

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Косенко Дарьи Николаевны  
«Молекулы HD в холодной диффузной фазе межзвездной среды»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.1 - физика космоса, астрономия

Исследование физических условий в холодной диффузной межзвездной среде возможно при помощи спектроскопии линий поглощения молекул водорода  $H_2$  и дейтерированного водорода HD. Несмотря на небольшое число известных подобных систем, полученная информация оказывается существенной для понимания физических условий как в галактиках на больших красных смещениях, так и в нашей галактике и ее спутниках. Поэтому поиск новых систем поглощения и анализ состояния диффузного газа в этих системах является важнейшей задачей. В диссертационной работе Д.Н. Косенко проведен систематический поиск систем поглощения в линиях HD и определены физические условия в найденных системах.

В рамках работы соединены **получение** большого объема данных о системах поглощения, **создание** полуаналитической модели состояния газа в этих системах и на этой основе **определение** физических условий в этих системах. Важным представляется **обнаружение новых** систем поглощения, получение однородных выборок этих систем благодаря авторским методам обработки и перекалибровки наблюдательных данных. Построение простой полуаналитической модели физического состояния диффузного газа и анализ имеющегося наблюдательного материала позволили автору объяснить особенности отношения лучевых концентраций молекул и получить новые оценки скорости ионизации газа космическими лучами в системах поглощения. Именно этим определяется **высокая актуальность** и **значительная практическая ценность** представленной диссертации.

Приведем описание структуры и краткую сводку полученных в диссертации новых результатов.

Во **Введении** представленной диссертационной работы сформулированы актуальность, цели, научная новизна, степень достоверности, практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** кратко описаны методы исследования холодной диффузной фазы межзвездной среды.

Во **второй главе** представлены результаты поиска новых абсорбционных систем в линиях HD на больших красных смещениях.

**Третья глава** посвящена систематическому поиску систем поглощения в линиях HD в Магеллановых облаках, статистическому анализу полученных результатов.

В **четвертой главе** представлена полуаналитическая модель химической кинетики диффузного газа, описаны зависимости отношения концентраций молекул  $H_2$  и HD от физических условий в холодной диффузной среде.

В **пятой главе** получены оценки физических параметров по наблюдаемым лучевым концентрациям молекул HD и  $H_2$ , в том числе скорости ионизации космическими лучами для всех изученных абсорбционных систем в линиях HD.

Как видно, диссертационная работа Д.Н. Косенко представляет собой последовательное исследование свойств холодной диффузной фазы межзвездной среды в галактиках на больших красных смещениях и Магеллановых облаках, проведенное с помощью современных **достоверных** методов спектрального и статистического анализа. Особенно **ценным** является **получение** однородной выборки систем поглощения в линиях HD, **обнаружение** новых подобных систем и **разработка** полуаналитической модели для интерпретации полученных наблюдательных данных. Этим определяется **новизна** представленной работы.

Стоит отметить, что представленную работу было интересно читать, поскольку результаты успешного поиска систем поглощения сопровождаются пояснением физических условий в этих системах с помощью простой полуаналитической модели.

Существенных замечаний к работе нет, можно привести некоторые пожелания для дальнейших исследований и несколько комментариев к оформлению.

1. На стр. 71 указано, что температура газа полагалась фиксированной и равной 100 К, что характерно для холодной диффузной среды. Это значение зависит от теплового баланса в среде и может варьироваться в зависимости от свойств среды, например, от плотности и металличности газа, и внешнего влияния, в частности, от нагрева ионизирующим излучением и космическими лучами (см., например, Wolfire et al. 1995).

2. В п. 4.2 и далее учитывается нагрев диффузного газа космическими лучами. Стоит отметить, что похожее влияние оказывает и рентгеновское излучение.

3. На стр. 10 приведен логарифм величины скорости ионизации в системе спектра звезды, в этом же предложении другие значения скорости указаны в линейной шкале. Это немного запутывает читателя.

4. На стр. 18 и 20 описывается модель для облака, лучше было бы говорить о плоскопараллельном *слое* газа.

5. Табл. 3.1 и 3.2 и рис. 3.1–3.20 содержат важные результаты, полученные в работе. Несмотря на это, из-за их большого объема лучше было бы их расположить в приложении.

6. На стр. 73 хотелось бы видеть ссылку на оригинальную работу о вторичной ионизации космическими лучами.

Эти пожелания не могут каким-то образом повлиять на содержательную часть диссертации, основные ее выводы и положения, выносимые на защиту.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Результаты, представленные в диссертации, опубликованы в 8 статьях в рецензируемых журналах.

Представленная диссертационная работа выполнена на очень высоком научном уровне, результаты являются **новыми, практически важными и актуальными**.

Диссертационная работа Дарьи Николаевны Косенко «Молекулы HD в холодной диффузной фазе межзвездной среды» отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Положением о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им.

А.Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Д.Н. Косенко заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

ведущий научный сотрудник  
Отдела теоретической астрофизики и космологии  
Астрокосмического центра  
ФИАН им. П.Н.Лебедева РАН,  
д.ф.-м.н. (по специальности 01.03.02),  
Васильев Евгений Олегович



15 мая 2024 г.

Почтовый адрес:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук  
Ленинский проспект, д. 53, Москва, 119991  
Телефон: 8-495-333-23-78,  
Эл. адрес: eusgtar@mail.ru

Подпись Васильева Евгения Олеговича заверяю.

Ученый секретарь ФИАН  
к.ф.-м.н.



А.В. Колобов