

"УТВЕРЖДАЮ"
Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского государственного университета



С.В.Аплов
2018 г.

О Т З Ы В

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
о диссертации А.А.Кожберова
"Структура и термодинамические свойства кулоновских кристаллов в недрах вырожденных звезд",
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия

В диссертации подробно изучаются структура и термодинамические свойства кулоновских кристаллов, образующихся в высокоплотной плазме внутри белых карликов и нейтронных звезд. Рассмотрены кристаллы, состоящие из ионов одного или нескольких элементов, исследуется влияние их деформации на локальные и глобальные свойства плазмы.

Вырожденные звезды (состоящие из вырожденной плазмы: белые карлики и нейтронные звезды) предоставляют науке лабораторию, позволяющую исследовать состояние материи в условиях, представляющих большой интерес для различных разделов физики, но недостижимых на Земле. Поэтому всякое продвижение в изучении свойств такой материи уже по этой причине должно приветствоваться.

После краткого изложения истории введения в науку понятия кулоновских кристаллов и первых работ по их изучению дается обзор статей по лабораторному исследованию упорядоченных структур в неидеальной плазме и теоретическому изучению подобной плазмы в недрах звезд. Затем представляется математический аппарат, который применяется при описании строения кристаллов и их малых колебаний около равновесия. Перечислены типы кристаллов, рассматриваемых в работе. Значительная часть первой главы посвящена нахождению важного параметра кристаллов — энергии Маделунга, то есть слагаемого нулевого порядка в разложении потенциальной энергии кристалла по малым смещениям ионов, для разнообразных конфигураций кристаллической решетки. Многие ионные конфигурации рассматриваются впервые. Находится также влияние поляризации электронного фона на энергию в различных приближениях и оценена их точность. Получены и другие, более специальные новые результаты.

Во второй главе изучаются малые колебания ионов относительно стационарного их положения в принятом предположении, что в выражении для потенциальной энергии кристаллов можно ограничиться квадратичными слагаемыми относительно величин колебаний. Считается, что во всей системе ионы одинаковые, располагаются и колеблются одинаково. В предположении трансляционной инвариантности колебаний получено, что матрица коэффициентов преобразований Фурье амплитуд колебаний (динамическая матрица) зависит только от одного волнового вектора. Выведено дисперсионное уравнение, определяющее спектр частот колебаний (фононные колебания). Это уравнение решается для многих типов решеток кристаллов как однокомпонентных, так и многокомпонентных. Учитываются искажения решетки кристаллов. Отдельно принято во внимание влияние магнитного поля и поляризации электронного фона.

Устанавливаются критерии устойчивости относительно рассматриваемых колебаний. Результаты, полученные другими авторами, проверяются, подтверждаются и уточняются.

В третьей главе рассчитываются термодинамические параметры однокомпонентных и бинарных кристаллов, их асимптотические свойства, роль примесей. Как и во второй главе, изучается влияние магнитного поля и поляризации электронного фона. Оценивается точность различных приближений и разработанных ранее теорий.

Наконец, в четвертой главе рассматриваются вопросы, связанные с астрофизическими приложениями развитой теории. Обсуждается поведение решеток различной конфигурации при низких температурах, моделирующих вырожденную плазму коры нейтронной звезды. Делается предварительная попытка применить рассчитанную теплоемкость кристаллов к задаче остывания белых карликов. Показано, что полученные в предыдущих главах результаты могут быть применены при описании свойств межпланетной пыли.

Можно сделать одно замечание. В работе приводятся числовые параметры с большим числом значащих цифр — до 12. Это может быть оправдано, когда показывается, что два метода дают почти одинаковые результаты, различающиеся в последнем знаке коэффициентов в формулах, хотя для применений все равно такой точности не требуется, или для сравнения с другими авторами в частных случаях с целями проверки или уточнения. В приближенных же разложениях, например, на странице 39 (после (1.39)), коэффициенты разложения до третьей степени не убывают, так что параметр разложения должен быть малым, а тогда второй и третий коэффициенты не нужны с той же точностью, что и первый.

Большинство многочисленных результатов в работе получены впервые, все они выведены аналитически и доведены до числа, так что их легко проверить. Из девяти статей, опубликованных в мировых физических и астрофизических журналах, в трех диссертант является единственным автором, еще в четырех — первым соавтором, причем его соавтор — научный руководитель, в двух статьях руководитель на первом месте. Работа написана хорошим русским языком, замечено только несколько незначительных опечаток.

Конечно, не все возможные стороны проблемы решены в диссертации (что в ней отмечается), нерешенные остаются самому диссертанту и другим для последующей работы. Однако, выполнен достаточно большой объем исследований, чтобы утверждать, что ее содержание соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия, и даже превышает их. Диссертант А.А.Кожберов вполне заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв подготовлен доктором физ.-мат. наук профессором кафедры астрофизики Д.И.Нагирнером и доктором физ.-мат. наук профессором А.Ф.Холтыгиным.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры астрофизики 15 ноября 2018 года, протокол № 10.

Заведующий кафедрой астрофизики
доктор физ.-мат. наук профессор

В.А.Гаген-Торн

доктор физ.-мат. наук профессор

Д.И.Нагирнер

Сведения о ведущей организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Тел. +7(812) 328-77-32

e-mail: spbu@spbu.ru.

Сайт: spbu.ru