О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Султанова Ильяса Марсовича
«Численное МГД-моделирование фрагментации молекулярных
волокон и образования протозвездных облаков»,
представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.3 - теоретическая физика

Открытие волокнистой структуры межзвездной среды Галактики на космическом телескопе «Гершель» перевернуло наше представление об образовании протозвездных облаков. Наблюдения филаментарных структур в областях звездообразования приводят к разработке новых теоретических подходов к их формированию. Ведь полная картина образования звезд остается пока далекой от нашего понимания, в основном, из-за многообразия вовлеченных физических процессов. Изучению некоторых аспектов эволюции и фрагментации волокнистых структур в широком диапазоне физических условий посвящена диссертационная работа И.М. Султанова.

В рамках работы **проведено** численное моделирование эволюции замагниченных волокнистых структур, их взаимодействие с ударными волнами, фрагментация внутри волокон, **проанализирована** структура магнитного поля внутри филаментов, получены характеристики образующихся фрагментов. Важным представляется **заключение** о возможности формирования цепочек гравитационно связанных фрагментов внутри волокон, которые часто обнаруживаются в наблюдениях подобных структур в областях звездообразования. Применение численных методов, основанных на адаптивных сетках, позволило автору **проследить** формирование уплотнений в широком диапазоне пространственных масштабов. Именно этим определяется **высокая актуальность** и **значительная практическая ценность** представленной диссертации.

Диссертационная работа И.М. Султанова представляет собой последовательное изучение динамики филаментарных структур в межзвездной среде, проведенное с помощью современных **достоверных** методов численного моделирования. Особенно **ценным** является **прослеживание** образования гравитационно связанных облаков в волокнах и **получение** информации о роли магнитного поля в этих процессах. Этим определяется **новизна** представленной работы. **Важным** представляется изучение вза-

имодействия ударного фронта с филаментарными структурами.

Вместе с этим стоит привести некоторые замечания и пожелания.

1. По тексту, в частности, размеры приводятся в разных единицах: то в парсеках, то в астрономических единицах. Хоть перевод и прост, но производить его каждый раз тяжело. Времена зачем-то указаны в единицах времени свободного падения, что имеет смысл для эволюции почти сферических облаков, но не вытянутых волокон, потому как не ясно, чем особенным характеризуется, например, момент 1.59 t_{ff}, и вообще, почему выбраны именно эти моменты времени.

2. В разделе 2.1.2 полагается «изотермическое обжатие волокна ударной волной». Насколько это приближение применимо в рассматриваемых условиях? Далее указано, что температура окружающего газа «на два порядка выше, чем температура волокна», то есть, исходя из табл. 4, температура среды равна 2000 K, а ее плотность составляет 300 см$^{-3}$, чему это соответствует в межзвездной среде?

3. При исследовании фрагментации волокон образующиеся на торцах плотные области, по-видимому, значительно ограничивают расчет по времени из-за уменьшения шага по времени. Были ли проведены расчеты бесконечного цилиндра для изучения его фрагментации на больших временах?

4. При выделении гравитационно связанных областей иногда получаются достаточно вытянутые эллипсоиды (например, см. рис. 3.20, 4.8). Плотные структуры на торцах волокон, по-видимому, больше напоминают слой, чем сферическую область, насколько стандартный критерий гравитационной неустойчивости применим к таким сильно вытянутым структурам?

5. В тексте присутствует некоторое количество опечаток и неточностей в терминах (например, «сжатой формой» на стр. 6, «степени равновесности» на стр. 9 и далее и другие, а также неточность в значении молекулярного веса на стр. 42).

Указанные замечания не влияют на научную составляющую диссертации, основные ее выводы и положения, выносимые на защиту.

Автореферат диссертации в целом соответствует ее содержанию. Результаты, представленные в диссертации, опубликованы в 4 статьях в рецензируемых журналах.

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

Диссертационная работа Ильяса Марсовича Султанова «Численное МГД-моделирование фрагментации молекулярных волокон и образования протозвездных облаков» отвечает всем требованиям п.9 Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор И.М. Султанов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

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

26 октября 2026 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