УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по стратегическому развитию
и исследовательской деятельности
федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Южный федеральный университет»
кандидат химических наук
_____Е.Л. Муханов
«28» октября 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на диссертационную работу 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

Диссертационная работа посвящена теоретическому и численному исследованию формирования дозвездных молекулярных ядер в результате гравитационной фрагментации молекулярных волокон в присутствии и отсутствии магнитного поля. Гравитационно связанные молекулярные ядра является первым этапом на пути формирования звезд и планет. Поэтому исследование свойств дозвездных ядер, а также механизмов их формирования, является важной задачей современной астрофизики. Таким образом, актуальность работы Султанова И. М. не вызывает сомнений.

Работа выполнена с использованием численного программного комплекса свободного доступа FLASH, модифицированного автором диссертации с учетом задачи формирования дозвездных ядер. Результаты численного моделирования сравниваются с архивными данными наблюдений фрагментирующих молекулярных волокон.

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы, и заключение. Во введении выполнен обзор предшествующих исследований по тематике диссертационной работы, обосновывается актуальность, формулируются цели и задачи, научная новизна, научная и практическая значимость, кратко изложены результаты диссертации и описан личный вклад соискателя в эти результаты.

Первая глава посвящена анализу современных наблюдательных данных о молекулярных волокнах и дозвездных ядрах. Приводятся их типичные концентрации, толщины и интенсивности магнитного поля. Анализируются результаты предыдущих теоретических исследований фрагментации волокон.

Во второй главе выполнено описание теоретической модели волокна с магнитным полем, приведены основные магнитогидродинамические уравнения и начальные условия численного моделирования. Выполнено описание численного программного комплекса FLASH с учетом модификаций, необходимых для расчета гравитационной фрагментации молекулярных волокон. Представлены результаты тестовых задач.

В третьей главе диссертационной работы представлены результаты численного моделирования эволюции однородного волокна с магнитными полем. Изучено влияние магнитного поля и ударных волн на эволюцию волокон. Исследована зависимость массы и формы образующихся ядер от начальных параметров волокна.

В четвертой главе выполнено исследование гравитационной фрагментации волокон с магнитным полем. Выполнены расчеты с разными значениями начальной длины возмущения, а также теплового и магнитного параметров волокна. Определены условия фрагментации волокна и

зависимость характеристик образующихся дозвездных ядер от начальных параметров задачи.

В заключении сформулированы основные итоги диссертации и перспективы их применения. К основным результатам можно отнести следующее:

1. Найдено, что продольное магнитное поле существенно увеличивает массы и размеры ядер молекулярных облаков, формирующиеся на краях молекулярных волокон, по сравнению с моделью волокон без магнитного поля.
2. Обнаружено, что межзвездная ударная волна слабой интенсивности может замедлять гравитационный коллапс ядер на краях межзвездных молекулярных волокон. Показано, что внутри молекулярных волокон могут формироваться крупномасштабные вихри, которые в дальнейшем могут привести к развитию дозвуковой турбулентности.
3. Показано, что периодические возмущения поверхности волокон могут приводить к формированию нескольких гравитационно связанных ядер с массой в диапазоне 0.2 – 4.0 $M_{\odot}$, в согласии с наблюдательными данными в молекулярном облаке Orion A.
4. Обнаружено, что дозвездные ядра на краях волокна формируются на меньшей шкале времени, чем ядра внутри волокна, что может обуславливать различия возраста ядер на краях и внутри наблюдаемых волокон, таких как L1495-B218.
5. Обнаружено, что на начальных этапах коллапса в неравновесных облаках ядра сжимаются поперек линиям магнитного поля, а в равновесных облаках – вдоль. Показано, что в ходе дальнейшего коллапса сжатие в обоих случаях приобретает анизотропный характер со степенной зависимостью магнитной индукции от плотности газа. Полученные данные позволяют объяснить наблюдаемую эволюцию магнитных полей у ядер волокна SDC18.624-0.070..

Все вышесказанное показывает, что диссертационная работа Султанова И. М. представляет собой детальное исследование свойств молекулярных

дозвездных ядер, формирующихся в результате гравитационной фрагментации межзвездных молекулярных волокон. Все результаты новые и достоверные, что обусловлено использованием оригинальных теоретических и численных магнитогидродинамических моделей эволюции волокна, а также публикаций в рецензируемых журналах. Все результаты опубликованы в астрономических журналах, рекомендованных ВАК.

Имеются следующие вопросы и замечания, изложенные ниже:

1. Следовало бы изучить функцию распределения масс дозвездных ядер, исходя из большого ансамбля полученных модельных данных, а не только представить диапазон их масс.
2. Не совсем ясно в каких пределах может варьироваться радиус молекулярного волокна и что определяет конкретный выбор радиуса в диссертации.
3. Не ясно, учитывалось ли возможное вращение волокна на характер и эффективность формирования дозвездных ядер.
4. Следовало указать пределы применимости условия вмороженности магнитного поля, используемого в диссертации.
5. Термин «протозвездные ядра» скорее применим к объектам, в которых выявлены признаки формирования протозвезд. В контексте данной кандидатской работы более уместным является термин «дозвездные ядра», хотя разница между ними в современной литературе часто размывается.

Данные замечания не снижают общей высокой оценки работы, не затрагивают основных ее выводов и положений, выносимых на защиту. Результаты диссертационной работы опубликованы в четырех статьях, все – в журналах, рекомендованных ВАК, в трех из которых Султанов И. М. является первым автором, а также представлены на пяти российских и международных конференциях.

Диссертационная работа Султанова Ильяса Марсовича «Численное МГД-моделирование фрагментации молекулярных волокон и образования

протозвездных облаков», удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является завершенным научным исследованием, существенно расширившим научные представления о самых ранних стадиях звездо- и планетообразования. Ее автор Султанов Ильяс Марсович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 Теоретическая физика.

Отзыв подготовлен д.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником (01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия) НИИ физики Южного федерального университета Воробьевым Эдуардом Игоревичем (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, тел. 8(988)5651832, email: eivorobev@sfedu.ru).

Отзыв обсужден и утвержден на заседании объединенного астрофизического семинара кафедры физики космоса Южного федерального университета и отдела космических исследований Научно-исследовательского института физики Южного федерального университета 23 октября 2026 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой физики космоса
Южного федерального университета
кандидат физ.-мат. наук, доцент,
председатель семинара Ирина Александровна Ачарова

Сведения о ведущей организации

344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»
Тел.: +7(863) 305-19-90,
факс: +7(863) 263-87-23,
email: info@sfedu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Личную подпись Ачарова И.А.
ЗАВЕРЯЮ:
Начальник отдела
«28» 10 2026 г.