



Предисловие

1 Звездная Вселенная

- § 1. Солнце и Галактика
- § 2. Туманности
- § 3. Метагалактика
- § 4. История Вселенной
- § 5. Рождение галактик
- § 6. Эволюция звезд
- § 7. Сколько звезд во Вселенной

2 Барстеры

- § 1. Рентгеновская астрономия
- § 2. Вспышки
- § 3. Расстояние
- § 4. Светимость и энергия
- § 5. Спектр
- § 6. Звезда-компаньон
- § 7. Аккреция
- § 8. Термоядерные взрывы
- § 9. Барстеры в скоплениях

3 Пульсары

- § 1. Открытие
- § 2. Интерпретация: нейтронные звезды
- § 3. Рентгеновские пульсары
- § 4. Радиопульсары
- § 5. Источник энергии
- § 6. Магнитно-дипольное излучение
- § 7. Магнитосфера
- § 8. Крабовидная туманность
- § 9. Пульсары и космические лучи

4 Удивительная двойная звезда

- § 1. Эмиссионный спектр
- § 2. Эффект Доплера
- § 3. Движущиеся линии
- § 4. Прецессия струй
- § 5. Двойная система

5 Короны галактик

- § 1. Диск Галактики
- § 2. Динамика гало
- § 3. Массы галактик
- § 4. Скрытые массы

6 Квазары

- § 1. Красное смещение
- § 2. Переменность и размер
- § 3. Галактики и квазары
- § 4. Излучающие области
- § 5. Сверхплотная звездная система
- § 6. Сверхмассивная звезда

§ 7. Сверхмассивная черная дыра

7 Реликтовое излучение

§ 1. Чернотельный спектр

§ 2. Горячее начало

§ 3. Новый эфир

§ 4. Эффект Сюняева--Зельдовича

§ 5. Большие числа

Заключение

Предисловие



Памяти Льва Эммануиловича Гуревича (1904--1990)

В истории астрономии, древнейшей из наук, не было времени, столь богатого самыми выдающимися открытиями, как наши дни. Особенно счастливыми оказались последние десятилетия, считая с открытия квазаров в 1963 г. В 1965 г., двумя годами позже, было обнаружено реликтовое излучение, а спустя еще два года, в 1967 г., стали известны пульсары. Затем, в 70-е гг. и начале 80-х гг. XX века, последовало открытие нейтронных звезд в тесных двойных системах, невидимых корон галактик, видимых сверхсветовых движений в квазарах. Наконец, в последнее десятилетие XX века были найдены планеты вне солнечной системы, получены неопровержимые доказательства существования черных дыр, открыт космический вакуум.

Эта книга рассказывает о новейших астрономических открытиях, о физических идеях и астрофизических гипотезах, об удивительных загадках физики Вселенной, которые еще предстоит разгадать. Читатель найдет в ней не только данные наблюдений и общее описание астрономических явлений, но и элементы астрофизической теории.

Эта теория опирается на универсальные физические законы, установленные в лабораторных экспериментах, но равно справедливые в разнообразных, иногда совершенно необычных и неожиданных условиях мира звезд и галактик. Основные принципы механики, термодинамики и электромагнетизма позволяют искать и успешно находить физическое объяснение многим наблюдаемым фактам астрономии.

Для чтения и понимания книги не требуется подготовки, выходящей за рамки школьных программ по физике и математике. Все используемые формулы сами по себе весьма просты. Но всякий раз за ними стоит физика, предполагающая вдумчивое отношение (и заслуживающая его).

В книге нет сложных или громоздких выкладок. В ней часто используются приближенные вычисления. Один из распространенных методов -- приближенная оценка по порядку величины. Порядок величины -- это значение величины с точностью до степени числа десять в ее числовом выражении. Например, число $0,8923 \times 10^5$ дает величину порядка 10^5 . С точностью до порядка величины этому числу равно, например, число $2,317 \times 10^5$. Производя порядковые оценки, не заботятся о числовых коэффициентах порядка единицы (таких как 0,8923 или 2,317). Такие оценки уместны в тех случаях, когда неизвестны точные значения исходных величин или когда для решения задачи не нужно знать точное значение вычисляемой величины. Нелепо производить вычисления с точностью, скажем, до шестой значащей цифры, если исходные данные доступны лишь с точностью до порядка величины, с чем и приходится часто сталкиваться в астрофизике. Точно так же, не стоит вычислять шесть значащих цифр в величине порядка 10^{-7} , если в задаче требуется узнать, не превосходит ли это значение единицу.

Другой распространенный и очень полезный метод приближенных количественных оценок использует понятие характерной величины. Пусть, например, нужно приближенно оценить объем тела неправильной формы, но не слишком плоского (как пластина) и не слишком вытянутого (как нить). Размеры тела в разных направлениях различны, но все же не сильно отличаются друг от друга и близки по величине, скажем, к одному метру. Тогда можно предположить, что объем тела должен быть более или менее близок к объему шара с диаметром 1 м и приближенно составит $(4/3)\pi(D/2)^3 \approx 4(D/2)^3 = 0,5D^3 = 0,5 \text{ м}^3$. Здесь величина $D = 1 \text{ м}$ -- это характерный

размер тела, характерная величина его поперечника. Вместо ряда не очень различающихся между собой величин, которые получались бы при различных обмерах тела, вводится одна величина, характеризующая размер тела в целом, а с ним и его объем. Читатель встретится в книге с характерными размерами, массами, промежутками времени и т.д.

Гл.1 книги имеет вводный характер, в ней дается очерк современной астрофизической картины мира. Основной материал содержится в гл.2--7. При этом изложение не следует историческому порядку событий в астрономии; материал располагается, скорее, в порядке усложнения -- от уже понятного и потому простого к тому, что исследовано в меньшей степени или остается до сих пор полностью загадочным. Гл.2--4 посвящены разнообразным астрофизическим проявлениям нейтронных звезд. В гл.5 рассказывается о звездной динамике, о "скрытых массах", образующих невидимые короны вокруг галактик. В гл.6 речь идет об активных процессах в ядрах галактик и квазаров. Предмет гл.7 -- реликтовое излучение и Вселенная как целое.

Первое издание этой книги вышло в 1984 г.; при подготовке настоящего издания в текст внесены лишь небольшие поправки и краткие добавления, касающиеся самых последних открытий в астрономии. Подробнее об этих открытиях рассказывается, например, в книге А.М.Черепашука и А.Д.Чернина "Вселенная, жизнь, черные дыры" (2003).

Я глубоко благодарен Э.В.Эргма, А.С.Зенцовой, Ю.Н.Ефремову, А.С.Зильберглейту, В.М.Липунову, Л.П.Осипкову, Э.А.Троппу, А.И.Цыгану, прочитавшим рукопись книги или отдельные ее части и сделавшим важные замечания.

А.Д.Чернин

Заключение



Наши дни с полным основанием называют золотым веком астрофизики -- замечательные и чаще всего неожиданные открытия в мире звезд следуют сейчас одно за другим. Об астрономических открытиях последних лет, о связанных с ними новых физических идеях и шла речь в этой книге. Теперь же, в заключение, расскажем, хотя бы очень кратко, об одной идее, которая не была рождена как непосредственная реакция на новейшие успехи астрономии, а возникла в результате многолетних размышлений над вопросом, поставленным А.А.Фридманом и Э.Хабблом еще в 20-е гг.: почему Вселенная расширяется?

Это вопрос о физическом механизме Большого Взрыва.

В одном из выступлений А.Эйнштейн сказал (в 1929 г.): "Если говорить честно, мы хотим не только узнать, как устроена природа... но и по возможности достичь цели утопической и дерзкой на вид -- понять, почему природа является именно такой... В этом состоит прометеевская стихия научного творчества".

Вопрос Фридмана и Хаббла -- это, можно сказать, одно из важнейших "почему" физики и астрономии.

В 60--70-е гг. XX века И.Г.Дымникова, Э.Б.Глинер и Л.Э.Гуревич в Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе выдвинули гипотезу, согласно которой начальное состояние Вселенной представляло собой вакуум. Физический вакуум -- это не пустота (как шутили физики еще в 30-е гг., вакуум полон глубокого физического содержания). Это особое состояние среды, характеризующееся минимальной возможной энергией. Такой среде приписываются определенные, отличные от нуля значения плотности энергии ϵ и давления p .

Одно из обязательных свойств вакуума -- неразличимость относительно него движения и покоя. Иными словами говоря, любые тела, как бы они ни двигались друг относительно друга, все покоятся относительно вакуума. Теория показывает, что это свойство обеспечивается особой связью между величинами ϵ и p . Именно: $p = -\epsilon$. Если плотность энергии положительна, то давление, равное ей по абсолютной величине, отрицательно, -- что, конечно, довольно необычно, но на то это и вакуум, а не "обычная" среда.

Однако самое необычное в физическом вакууме то, что он обладает антигравитацией. Это означает, что вакуум создает отталкивание между двумя помещенными в него частицами вещества. Сами частицы притягиваются друг к другу благодаря взаимному тяготению их собственных масс. Но лежащий между ними вакуум способен преодолеть их тяготение и заставить частицы двигаться друг от друга.

Антигравитация неявно фигурировала еще в первой космологической модели Эйнштейна (1917 г.); она была введена тогда со специальной целью: компенсировать тяготение "обычного" вещества, что создавало бы неизменное во времени, стационарное состояние Вселенной в такой модели. После работ Фридмана и Хаббла Эйнштейн стал на их точку зрения, он отказался от идеи стационарной Вселенной, а заодно и от антигравитирующей среды.

И вот антигравитирующий вакуум привлекается для объяснения причины космологического расширения. Он и в самом деле заставляет все частицы разбегаться, и притом с ускорением.

Правда, пока еще не вполне ясно, откуда берется вещество в начальном вакуумном состоянии мира и куда девается потом вакуум. Возможно, вещество самопроизвольно, спонтанно рождается из вакуума -- это допускается общими законами физики. Но если уж оно родилось, ему ничего не остается как расширяться.

Эту идею в последние два десятка лет энергично развивают А.Гут в США, А.Д.Линде и А.А.Старобинский в нашей стране и многие другие физики. Ими сделано уже немало. Но чтобы стать вровень с теорией нестационарного мира Фридмана или гипотезой "горячей" Вселенной Гамова, идея начального антигравитирующего вакуума должна, вероятно, не только объяснить то, что уже известно, но еще и предсказать нечто совсем новое о Вселенной, что можно было бы проверить непосредственными наблюдениями. И что действительно было бы проверено и подтверждено будущими астрономическими открытиями.

Между тем поток замечательных наблюдательных открытий в космологии продолжается. И самое значительное из них -- недавнее (1998--99 гг.) обнаружение космического вакуума. Его измеренная плотность раза в два--три превосходит среднюю плотность скрытых масс, так что по плотности вакуум доминирует в современной Вселенной. Динамический эффект антигравитирующего вакуума создает ускорение космологического расширения в современную эпоху эволюции мира.

Но наблюдаемая плотность вакуума на сто (!) порядков величины меньше той, которая предполагается в гипотезе первоначального вакуума, способного создать космологическое расширение. Может быть, наблюдаемый вакуум -- малый остаток того "первичного" вакуума? Это только один из множества новых и очень интересных вопросов, которые возникают в связи с этим замечательным открытием. Исследования этих вопросов еще только начинается, и не исключено, что в конечном итоге открытие космического вакуума окажется столь же значительным событием в науке о Вселенной, что и открытие самого космологического расширения или обнаружение реликтового излучения.

Об авторе



Чернин Артур Давидович

Доктор физико-математических наук, профессор Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга, МГУ. Область исследований -- космология и теоретическая астрофизика. Автор более 150 научных статей, автор или соавтор шести научных и научно-популярных книг, вышедших на русском, английском, испанском и японском языках. Лауреат Ломоносовской премии МГУ.