

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Закускина Александра Сергеевича «Лабораторное моделирование и диагностика газоплазменных сред, представляющих астрофизический интерес» представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. – Физическая химия

Работа Закускина А. С. предлагает исследование физико-химических свойств лазерно-индуцированной плазмы (ЛИП) имеющих фундаментальный и астрофизический интерес. Работа включает в себя создание экспериментальной установки для изучения ЛИП методами атомной и молекулярной флуоресценции и томсоновского рассеяния с последующим определением параметров плазмы этими методами; корреляцию экспериментальных и модельных спектров ЛИП со спектрами астрономического объекта — болида Бенешев с целью определения его свойств при входе в атмосферу; и предсказание штарковского уширения и смещения спектральных линий с использованием методов машинного обучения.

Актуальность данной диссертации не вызывает сомнений, поскольку знание спектроскопических параметров газовой плазмы, таких как штарковские сдвиги и уширения спектральных линий, незаменимо при изучении спектров астрономических объектов (звезд, светящихся туманностей и метеоритов), а также для построения адекватных моделей лазерно-индуцированной и других видов плазмы. Более глубокое понимание физики и создание адекватной модели ЛИП для изменяющихся внешних условий, таких как состав и давление окружающей атмосферы, также необходимо для дальнейшего развития метода лазерно-индуцированной искровой эмиссионной спектрометрии (ЛИЭС), который уже более полувека применяется в различных отраслях промышленности, а также при планетарных исследованиях на Луне и Марсе. Именно этим вопросам посвящена диссертация А. С. Закускина.

Очень ценным в данной работе, на мой взгляд, является предложенный метод определения параметров Штарка методом машинного обучения с использованием существующих баз данных экспериментальных или расчетных значений этих параметров для ограниченного набора спектральных линий различных элементов. Автором разработана оригинальная программа, включающая ансамблевое обучение с объединением нескольких моделей и последующим усреднением их предсказаний, которая демонстрирует лучшие результаты, чем результаты отдельных моделей. Хотя погрешность достаточно велика, она не превышает разброса известных значений параметров, поэтому можно ожидать, что с повышением качества баз данных качество предсказаний также будет улучшаться. Этот современный подход с использованием искусственного интеллекта может стать адекватной заменой трудоемким экспериментам или квантово-механическим расчетам этих параметров.

Другим важным результатом, который следует отметить, является картирование параметров плазмы (температуры и электронной плотности) с высоким пространственным

разрешением с использованием точечных методов диагностики, таких как атомная и молекулярная флуоресценция и томсоновское рассеяние. Эти методы позволяют напрямую измерять параметры в объеме плазмы, не прибегая к сложным процедурам инверсии сигнала, таким как преобразования Абеля или Радона.

Также нельзя не отметить большой объем работы по моделированию сигнала флуоресценции и спектров излучения лазерной плазмы. Последнее было проведено с использованием параметров Штарка, полученных с помощью искусственного интеллекта и давших значения температуры и электронной плотности плазмы, близкие к значениям, определенным с помощью независимой диагностики.

Небольшое замечание касается моделирования спектра метеора (болида) с использованием лабораторной плазмы. Спектры, представленные на рисунке 2 автореферата, наглядно показывают, что составы метеорита и лабораторной мишени существенно различаются: метеорит содержит значительное количество кальция, тогда как использованная мишень (оксид железа) его не содержит. Кроме того, полосы CaO и FeO сильно перекрываются, что затрудняет выделение чистого сигнала FeO для сравнения соотношений Fe/FeO метеорита и лабораторной мишени. Это может привести к несколько неточному определению частиц в хвосте плазмы. Возможно, использование смеси оксидов железа и кальция могло бы дать более точный результат.

Указанное замечание не влияет на общую положительную оценку диссертационной работы Закусина А.С. по актуальности темы, научной новизне, объему выполненных исследований и значимости полученных результатов. Представленная диссертационная работа соответствует критериям, определенным пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова», а ее автор, Закусин Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. - Физическая химия.

Горнушкин Игорь Борисович,

ученая степень: PhD (Университет Флориды), химия

почтовый адрес:

телефон:

адрес электронной почты:

28 мая 2025 г.