

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эволюция звезд и грандиозные явления их взрыва и сжатия, недавно открытые пульсары и предсказанные теорией, но до настоящего времени не обнаруженные «черные дыры» составляют предмет предлагаемой книги, вместе с теми теоретическими сведениями, которые необходимы для их понимания.

Астрономия переживает в настоящее время период бури и нажима. Десятилетие с 1960 по 1970 гг. вместило в себя открытие квазаров, пульсаров, рентгеновских источников и реликтового излучения. В теоретической астрофизике важные гипотезы и открытия появляются еще чаще.

Наблюдательные открытия в значительной мере связаны с новыми, послевоенными методиками исследований — радиоастрономией и приборами на ракетах и спутниках.

Часть упомянутых открытий была предсказана заранее и это показывает правильность физических теорий, применимость физических законов, открытых в лабораторных экспериментах, к астрономическим объектам.

Теоретическими основами современной астрофизики являются:

- 1) теория тяготения в ньютоновской форме и общая теория относительности Эйнштейна;
- 2) теория элементарных частиц и, более узко, ядерная физика, свойства электронного газа и фотонов, их взаимодействие;
- 3) электромагнетизм — уравнения Максвелла;
- 4) макроскопическая физика — статистика и термодинамика, гидродинамика, теория плазмы, теория коллективных взаимодействий. Для интерпретации спектров важна атомная физика, теория переноса излучения.

Этот перечень по необходимости схематичен и чрезмерно краток.

Последовательное развитие астрофизических теорий, основанных на этом фундаменте, иногда приводило к странным и на первый взгляд парадоксальным выводам о наиболее кардинальных моментах в эволюции отдельных небесных тел и окружающей нас Вселенной. Таким было, например, предсказание Л. Д. Ландау (в начале тридцатых годов) о нейтронных звездах, или предсказание (в сороковых годах) возможности «горячего» состояния материи в начале расширения Метагалактики. Отождествление пульсаров с нейтронными звездами (1968) и объяснение реликтового излучения теорией горячей Вселенной (1965) являются прекрасными примерами плодотворности теоретической астрофизики.

Выводы и предсказания теоретической физики должны рассматриваться с полной серьезностью в астрономии — таков обоб-

щающий итог всего послевоенного развития астрономии и физики. С другой стороны, в настоящее время в печати можно видеть обилие теоретических работ, не выдерживающих последующей проверки опытом, обилие сменяющих друг друга объяснений, таких, например, объектов, как квазары. Однако эти несомненные недостатки и трудности теории относятся, по нашему мнению, к выбору конкретных моделей, к современному стилю быстрой публикации приоритетных заявок и т. п. Подобные недостатки не должны подрывать принципиальной уверенности в физических основах теории, и развитие науки неоднократно подтверждало это.

Однако очень принципиальный вопрос заключается в том, не должны ли мы именно в астрофизике ожидать возникновения новых фундаментальных физических теорий и связанного с ним разрушения существующих взглядов и догм.

Разумеется, в необычных астрофизических условиях, например, сверхбольших плотностей и температур, еще не исследованных земной физикой, могут проявляться новые, пока не известные законы природы. Однако современная астрофизика оперирует главным образом с условиями, где применимость надежно установленных законов природы не вызывает сомнений. Астрофизика встречается лишь с необычной комбинацией этих условий.

Поэтому, по нашему убеждению, в рамках существующих физических теорий заключена возможность огромного количества новых эффектов, новых явлений, и это дает возможность объяснения астрофизических открытий. Может быть, примеры из других областей лучше пояснят эту мысль: сверхпроводимость есть своеобразное явление, но и до создания конкретной теории было ясно, что явление сверхпроводимости есть следствие квантовой механики и не потребует изменения ее основных положений; такое же соотношение имеет место между турбулентностью и гидродинамикой. Весьма вероятно, что и совокупность всех известных до настоящего времени астрономических явлений удастся объяснить, комбинируя известные законы физики, проявляющиеся в необычных условиях астрофизических объектов, причем, однако, нет сомнения, что это «комбинирование» будет абсолютно нетривиальным. Можно напомнить в этой связи, что применение общей теории относительности в астрономии (требуемое новыми открытиями), по существу, только начинается, и одна из задач книги способствовать этому.

Еще раз подчеркнем, что при столкновении в астрономии с условиями, выходящими за рамки применимости современной физики (например, при плотностях, в начале космологического расширения намного превышающих плотность атомного ядра), можно ожидать проявления действия еще не известных законов природы.

Особенно хочется отметить роль моделей (или, на другом языке, схематической упрощенной картины явления) в развитии теоретической астрофизики.

тической астрофизики. За редким исключением, наблюдательные данные не дают такой прямой, всесторонней и однозначной информации, какую можно получить в лабораторном опыте. Поэтому первые интерпретации открытого в астрофизике явления обычно отличаются большим разнообразием попыток теоретического объяснения, неоднозначностью теоретической модели.

Кроме того, огромная сложность процессов, изучаемых астрофизикой, часто заставляет делать те или иные упрощения для построения физико-математической теории.

Только после определенных предположений можно развить теорию явления и, сравнивая отдельные выводы теории с наблюдениями, судить о правильности исходных предположений, исходной модели.

Значительная часть предлагаемой книги посвящена именно рассмотрению отдельных моделей.

В предлагаемой книге авторы старались соблюсти равновесие и правильные пропорции между изложением достигнутых результатов и постановкой задач, подлежащих решению. В значительной мере книга адресована тем, кто продолжит исследования, т. е. тем, чьи труды через несколько лет сделают книгу в некоторой части устаревшей. Наша задача заключается в том, чтобы вооружить исследователя теоретическими основами, наряду с изложением наблюдательных фактов.

Мы старались сосредоточить внимание на наглядной интерпретации теории (что, как показал опыт, является наиболее трудным и важным), в меньшей степени уделяя внимание математическому формализму*). Особое внимание уделено общей теории относительности, т. е. релятивистской теории тяготения.

Теория предсказывает, в частности, явление релятивистского коллапса — катастрофического сжатия, сопровождающегося нарастанием гравитационных полей, останавливающих даже кванты и нейтрино. Открытие этого явления — дело будущего и мы хотели бы способствовать приближению этого будущего.

Уже сейчас появляются сообщения об открытии гравитационных волн и об огромном (даже по астрономическим масштабам) количестве энергии, уносимом этими волнами. Теория гравитационных волн и их излучения подробно изложена в книге.

Выше отмечены только разделы, необычные для классической астрофизики. Полное представление о содержании книги, вклю-

*) Такого рода заявления или, скорее, заклинания встречаются, впрочем, в предисловиях к самым абстрактным и формальным трудам. По-видимому, сказывается отсутствие ГОСТа (Государственного общесоюзного стандарта) на «физическую наглядность». Каждый автор считает наглядной ту теорию, которую ему удалось понять или развить. Конечно, мы приводим и математическую теорию рассматриваемых процессов; утверждение в тексте означает, что мы ставили акцент на то, чтобы показать, как применяется абстрактный формализм в конкретной ситуации,

чающем вкратце и более привычные разделы (белые карлики, равновесие и эволюция горячих звезд и т. д.) можно составить, ознакомившись с оглавлением.

Разумеется, наша книга не заменяет учебников теоретической физики. Вкратце повторяя стандартные формулы, мы сосредоточивали внимание на их приложениях и разъяснении. Советский читатель располагает прекрасными учебниками Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица «Теория поля» и «Статистическая физика».

Очевидна трудность создания монографии о быстро развивающейся области науки; претензии на пророчества и наглядность еще увеличивают трудность задачи и риск неудачи.

На примере «Релятивистской астрофизики», вышедшей в конце 1967 года, авторы имели возможность убедиться в том, как трудно и «опасно» писать монографию. Говорят, что «главный урок истории заключается в том, что никто не усваивает уроки истории». После выхода «Релятивистской астрофизики» появилось много работ и сделан ряд открытий, которые заставляют развить дальше часть конкретных вопросов, изложенных там. Вскоре мы убедились, что необходимо написать две новые книги: одна из них перед вами, вторая посвящена космологии и выйдет на год позже. Проблема квазаров и звездных скоплений также будет рассмотрена во второй книге.

В предлагаемой книге, посвященной теории тяготения, теории уравниения состояния вещества и звездам материал из «Релятивистской астрофизики» использован лишь частично, тем не менее в новой книге мы старались сохранить структуру и стиль нашей прежней книги.

Большую помощь в работе над книгой оказали нам сотрудники группы теоретической астрофизики Института прикладной математики, к которой мы принадлежим: Г. С. Бисноватый-Коган, А. Г. Дорошкевич, В. С. Имшенник, Б. В. Комберг, Д. К. Надёжин, А. А. и Т. В. Рузмайкины, Р. А. Сюняев, В. М. Чечеткин, Н. И. Шакура, А. А. Шварц, В. Ф. Шварцман.

Мы особенно благодарны В. С. Имшеннику и Д. К. Надежину, написавшим для нашей книги параграф о вспышках сверхновых звезд, и В. Ф. Шварцману, являющемуся соавтором главы об аккреции газа на релятивистские объекты. Мы благодарны проф. К. С. Торну (США), который, являясь одним из редакторов английского перевода «Релятивистской астрофизики», сделал много ценных замечаний, учтенных при работе над данной книгой. Им написано несколько параграфов по вопросам, в которых Торн является крупнейшим специалистом. Мы благодарны всем друзьям и коллегам за критические замечания и дискуссии.

Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков