

Отзыв на автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Кропотиной Юлии Андреевны
«Гибридное моделирование бесстолкновительных ударных волн в
многокомпонентной плазме остатков сверхновых, скоплений галактик и
солнечного ветра»

Диссертация Ю.А.Кропотиной посвящена исследованию бесстолкновительных ударных волн в астрофизике. Они играют важную роль на самых разных масштабах: начиная от околоземной космической плазмы и заканчивая слиянием скоплений галактик. Первые теоретические модели были предложены в середине XX века, а уже в 1960-е годы, когда космические аппараты стали покидать пределы земной магнитосферы, стало понятно, что бесстолкновительные ударные волны действительно имеют место, а их изучению стали уделять достаточно большое внимание. В то же время, важно отметить, что в настоящий момент достаточно много важных вопросов остаются не изученными. Большое количество задач в данной области могут быть решены лишь численно и требует значительных компьютерных ресурсов. Это делает данную область важной не только с точки зрения астрофизики, но и с позиций вычислительной математики.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Каждая из них связана с теми или иными аспектами бесстолкновительных ударных волн в плазме. Введение посвящено обсуждению общих вопросов, относящихся к тематике диссертации, приведен список основных результатов и публикаций, связанных с работой.

В первой главе приводятся основные уравнения, которые используются для дальнейшего решения задачи. Описываются основные особенности программного кода *Maximus*, используемого для компьютерного моделирования, базовые физические приближения, а также в деталях обсуждаются применяемые численные схемы. Кроме того, приводятся

результаты тестов данного кода для задач, решение которых может быть получено аналитически или хорошо известно из наблюдений.

Во второй главе автор описывает моделирование бесстолкновительных ударных волн в оболочках сверхновых звезд. Первый параграф посвящен известному в астрофизике пример сверхновой SN1987a, а также другим примерам сверхновых типа Ia. Во втором параграфе обсуждаются турбулентные предвестники бесстолкновительных ударных волн солнечного состава.

Третья глава связана с примерами, относящимися к волнам, возникающим при слиянии скоплений галактик. Данные примеры характерны относительно невысокими значениями чисел Маха. Было показано, что особую роль играет концентрация гелия в среде, что заметно влияет на содержание железа за пределами ударной волны. Также продемонстрировано, что неустойчивости часто приводят к достаточно активной турбулентности в среде.

Четвертая глава относится к моделированию бесстолкновительных ударных волн в магнитосфере Земли. Отдельно хотелось бы отметить, что в данном случае была возможность учитывать данные наблюдений на современных внеатмосферных аппаратах, что заметно повышает достоверность полученных результатов.

Заключение посвящено обобщению основных результатов диссертации и подведению итогов. Описываются результаты, важные как с точки зрения астрономии, так и теоретической физики и компьютерного моделирования.

В целом, работа написана достаточно аккуратно, является логически замкнутой и охватывает большое количество вопросов, важных для современной астрофизики. Автор демонстрирует свою высокую квалификацию в различных вопросах, необходимых для решения поставленной задачи. Отдельно хотелось бы отметить, что большое внимание уделяется корректности используемых численных схем и выполнению таких условий, как бездивергентность магнитного поля.

Вместе с тем, хотелось бы отметить ряд недостатков работы:

- из автореферата не вполне понятно, какие именно вычислительные ресурсы использовались при моделировании;
- в списке опубликованных работ статья А6 указана не в соответствии со стандартом.

Указанные замечания, впрочем, носят скорее характер общих рекомендаций и не меняют общей положительной оценки работы.

На мой взгляд, диссертация удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте имени А.Ф.Иоффе Российской академии наук от 19.08.2019, а ее автор – присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

Высококвалифицированный старший научный сотрудник
отделения теоретической физики имени И.Е.Тамма
ФГБУН «Физический институт РАН имени П.Н.Лебедева»
кандидат физико-математических наук

Евгений Александрович Михайлов

Почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект, д.53

E-mail: e.mikhajlov@lebedev.ru

Тел. 8(916)288-5962

Подпись Е.А.Михайлова удостоверяю

Заместитель директора по научной работе

ФГБУН «Физический институт РАН имени П.Н.Лебедева»

кандидат физико-математических наук

Андрей Владимирович Колобов