит, 2001.
4. Кондратенко А.Н. *Поверхностные и объемные волны в ограниченной плазме*. М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Марчук Г.И. *Методы вычислительной математики*. М.: Наука, 1989.

б) дополнительная литература:

1. Ховатсон А.М. Введение в теорию газового разряда. М.: Атомиздат, 1980.
2. Рябикин М.Ю. *Ионизационные процессы в газах в интенсивном лазерном поле*. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2011.
3. Юнаковский А.Д. *Начала вычислительных методов для физиков*. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2007.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Не предусмотрено.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом по направлению 010800 «Радиофизика».

Автор программы _____ Введенский Н.В.

Рецензент _____

Программа рассмотрена на заседании кафедры 21 апреля 2014 г. протокол № 5

Заведующий кафедрой _____ Кудрин А.В.

Программа одобрена методической комиссией факультета
протокол №

Председатель методической комиссии _____ Миловский Н.Д.