

На правах рукописи

Т. ВИИК

**ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОТЯЖЕННОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ
АТМОСФЕРЕ ЗВЕЗДЫ**

(специальность 01.031, астрофизика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ТАРТУ 1970

Диссертация выполнена в секторе теоретической астрофизики
Института физики и астрономии Академии Наук Эстонской ССР.

Научный руководитель - доктор физико-математических
наук, профессор А.Я.Киппер.

Научный консультант - кандидат физико-математических
наук А.А.Сапар.

Официальные оппоненты -
доктор физико-математических наук И.Н.Минин,
кандидат физико-математических наук О.А.Авасте.

Ведущее учреждение - Астрономический Совет Академии
Наук СССР.

Автореферат разослан "19." *окт/1970*. 1970 года.

Защита диссертации состоится "20." *нояб/1970*. 1970 года
на заседании специализированного совета по физике
Тартуского государственного университета в Тарту, ул.
Оликооли 18.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
Тартуского государственного университета.

Ученый секретарь ТГУ
(И.Маароос)

У большинства звезд (особенно у звезд-карликов) толщина атмосферы мала по сравнению с радиусом звезды. Поэтому такую атмосферу можно считать состоящей из плоско-параллельных слоев. Однако, предположение о плоско-параллельности атмосферных слоев звезды не всегда оправдано.

Наблюдениями установлено, что звезды различных спектральных классов теряют в процессе эволюции существенную долю массы, причем такая потеря происходит, по всей вероятности, и в виде гидродинамического истечения вещества под влиянием градиента лучевого давления вследствие увеличения непрозрачности вещества атмосферы в непрерывном спектре и в линиях различных элементов.

К числу звезд, теряющих массу, можно отнести сверхгиганты, звезды типа Ве и Р Лебеда, звезды с оболочками, звезды типа Вольфа - Райе, компоненты ряда тесных двойных звезд, долгопериодические переменные и т.д. У всех перечисленных типов звезд установлено также наличие образующейся вследствие истечения вещества протяженной атмосферы, толщина которой вполне сравнима с радиусом звезды.

Детальной и последовательной теории таких атмосфер, однако, до сих пор не было разработано.

Поэтому автор диссертации поставил своей задачей последовательно разработать методику построения самосогласованных моделей протяженных звездных атмосфер. Составление

таких моделей разделяется на три основных этапа:

- 1) нахождение приближенных распределений температуры и газового давления,
- 2) решение уравнения переноса излучения с учетом найденных распределений,
- 3) уточнение температурного распределения с учетом условия лучистого или конвективного равновесия и последующее определение уточненного распределения давления.

Расчеты на всех этих этапах нужно провести численными методами. Далее продолжается итеративное решение проблемы по второму и третьему этапам и вычисляется наблюдаемый спектр звезды. Все эти этапы изучены в диссертации.

Кроме того, с учетом малой плотности вещества в горячих и протяженных звездных атмосферах проведено изучение некоторых проблем теории переноса излучения при чистом рассеянии.

По структуре диссертация состоит из введения, трех глав, списка литературы, заключения и приложения, причем каждая глава имеет в начале вводную часть. Во введении дан краткий обзор имеющихся работ по теории протяженных звездных атмосфер и сформулирована поставленная задача.

В первой главе диссертации изучены методы решения уравнения переноса в сферически-симметричном случае.

Разработаны соответствующие данной дискретизации по углам и оптическим глубинам методы решения уравнения переноса в случае сферически-симметричной атмосферы, называемые методом обобщенного преобразования Риккати и инвариантным S_n -методом.

Для применения менее точных, но более простых методов решения уравнения переноса в сферическом случае разработаны экономные алгоритмы для метода Эддингтона, обобщенного метода Эддингтона и метода регионального усреднения.

Во всех отмеченных выше случаях (кроме инвариантного S_n -метода) решение поставленной краевой задачи не проводится требующим большой оперативной памяти конечно-разностным методом, а проблема сводится к решению более простой задачи Коши. Это достигается введением новой функции, которую можно интерпретировать как некоторую функцию рассеяния, описываемую дифференциальным уравнением типа Риккати.

Показано также, каким образом связаны между собой вероятность выхода кванта и введенные в инвариантном S_n -методе матрицы отражения и пропускания в одномерной и плоско-параллельной средах.

Разработан метод деформированной индикатрисы, применимый к умеренно протяженным звездным атмосферам и позволяющий заменить решение уравнения переноса в сферическом случае решением уравнения переноса с некоторой индикатрисой для плоско-параллельной атмосферы.

Во второй главе разработана методика нахождения исходных распределений температуры и давления в протяженных звездных атмосферах с учетом стационарного истечения вещества. При этом особое внимание уделено нахождению исходных распределений температуры и давления и выбору граничных условий на т.н. критической поверхности, на которой скорость истечения вещества достигает скорости звука.

Разработано также несколько методов итеративного уточне-

ния полученных распределений температуры и давления в протяженных атмосферах звезд.

Для решения этой задачи разработаны метод исправляемых множителей и упрощенный вариационный метод. Метод исправляемых множителей отличается от обычных методов уточнения температурного распределения тем, что вместе с уточнением температурного распределения происходит и решение уравнения гидродинамического равновесия для определения газового давления.

В упрощенном вариационном методе использованы основные предположения методов Эйвретта - Крука и метода Люси, т.е. используются вариация как функции, так и аргумента, и предположение о постоянстве отношений средних коэффициентов поглощения.

Метод Эйвретта - Крука и метод линеаризации, используемые для уточнения температурного распределения в плоско-параллельных атмосферах, обобщены для использования их в случае сферических атмосфер со стационарным истечением вещества.

Третья глава диссертации посвящена рассмотрению проблем теории переноса излучения при рассеянии на свободных электронах в протяженной атмосфере звезды.

Рассмотрены случаи, допускающие аналитическое решение.

Решено уравнение переноса излучения в конечной сферической атмосфере методом регионального усреднения. Оценено влияние кривизны атмосферных слоев и параметра, характеризующего градиент электронной плотности, на первые эддингтоновские моменты.

В первом приближении метода Чандрасекара дискретных ординат получены формулы, описывающие, как при многократном комптоновском рассеянии на неподвижных электронах и при заданной степенной зависимости коэффициента рассеяния от радиуса звезды уменьшается жесткость проходящего через атмосферу излучения. Та же проблема обобщена и на случай, когда электроны находятся в тепловом движении.

Найдены формулы, позволяющие определить температуру среды, устанавливающуюся в случае чистого рассеяния непланковского излучения. Это является существенным и при построении модели протяженной атмосферы звезды, где очень важны процессы рассеяния.

Рассмотрено также рассеяние излучения на свободных электронах в сферической атмосфере, слой которой находится в дифференциальном движении.

В заключении перечислены основные результаты, достигнутые в работе и намечены пути для более точного решения задачи построения моделей протяженных звездных атмосфер. В приложении приведены результаты некоторых численных расчетов.

Общий объем диссертации 205 страниц, в том числе 18 рисунков.

Основные результаты диссертации изложены в следующих статьях:

1. А.Сапар, Т.Вийк, К теории протяженных звездных атмосфер, Тарту публ., 36, 120, 1967.
2. А.Сапар, Т.Вийк, Определение распределений температуры и давления в протяженных звездных атмосферах, Тарту

- сообщ., 19, 15, 1968.
3. Т.Вийк, Об уточнении температурного распределения в звездной атмосфере, Тарту сообщ., 19, 25, 1968.
 4. Т.Вийк, Перенос излучения в сферической атмосфере при рассеянии на свободных электронах. I. Рассеяние на неподвижных электронах, Тарту сообщ., 19, 71, 1968.
 5. Т.Вийк, Перенос излучения в сферической атмосфере при рассеянии на свободных электронах. II. Рассеяние на электронах, находящихся в тепловом движении, Тарту сообщ., 19, 91, 1968.
 6. T.Viik, Radiative Transfer in a Spherical Atmosphere of Free Electrons, Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат., 19, 184, 1970.
 7. Т. Вийк, К решению уравнения переноса в сферически-симметричном случае, Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат., 19, 286, 1970.

Некоторые результаты диссертации доложены на III Всесоюзной конференции молодых астрономов (июль 1967, КраО).

Кроме того, в диссертации использованы результаты работ, находящихся в печати:

1. Т.Вийк, Перенос излучения в движущейся сферически-симметричной атмосфере звезды, Тарту публ., в печати.
2. Т.Вийк, Решение уравнения переноса методом регионального усреднения, Тарту публ., в печати.
3. Т.Вийк, Решение уравнения переноса для сферической атмосферы методом Гранта и Ханга, Тарту публ., в печати.
4. T.Viik, Method of Regional Averaging in the Radiative Transfer, Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат., в печати.

Г. Вайн
ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОТЯЖЕННОЙ
СФЕРИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ ЗВЕЗДЫ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Тартуский государственный университет
ЭССР, г. Тарту, ул. Мякколи, 18

Ротапринт ТГУ 1970. Сдано в печать
13.I 1970 г. Печ. листов 0,5. Тираж
200 экз. Бумага 30x45. I/4. МБ07047
Зак. № 782.
Бесплатно