



Предисловие к русскому изданию

Предисловие автора

Введение

1 Бесстолкновительное уравнение Больцмана

Основное уравнение

Решение бесстолкновительного уравнения Больцмана

Теорема Джинса и понятие об изолирующих интегралах

2 Локальная динамика Галактики

Бесстолкновительное уравнение Больцмана в галактических координатах

Проблема третьего интеграла

Локальная динамика Галактики

Функциональное приближение: подстановка Оорта

Квадратичный третий интеграл

Потенциалы Штеккеля

3 Уравнения для моментов

Уравнения для моментов в Галактике

Уравнение асимметричного дрейфа

Уравнения для моментов более высокого порядка

Псевдомоменты

Поправки $V_R V_z$, выведенные из квадратичного третьего интеграла

Член с $V_R V_z$ в уравнении асимметричного дрейфа

Оценка Оортом $[\partial^n (V_R V_z) / \partial z^n]_{z=0}$

Предостережение

4 Дифференциальные движения во вращающейся Галактике

Уравнения дифференциального движения

Эпициклические орбиты Линдблада

Вывод уравнения звездного потока

Эпициклические орбиты индивидуальных звезд

Расширение ассоциации

Движущиеся группы и их интерпретация

5 Движения, перпендикулярные галактической плоскости

Силы, перпендикулярные плоскому слою

Приложение к локальной галактической задаче

Гармоническая аппроксимация движений по z -координате

Уравнение Пуассона и более точное выражение для плотности

Наблюдательное определение ρ_{00}

Псевдомоментный подход

Наблюдательные результаты

Самогравитирующий изотермический плоский слой

6 Гравитационное поле нашей Галактики

Гравитационное поле эллипсоидов

- Притяжение сжатых сфероидов
- Приближенные формулы
- Сфероид с малым сжатием
- Центральная сила, обусловленная экспоненциальным диском
- Современная модель Галактики
- 7 Локальные и глобальные неустойчивости. Спиральная структура**
 - Длина Джинса и критерий Тоомре
 - Динамика спиральных рукавов
 - Проблема накручивания
 - Теория волн плотности
 - Формулы теории волн плотности
 - Другие теории спиральной структуры
 - Стохастическое звездообразование
 - Бароподобные неустойчивости
 - Изгиб галактического диска
- 8 Звездные сближения**
 - Описание сближения
 - Столкновения звезд
 - Время релаксации
 - Гравитационные вычисления в "галактических единицах"
 - Время достижения равнораспределения по энергиям
 - Динамическая эволюция звездного диска
 - Механизм Спитцера--Шварцшильда
 - Проблема коэффициентов диффузии
 - Уравнение Фоккера--Планка
 - Интегралы сближений для гравитации
 - Уравнение Фоккера--Планка как уравнение неразрывности
 - Динамическое трение
 - Тесные сближения и распределения скоростей: уравнение Колмогорова--Феллера
 - Двойные системы и сближения
- 9 Теорема вириала и ее приложения**
 - Теорема вириала в сферических системах
 - Потенциальная энергия
 - Характерные времена в звездной системе
 - Джинсовская длина и дебаевская длина
 - Критическая скорость ухода из системы
 - Сжатие вращающегося звездного скопления
 - Связь между пространственной и поверхностной плотностью
- 10 Динамика звездных скоплений**
 - Оценка темпа потери звезд из скоплений
 - Пониженное максвелловское распределение
 - Равновесное решение уравнения Колмогорова--Феллера
 - Самосогласованные модели звездных скоплений
 - Модели скоплений с анизотропным распределением скоростей

Сводка формул для анизотропного распределения скоростей

11 Приливные силы в звездных скоплениях

Приливная устойчивость звездных скоплений

Ограниченная задача трех тел

Применение к звездному скоплению

Минимальная плотность, необходимая для устойчивости скопления

Приливные удары

Разрушение, вызванное приливными ударами

Приливные удары в шаровых скоплениях

Динамическая эволюция скоплений

Потеря массы звездами

Катастрофическая потеря массы

Столкновения звезд в шаровых скоплениях

12 Моделирование

13 Коллапс ядра в шаровых скоплениях

Гравитермическая неустойчивость

Неустойчивость сегрегации по массе

Время релаксации для половины массы

Коллапс ядер скоплений -- наблюдения и теория

Коллапс и эволюция после коллапса

14 Динамика эллиптических галактик

Радиальные профили

Наблюдения с помощью Космического телескопа "Хаббл"

Бурная релаксация

Сплюснутые динамические модели

Трехосность

Формы трехосных звездных систем

Метод моделирования Шварцшильда

Дисперсия скоростей и значение M/L

Картина слияний

Потенциалы Штеккеля

15 Динамика скоплений галактик

Динамическое моделирование скопления Coma

Двойные галактики

Слияние и каннибализм

Роль слияний в скоплениях галактик

Длительность формирования скопления галактик

Масса Местной группы

Приложение к главе 10

Приложение к главе 14. (Томас С. Статлер)

Литература

Предметный указатель

Предисловие к русскому изданию



Динамика звездных систем -- один из наиболее разработанных разделов теоретической астрономии и, в то же время, одна из наиболее живых и развивающихся ветвей этой древней науки. Вклад отечественных ученых в звездную динамику весьма высок и общепризнан: работы В.А.Амбарцумяна, Г.Г.Кузмина, Т.А.Агекяна, П.П.Паренаго, В.А.Антонова и других наших исследователей лежат в фундаменте этой науки; монографии К.Ф.Огородникова, В.Л.Поляченко и А.М.Фридмана давно уже стали каноническими пособиями в своей области. Однако современных учебников по этому предмету для начинающих исследователей у нас нет. Особенно остро отсутствие учебных книг стало ощущаться в последние годы, поскольку уже более десяти лет не издавались ни отечественные, ни переводные монографии и обзоры по этой тематике.

В то же время, происходит быстрое развитие этой области исследований, лежащей на стыке астрономии, классической механики и физики плазмы (ибо в звездных системах, как и в плазме, велика роль коллективных эффектов). Получено множество новых аналитических результатов и еще больше -- численных, обязанных появлению суперкомпьютеров, в том числе специализированных. Работу теоретиков стимулируют совершенно неожиданные, удивительные результаты, полученные при наблюдении звездных скоплений и галактик, а также сверхгалактических структур, отражающих эволюцию Вселенной с первых мгновений ее расширения.

Чтобы наши астрономы и физики продолжали участвовать и, по возможности, лидировать в этой области, требуется издание комплекта современных учебников по наблюдательным и теоретическим вопросам изучения звездных систем, начиная с простейших, базовых курсов. Мы рады, что первая наша попытка в этом направлении была поддержана Российским фондом фундаментальных исследований.

К моменту окончания работы над переводом этой книги ее американская версия еще не была опубликована; вполне вероятно, что на русском языке она увидит свет раньше, чем на английском. Мы чрезвычайно признательны профессору Кингу за разрешение работать над книгой параллельно с ним и благодарны всем коллегам, помогавшим нам в этой работе. Текст книги подвергся минимальному редактированию. Мы позволили себе расширить список литературы (помечено звездочкой) и добавить несколько иллюстраций и комментариев. В некоторых случаях изменены обозначения величин с тем, чтобы они соответствовали общепринятому виду. Автор и переводчики видели свою задачу не в том, чтобы вывести читателя на передний край современной звездной динамики, а в том, чтобы познакомить с ее основными понятиями и дать базу для начала самостоятельной работы.

Редакторы этой книги не раз имели удовольствие ощутить обаяние профессора Кинга -- невысокого интеллигентного человека с внимательным и очень доброжелательным взглядом. Несколько лет назад он побывал в России и увидел, в каких непростых условиях работают наши ученые. Прислав нам рукопись этой книги, которая готовится к публикации в США, он отказался от авторского вознаграждения, желая хотя бы этим поддержать научное книгоиздание и астрономию в России. Выходу этой книги на русском языке способствовали Российский фонд фундаментальных исследований и издательство УРСС. Большую благодарность за помощь в работе над переводом мы выражаем Л.А.Феоктистову, а также должны отметить участие М.В.Рючина. Текст книги прочитал и высказал полезные замечания О.В.Чумак. Мы все рады сделать этот скромный подарок профессору Кингу в год его 75-летия.

Автор книги и ее переводчики надеются, что их труд найдет благосклонного читателя и оставит в его душе искру интереса к изумительному миру звездных систем.

*А.С.Расторгуев
В.Г.Сурдин*

Предисловие автора



Эта книга служит введением в классическую звездную динамику и предназначена для студентов и аспирантов, изучающих астрономию и физику. Читатель уже должен иметь общее

представление о звездных системах, которое можно почерпнуть из отличной книги Михаласа и Бинни (*Galactic Astronomy: Structure and Kinematics*, by Mihalas D. and Binney J. / New York: W.H.Freeman, 1981). Предшествовавшая ей книга Михаласа и Роутли (*Galactic Astronomy*, by D.Mihalas with the collaboration of P.M.Routly / San Francisco: W.H.Freeman, 1968) давно распродана. Более свежие данные можно найти в курсе наших лекций, прочитанных в 1989 г. на астрономической школе в Швейцарии (*The Milky Way As a Galaxy*, by Gilmore G., King I.R., van der Kruit P.C. / University Science Books, 1990). Наиболее полным и современным источником по этой теме, разумеется, служит книга Бинни и Меррифилда (*Galactic Astronomy*, by Binney J. and Merrifield M. / Princeton: Princeton University Press, 1998).

Естественным дополнением к упомянутым обзорам стал фундаментальный учебник Бинни и Тримейна по звездной динамике (*Galactic Dynamics*, by Binney J. and Tremaine S. / Princeton: PUP, 1987). Однако, он довольно сложен и весьма объемист, что может вызвать трудности у студентов начального уровня. В основном именно этим и была стимулирована подготовка настоящей книги, основанной на лекционных записях, над которыми автор работал в течение многих лет преподавания предмета.

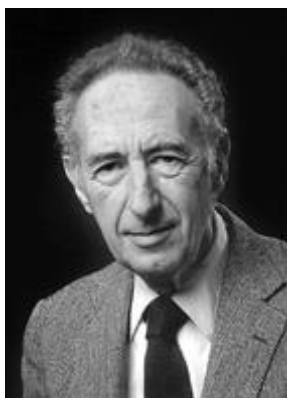
При разработке общего курса по структуре и динамике звездных систем можно воспользоваться книгой Бинни и Меррифилда, а также избранными местами из *The Milky Way As a Galaxy*, в качестве первой половины курса, и настоящей книгой -- в качестве его второй половины.

Классическая динамика галактик развивается с эпохи Джинса и Эддингтона, но большая ее часть опирается на работы Оорта, выполненные за короткое время, начиная с 1926 г. Этот материал уже не раз излагался профессорами для студентов, как в работе Михаласа и Роутли, так и в настоящей книге. Этим я надеюсь оправдать некоторое сходство между их изложением и моим. Со временем, однако, рождаются новые проблемы и появляются новые подходы к старым. В частности, я во многом опираюсь на развитую Чандрасекаром теорию звездных сближений, а также на результаты других астрономов, полученные за десятилетия, прошедшие с тех пор, как были заложены краеугольные камни звездной динамики. В данной работе я постарался следовать как классическому, так и современному изложению, насколько это вообще возможно в пределах единого ряда комментариев и уравнений.

По некоторым темам я даже не пытался дать исчерпывающего обзора. Например, численное моделирование сейчас превратилось в самостоятельную большую науку, но мой подход заключался в том, чтобы только обрисовать численные методы и использовать их результаты, относящиеся к обсуждаемым темам. Кроме того, я совершенно не включил в книгу недавние дискуссии об отклонении нашей Галактики от осевой симметрии.

В каждой главе даны ссылки на литературу, которая может оказаться полезной для читателя; упомянуты авторы основополагающих результатов. Однако многие положения приводятся без указания авторства: их я рассматриваю как всеобщее достояние или же как результаты, впервые затронутые в моих лекциях, но опубликованные в более поздних работах других авторов. Насколько я понимаю, целый ряд обсуждаемых здесь вопросов имеет именно такое происхождение; они в течение некоторого времени включались только в конспекты моих лекций, поскольку я никогда не считал их достаточно важными для того, чтобы спешить с их публикацией, загромождая журналы множеством мелких статей.

Об авторе



Айвэн Р. КИНГ (*Photo by Paul Bishop, Jr.*)

Профессор астрономии Калифорнийского университета в Беркли (США). Изучает звездные скопления и галактики. Окончив Гарвардский университет, в 1952 г. защитил диссертацию. После службы в Военно-морских силах США преподавал в Иллинойском, а с 1964 г. -- в Калифорнийском университете (Беркли). В 1978-80 гг. был президентом Американского астрономического общества; в 1973-76 гг. возглавлял комиссию "Звездные скопления" Международного астрономического

союза. Член Национальной академии наук США и Американской академии искусств и наук.

В настоящее время исследования Кинга посвящены изучению звездного состава шаровых скоплений с использованием беспрецедентных возможностей Космического телескопа.

Научный авторитет Айвэна Кинга весьма высок. Его имя носят уравнения звездной динамики; "закон Кинга" и "профили Кинга" используются при изучении звездных скоплений и галактик. Многие годы Кинг координирует усилия международной группы астрономов, изучающих звездные системы с помощью Космического телескопа <Хаббл>. Профессор Кинг воспитал многих известных астрономов. Его доклады на научных конференциях неизменно привлекают внимание своей новизной и ясностью.
