

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Дроздова Сергея Александровича
**«Эмиссионные характеристики внутренних областей галактик в
инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах»,**
представленную на соискание ученой степени
«кандидат физико-математических наук»
по специальности «01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия»

Диссертация посвящена изучению теплового состояния и эмиссионных свойств межзвездной пыли, находящейся в горячих (с температурой $T > 10^6$ К) и разреженных (с концентрацией атомов $n < 1 \text{ см}^{-3}$) областях галактической среды. Такие области возникают в результате вспышек сверхновых звезд и занимают значительный объем галактического пространства. При таких экстремальных условиях расчет температуры пыли и спектра его излучения является нетривиальной задачей – температура мелких пылинок флуктуирует, что связано с мгновенным нагревом при индивидуальных столкновениях пылинки с электронами и плавным ее остыванием в перерывах между столкновениями. Между тем, корректный расчет теоретических спектров имеет первостепенное значение для интерпретации наблюдений излучения пыли и для восстановления физических условий в данных областях. Изучение горячих галактических областей тесно связано с вопросами эволюции межзвездной пыли, которые имеют не только астрофизический, но и мировоззренческий интерес, поскольку пыль является строительным материалом планетных систем. В связи с этим актуальность диссертации не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из шести глав, приложения и списка литературы. В первой главе дано развернутое введение в проблему теплового состояния межзвездной пыли в галактической среде. Вторая глава посвящена моделированию тепловых свойств пыли, погруженной в горячую космическую плазму. В третьей главе исследуется тепловая эволюция пыли и спектра ее излучения в результате прохождения ударной волны от вспышки сверхновой звезды. В четвертой главе изучается влияние испарения пыли на ее эмиссионные свойства. Пятая глава посвящена моделированию формирования пузырей горячего газа над звездными скоплениями и их наблюдательному проявлению. В шестой главе сформулированы результаты диссертации.

Диссертация оставила у меня приятное впечатление актуального, глубокого и законченного научного исследования. Чувствуется прекрасная научная осведомленность автора в исследуемых вопросах. Полученные автором диссертации выводы об излучательной способности мелких пылинок в условиях их стохастического нагрева считаю принципиально важными для интерпретации наблюдений и для решения обратной задачи восстановления параметров галактической среды. Считаю также, что разработанные автором диссертации методы моделирования функции распределения температур (ФРТ), расчет полученных из ФРТ средних температур, а также методы анализа цветовых диаграмм будут востребованы другими исследователями. В свою очередь, представленное в диссертации объединение расчета тепловой эволюции пыли с гидродинамической моделью галактических пузырей считаю удачным примером разработки приближенной к наблюдениям модели чрезвычайно сложного астрофизического процесса. Сама диссертация написана идеальным научным языком и хорошо проиллюстрирована. Форма ссылок позволяет отличать

результаты, полученные лично соискателем, от результатов, полученных другими авторами. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вместе с тем, по содержанию диссертации у меня есть несколько замечаний:

1. В Главе 2 показано, что стохастический нагрев мелких пылинок может приводить к бимодальности эмиссионного спектра пыли. Отмечается, что пик в области низких частот связан с пиком функции распределения температуры, в то время как пик на высоких частотах связан с избытком мелких пылинок в высокотемпературном «хвосте» функции распределения температуры. Желательно здесь было бы провести более подробный анализ причины возникновения бимодальности, например, показав вклад различных множителей в интеграле (2.6). Полезно было бы также выяснить насколько бимодальность чувствительна к выбору модели пыли, в частности, к закону распределения пылинок по размеру.

2. В Главе 3 описывается и используется статистический метод расчета функции распределения температуры. Однако не освещен вопрос о погрешности метода и выборе необходимого числа событий соударений пылинки с электронами. Складывается ощущение, что существенные осцилляции на распределениях средней температуры на Рис. 3.3 и тепловой светимости на Рис. 3.6 вызваны погрешностью метода. Полезно было бы нанести на данные графики доверительные интервалы, связанные со статистическим методом расчета.

3. Результаты диссертации имеют прямое отношение к интерпретации наблюдений спектров излучения пыли, однако ни в одной из глав нет явного сравнения с какими-либо наблюдательными данными. Полезно было бы не только описать проблемы интерпретации наблюдений (что в диссертации сделано очень хорошо), но и показать пример наблюдательных спектров и провести сравнение (хотя бы качественное) теоретических спектров с наблюдательными.

Отмечу, однако, что данные замечания не умаляют ценность работы.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Дроздова Сергея Александровича удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия».

16 августа 2022 г.

Ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН
(119017, Москва, ул. Пятницкая д. 48)
доктор физ.-мат. наук
(pavyar@inasan.ru)

Я.Н. Павлюченков

Подпись в.н.с. Института астрономии РАН
Я.Н. Павлюченкова заверяю

Ученый секретарь Института астрономии РАН
к.ф.-м.н.

А.М. Фатеева