

Отчет о работе студенческого научного кружка по спектроскопии неравновесной плазмы за 2024-2025 учебный год

1. Общие сведения

- **Наименование кружка:** Студенческий научный кружок «Спектроскопия неравновесной плазмы».
- **ФИО и должность руководителя:** Ашурбеков Назир Ашурбекович, заведующий кафедрой физической электроники, профессор, доктор физико-математических наук.
- **Период отчетности:** сентябрь 2024 г. – июнь 2025 г.
- **Состав участников:**
 - Студенты бакалавриата (3-4 курс), направление «Физика», профиль «Медицинская физика»: 5 человек.
 - Магистранты (1-2 курс), направление «Физика», профиль «Физика плазмы»: 4 человека.
 - Общее количество постоянных участников: 9 человек.

2. Цели и задачи кружка на 2024-2025 учебный год

Цель: Углубленное изучение теоретических основ и практическое освоение методов спектроскопической диагностики низкотемпературной плазмы, а также применение этих методов для решения актуальных научных задач.

Задачи:

1. Освоить принципы работы спектрального оборудования (монохроматоры, спектрографы, ПЗС-камеры).
2. Изучить методы калибровки спектральных систем по длинам волн и интенсивности.
3. Освоить методики определения основных параметров плазмы (концентрация частиц, температура электронов, и т.д.) по спектральным данным.
4. Применить полученные знания для диагностики плазмы в различных газовых разрядах (барьерный разряд, тлеющий разряд).
5. Подготовить научные доклады и статьи по результатам проведенных исследований.

6. Привлечь студентов бакалавриата к выполнению курсовых и выпускных квалификационных работ в рамках тематики кружка.

3. Перечень проведенных мероприятий и выполненных работ

3.1. Теоретические занятия (семинары):

- «Введение в спектроскопию плазмы. Основные понятия и определения».
- «Вид и форма спектральных линий. Уширение линий и его диагностическое значение».
- «Методы определения температуры электронов по населенностям уровней атомов и ионов (метод Больцмана, метод ЗБМ)».
- «Методы определения концентрации частиц в плазме (по абсолютной интенсивности линий и по уширению линий)».
- «Спектроскопия молекулярных систем. Колебательно-вращательная структура спектров».
- «Современное спектральное оборудование и программное обеспечение для обработки данных».

3.2. Практические и лабораторные работы:

- Ознакомление с работой монохроматора МДР-206 и ПЗС-камеры.
- Проведение калибровки спектральной системы по ртутной лампе.
- Получение спектров излучения тлеющего разряда в аргоне и неоне.
- Обработка экспериментальных спектров: идентификация спектральных линий, построение графиков зависимости, расчет параметров плазмы.
- Проведение диагностики барьерного разряда в атмосферном воздухе.

3.3. Научно-исследовательская работа:

- Сформированы 3 исследовательские группы для работы над проектами:
 1. «Исследование потоков плазмы в низкотемпературной плазменной струе в смеси воздуха с аргонном для медицинских приложений» (руководитель – бакалавр 4 курса, участники – бакалавры 3 курса).
 2. «Когерентное оптическое пропускание импульсной плазмы в неоне вблизи узких резонансов поглощения» (руководитель – бакалавр 4 курса, участники – бакалавры 3 курса).

3. «Разработка и исследование цифровой модели плазменного реактора для прецизионных аддитивных нанотехнологий» (руководитель – магистр 2 курса, участники – бакалавры 3 и 4 курса).

4. Основные результаты работы

- **Теоретическая подготовка:** Все участники кружка освоили базовый теоретический курс по спектроскопии плазмы. Магистранты углубили знания в области не-LTE (неравновесной) плазмы.
- **Практические навыки:** Участники приобрели навыки работы на спектральном оборудовании, научились проводить калибровку и обработку сырых спектральных данных в специализированном программном обеспечении (Origin, MATLAB).
- **Научные результаты:**
 - **Выполнение гранта:** Грант Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере «Студенческий стартап» на тему «Разработка универсального плазменного реактора для прецизионных технологий АСТ и АСО материалов нанoeлектроники» (научный руководитель Ашурбеков Н.А., руководитель проекта Хизриев Хизри). Финансирование 1 млн.р.
 - **Результаты диагностики плазмы:**
 - Для тлеющего разряда в аргоне были определены температура электронов (~2-3 эВ) и концентрация атомов аргона на метастабильных уровнях.
 - Для барьерного разряда в воздухе идентифицированы спектральные линии и полосы второго положительной системы азота ($C^3\text{Pu} \rightarrow B^3\text{Pg}$), проведена оценка колебательной температуры.
 - Получены предварительные результаты по диагностике плазмы в неоне.
 - **Результаты численного моделирования (в рамках исследований, связанных с тематикой кружка):**
 - 1. Методами двумерного гидродинамического моделирования исследовано влияние внешнего слабого поперечного магнитного поля ($B = 0.4$ Тл) на высоковольтный импульсный разряд в гелии при давлении 30 Торр. Показано, что магнитное поле не оказывает существенного влияния на общую динамику развития разряда, но приводит к росту частоты ступенчатой

ионизации и, как следствие, к **снижению плотности метастабильных атомов гелия** в области разряда. Полученные с использованием эмпирического соотношения для эффективного поля результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

2. Проведено сравнительное одномерное и двумерное моделирование распределения параметров плазмы с использованием двух наборов плазмохимических реакций. Установлено, что при переходе от одномерной к двумерной модели разница в профилях основных параметров плазмы невелика. Однако **выбор используемого набора плазмохимических реакций оказывает существенное влияние на расчетные значения таких ключевых параметров, как плотность метастабильных частиц и температура электронов**, что подчеркивает важность корректного описания элементарных процессов для диагностики плазмы по спектральным данным.

- **Публикационная активность и выступления:**

- Статья в высокорейтинговом журнале: **Chen C., Rabadanov K.M., Ashurbekov N.A., Yuan C., Shakhrudinov A.M.** Transverse magnetic field effects on the high-voltage pulsed discharge plasma in helium. **Journal of Plasma Physics**. 2024. Т. 90. № 1. С. 905900115. **Q1**.
- Участие в конференции: Тезисы доклада на XIII Всероссийской конференции по физической электронике ФЭ-2024 (Махачкала, 25–29 сентября 2024 г.): {Ашурбеков Н. А., Иминов К. О., Курбангаджиева М. Б., Шахсинов Г. Ш., Шарапудинова Ш. З. Одиночные пространственные структуры из возбужденных атомов неона за фронтом волны ионизации. С. 100-103.}
- Внутривузовские выступления: Сделано 3 доклада на внутривузовской студенческой научной конференции (апрель 2025 г.).
- Научное руководство:
 - На основе материалов кружка 2 студента бакалавриата выполняют выпускные квалификационные работы (Исмаилов А.К. и Оцомиев Г.М.).
 - В рамках научной школы была защищена магистерская диссертация «Стартап как диплом» на тему: «Разработка и исследование цифровой модели плазменного реактора для прецизионных аддитивных нанотехнологий» (магистр 2г.о. Хизриев Х.Ш.).

5. Перспективы развития кружка на 2025-2026 учебный год

1. **Расширение тематики:** Начать исследования в области лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF) как дополнения к пассивной спектроскопии.
2. **Углубление исследований:** Провести сравнительный анализ диагностических методов для различных типов газоразрядной плазмы, включая анализ корректности используемых в моделях плазмохимических наборов.
3. **Прикладная направленность:** Рассмотреть возможность применения методов спектроскопии плазмы для задач плазменной медицины (стерилизация, обработка биологических тканей), что особенно актуально для студентов, обучающихся на медицинском профиле.
4. **Привлечение новых участников:** Активнее вовлекать студентов 2-го курса бакалавриата для плавной интеграции в научную работу.

Руководитель кружка:



/ Ашурбеков Н.А. /