

«УТВЕРЖДАЮ»:

Проректор МГУ имени М. В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор А. А. Федянин



« 01 » _____ 2022 года

ОТЗЫВ

ведущей организации

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1) на диссертационную работу УРВАЧЕВА Егора Михайловича на тему «Многомерное моделирование сверхновых с помощью M1-приближения для переноса излучения» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия»

В рассматриваемой диссертационной работе разрабатывается численное решение уравнений ударно-волнового сценария образования сверхмощной сверхновой (в частности, типа IIр) в рамках одномерных и многомерных расчетов. Некоторые модели сравниваются с наблюдениями сверхновых SN2009ip и AT2018cow. Также проведено исследование эффективности машинного обучения для определения параметров моделей сверхновых по их кривым блеска.

Актуальность избранной темы

Высокая актуальность темы работы определяется несколькими причинами. Взрывы сверхновых звезд — это достаточно нечастые события окончания жизни весьма массивных и редких звезд. Физика этого явления в деталях пока не раскрыта полностью, так как задача детального теоретического моделирования взрыва сверхновой и физических процессов в разлетающемся веществе весьма сложна, диссертация направлена на решение

части возникающих вопросов в решении этой вычислительной задачи.

Потенциально возможное приложение результатов работы к определению расстояний до наблюдаемых сверхновых второго типа (р и п) имеет высокое значение в качестве независимого дополнения к лестнице космологических расстояний, что поможет проверять космологические теории и уточнять значения параметров этих теорий.

Новизна исследования и полученных результатов

Впервые проведено многомерное радиационно-гидродинамическое исследование ударных волн для сверхновых с учетом M1-приближения для переноса излучения, в том числе впервые промоделирован оптический транзиент AT2018cow, проведены сравнения одномерных и двумерных моделей.

Значимость полученных результатов

Сравнение и полученный вывод о совпадении в одномерной и многомерной постановках ударно-волнового сценария характера изменения болометрической светимости сверхновых на этапе роста кривой блеска важен для прямого метода определения космологических расстояний, так как текущие варианты этого метода основаны на сферической симметрии возникающего в системе плотного слоя. Используемая в работе методика моделирования может применяться для исследования разнообразных астрофизических объектов, обладающих многомерной структурой.

Кроме этого, развиваемый программный код может использоваться для моделирования физических экспериментов, в частности, для решения задач лазерного термоядерного синтеза.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в ГАИШ МГУ, ИНАСАН, АКЦ ФИАН, ИКИ РАН, ИТЭФ и в других учреждениях, в которых востребованы результаты в области теоретической физики и астрофизики.

Обоснованность и достоверность выводов исследования

Достоверность методики автора диссертации в программном коде FRONT (в версии FRONT3D) обеспечивается сравнением результатов решения тестовых задач с аналитическими решениями, а также результатами моделирования многомерного кода HERACLES и одномерного кода STELLA. Выводы и заключения диссертации в целом можно считать обоснованными и достоверными.

Замечания

(1) Слабым местом валидации работы программного кода с астрофизической точки зрения является преимущественная опора на теоретические расчеты, при этом лишь небольшое количество графиков в диссертации включают в себя наблюдательные точки сверхновых SN2009ip и AT2018cow. Рекомендуется в дальнейшем в большей степени в ходе разработки модели опираться на наблюдательные и, возможно, экспериментальные данные.

(2) Недостатком работы является отсутствие знакомства автора диссертации (по крайней мере, отсутствие ссылок в опубликованных работах, в автореферате и в самой диссертации) с работами А. И. Богомазова и А. В. Тутукова (Астрономический журнал, 2009, 2011) о возможной дисперсии и эволюции средней массы сливающихся углеродно-кислородных белых карликов. Так как такие слияния, скорее всего, являются основным источником сверхновых типа Ia, то отмеченная в автореферате и диссертации без ссылок возможность отличия характеристик этого типа сверхновых на разных красных смещениях может возникнуть в первую очередь благодаря свойствам сливающихся карликов, рассмотренным в указанных работах. При этом космологические выводы об ускоренном расширении Вселенной были сделаны при наблюдении сверхновых Ia, а не сверхновых второго типа (в диссертации и в автореферате отмечено).

(3) В работе имеется некоторое количество опечаток. Используется обозначение «Г» вместо «Гс» для обозначения единицы измерения индукции магнитного поля. Слово «первоначальник» в смысле «родоначальник» использовано, по-видимому, впервые, кроме того, данное слово устарело и может годиться в основном для исторических текстов.

(4) Количество глав в данной кандидатской диссертации на одну превосходит количество рецензируемых публикаций, в которых изложены результаты исследований, вошедшие в диссертацию. Это недостаток оформления работы.

Отмеченные недочеты не умаляют общей научной значимости представленной диссертации.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Автором рассматриваемой кандидатской диссертации опубликовано 4 статьи в рецензируемых изданиях, диссертант является первым автором во всех этих работах, их результаты выносятся на защиту. Количество публикаций диссертанта в реферируемых журналах удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Результаты данного научного исследования докладывались в ходе работы ряда российских и международных научных конференций, а также на научных семинарах.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат содержит краткое изложение результатов диссертации, основные выводы и результаты проведенного научного исследования, описание его актуальности, степени новизны, полностью отражает содержание и структуру диссертации.

**Заключение о соответствии диссертации критериям,
установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Кандидатская диссертация Урвачева Егора Михайловича является научно-квалификационной работой, в ней содержится описание результатов численного моделирования радиационной гидродинамики в приложении к сверхновым звездам.

Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия».

Отзыв принят на заседании Координационного Совета по астрофизике Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга МГУ имени М. В. Ломоносова. На заседании присутствовало 24 члена Совета из 30. Результаты голосования: «за» – 24; «против» – 0; «воздержалось» – 0. Протокол № 13 от «18» мая 2022 года.

Отзыв составил

Старший научный сотрудник отдела
звездной астрофизики ГАИШ МГУ
доктор физико-математических наук

Богомаз

А. И. Богомазов

Председатель Координационного совета
по астрофизике ГАИШ МГУ
доктор физико-математических наук

А. С. Гусев

Директор ГАИШ МГУ
доктор физико-математических наук, профессор

К. А. Постнов

