

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Голубовского Юрия Борисовича на диссертацию Кубаджи Хенд на тему «Исследование низковольтного пучкового разряда в инертных газах при числах Кнудсена порядка 1», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Диссертация Кубаджи Хенд посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию актуальной проблемы – физике низковольтного пучкового разряда в инертных газах. Как известно, наиболее подробные исследования пучкового разряда проводились в легко ионизуемой газе. Интерес к пучковым разрядам в инертных газах появился сравнительно недавно, и эта область развивается в настоящее время довольно интенсивно. Принципиальное отличие разрядов в парах щелочных металлов от инертных газов связано с разными механизмами ионизации – быстрыми электронами пучка в первом случае и тепловыми электронами плазмы во втором.

В теоретическом плане автором использован наиболее прогрессивный подход, основанный на совместном решении столкновительного кинетического уравнения Больцмана и уравнения Пуассона. Следует отметить сложность поставленной задачи, поскольку речь идет о решении четырех интегродифференциальных уравнений, что связано с существованием трех групп электронов с существенно разными функциями распределения.

В экспериментальном плане автор использовал установку, отвечающую современным требованиям и позволяющую измерять функции распределения электронов в условиях сильной анизотропии. В диссертации приведен весьма полный обзор литературы, состоящий из 191 ссылок и включающий работы, начиная со статьи Штарка 1906 года вплоть до самых современных публикаций.

Особенностью диссертации является органичное сочетание теории и эксперимента, в отличие от многих работ, в которых ставится либо голый эксперимент, либо проводятся только компьютерные расчеты. В диссертации наглядно продемонстрированы преимущества кинетического подхода на основе столкновительного уравнения Больцмана по сравнению с уравнением Власова, а также с гидродинамическим подходом, который часто используется при описании подобных систем, но который не способен учитывать анизотропию функции распределения и, тем самым, дает лишь приблизительное представление о физике процессов, управляющих плазменно – пучковыми разрядами. В работе наряду с упругими столкновениями, также учитывались неупругие удары электронов с атомами при решении кинетического уравнения Больцмана и показано, при каких условиях необходимо учитывать этот тип столкновений.

Единственный недостаток, который удалось обнаружить, относится к фразе на стр. 32, «длина релаксации пучковых электронов по энергии на парных электрон-электронных и электрон-атомных столкновениях...» Для дальнедействующего кулоновского потенциала понятие «парных электрон-электронных столкновений» весьма проблематично. Рассеяние на большие углы соответствует парным столкновениям, но оно вносит малый вклад в транспортное сечение. Полное транспортное сечение связано с рассеянием на малые углы и обрезанием прицельного параметра на Дебаевском радиусе, что приводит к появлению кулоновского логарифма. При этом в Дебаевскую сферу входит большое число электронов и имеет место взаимодействие многих электронов. Это замечание не носит принципиальный характер и не затрагивает выводы диссертации.

Диссертация Кубаджи Хенд на тему: «Исследование низковольтного пучкового разряда в инертных газах при числах Кнудсена порядка 1» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Кубаджи Хенд заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета
доктор физ.мат. наук, профессор,
профессор кафедры оптики



Ю.Б.Голубовский