

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

531.51(049.3)

ФИЗИКА ГРАВИТИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Fridman A. M., Polyachenko V. L. *Physics of Gravitating Systems*. — New York; Berlin; Heidelberg; Tokyo: Springer-Verlag, 1984. — V. 1. 458 p. V. 2. 356 p.

Последние два десятилетия характеризуются огромным прогрессом астрономии. Открытие реликтового радиоизлучения утвердило теорию горячей эволюционирующей Вселенной. Появилась прочная основа для разработки теории образования современной наблюдаемой картины мира. Появился и стимул для чисто теоретического исследования гипотетических, самых ранних стадий эволюции Вселенной, когда энергия частиц далеко превосходила достигнутую на ускорителях. Естественно, что эти последние 20 лет ознаменовались усиленным вторжением новых отрядов физиков в астрономию. При этом каждый физик приносил свои методы исследования, испытанные раньше.

Обратимся к рецензируемой книге. Она представляет собой существенно расширенное издание на английском языке вышедшей 10 лет назад в издательстве «Наука» (Москва) книги тех же авторов «Равновесие и устойчивость гравитирующих систем».

Начнем с самого краткого обзора. Несомненно, что гравитация является первой, самой важной силой, самой важной частью в любой астрономической задаче, от теории эволюции Вселенной, как целого, до теории звезд и черных дыр. Старший автор (А.М.Ф.) пришел в астрономию, уже будучи зрелым специалистом в теории плазмы. Естественно, что основное содержание книги посвящено тем астрономическим задачам, в которых наиболее плодотворны методы теории плазмы. Сюда относится уравнение движения бесстолкновительных частиц, т. е. звезд, а также частиц, составляющих так называемую скрытую, или темную, массу Вселенной.

Рассматриваются равновесные конфигурации; очень подробно исследуется устойчивость этих конфигураций относительно малых возмущений. Рассматривается специфическая для тяготения «джинсовская» неустойчивость равномерно распределенного вещества. Постановка вопроса принадлежит еще Ньютону, который связывал ее с дилеммой: Вселенная вечна или родилась в акте творения богом.

Столь же подробно рассматриваются и другие виды неустойчивости, известные в гидродинамике и в теории плазмы. Таково в основном содержание первого тома.

Второй том содержит исследование нелинейных явлений и астрономические применения, среди которых особенно выделяется теория спиральной структуры галактик.

Рецензируемая книга отличается полнотой и обстоятельностью, с которой рассматривается каждый затронутый в ней вопрос.

Ниже содержание и стиль книги характеризуются более подробно; прежде всего отметим общий педагогический вопрос.

Задача *понимания* того или иного класса явлений отнюдь не заканчивается составлением уравнений. Исследование отдельных частных случаев, полное решение уравнений для этих частных случаев — таков необходимый этап процесса понимания явления и разработки теории. Именно так поступают авторы. Они очень детально, особенно в первом томе, рассматривают идеализированные задачи, такие, как плоский слой и бесконечный цилиндр. Иногда эти задачи далеки от астрофизической реальности, но это не уменьшает их педагогического значения. Проработав первый том, читатель освоится с современным состоянием теории равновесия малых, возмущений и дисперсионных уравнений.

Заметим, что более 90 % видимого вещества во Вселенной собрано в звездные системы, которые являются бесстолкновительными. Конфигурации последних разнообразны, однако приближенно их можно представить в виде одной из трех фигур равновесия: шара, эллипсоида и диска. Результаты хорошо известных классиков науки конца XIX — начала XX века, в которых устойчивость этих фигур равновесия была исследована в приближении несжимаемой жидкости, существенно усовершенствовали и обогатили аппарат математической физики и оказали определяющее влияние на развитие астрономической науки о форме планет. Однако использовать эти замечательные результаты для бесстолкновительных систем, являющихся предельно сжимаемыми, очевидно, нельзя так же, как нельзя использовать и хорошо развитую теорию устойчивости газовых шаров.

В известной мере в случае бесстолкновительных систем (с функцией распределения частиц, зависящей от одного интеграла — энергии) имеет место гидродинамическая аналогия с газовыми системами для равновесной конфигурации, но эта аналогия нарушается при возмущении системы. Специфика бесстолкновительных систем состоит в возможности анизотропии распределения звезд по скоростям. При этом анизотропия свойственна практически всем реальным звездным системам, так же как и разреженной плазме в магнитном поле. Наличие анизотропии делает мир звездных (вообще — бесстолкновительных) систем несравненно богаче; по сравнению с гидродинамическими задачами появляется множество новых ветвей колебаний, разнообразных типов неустойчивостей и т. д. Этот мир анизотропных звездных систем и был подробно исследован и изложен авторами книги. В значительной мере, благодаря их работам, сейчас очерчены области параметров, в которых могут существовать (будучи устойчивыми) звездные системы различной геометрии, исследованы многочисленные неустойчивости гравитирующих систем, например пучковая, шланговая, анизотропная, дрейфовая, неустойчивость Кельвина — Гельмгольца, центробежная, диссипативная.

Во втором томе следует особо отметить подробное изложение развитой авторами применительно к гравитирующим звездным системам теории нелинейных ударных волн, солитонов и других нелинейных явлений.

Особое внимание уделяют авторы весьма актуальному вопросу возникновения спиральной структуры галактик. С большой полнотой изложена история вопроса.

Весьма интересна и перспективна гидродинамическая концепция авторов в решении проблемы спиральной структуры галактик, которая позволила поставить вопрос об аналоговом лабораторном моделировании процесса генерации спиральной структуры в галактиках со «скачком» скорости вращения. Сейчас этот вопрос успешно разрабатывается в замечательных экспериментах группы М. В. Незлина в ИАЭ им. Курчатова на установках «Спираль».

Рецензируемая книга не свободна от недостатков. Основным из них, пожалуй, является название, более широкое, чем содержание и вызывающее у читателей некоторые надежды, несбывающиеся при чтении. Совершенно нет общей теории относительности и связанных с ней вопросов. Книга ограни-

чивается ньютоновской теорией тяготения. В связи с космологическими задачами следовало бы обосновать правомерность такого подхода в рамках рассматриваемых задач.

Уделено много внимания очень специальным задачам, с той или иной точной симметрией или специальным видом функции распределения частиц по энергии и моменту. В то же время недостаточно освещены задачи «общего положения», в частности со статистическим заданием начальных условий, нет и корреляционного (так же как и перколяционного) метода анализа случайных распределений. Так, например, выяснение того факта, что плоский равномерно вращающийся диск превращается в спиральную галактику, сегодня недостаточно. Естественно возникает вопрос о том, как образовался такой диск?! Не рассмотрено возникновение сверхмассивных черных дыр, находящихся, по-видимому, в ядрах галактик. Есть и другие незатронутые астрофизические вопросы. Исправлять, однако, эти недостатки, по мнению рецензентов, следует, более точно указывая содержание книги в заглавии, а не путем дальнейшего увеличения ее объема. Уже в том виде, как она написана, книга вносит ценный вклад в астрономическую литературу.

Я. Б. Зельдович, Б. Б. Кадомцев