

Отчет о работе студенческого научного кружка по спектроскопии неравновесной плазмы за 2023-2024 учебный год

1. Общие сведения

- **Наименование кружка:** Студенческий научный кружок «Спектроскопия плазмы».
- **ФИО и должность руководителя:** Ашурбеков Назир Ашурбекович, заведующий кафедрой физической электроники, профессор, доктор физико-математических наук.
- **Период отчетности:** сентябрь 2023 г. – июнь 2024 г.
- **Состав участников:**
 - Студенты бакалавриата (3-4 курс), направление «Физика», профиль «Медицинская физика»: 6 человек.
 - Магистранты (1-2 курс), направление «Физика», профиль «Физика плазмы»: 3 человека.
 - Общее количество постоянных участников: 9 человек.

2. Цели и задачи кружка на 2023-2024 учебный год

Цель: Теоретическая и практическая подготовка студентов в области методов оптической диагностики плазмы, формирование навыков самостоятельной исследовательской работы.

Задачи:

1. Сформировать у участников кружка понимание физических основ процессов излучения в плазме.
2. Ознакомить с устройством и принципами работы спектральной аппаратуры.
3. Освоить базовые методы обработки спектров и определения параметров плазмы.
4. Провести цикл экспериментальных измерений спектров простых газоразрядных плазменных источников.
5. Подготовить научные доклады по результатам работы для участия в студенческих конференциях.

3. Перечень проведенных мероприятий и выполненных работ

3.1. Теоретические занятия (семинары):

- «Введение в физику газового разряда и низкотемпературную плазму».
- «Атомные спектры: система уровней, правила отбора, идентификация линий».
- «Молекулярные спектры: колебательная и вращательная структура (на примере N_2 и OH)».
- «Основы количественной спектроскопии: абсолютные и относительные измерения интенсивности».
- «Метод Больцмана и метод ЗБМ для определения температуры электронов».
- «Влияние самопоглощения на форму и интенсивность спектральных линий».

3.2. Практические и лабораторные работы:

- Изучение устройства и освоение техники работы с монохроматором МДР-23.
- Проведение калибровки спектральной системы по длинам волн с использованием ртутно-гелиевой эталонной лампы.
- Экспериментальное получение спектров тлеющего разряда в инертных газах (Ar, Ne).
- Освоение основ обработки спектров в программных пакетах (OriginLab, MatCath).
- Идентификация спектральных линий аргона и неона в полученных спектрах.
- Оценка температуры электронов в плазме тлеющего разряда в аргоне по относительным интенсивностям линий.

3.3. Научно-исследовательская работа:

- Сформированы 2 исследовательские группы для решения актуальных научно-прикладных задач:
1. «Разработка широкоапертурного плазменного источника низкоэнергетичных потоков ионов неона в реакторе для аддитивных плазменных технологий».
 - **Задача:** Провести спектроскопическую диагностику плазмы прототипа источника для оптимизации его геометрии и режимов работы.
 - **Руководитель:** магистр 2 курса Мурадова Л.С.
 - **Участники:** бакалавры 4 курса.

2. «Кинетика заселения возбужденных атомов за фронтом высокоскоростной волны ионизации».

- **Задача:** Разработать и проанализировать упрощенную кинетическую модель для интерпретации спектроскопических данных в нестационарных разрядах.
- **Руководитель:** магистр 2 курса Рабаданов Н.Г.
- **Участники:** бакалавры 3 курса.

4. Основные результаты работы

- **Теоретическая подготовка:** Участники кружка успешно освоили теоретический минимум, необходимый для проведения самостоятельных спектральных измерений и интерпретации данных.
- **Практические навыки:** Члены кружка приобрели устойчивые навыки работы на спектральном комплексе, включая его калибровку, проведение измерений и первичную обработку данных.
- **Научные результаты:**
 - **Группой 1:** Получены первые пространственно-разрешенные спектры излучения плазмы в экспериментальной установке с неоном. Проведена идентификация линий. Начата работа, по оценке пространственного распределения интенсивности излучения для оптимизации конструкции источника.
 - **Группой 2:** На основе анализа литературы (включая статью по моделированию наносекундного разряда) разработана концепция упрощенной кинетической модели заселения уровней. Начата ее численная реализация.
 - Получены и идентифицированы спектры излучения тлеющего разряда в аргоне и неоне в диапазоне 350-800 нм (как базовый учебный эксперимент).
 - Для плазмы тлеющего разряда в аргоне оценена температура электронов (~1.5-2.5 эВ).
- **Результаты, полученные в ходе изучения современных научных публикаций:**

В рамках работы кружка для углубления понимания нестационарных процессов в разрядах был проведен анализ актуальной научной статьи по моделированию наносекундного импульсного разряда в полном катоде. Участники кружка изучили ключевые результаты этой работы:

- **Методология:** Использовано комбинирование гидродинамической и кинетической моделей для двумерного моделирования, что позволило детально описать эволюцию функции распределения электронов по энергиям (ФРЭ).
- **Динамика разряда:** Установлено, что развитие разряда начинается с формирования ионизационного фронта на аноде, который при распространении в катодной полости расщепляется на две части,двигающиеся вдоль ее боковых поверхностей.
- **Эволюция ФРЭ:** Показано, что образование ионизационного фронта сопровождается резким ростом быстрой изотропной компоненты ФРЭ на его фронте, а также формированием выраженной анизотропной компоненты ФРЭ. Обсужден механизм ускорения электронов и их попадания в катодную полость, что является ключевым фактором для формирования высокоэнергетической "хвостовой" части ФРЭ и общей анизотропии распределения.
- **Значение для практики:** Данное теоретическое исследование позволило участникам кружка лучше понять связь между кинетикой электронов, динамикой разряда и потенциально наблюдаемыми спектроскопическими характеристиками в импульсных плазменных системах.
- **Публикационная активность и выступления:**
 - Подготовлены и представлены 4 доклад на Студенческую научно-теоретическую конференцию по приоритетным направлениям науки и техники. Секция «Физика плазмы и конденсированного состояния вещества».
 - Проведено 2 внутренних заседания кружка с презентацией результатов исследовательских групп.
 - Материалы, полученные в кружке, легли в основу 2 курсовых работ студентов бакалавриата 4-го курса.

5. Перспективы развития кружка на 2024-2025 учебный год

1. **Углубление исследований:** Перейти от качественного анализа спектров к количественному определению концентраций частиц и более точному расчету температур, в том числе с учетом возможной анизотропии ФРЭ в импульсных разрядах.

2. **Расширение экспериментальной базы:** Начать работу с более сложными плазменными источниками (например, ВЧ-разряд, плазмотрон), включая импульсные режимы.
3. **Междисциплинарность:** Разработать и реализовать исследовательский проект на стыке физики плазмы и медицинской физики (например, спектроскопия плазмы, используемой для обработки биоматериалов).
4. **Привлечение нового состава:** Продолжить работу по привлечению мотивированных студентов младших курсов для обеспечения преемственности.
5. **Усиление связи с современными исследованиями:** Активнее включать в программу кружка обсуждение и анализ последних научных публикаций по физике газового разряда и спектроскопии плазмы.

Руководитель кружка:



/ Ашурбеков Н.А. /