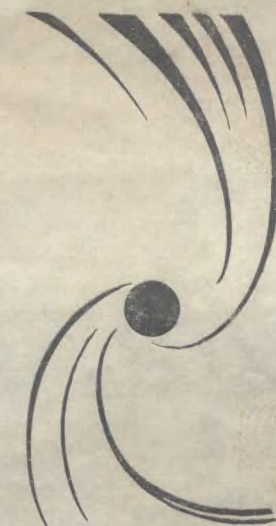


ОТ
АТОМОВ
ДО
МЛЕЧНЫХ
ПУТЕЙ

Цена 2 р. 50 к., и. 1 р.

Ш Е Л Л И



ОП

АТОМОВ

ДО

МЛЕЧНЫХ

ПУТЕЙ

Г Т Т И



Г·ШЕПЛИ
ДИРЕКТОР ГАРВАРДСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ

ОЛ
АТОМОВ
ДО
МЛЕЧНЫХ
ПУТЕЙ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
М·Ф·ФЕДОРОВА
ПОД РЕДАКЦИЕЙ ПРОФ·С·Н·БЛАЖКО

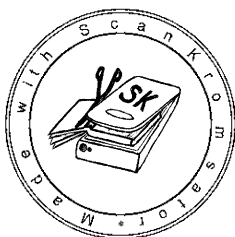
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТЕХНИКО = ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА·ЛЕНИНГРАД
1934

HARLOW SHAPLEY

FLIGHTS FROM CHAOS

A SURVEY OF MATERIAL SYSTEMS
FROM ATOMS TO GALAXIES

WHITTLESEY HOUSE
McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC
NEW YORK • 1930



Scan AAW

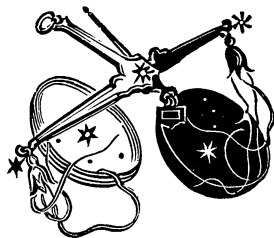
СУПЕР, ПЕРЕКЛЕТ, ТИТУЛ,
ИНИЦИАЛЫ И КОНЦОВКА
РАБОТЫ ХУДОЖНИКА
М. В. МАТОРИНА

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ

Предлагаемая вниманию читателей книга директора Гарвардской обсерватории в американском Кембридже Х. Шепли представляет собою оригинальную попытку обзора и классификации различных образований материи, начиная от строения атома и кончая сверхгалактиками. Книга эта возникла в результате обработки лекций, читанных автором в Нью-Йоркском колледже в ноябре и декабре 1929 г.; в подлиннике она носит несколько вычурное название: «Полеты из хаоса» (Обзор материальных систем от атомов до Млечных Путей) («Flights from chaos». A survey of material system from atoms to galaxies), замененное в переводе более отражающим содержание книги названием: «От атомов до Млечных Путей».

Читатель должен иметь в виду, что в области строения звездных скоплений, галактик и сверхгалактик автор сам много работал, причем гипотеза сверхгалактик была опубликована им в окончательном виде в феврале 1930 г., т. е. через три месяца после прочтения упомянутых выше лекций. С тех пор большинство астрономов приняло гипотезу Шепли, хотя она и не объясняет некоторых особенностей строения нашего Млечного Пути. В ней имеются несогласия с гипотезой вращения Млечного Пути, которая объяснила многие факты и приводит пока к несколько другой модели строения Млечного Пути. Несомненно, что очередной задачей звездной астрономии должен явиться стройный синтез тех результатов, которые получены двумя наиболее совершенными до сего времени по своей обобщающей сущности работами — работами Шепли и других по развитию гипо-

тезы сверхгалактики и работами, приведшими к обнаружению вращения Млечного Пути. Во всяком случае читатель должен помнить, что на верхнем конце шкалы Шепли он вступает в область гипотез, которые хотя и очень убедительны, вероятны и даже красивы, но все же остаются еще гипотезами.

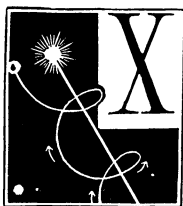


ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Основные положения этой книги были представлены в серии из пяти лекций, прочитанных в Нью-Йорке в ноябре и декабре 1929 г. С тех пор гипотеза сверхгалактики получила дальнейшее развитие. Небольшие изменения были сделаны в общей классификации и ее деталях по всему ряду материальных систем. Выработалась более ясная концепция космоплазмы. Межзвездное и междугалактическое пространство, которое во всех своих точках пронизывается излучением всех звезд, оказалось имеющим большое значение, потому что эти области являются могилами умирающих звезд и могут заключать в себе ту космическую почву, из которой возникают новые звезды и Млечные Пути.



Х А О С



Хорошо, что мы обычно не сознаем, как, описывая круги, скользя и быстро вращаясь, мы стремительно летим через мировое пространство. Иначе у нас могло бы не хватить мужества исследовать и анализировать окружающий мир. Планета, на которой мы находимся, где мы отмечаем и созерцаем небесные явления, удивительно подвижна и неустойчива. Ее кора вероятно скользит по земному ядру и притом, возможно, неправильно пульсирует, запутывая тем самым точный счет времени. Ось планеты не сохраняет неизменного положения, и ее неустойчивость вызывает сложные изменения широты, которые сказываются при наших попытках определить точные положения звезд. Вращение Земли вокруг оси постепенно замедляется, и продолжительность дня неравномерно увеличивается вследствие притяжения Луны и изменения формы самой Земли. Запутанные движения возникают от действия солнечного и лунного притяжения на экваториальную выпуклость планеты.

Многие из этих мелких движений, иногда неправильных и неясных, приводят в отчаяние наблюдателя, когда он стремится получить возможно более точные сведения о звездах. Однако при исследованиях общего характера, так же как и в обычной жизни, эти мелкие неправильности можно оставить без внимания, ограничиваясь более важными движениями планеты. Мы конечно не должны оставаться в неведении относительно этих главных

движений, точно так же мы не можем их игнорировать при наших исследованиях планет и звезд, если даже эти движения, в свою очередь, никем не признаются или мало касаются кого-либо, кроме специалиста-астронома. Из наиболее выдающихся прямолинейных и вращательных движений нашей планеты, которые запутывают картину, мы можем отметить:

1. Суточное вращение со скоростью в тысячу семьсот километров в час на экваторе и со скоростью, составляющей три четверти упомянутой, на широте Нью-Йорка и Рима.

2. Месячное обращение вокруг общего центра тяжести системы Земля—Луна — сорок шесть километров в час.

3. Годичное обращение вокруг Солнца — тридцать километров в секунду.

4. Движение солнечной системы относительно соседних звезд — двадцать километров в секунду.

5. Движение местной звездной системы относительно других звездных систем и шаровидных звездных скоплений — приблизительно триста километров в секунду.

6. Движение системы Млечного Пути относительно удаленных внешних галактик — возможно сто пятьдесят километров в секунду.

Когда мы живем обычной земной жизнью и даже когда мы изучаем земные проблемы, нам ничего не нужно знать о космическом поведении нашей планеты; но все эти главные движения следует помнить и учитывать при исследовании различных частей звездной вселенной. На практике мы рассматриваем эти движения как принадлежащие не Земле. Мы говорим о восходе Луны и заходе Солнца. Мы считаем, измеряем, статистически исследуем звезды и созерцаем явления в мире звезд, как если бы мы были неподвижно помещены в центре вселенной и мимо нас проходила процессия звездных миров. Затруднение более общего свойства возникает однако, когда мы рассматриваем обширные области неба или большое число небесных тел. Затруднение возникает от разнообразия типов звезд, хаоса звездных движений, от трудности измерить глубину пространства так же легко, как мы

определяем положение на небесной сфере. Нам нехватает отчетливой физической перспективы. Мы легко можем определить направление на звезду или на туманность, но на каком расстоянии от нас находится она по этому направлению? Что же касается времени — мы отмечаем явления, как они происходят в настоящее время, но как быть относительно прошлого и будущего?

Наша непосредственная цель — освободиться, хотя бы отчасти, от хаоса перепутанных движений, перемешанных типов, перемешанных положений, от сложности состава радиации, от неправильностей организации, от смещения тенденций развития. Если мы рассмотрим несколько примерных областей, мы узнаем, какого рода вещества и какие материальные системы должны быть рассмотрены, исследованы и выделены.

Знакомое всем созвездие Большой Медведицы представляет удобную область для такого примерного обзора. Четырехугольник блестящих звезд, отмечающий самый ковш, охватывает только одну тысячную долю всего неба, но изобилие и хаотическая смесь объектов выступают немедленно, как только мы начинаем исследовать этот относительно пустынный и незаметный уголок вселенной. При первом взгляде случайный наблюдатель практически ничего не видит за исключением четырех пограничных звезд: α , β , γ и δ Большой Медведицы, которые в древности носили названия Дубге, Мерак, Фегда и Мегрец. Являясь звездами второй и третьей величины, они выглядят одинаково, но при внимательном рассмотрении обнаруживаются различия. Звезда α имеет оранжевую окраску, и ее спектр указывает на присутствие в атмосфере звезды паров многих химических элементов; звезды β , γ и δ очень сходны между собой в отношении цвета и температуры, но от α отличаются очевидной простотой строения своих спектров, где преобладает водород. Эти три звезды сходны также по их скорости и направлению движения, в то время как α и в этом отношении от них отличается.

Всматриваясь внимательнее в ковш Большой Медведицы, мы находим невооруженным глазом около дюжины слабых звезд, причем это число зависит от остроты зрения и прозрачности

атмосферы. Эти десять или двенадцать звезд невооруженному глазу не кажутся неодинаковыми. Но глаз, вооруженный телескопом и спектроскопом, видит совсем иную картину: появляются цвета радуги; звезды оказываются разноцветными; некоторые горячи, с простыми на вид спектрами; другие холодны, и их спектр сложен. Если мы обратимся к соответствующим звездным каталогам, то мы откроем удивительное разнообразие также в направлениях и скоростях движений звезд.

В этой спокойной на вид области мы встречаем неоднородность в структуре, движениях, расстояниях, возрасте — хаос, который увеличивается, когда мы проникаем за пределы яркости, доступной для невооруженного глаза. Чем слабее звезды, которые показывает телескоп, тем больше звезд видно. Если мы достигли звезд, яркость которых составляет одну пятнадцатую долю яркости самых слабых звезд, еще видимых невооруженным глазом, то в ковше Большой Медведицы можно насчитать около сотни звезд; при яркости в одну тысячную их можно насчитать три тысячи; при яркости в одну миллионную, что близко к пределу, достижимому для современных фотографических телескопов, число звезд, которые можно обнаружить в ковше Большой Медведицы, составляет приблизительно сто пятьдесят тысяч!

Всматриваясь через разбросанные звезды в пространство в направлении Большой Медведицы, мы находим несколько объектов, удаленных на расстояние меньше ста световых лет. Но вообще расстояния должны выражаться тысячами световых лет, и многие звезды находятся за пределами астрономических измерений. Среди более слабых объектов мы наблюдаем около сотни светлых туманных пятен, расположенных на расстояниях в миллионы световых лет, далеко за пределами звездной системы, которую мы называем нашей галактикой. Эти незаметные, но в сущности чудовищные по размерам объекты, — члены семейства спиральных туманностей; они сами являются галактиками, каждая из которых состоит из миллионов или миллиардов звезд, но они так глубоко погружены в бездны пространства, что до нас доходит только слабое мерцание. Свет многих из этих спиралей так

ослаблен благодаря расстоянию, что самый острый глаз, вооруженный самым сильным телескопом, не может их видеть, но фотографическая пластинка при длительной экспозиции дает отчетливое, остающееся навсегда изображение.

В этом внешнем мире спиральных туманностей фотографический телескоп открывает недалеко от центра ковши в высшей степени удивительное скопление: это — сильно сгущенное облако шестидесяти туманностей, галактика галактик, расположенная, по оценке Гааде, на расстоянии ста пятидесяти миллионов световых лет от Земли.

Не все туманные — не похожие на звезды — объекты в нашей примерной области суть внешние галактики. Наибольшей по размерам туманностью, расположенной на краю ковши, является туманность «Сова» — относительно близкое образование совсем особого рода. Это не звезда и не облако космической пыли, она не состоит из звезд, как далекие спиральные туманности, но скорее всего это звезда плюс газ плюс пыль. Ее угловой диаметр составляет десятую долю диаметра полной Луны. Даже небольшие телескопы показывают туманность в виде диска, похожего на физиономию совы со звездой двенадцатой величины в центре.

С малыми оптическими средствами можно также обнаружить, что многие из звезд Большой Медведицы являются не одиночными, как наше Солнце, но двойными или даже тройными. Тщательное изучение показывает нам далее, что некоторые из звезд непостоянны по яркости и либо изменяют ее так, что астрономы могут объяснить эти изменения затмениями в двойной системе, либо, что чаще наблюдается, меняют яркость так, что это изменение до сих пор не поддается удовлетворительному объяснению.

Резюмируем: видимость простоты и единообразия исчезает, если внимательно рассмотреть «население» примерной области неба. Среди этих ста пятидесяти тысяч звезд мы находим гигантов и карликов, двойные и переменные, туманности и далекие галактики, смешение возрастов, движений, расстояний и размеров.

В коллекции негативов в Гарварде имеются сотни тысяч оригинальных фотографий звезд. Выберем одну из этих фотографий

в качестве второй примерной области вселенной и сделаем обзор того, что запечатлено на ней светом звезд. Опять мы найдем поразительное богатство и изобилие типов. Избранная фотография носит номер А 3228. Это пластинка размерами 35×42 сантиметра, экспонированная в течение двух часов в фотографическом Брюс-телескопе Гарвардской станции вблизи Арекипы в Перу. Снимок был сделан 13 августа 1898 года. Полное описание объектов, которые он содержит, заполнило бы целый том. Мы составим только список интересных объектов, которые легче всего могут быть отождествлены:

1. Прежде всего планета Сатурн, оставившая большой след на снимке, хотя это всего только планета, слабо сияющая отраженным светом; ее расстояние от Земли (1,3 светового часа) дает ей огромное преимущество над тысячами звезд-гигантов, которые находятся на расстояниях, измеряемых световыми столетиями.

2. Спутники Сатурна; некоторые из них достаточно отчетливо выделяются на фоне сияния, окружающего планету, чтобы их можно было сфотографировать.

3. Феба, очень слабый девятый спутник Сатурна, который должен быть особо отмечен, так как впервые он был открыт именно на этой пластинке.

4. Астероид Ирида — одна из наиболее ярких в рое малых планет, которые обращаются в солнечной системе за пределами орбиты Марса. Ирида была седьмым по порядку известным астероидом, открытым около ста лет назад; она своеобразно меняет свою яркость. Более близкая к нам, чем Сатурн с его спутниками, Ирида производит сильный след на фотографической пластинке, более глубокий, чем соединенные изображения целой сотни самых слабых звезд, хотя этот астероид с диаметром в несколько сот километров составляет по объему только одну десятибиллионную долю средней звезды.

5. Шаровидное звездное скопление Messier 80, которое находится на расстоянии в пятьдесят семь тысяч световых лет. Среди тысяч звезд-гигантов этого скопления имеются представители многих типов: переменные звезды, вероятно двойные; холодные

красные звезды, горячие желтые и наиболее горячие — голубовато-белые. Нагромождение этих объектов сказывается на изображениях звезд, которые на нашей фотографии кажутся безнадежно слившимися.

6. Полоса темной туманности, смутно связанная со звездами, расположенными на умеренном расстоянии, и столь непрозрачная местами, что более далекие системы оказываются закрытыми.

7. Неисчислимые тысячи звезд — переменных, двойных и кратных — в том же изобилии типов, расстояний, размеров и движений, которое мы находим в ковше Большой Медведицы.

Фотографическая пластинка завуалирована: кроме звезд мы сфотографировали общее освещение нашей атмосферы, свет ночного неба. Этот слабый рассеянный свет, действующий равномерно на всю пластинку, возник вероятно от многих источников: отдаленные звезды, слишком слабые, чтобы их можно было видеть в отдельности; метеорные частицы в солнечной системе, свет северных сияний в верхних слоях атмосферы и отражения от частиц пыли в нижних слоях.

Мы могли бы продолжать исследование, взяв для примера другие области вселенной, но всюду мы нашли бы картину явного хаоса. Если бы избранная область была не частью поверхности небесной сферы, а некоторым определенным большим объемом пространства, результат был бы приблизительно таким же. В пределах одной сотни световых лет от Солнца мы находим: двойные звезды, подобные Сириусу и Прокциону; переменные, подобные одной из составляющих Кастора; чрезвычайно быстрые звезды — карлики вроде «летающей звезды» Барнарда; очень яркие звезды вроде Веги; своеобразных белых карликов; часть межзвездного пространства, в которой носятся космические метеоры, изверженные кометами молекулы, частицы ионизованных газов и радиация в изумительно обширных пределах длин волн; солнечную систему, состоящую из карликового центрального Солнца, планет, комет, астероидов, спутников и метеорных потоков; земную кору, населенную подавляюще разнообразными органическими системами. Таково смешение форм вблизи от Солнца.

Если мы возьмем для примера страницу из какого-либо звездного каталога, мы увидим, что там запечатлена та же самая неоднородность. Если мы возьмем один единственный том общего астрономического журнала, мы снова встретим множество типов тел и систем, которые исследуются и обсуждаются — от наименьших из атомных структур и до грандиознейших из звездных групп.

Химические элементы давно уже классифицированы, и из мутной смеси материальных субстанций раскрылась высокая степень порядка в атомном мире. В животном и растительном царствах биолог сделал большой шаг к установлению порядка, и его многочисленные классификации доставили материалы, необходимые для суждения о происхождении, развитии и судьбе органических форм. Астроном также добился некоторых успехов в деле распутывания нитей звездной структуры.

При моих собственных исследованиях я недавно встретился с необходимостью классифицировать типы галактик, просмотреть различные виды звездных скоплений и установить предварительные категории среди двойных звезд и звездных облаков. В надежде способствовать до некоторой степени прояснению наших воззрений на организацию космических тел я предполагаю на следующих страницах подробно коснуться своих классификаций и проработать общетаксономические проблемы в области космогонии. Мы можем потерпеть неудачу в наших попытках добиться желаемой ясности, но по меньшей мере мы получим полезные побочные продукты, например оценку текущих исследований, вывод рабочих гипотез, некоторые данные из смежных областей различных ветвей науки и перечень того, что остается пока неизвестным вблизи внутренних и внешних границ материального мира.



ПЛЕЯДЫ И СКОПЛЕНИЯ, ПОДОБНЫЕ ИМ



Самое известное из всех звездных скоплений — Плеяды дают нам отправную точку для обсуждения типов материальных систем. Эта группа звезд высокой температуры всегда производила на людей сильное впечатление, побуждала к исследованиям ученого и вдохновляла поэта. Плеяды являются в «Эндимионе» как танцующие девы, дочери Атласа; их воспели Гесиод, Мильтон, Мередит; Медлер думал, что они отмечают центр вселенной. Их движения, яркости и спектры изучались многими современными астрономами; они встречаются в народных сказаниях всех стран. Тесно сплоченные, яркие, доступные для наблюдателей северного полушария, Плеяды изучались больше, чем какая-либо другая звездная группа.

Именно та их особенность, что они образуют физическую группу, привлекает нас теперь к Плеядам. Более заметные звезды группы в значительной мере сходны по яркости, имеют почти тождественные движения и спектры. Они собраны вместе на небе не в силу эффекта перспективы: они несомненно образуют физическую систему, связаны в одно целое действием сил взаимного притяжения. Мы видим в них некоторую звездную организацию и уверены, что эти блестящие звезды и множество более слабых, движущихся вместе с ними, имели общее происхождение и имеют общую судьбу. Однако Плеяды не являются образцом для всех звездных

скоплений. Их окружает тонкая дымка, дымка, обнаруженная фотографией и невидимая для невооруженного глаза. В этом отношении Плеяды отличаются от соседнего звездного скопления Гиад, вокруг которых такой дымки не заметно. Свет более ярких звезд в Плеядах настолько интенсивен, что окружающие их облака пыли и газа частью приведены в состояние свечения; более низкие температуры звезд в Гиадах не могут в заметной степени возбудить свечение в подобной туманности.

Точно так же и в других отношениях Гиады, отстоящие на тридцать градусов и расположенные в голове Тельца, отличаются от Плеяд. С одной стороны, они более разбросаны по небу, с другой, — они принадлежат к иным звездным типам, как это обнаружено спектральным анализом. Среди более ярких Гиад некоторые имеют желтоватый цвет, хотя большинство — белые. В Плеядах мы не находим умеренных температур и желтой окраски, пока мы не достигнем слабых звезд, сравнимых с нашим Солнцем.

Вдоль Млечного Пути рассеяны буквально сотни скоплений, отличающихся друг от друга размерами, формой, яркостью, спектральным типом, движением и расстоянием от Земли.

Большая Медведица — знакомое всем созвездие и в то же время подлинная физическая система. За исключением двух крайних звезд семизвездия, вся конфигурация движется в пространстве как одно целое. Другие видимые невооруженным глазом звезды, далеко расположенные от области Большой Медведицы, также составляют часть этого скопления. Их принадлежность к скоплению распознается по их спектрам, по их скоростям и по направлению движения их в пространстве. Две звезды второй величины спектрального класса А — β Возничего и α Северной Короны — принадлежат к системе Большой Медведицы. Но наиболее поразительным членом группы является самая блестящая из всех звезд Сириус, Песья звезда, о котором всегда будут говорить больше, чем о каком-либо другом небесном теле, благодаря его спутнику. Сириус — один из ближайших соседей Солнца. Он связан с одним из наиболее странных в известной нам части звездной вселенной спутников, и он входит в систему звезд Большой Медведицы.

Среднее звездное скопление обнаруживает более очевидные признаки организации, чем группа Большой Медведицы. Если мы будем производить поиски вдоль Млечного Пути с помощью небольшого телескопа, то мы без всякого труда найдем десятка два систем различного вида. Если мы хотим выяснить их роль в общей схеме, мы прежде всего должны установить некоторый порядок в видимом хаосе, распределив скопления по классам. Проще всего пожалуй сгруппировать их следующим образом:

ГАЛАКТИЧЕСКИЕ СКОПЛЕНИЯ

типа Плеяд,

типа Гиад.

На основании исследований последнего времени можно утверждать, что более девяносто процентов звездных скоплений, расположенных вдоль Млечного Пути, должно быть отнесено либо к первому либо ко второму классу. Главное различие между ними в том, что в скоплениях одного типа наиболее яркими звездами являются голубые и белые звезды спектральных классов В и А, а в скоплениях второго типа среди звезд-гигантов вкраплены желтоватые и оранжевые звезды. Спектры десяти наиболее ярких звезд в Плеядах и Гиадах обнаруживают явный контраст:

Плеяды		Гиady	
Звезда	Спектральный класс	Звезда	Спектральный класс
Альциона . .	B5e	θ_1 Тельца . . .	A5
Атлас	B8	ϵ Тельца . . .	K0
Электра . . .	B5	γ Тельца . . .	G0
Майя	B5	δ Тельца . . .	K0
Меропа . . .	B5e	θ_2 Тельца . . .	K0
Тайгета . . .	B5	Br 601	A0
Boss 879 . . .	B8e	Br 639	A5
Boss 851 . . .	B5	κ Тельца . . .	A3
Boss 872 . . .	B8	ν Тельца . . .	A5
Boss 861 . . .	B8	Br 605	A0

Однако для практических целей спектральная классификация галактических скоплений слишком груба. Более того, она пользуется трудными критериями, так как исследование спектров в областях, густо усеянных звездами, а также спектров слабых звезд дает ненадежные результаты.

При более обширных знаниях и более сильных телескопах мы со временем сможем ввести имеющие существенное значение подразделения по спектральным признакам. Для наших текущих исследований этих небесных объектов, которые мы называем «открытыми» или галактическими скоплениями (вследствие того предпочтения, которое они оказывают Млечному Пути), повидимому лучше подразделить этот класс на несколько групп, основываясь на их внешнем виде. Недавно на Гарвардской обсерватории была выработана следующая схема:

ГАЛАКТИЧЕСКИЕ СКОПЛЕНИЯ

- a) Звездные поля неравномерной плотности.
- b) Ассоциации звезд.
- c) Очень разбросанные группы.
- d) Разбросанные группы.
- e) Ограниченные группы.
- f) Компактные группы.
- g) Плотные группы.

Классифицируя звездные скопления, мы прежде всего ясно отметили, что тысячи случаев неравномерного распределения звезд, которые можно обнаружить в густо усеянных звездами областях нашего Млечного Пути, должны рассматриваться как отдельные группы и классифицироваться по тому наряду с явными «открытыми» звездными скоплениями. Легко показать на основании законов теории вероятностей, что случайное распределение звезд в пространстве дало бы нам некоторую неравномерность в распределении на любой малой области неба. Но те случаи неравномерного распределения, которые мы на деле наблюдаем во многих областях, далеко превосходят все то, что допускается законами вероятности. Иногда это можно объяснить присутствием темных туманностей, закрывающих звезды, но большая часть звездных

полей неравномерной плотности должна быть приписана едва выраженной тенденции к группировкам, которая представляет собою слабый намек на организацию, намек на следы когда-то существовавших систем или на зачатки новых, более определенных скоплений.

Следующими по порядку после почти неисчислимых и не занесенных ни в какие каталоги неравномерных полей идут ассоциации звезд. Группа Большой Медведицы является наилучшим примером, но существует еще несколько групп, многие из которых только отчасти выявились из изобилия числовых данных относительно движений и положений звезд. По мере накопления сведений мы конечно пополним класс признанных звездных ассоциаций и, без сомнения, найдем, что некоторые из них проникают друг в друга. Таким образом увеличение наших знаний может снова восстановить хаотичность конгломерата, составляющего звездную вселенную.

Наши случайные телескопические исследования областей вдоль Млечного Пути убеждают нас в том, что предыдущая классификация или какая-либо подобная ей охватит все скопления и все организации звезд, которые мы встретим, если только мы не пойдем слишком далеко. Но предположим, что мы обращаемся к Трапеции Ориона. Эта компактная группа исключительно горячих звезд, включенная в туманность Ориона, состоит из четырех ярких и двух слабых членов. Можем ли мы присвоить этой группе название звездного скопления и отнести ее к одной категории с Яслими и Плеядами? Не правильнее ли будет рассматривать ее как некоторый преувеличенный пример двойных и кратных звезд, подобных тем звездам, которых астрономы исчисляют тысячами?

Далее, в южной части Млечного Пути мы можем натолкнуться на Messier 22, шаровидную систему, более обильную, чем обильнейшие из галактических скоплений. Вне Млечного Пути мы находим сходную организацию — большое скопление в Геркулесе. Подобно Трапеции Ориона эти объекты не попадают в предыдущую классификацию. Кажется, что, когда мы пытались классифици-

ровать Плеяды и подобные им скопления, мы взяли только удобный, вполне определенный интервал в ряду звездных систем. Мы работали с очевидными и легкими объектами. Прежде чем приниматься за дело систематически, может быть будет полезно немного детальней рассмотреть более обширные организации, а также более бедные звездами и меньшие по размерам, чем скопления Млечного Пути.



В ГЛУБИНЫ ЗВЕЗДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ



В маленьком созвездии Щита Собесского расположено одно из наиболее отчетливых звездных облаков Млечного Пути, видимое и с северного и с южного полушарий и много раз наблюдавшееся. Облако в Щите имеет диаметр приблизительно в десять градусов, и недалеко от его центра расположено хорошо известное галактическое скопление Messier 11. Часто указывалось, что Messier 11 может представлять собою ядро системы гораздо больших размеров. Мы считаем затруднительным определить, где именно скопление переходит в облако Щита. Границы облака однако кажутся вполне определенными. Совершенно очевидно, что это отдельная звездная организация, но непохожая ни на галактические скопления, содержащие несколько сот звезд, ни на шаровидные скопления с их тысячами звезд. Звездное население облака должно исчисляться миллионами. Неправильность строения и очертаний, разнообразие размеров и спектров — такова общая характеристика звездных облаков, но все известные в настоящее время облака как в пределах Млечного Пути, так и вне его — настоящие гиганты по массе сравнительно со звездными скоплениями.

Может оказаться трудным решить, какие из звездных облаков Млечного Пути являются отдельными организациями. Мы не ис-

пытаем такого чувства неопределенности, когда рассматриваем два Магеллановых Облака. Расположенные на расстояниях порядка девяноста тысяч световых лет, эти два неправильных звездных облака отчетливо отделены от полосы Млечного Пути. Они находятся в высоких галактических широтах, свободных повидимому от всяких других звездных систем. Большое облако, согласно недавним измерениям, имеет диаметр в одиннадцать тысяч световых лет; малое облако — в шесть тысяч. В дальнейшем мы рассмотрим их подробнее, так как изучение Магеллановых Облаков много дало для понимания нашей собственной звездной системы. Мы подозреваем, что если бы они были расположены в низких галактических широтах, среди звездных облаков Млечного Пути, то мы не сочли бы их имеющими необыкновенно важное значение. Но, находя их вне Млечного Пути и располагая нужными сведениями, мы испытываем искушение идти еще дальше в глубины пространства, где имеются другие изолированные звездные облака, сравнимые с Магеллановыми Облаками и поэтому может быть подобные облакам Млечного Пути.

Рассматривая объекты, более удаленные, чем Магеллановы Облака, мы встречаем Messier 33, одну из наиболее известных спиральных туманностей. Ее туманный вид однако оказывается иллюзией, возникающей благодаря ограниченности оптических средств. Млечный Путь кажется молочным туманом для невооруженного глаза. В малую трубу, которая разрешает Млечный Путь на отдельные звезды, Магеллановы Облака имеют вид туманностей, но инструмент средних размеров показывает в них миллионы отдельных звезд. И в малые трубы и в трубы средних размеров Messier 33 представляется состоящим из туманных спиральных завитков, но самые большие рефлекторы разрешили его фотографически также в колоссальное звездное облако.

Объекты, подобные Messier 33, исчисляются тысячами. Они рассеяны в пространстве на расстояниях в миллионы световых лет. Их формы разнообразны; их роль в структуре вселенной значительна. Очевидно, что звездные системы, превышающие по размерам галактические скопления, должны быть особо вы-

делены и особо классифицированы при всяком объективном исследовании вселенной. Классификация шаровых скоплений, звездных облаков или спиральных туманностей не была бы до такой степени необходимой, если бы мы в наших исследованиях ограничились только детальным анализом отдельных объектов. Но раз усмотрена общая организация или сделана попытка расследовать обширную группу объектов, то следует что-то предпринять для установления порядка. Понятно поэтому, что астрономы предложили различные классификации более обширных систем, хотя и не пытались особенно добиться общей гармонии или связать одну группу с другой.

Возвращаясь к организациям более простым, чем галактические скопления, мы находим среди туманностей и кратных звезд также много разнообразия и испытываем такую же нужду в систематизации, как и в случае звездных облаков.

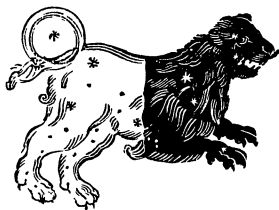
Мы уже упоминали о Трапеции в туманности Ориона; сходную группу представляет Messier 8. И та и другая являются туманными группами, соединением туманностей и звезд. Эти две туманности в значительной степени сходны между собой, но нам нет нужды далеко искать, чтобы найти другие типы среди объектов, классифицированных как туманности или туманные системы. Некоторые из них симметричны, другие неправильны по строению. Некоторые дают газовые спектры, спектры других подобны спектрам включенных в них звезд. Некоторые — яркие, некоторые — темные. Ясно, что систематизация разнообразных объектов этого рода поможет уяснению совокупности систем меньших размеров.

Трапецию в Орионе рассматривали также как кратную звезду. Полярная звезда является тройной. Существуют десятки кратных звезд, которые обычно классифицировались и каталогизировались вместе с тысячами известных двойных звезд. Кроме того двойных звезд существует много видов. Среди ярких звезд мы знаем Сириуса с его странным спутником, Алголя — с его относительно темным спутником, который в действительности совсем не темный, будучи во много раз ярче нашего Солнца; две или три сотни других «затмевающихся» звезд, подобных Алголю, и

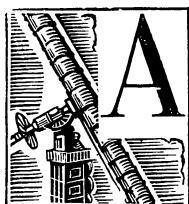
наконец две или три тысячи спектральных двойных звезд, таких как Спика и Капелла.

Еще меньшими по размерам в ряду материальных систем являются планетные организации, подобные нашей, семейства спутников и рои метеорных камней и кусков железа, из которых образуются кометы. Уже при очень случайном обзоре мы встречаем звездные системы различных порядков, начиная от таких миниатюрных, как система Земля — Луна, переходя последовательно к планетным системам, двойным звездам, галактическим скоплениям, шаровидным скоплениям, звездным облакам и кончая галактической системой. Существуют системы меньшие, чем наименьшая из упомянутых, и большие, чем наибольшая.

Чтобы этот обзор материальных систем мог принести какую-нибудь пользу и быть более удобопонятным, лучше всего закончить на этом поверхностное рассмотрение и сразу же начать с низших членов этих рядов, поднимаясь вверх класс за классом. Возможно, что ряды главных подразделений от наименьших до наибольших представят собою наиболее привлекательную сторону общей панорамы. Наиболее полезной частью обзора могут оказаться те предварительные рабочие классификации, которые могут быть предложены и обсуждены. Их практическое значение заключается главным образом в новых точках зрения, которые они могут дать, в тех связях, которые они устанавливают, и в том руководстве, которое они дают для дальнейших изысканий.



КОРПУСКУЛЫ — НАИМЕНЬШИЕ ИЗ МАТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ



строном, посвящающий свое время поискам галактик, может показаться существом исключительным, наделенным привилегией иметь всегда дело с грандиозными объектами: гигантскими звездами, колоссальными промежутками времени, огромными расстояниями. Но он не питает иллюзий. Ему принадлежит также мир малых величин. Первое звездное измерение заставляет его обратиться от мира галактик к миру мельчайших частиц. Чтобы измерять, он должен видеть. Чтобы видеть, он должен иметь свет. Чтобы иметь свет, он должен быть в контакте с бесконечно малыми деятелями субмикроскопического мира.

Мы не можем обойтись без электронов, диаметры которых составляют миллионную миллионной миллионной доли километра, когда мы измеряем галактическую систему, диаметр которой миллион миллионов миллионов километров. Мы должны рассмотреть поведение отдельного излучающего механизма, состоящего из одного атома, когда мы исследуем поведение отдельной излучающей звезды, состоящей более чем из 10^{57} атомов. Звезды и атомы следует рассматривать вместе, так же как световые волны и световые годы, бег электронов и движение галактик.

Поэтому обзор материальных систем по праву остается в поле исследований астронома, если этот обзор включает и скопления,

единицами которых являются звезды, и атомы, в которых роль единиц играют электроны и протоны. Астроном постоянно прибегает к физической лаборатории, чтобы получить руководящие указания для теории и экспериментальные факты, физик часто обращается к звездам в поисках вдохновения и новых данных.

И вот теперь мы претендуем на то, чтобы начать снизу и положить в мире дорогу вверх. Поэтому начнем с электронов.

Два вопроса немедленно встают перед нами:

1. Представляют ли собой электроны и протоны системы, или они суть неделимые электромагнитные единицы материи?

2. Если мы будем считать их материальными системами, то какое право имеем мы требовать для электронов и протонов привилегии быть наименьшими?

Рассмотрим сперва второй вопрос: мы не имеем никакого права упорно поддерживать мнение, что мы достигли предела в области весьма малых материальных систем, когда мы имеем дело с этими привычными для нас материальными частицами. Опыт тотчас показал бы нам, насколько ненадежно такое предположение. Несколько десятилетий назад даже атом не был бы допущен в общество систем. Атомы были маленькими, твердыми, предельно малыми комочками материи, неделимыми в силу названия, эксперимента и научной догмы. Но атомы более не считаются чем-то предельным, в настоящее время их относят к числу наиболее известных материальных систем, и даже образующие их частицы не могут продолжать играть прежнюю роль атомов, представлять собой неделимые «кирпичи мироздания». Опыт несомненно рекомендует осторожность при указании какого-либо нижнего предела в организации микрокосма.

С другой стороны, так как мы можем что-нибудь узнать об электронах, протонах и единицах радиации, только пользуясь электронами, протонами и единицами радиации в нашей технике измерения, то может оказаться, что мы уже дошли до предела и з м е р и м ы х единиц и систем единиц. Световыми волнами и электронами довольно удобно пользоваться для измерения тел и систем тел в материальном мире, которые по размерам боль-

ше электронов и световых волн. В сравнительно грубозернистом мире, где мы должны работать, они являются полезными орудиями. Но в гипотетическом субэлектронном мире, где системы внутри систем могут образовывать неопределенно далеко идущий ряд, наши грубозернистые орудия уже более не дают сведений нашим грубозернистым умам. Вполне может быть, что мы остановлены в наших исследованиях в этом направлении не потому, что достигнут предел, но вследствие нашей врожденной неуклюжести.

Чтобы выразить наше убеждение, что ряды систем продолжают «вниз» и что их предел для нас является неопределенным, мы начнем наш список рядов материальных систем строкой, отмеченной многоточием, и дадим ей наименование класса минус пять. Поэтому первые распознаваемые системы имеют номер минус четыре. Этим ничтожно малым объектам уместно дать родовое название корпускул, и мы начинаем следующим образом:

- 5.
- 4. Корпускулы:
 - а.
 - β. Световые кванты.
 - γ. Электроны.
 - δ. Протоны.

Прежде чем рассматривать различные виды корпускул как системы, прежде чем удивляться многоточиям, которые фигурируют среди них, отнесемся снисходительно к одной праздной фантазии. Связана ли каким-нибудь образом с нашими собственными размерами наша неспособность проникнуть глубже в бесконечно малые области микрокосма или проникнуть еще дальше в противоположном направлении в трансгалактическое пространство?

Странно, что электроны по диаметру во столько же раз меньше человека, во сколько раз он меньше сверхгигантской красной звезды, наибольшего тела, которое он измеряет. Таким образом наблюдатель находится вблизи середины шкалы размеров. Точно так же и по количеству содержащейся в нем материи он занимает среднее положение. Наибольшими определенно организованными

и состоящими из тесно связанных частиц телами, которые мы измеряем, являются эти гигантские звезды, содержащие около 10^{58} корпускул (электронов и протонов). Тело среднего человека содержит 10^{29} корпускул и находится таким образом на полупути вниз к отдельному электрону.

Представим себе наблюдателя таких же колоссальных размеров, как Бетельгейзе. Разве не может случиться, что он потерпит неудачу, стремясь при своем обзоре достигнуть объектов меньших размеров, чем метеоры и спутники, но, с другой стороны, проникнет может быть в своих исследованиях в противоположном направлении далеко за пределы нашей метagalактической системы? Представим далее наблюдателя размерами с бактерию. Может быть для него легко раскрылся бы субэлектронный мир, хотя он потерпел бы неудачу при попытках понять или измерить звезды и более обширные части звездной вселенной?

Однако, если техника измерения и понимания всегда предполагает пользование светом, длины волн и свойства которого нам известны, то перемещение наблюдателя от середины шкалы размеров не поможет в отношении проникновения в Космос. Размером ли с бактерию или с Бетельгейзе — наблюдатель находит, что не зрение само по себе, но применяемые орудия ставят пределы или по меньшей мере определяют условия работы. Требуются новые орудия исследования, а не изменение размеров наблюдателя. Наше центральное положение в шкале размеров вероятно является не более как еще одной из числа нелепых иллюзий, заставляющих человека считать, что он находится непременно в центре доступного измерениям мира. Как это было с процветавшей некогда геоцентрической системой, так и в данном случае дальнейшие исследования могут снова лишить его центрального положения. Мы не можем приписывать никакого космического значения положению человека во вселенной. Мы только снисходительно рассмотрели, как было выше отмечено, одну праздную фантазию.

Писать о корпускулах — дело, представляющее немалую опасность. Знания о них за последние годы увеличились так быстро, что теперь мы практически ничего о них не знаем. Представ-

ляют ли собой световые кванты волны или частицы? Решительно никому неизвестно. Эддингтон пытается избежать этого вопроса, называя световые кванты *wavicles* (волна-частица). Являются ли электроны и протоны частицами или волнами? Они долго рассматривались как частицы, практически — все время, начиная с того момента, как узнали об их существовании в начале текущего столетия. Но в самое последнее время опыты Дэвиссона, Томсона, Демпстера и других показали, что эти основные единицы материи ведут себя так, как если бы они состояли из волн. Начинает выявляться их строение. Внутри электронов существует организация. Повидимому мы должны ответить утвердительно на поставленный ранее вопрос: представляют ли собой электроны и протоны некоторые системы? И хотя мы не можем дать ни убедительную картину, ни удовлетворительное определение для этих основных сущностей, взятых самих по себе, но тот факт, что детали строения и возможные подразделения начинают выясняться, оправдывает нашу попытку зарегистрировать корпускулы как материальные системы, а не как отдельные единицы.

Раньше или позже мы можем оказаться вынужденными определить слово «система», употребляемое в этих главах, но мы отложим этот прискорбный момент в надежде, что определение скорее может быть выведено на основании всего собранного материала, чем отчетливо формулировано с самого начала. Электрон в ядре атома согласно современным представлениям может представлять собою нечто совершенно отличное от электрона в широком смысле слова. Если, будучи свободным, он представляет собой некоторую систему, то, когда он связан, дело может обстоять иначе.

При попытках понять природу этих основных элементов — квантов радиации, а также отрицательных и положительных электромагнитных единиц массы — опыт и теория идут вперед путем, который в высшей степени смущает и вместе с тем ободряет исследователя. Год за годом модели и определения атома строятся и низвергаются, но это разрушение моделей и отказ от принятых толкований представляет собой прогресс. Теория верна до тех пор, пока она с пользой руководит дальнейшим исследованием,

особенно если это исследование стремится опровергнуть теорию, которая его вдохновляет. Возвращаясь к предложенной рабочей классификации корпускул:

а.

б. Световые кванты.

в. Электроны.

г. Протоны.

мы должны сделать два допущения.

Во-первых, существуют исследователи, которые, допуская эквивалентность материи и радиации, все еще предпочитают, чтобы световые кванты были исключены из списка материальных систем. Они полагают, что материя, будучи трансформирована в радиацию, становится нематериальной. Это указывает только на то, что при строгом анализе перед нами возникает задача установить, что мы считаем образующим материю. Точного определения этого слова, так же как и слова «система», мы будем избегать.

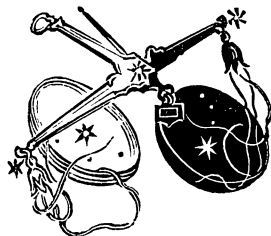
Во-вторых, мы допускаем беспомощность в отношении подкласса а. Несомненно, что во вселенной этот подкласс играет в высшей степени важную роль. Видя многообразие, некоторые испытывают соблазн написать слово «эфир» или что-нибудь еще более неясное. Кванты действия, единицы пространства-времени, этероны, фитоны, психоны — большинство из этих терминов только слова, явившиеся в результате непрерывного искания осязанию основных элементов. Но не будет слишком смелым предсказать, что, когда мы через несколько лет будем иметь более устойчивые знания о световых квантах и электронах, мы сможем без больших колебаний заполнить подкласс а. Я чувствую, что когда этот шаг будет сделан, то будет благоразумным поместить другой незаполненный подкласс под заголовком «корпускулы», всегда оставляя один подкласс незаполненным как выражение надежды и указание на временное неведение.

Все попытки дать пригодную классификацию наименьших материальных систем могут оказаться неопределенными и даже явно тщетными. Протоны коренным образом отличаются по массе и свойствам от электронов и световых квант. Следует ли их отно-

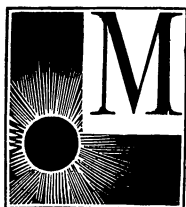
силь к одной и той же общей группе? Во всяком случае выгоднее занести в список эти физические сущности вместе, допустить неустойчивость научных знаний относительно них и надеяться, что включение этих орудий физика и астронома в общую панораму материальных систем поможет пополнить картину.

Созерцание корпускулярной природы материальной вселенной без всякого сомнения имеет отношение к нашему изучению звезд, галактик и междугалактического пространства, так как пустое (предположительно) пространство полно летящими по всем направлениям световыми квантами и в нем беспрестанно проносятся блуждающие электроны и протоны. Может быть пространство само построено из подкласса α класса корпускул. Поведение электронов в недрах звезд — это также проблема, важная для понимания систем высшего порядка. Корпускулы действительно занимают центральное место в современной астрофизике.

Хотя мы признаем особо важную роль световых квант и возможных неизвестных видов корпускул в строении и процессах материальной вселенной, мы все же перейдем к материальным системам более высоких порядков, системам, построенным из частиц двух типов: электронов и протонов. С этого момента мы принимаем их в качестве основного материала и переходим к высшим системам, которые мы можем трактовать более определенно и авторитетно, чем корпускулы. Эта определенность возникает, без сомнения, вследствие того, что с этого момента мы начинаем строить из кирпичей, которыми служат электроны и протоны. Возможно также, что наша самоуверенность зависит до некоторой степени от того, что мы не знаем, как мало мы знаем.



ОТ МИКРОКОСМА К МАКРОКОСМУ



Мы только что отметили, что наше неведение истинной природы элементов микрокосма может сравниться только с нашей смелостью. Мы храбро рассуждаем о корpusкулах, давая в то же время себе отчет, что, несмотря на огромное количество знаний относительно них, мы не знаем, чем же они в действительности являются. Так же смело мы пойдем дальше и будем рассматривать системы атомов и молекулярные структуры, пользуясь ими как ступенями лестницы, ведущей вверх.

Вошло в обычай давать картины или строить модели атомов материи, чтобы помочь размышлениям об их структуре и поведении. Широкой известностью пользуется модель «планетарного атома», в котором ядро, состоящее главным образом из протонов, представляет Солнце, а обращающиеся электроны играют роль планет. Но конечно эта картина — только условная рабочая гипотеза. С течением времени она сделалась более привычной, но менее убедительной. Улучшенные модели непрерывно «выпускаются на рынок». Физик и астроном с увлечением пользуются ими месяц или год, пользуются небезуспешно и отбрасывают их, как скоро появляется что-либо лучшее. И хотя исследователь преуспевает в своих изысканиях и его знания об атомах растут, он все же бывает смущен, если ему простодушно задать вопрос: «Что

представляют собою реальности, лежащие в основе всех этих атомных явлений, электронных группировок, механизмов поглощения и испускания радиации?»

На тему об атомах было написано слишком много книг, элементарных и специальных, кратких и пространных, чтобы можно было оправдать еще одно подробное изложение этого вопроса. Для нашей цели следует только помнить, что электроны, протоны и некоторое количество связанной с ними энергии суть корпускулярные составляющие атомных систем. Приведенные ниже таблицы напомним нам также, что химический анализ коры нашей планеты уже обнаружил присутствие атомов всех видов за исключением одного или двух из числа вероятных девяноста двух.

Нам нет необходимости долго останавливаться на обзоре атомов, так как химические элементы давно уже дали нам наилучший в неодушевленном мире пример плодотворности систематической детальной классификации. Мы замечаем, что элементы могут быть размещены по «группам» и по «периодам». Восемь групп делят элементы главным образом на основе их строения, так как сходство в химическом поведении в каждой группе возникает вследствие сходства в строении атома. Один из многих способов представить периодическую систему так, чтобы выделить сходные по строению группы, приведен ниже. В этой таблице с двумя входами семь различных периодов объединяют элементы главным образом на основании сложности строения и массы. Периодам поэтому присвоены арабские цифры, структурным группам — римские, согласно условию, принятому в этой книге и подробно изложенному в главе «двойные и кратные звезды».

Наиболее очевидной и неоспоримой классификацией видов атомов является простой их перечень в порядке атомных номеров, как это показано в списке элементов на стр. 35. Здесь употребляются арабские цифры, так как за немногими исключениями каждый последующий атом более массивен и сложен, чем те, которые идут перед ним. Двух корпускул достаточно, чтобы построить водородный атом. Четыреста семьдесят шесть необходимо для построения атома урана.

Периодическая система элементов

Период	Группа I		Группа II		Группа III		Группа IV		Группа V		Группа VI		Группа VII		Группа VIII	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	1 H															2 He
2	3 Li		4 Be			5 B		6 C		7 N		8 O		9 F		10 Ne
3	11 Na		12 Mg			13 Al		14 Si		15 P		16 S		17 Cl		18 Ar
4	19 K	29 Cu	20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe 27 Co 28 Ni	36 Kr
5	37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 Tc		44 Ru 45 Rh 46 Pd	54 Xe
6	55 Cs	47 Ag	56 Ba		55—71 (редкие земли)		72 Hf		73 Ta		74 W		75 Re		46 Os 77 Ir 78 Pt	86 Rn
7	87...	79 Au	88 Ra		89 Ac		80 Hg		81 Tl		82 Pb		83 Bi		84 Po	85...
									91 Pa		92 U					

Список химических элементов

Атомный номер	Название	Атомный номер	Название	Атомный номер	Название
1	Водород	32	Германий	63	Европий
2	Гелий	33	Мышьяк	64	Гадолиний
3	Литий	34	Селен	65	Тербий
4	Бериллий	35	Бром	66	Диспрозий
5	Бор	36	Криптон	67	Гольмий
6	Углерод	37	Рубидий	68	Эрбий
7	Азот	38	Стронций	69	Тулий
8	Кислород	39	Иттрий	70	Иттербий
9	Фтор	40	Циркон	71	Лютеций
10	Неон	41	Ниобий	72	Гафний
11	Натрий	42	Молибден	73	Тантал
12	Магний	43	Мазурий	74	Вольфрам
13	Алюминий	44	Рутений	75	Рений
14	Кремний	45	Родий	76	Осмий
15	Фосфор	46	Палладий	77	Иридий
16	Сера	47	Серебро	78	Платина
17	Хлор	48	Кадмий	79	Золото
18	Аргон	49	Индий	80	Ртуть
19	Калий	50	Олово	81	Таллий
20	Кальций	51	Сурьма	82	Свинец
21	Скандий	52	Теллур	83	Висмут
22	Титан	53	Иод	84	Полоний
23	Ванадий	54	Ксенон	85
24	Хром	55	Цезий	86	Радон
25	Магний	56	Барий	87
26	Железо	57	Лантан	88	Радий
27	Кобальт	58	Церий	89	Актиний
28	Никель	59	Празеодимий	90	Торий
29	Медь	60	Неодимий	91	Протактиний
30	Цинк	61	Иллий	92	Уран
31	Галлий	62	Смарий		

Прежде чем оставить тему об атомах, где мы находим существенно полную классификацию, мы должны вкратце упомянуть о ряде разнообразных фактов, относящихся к этим основным материальным системам.

1. Распределять элементы по группам и по периодам начали задолго до того, как оказалось возможным дать полный ряд элементов. Двадцать лет назад периодическая таблица имела много пустых мест. Теперь остаются только два, соответствующие номерам 85 и 87; номер 87 повидимому совсем недавно был открыт и ожидает только выделения в чистом виде, наименования и дальнейших исследований. Главные свойства элементов могут быть предсказаны до их открытия по их местам и групповым соотношениям в этой схеме классификации. Фактически именно пустые места в таблице и побуждают к такого рода поискам и открытиям.

2. В последнее время открыли следующие химические элементы:

Атомный номер	Элемент	К т о о т к р ы л	Дата
72	Гафний	Coster, Hevesy	1922
43	Мазурий	Tacke	1925
75	Рений	Doljsek, Druce, Heyrowsky	1925
61	Иллий	Hopkins, Cocke, James и Fogg	1926

3. В земной коре, а также в атмосферах Солнца и звезд атомы с четным атомным номером приблизительно в десять раз более распространены, чем атомы с нечетными номерами. Элементы с четным номером по всей вероятности имеют также более сложное строение, так как среди них встречаются изотопы, т. е. атомы, слегка различающиеся по весу и по строению ядра, но имеющие одинаковые химические свойства и внешнюю структуру и проявляющие себя как атомы одного и того же элемента. Таким образом существуют два сорта атомов железа, причем атомы одного сорта в пятьдесят четыре раза тяжелее атома водорода, атомы другого сорта — в пятьдесят шесть раз. Существуют три изотопа серы и одиннадцать — олова. Практически всеми важными добавления-

ми к нашим знаниям о видах атомов мы обязаны исследованиям Астона в лаборатории Кавендиша.

4. Имеется очень мало или даже совсем не имеется прямых указаний на существование атомов с атомным весом больше чем у урана, несмотря на обширные исследования земной коры и атмосферы Солнца. Мы не можем взять пробы из недр Земли, так же как не можем проникнуть под поверхности звезд. Все наши знания о составе небесных тел получены посредством спектрального анализа звезд и туманностей, химического анализа метеоритов и основаны на данных относительно химического состава земной коры, полученных разными способами. Неоткрытые элементы с непредвиденными свойствами не невозможны. Тысячи линий поглощения в солнечной атмосфере все еще не могут быть приписаны известным химическим элементам. Спектроскопист убежден однако, что эти показатели химической природы в конце концов будут отнесены к каким-либо известным атомам и что они не свидетельствуют о существовании неизвестных элементов в общем списке.

Но насколько возможно, что тяжелые элементы погрузились под поверхность звезд и находятся за пределами доступного спектральному анализу? Джинс приводит сильные аргументы в пользу существования в глубине Солнца и звезд таких ультраурановых атомов. Он подозревает, что они могут быть сильно радиоактивными подобно известным тяжелым атомам, начиная от радия и кончая ураном, и что конечный источник звездной энергии с успехом можно искать в самопроизвольном распаде тяжелых неустойчивых элементов в недрах звезд. Знакомые нам элементы земной коры состоят из атомов, по существу неизменных, которые не превращаются в радиацию.

Если бы Земля содержала сколько-нибудь заметное количество ультраурановых атомов, то согласно Джинсу «она была бы слишком горяча, чтобы мы могли на ней жить. Это обстоятельство наделяет Землю каким-то меланхоличным бессмертием; она изъята из общей судьбы материи — превращения в радиацию — и будет продолжать существовать долго после того, как звезды превратятся во тьму и весь свет и жизнь исчезнут с их поверхности».

Я должен сказать, что в настоящее время очевидность существования атомов, более тяжелых, чем атомы урана, достаточна для того, чтобы оправдать нас в том, что мы оставили список элементов открытым со стороны более тяжелых атомов.

5. Наиболее распространенными элементами в земной коре являются кислород, кремний, алюминий, натрий, кальций, железо, калий и магний. Рёссель на основании исследований солнечного спектра вывел числа, дающие относительные количества различных элементов в солнечной атмосфере. Чаще всего встречаются следующие атомы:

А т о м	Относит. число	А т о м	Относит. число	А т о м	Относит. число
Водород	300 000	Калий	6	Титан	0,15
Кислород	1 000	Кальций	5	Вападий	0,10
Магний	65	Алюминий	2,5	Медь	0,10
Азот	40	Никель	1,0	Цинк	0,08
Углерод	25	Марганец	0,8	Скандий	0,004
Кремний	20	Сера	0,5	Стронций	0,002
Натрий	15	Хром	0,5	Барий	0,002
Железо	15	Кобальт	0,4	Германий	0,001

6. Мы должны рассматривать земную кору в химическом отношении как образец покоя во вселенной, особенно если мы примем одну из тех гипотез, которые выводят Землю из Солнца. Но как представительница звездной материи наша Земля может ввести в заблуждение. Если Земля произошла от Солнца, она вероятно содержит вещества, типичные только для солнечной поверхности. Кроме того наши исследования не дают нам никаких сведений о недрах Земли. Непосредственно мы знаем только поверхность планеты, образовавшейся из поверхности звезды. Более тяжелые элементы могли опуститься вглубь. Наши анализы, насколько их удастся провести, обнаруживают явное сходство в химическом составе земной коры и солнечной атмосферы. Единственное большое отклонение — это чрезвычайное изобилие водорода на солнечной поверхности. Расхождение может быть объяснено тем, что

этот легчайший из элементов рано ускользнул из-под слабого контроля земного притяжения.

Атомы вездесущи. Их значение в гамме материальных систем проистекает от того, что они встречаются везде и всюду. С другой стороны, комбинации атомов — молекулы — представляют собою специализированные и локализованные системы. Правда, мы находим молекулы на поверхности Земли в изумительном разнообразии; виды соединений почти бесчисленны как в органической, так и в неорганической природе. Но повсюду в видимой вселенной молекулы представляют собою необычную форму материи, потому что планеты суть редкие явления, а в звездах материя состоит главным образом из атомов и корпускул.

Молекулы существуют конечно в блуждающих междузвездных метеорах и в некоторых веществах, выброшенных за пределы планетной системы из голов и хвостов комет вследствие взрывов и давления излучения. Точно так же на поверхности звезд, особенно звезд низкой температуры, несколько видов молекул могут быть отождествлены по полосам поглощения в звездных спектрах. Но они немногочисленны, а под поверхностями звезд, где находится большая часть известного нам вещества во вселенной, молекулы существовать не могут. Атомы, хотя они более устойчивы, могут существовать внутри звезд только в раздробленном состоянии, так как при высоких температурах они сильно ионизированы. Даже на поверхности звезд, подобных Солнцу, где распались бы почти все земные молекулы, найденные нами атомы полностью лишены своих внешних электронов.

Стоит отметить, что нормальным состоянием вещества в известной нам части вселенной является состояние сильно ионизированного газа, так как почти вся материя, которую мы можем обнаружить, существует в форме звезд. Поэтому обычное состояние атомов какого-либо химического элемента есть не то нейтральное состояние, в котором мы их знаем в земной коре и в наших лабораториях, но состояние ионизации, которое характеризуется наличием положительно заряженных ядер, движущихся в среде, состоящей из радиации и свободных отрицательно заряженных

электронов. Атомы обычно стремятся захватить свободные электроны и сделаться нейтральными, стремятся пополнить свою свиту, уменьшенную действием радиации и столкновениями, и нейтрализовать избыточный положительный заряд своих ядер. Такие нейтральные атомы в коре планет и в метеоритах представляют исключительное, переохлажденное, состояние в материальной вселенной. Повидимому для газов является редким событием превратиться в жидкость и отвердеть, образуя воды, скалы и органические явления планетной поверхности. Организмы, образовавшиеся благодаря охлаждению из веществ, находящихся обычно в состоянии газов, представляют собою экзотическое явление в мире, состоящем главным образом из горячих и ненасыщенных атомных ядер, из электронов, которые ядра постоянно то захватывают, то снова теряют, и из лучистой энергии, которая рождается из этой яростной борьбы в недрах звезд.

Пока еще неполная классификация материальных систем имеет теперь следующий вид:

- 5.
- 4. Корпускулы:
 - а.
 - β. Световые кванты.
 - γ. Электроны.
 - δ. Протоны.
- 3. Атомы
 - от 1 до 92 (от водорода до урана).
- 2. Молекулы
 - от 1 до n (например H_2O , CH_3OH , N_2O).

В качестве типичных молекулярных систем приведены вода, алкоголь и веселящий газ.

Приводим список молекул, уже обнаруженных на Солнце и звездах по их спектрам:

Окись титана.	Гидрид кальция.	Циан.
Вода.	Окись алюминия.	Окись циркона,
Окись скандия.	Углерод.	Гидрид магния.
Углеводороды,	Водород.	Окись бора,

Некоторые из этих молекул являются в горячих звездных атмосферах в совершенно необычной форме. Водяной пар имеет на Солнце состав HO вместо знакомого нам H_2O ; углерод является как CH вместо обычного газа метана CH_4 . Вероятно в верхних слоях солнечной атмосферы существуют молекулы и иного вида, чем указанные выше, но обнаружение их в настоящее время — еще вне возможности современной техники анализа.

При особо благоприятных условиях низкой температуры соединения атомов и молекул в системы, более сложные, чем молекулы, легко происходят в метеорах и планетах. Молекулы незаметно превращаются в кристаллы и коллоиды, и эти две формы молекулярных структур фигурируют более или менее определенно как единицы агрегатов высшего порядка.

Полностью отдавая себе отчет в том, что нет резкой границы между простейшей молекулой водорода и наиболее сложным из земных организмов, мы можем предложить следующую попытку рабочей классификации, отражающую наш переход от субмикроскопического мира вверх через микрокосм:

—2. Молекулы.

—1. Молекулярные системы:

I. Кристаллы.

II. Коллоиды.

0. Коллоидальные и кристаллические агрегаты:

а. Неорганические вещества (напр. минералы, метеориты, облака).

б. Органические вещества (напр. организмы, колонии организмов).

Молекулярные системы а также коллоидные и кристаллические агрегаты распространены в тесных границах, так как на поверхности звезды имеется конечно меньше шансов на существование сложных и непрочных молекулярных соединений, чем простых молекул. Органические коллоиды так легко разлагаются, что их космическое распределение еще более ограничено, если только мы не допустим, без особых к тому оснований, существования многочисленных удачно расположенных планет.

Подобные Земле планеты являются в суровом мире материи пожалуй единственными подходящими обиталищами для таких

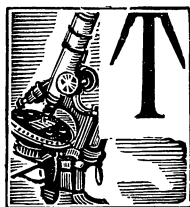
деликатных образований, как растения и животные. Звезды слишком горячи, туманности слишком разрежены и холодны. Метеориты, кометы, спутники планет и малые планеты — все также являются неудобными местами для развития и жизни организмов.

Теперь выяснилось основание, почему в предыдущей главе классу корпускул был дан номер минус четыре. Это дает возможность дать номер нуль коллоидным агрегатам. Отсюда следует, что практически весь микрокосм расположен в отрицательной части нашей последовательности классов. Макроскопические системы — планеты, скопления, галактики и тому подобные — фигурируют в положительной части.

Нулевой класс является переходной группой. Он отмечает место, где организующие силы перестают быть электрическими и молекулярными и становятся гравитационными. Некоторые коллоидные агрегаты являются микроскопическими или даже ультрамикроскопическими, например многие *protophyta* и *protozoa*, но некоторые системы, нормально входящие в класс —1, легко видимы. Однако в общем нулевой класс оказывается переходным как в отношении размеров, так и в отношении контролирующих сил. Он отмечает переход от микроскопического к макроскопическому, от области существенно физико-химической к области, где преобладает астрономия. И на этом рубеже появляются минералогия, геология и биология. Именно здесь органические коллоидные агрегаты входят в картину Космоса.



ЗАМЕЧАНИЕ ОБ ОРГАНИЧЕСКИХ КОЛЛОИДНЫХ АГРЕГАТАХ



аким образом рассмотренная и принятая нами рабочая классификация материальных систем укладывается пока в нижеследующую схему:

- 5.
- 4. Корпускулы:
 - α.
 - β. Световые кванты.
 - γ. Электроны.
 - δ. Протоны.
- 3. Атомы
 - от 1 до 92 (от водорода до урана).
- 2. Молекулы
 - от 1 до n (1, 2, 3, . . .).
- 1. Молекулярные системы:
 - I. Кристаллы.
 - II. Коллоиды.
- 0. Коллоидальные и кристаллические агрегаты:
 - α. Неорганические (например минералы, метеориты).
 - β. Органические (например организмы, колонии организмов).

Следует отметить, что человек и его сообщества вместе с другими животными, а также растениями и их сообществами фигурируют в той части подкласса β класса 0, которая дана в скобках. Хотя материал, относящийся к этому подклассу, служил темой

девяноста девяти процентов всех книг и статей, написанных со времени изобретения письменности и книг, в настоящей нашей схеме он является побочным материалом, и его обсуждение соответственно должно быть кратким, так как подробный анализ подклассов не входит в цели этого обзора. Ввиду того что органические коллоидальные агрегаты трактовались столь широко и многосторонне, будет вполне уместным, не пытаясь дать здесь какие-либо подразделения для этого класса, сразу же перейти к более широко распространенным космическим явлениям.



СИСТЕМЫ КАМНЕЙ И ЖЕЛЕЗА



Каждые сутки сотни миллионов падающих звезд пролагают свой огненный путь в атмосфере Земли. Многие миллионы из них достаточно ярки, для того чтобы их можно было видеть невооруженным глазом. Все они могли бы быть каталогизированы, т. е. можно было бы зарегистрировать их яркость, скорость, цвет и длину светлого следа, если бы в часы темноты по поверхности Земли было равномерно распределено достаточное число компетентных наблюдателей. Но лица, серьезно изучающие этот предмет, немногочисленны, и мы должны считать себя счастливыми, если одна миллионная часть суточного улова войдет в сокровищницу науки.

Атмосфера Земли защищает нас от мириад частиц, летящих с большой скоростью из междупланетного пространства. Для существования жизни на планете очень важно, что атмосфера их останавливает. Немногие из них достигают высоты в тридцать километров над земной поверхностью раньше, чем окончится их полет и их вещество рассеется в атмосфере в виде газа и пепла. Для них это является внезапным концом долгого метеорного бега — несколько секунд огненного соприкосновения с атмосферой планеты после миллиардов лет полета в холодном пространстве. Наблюдатель метеоров находит мало толка или смысла в чис-

лах, направлениях и скоростях большинства падающих звезд. Случайно однако с очевидностью выявляются групповые движения, систематические тенденции, существование ассоциаций метеоров. Наблюдатель отмечает например метеоры, каждый год летящие потоком из особых участков неба в определенные дни года. Рассмотрим вкратце несколько примеров материальных систем этого рода, а затем, в поисках других типов метеорных ассоциаций, бросим взгляд за пределы земной атмосферы. Покончив с микрокосмом и земной поверхностью, мы найдем, что агентом, поддерживающим существование систем, является взаимное тяготение.

Девятого февраля 1913 года в очень многих местах наблюдалось небесное явление, которое с тех пор получило название «метеорной процессии». Поток огненных шаров (больших метеоров), замеченный сперва в Западной Канаде, двигался к юго-востоку почти параллельно земной поверхности на протяжении более восьми тысяч километров и исчез в конце концов среди экваториальной области Атлантического океана, между Бразилией и Африкой. Процессия была отмечена многими наблюдателями и на суше и на море, и несколько астрономов исследовали природу явления на основании представленных сообщений. Повидимому четыре или пять групп метеоров следовали друг за другом вдоль этого длинного пути, причем каждая группа состояла из нескольких чрезвычайно ярких болидов, а также из многочисленных метеоров меньших размеров. Замедление движения, вызванное трением в земной атмосфере, и остановка его экваториальной выпуклостью Земли были двумя главными факторами в захвате замечательного потока космических тел. Возможно, что пойманы были только метеоры, входившие в более низкую часть потока, а расположенные выше прошли экватор и в конце концов ускользнули из атмосферы Земли.

Процессия 1913 года показала нам, что эти группы железных или каменных метеоров, двигавшиеся над Канадой и северной частью Соединенных штатов со скоростью, немного меньшей шестнадцати километров в секунду, составляли, когда они находились в пространстве далеко от звезд и планет, материальную органи-

зацию, слабо связанную силами взаимного притяжения между отдельными телами. Поток имел в длину пять тысяч километров или более. Относительно его толщины мы имеем мало указаний, так как метеоры, расположенные выше восьмидесяти километров, не сделались бы самосветящимися в крайне разреженной атмосфере при их малой скорости в шестнадцать километров в секунду.

Десятого августа 1927 года многие жители Новой Англии сообщили об очень ярком метеоре. Систематическое расследование показало, что явление наблюдалось в местах, далеко расположенных одно от другого. Оно показало сверх того, что время появления было неодинаково и что поэтому не один, а несколько ярких объектов метеорной природы наблюдалось сотнями людей. Метеоры, по меньшей мере некоторые из них, двигались, как казалось, по параллельным путям. Поток был настолько разреженным, что ни один наблюдатель в отдельности не видел более одного или двух тел, однако по меньшей мере двадцать восемь различных огненных шаров были отмечены при исследовании этого потока доктором Фишером. Поток продолжался более часа. Передние метеоры должны были отстоять на пятьдесят тысяч километров от конца процессии.

Предыдущие отчеты являются описанием типичных малых потоков падающих звезд, потоков, которые отличаются от больших метеорных дождей главным образом размерами. Но существуют системы еще меньше и чрезвычайно компактные. В 1863 году Шмидт, наблюдая в Афинах, увидел в малую трубу рой ярких метеоров, расположенных столь тесно, что при наблюдении без телескопа они казались одним объектом. Часто на негативах гарвардской коллекции метеорных фотографий метеорные следы оказывались двойными или многократными: указание на то, что два или большее число тел могли двигаться близко друг к другу по почти параллельным путям до тех пор, пока они не были отклонены в сторону и не сгорели в земной атмосфере.

Для этих метеорных групп был предложен термин «малые кометы» — название довольно удачное. Чем более мы изучаем кометы и ежегодные потоки метеоров, тем отчетливее выясняется тес-

ная связь между двумя явлениями. Метеорный поток Персеид в августе и метеорный поток Леонид в ноябре движутся по путям, которыми некогда двигались кометы Туттля и Темпеля. Комета Галлея обращается по орбите, по которой обращаются «Эта-Аквариды» — поток метеоров, с которыми Земля встречается в начале мая.

Процессии огненных шаров и метеоров, которые мы обозначаем как малые кометы, исчерпывают себя в земной атмосфере в несколько секунд, минут или часов. Но в больших метеорных потоках, таких, как Персеиды, которые обращаются вокруг Солнца по растянутым орбитам, метеоры обычно рассеяны вдоль всего пути, и некоторые из них появляются в атмосфере Земли каждый год, когда наша планета пересекает их орбиту в своем годичном обращении вокруг Солнца.

Не много катастроф случается с Землей помимо тех, которые вызываются действием ее собственных сил, как например наводнения, землетрясения и внезапные сдвиги континентов. Приливные возмущения, вызываемые Луной и Солнцем, не катастрофичны; они устойчивы и поддаются предсказанию. Радиация Солнца и звезд нас не тревожит: она не несет с собой больших неожиданностей. Дождь метеорного пепла мало увеличивает теплоту или массу планеты. Действительно, в вакууме, которым является межпланетное пространство, мы движемся так гладко и спокойно, мы так хорошо изолированы от более значительных небесных тел, подобных Луне, планетам и звездам, и так хорошо защищены от стремительно несущихся газов, камней и железа, что никакие происшествия космического происхождения не случаются.

Ввиду столь спокойного и поддающегося предсказанию поведения нашей планеты метеорная процессия 1913 года могла бы по праву быть названа наиболее эффектным астрономическим происшествием на Земле со времени великого звездного дождя Леонид, наблюдавшегося сто лет назад. Но высказывать такое категорическое утверждение возможно только относительно достоверно наблюдавшихся явлений. Земля испытала по меньшей мере еще одно непредсказанное приключение, которое произвело бо-

лее глубокое впечатление. В 1908 году она столкнулась с чем-то таким, что было вероятно головой небольшой кометы.

Метеорит Подкаменной Тунгуски — вот название, данное этому упавшему метеорному веществу. Он нанес Земле сильнейший удар, не могущий сравниться с ударами, испытанными Землею при других исторических столкновениях. Место падения находится в Центральной Сибири между реками Подкаменная Тунгуска и Чуна. Около семи часов утра тридцатого июня этот метеор пролетел от юго-юго-запада на северо-северо-восток, упав с такой силой, что сопровождавшая его волна горячего воздуха чувствовалась на большом расстоянии; она опалила и разрушила лес на площади во много квадратных километров, уничтожила полторы тысячи оленей и запрудила одну реку, обрушив в нее утесы с берегов. Многочисленные воронки в почве на месте падения указывают, что упал не один метеор, а целая группа.

Есть указание, что метеорит Подкаменной Тунгуски принадлежит к системе метеоров, связанной с кометой Понса-Виннеке. Он упал во время наибольшего приближения Земли к орбите кометы, и предсказанное направление движения метеоров этой кометы совпало для района Подкаменной Тунгуски с направлением, по которому летели упавшие метеоры. Однако сама комета во время падения была на противоположной стороне своей орбиты.

Относительно многих комет известно, что они делились на части, а некоторые имели комет-спутников, которые следовали за первичной кометой через промежутки во много лет. Если бы Тунгусский метеорит был виден за пределами земной атмосферы, то вероятно его сочли бы за очень малую комету, и математическое исследование его движения дало бы орбиту, подобную орбите кометы Понса-Виннеке.

То здесь, то там на поверхности Земли наблюдаются признаки других встреч нашей планеты с метеорными камнями и глыбами железа. Метеорит весом в пятьдесят тонн лежит на поверхности Земли вблизи Грот-Фонтейна в Юго-западной Африке. Большие гренландские железные метеориты, упавшие в доисторические

времена, были с большим трудом перенесены в Американский музей в Нью-Йорке, где собрано много других больших метеоритов. Величайшей впадиной на земной поверхности несомненно метеорного происхождения является метеорный кратер в пустыне Аризона.

Общее число зарегистрированных находок и падений метеоритов пока еще меньше тысячи. Чаще всего при падении метеорита мы имеем дело больше чем с одним осколком, иногда с сотнями и тысячами. Например в результате падения метеоритов в Пултуске в Польше в 1868 году было разбросано более ста тысяч осколков на площади во много квадратных километров. Такое раздробление метеора часто происходит со взрывом в земной атмосфере.

Мы имеем очевидные указания на организацию метеорных частиц в метеорных дождях, таких, как Персеиды, в «малых кометах», состоящих из огненных шаров, и в каменных дождях. Мы поэтому без колебаний рассматриваем метеорные потоки и обыкновенные кометы как объекты одной природы, лишь слегка различные по форме. Темные и светлые диффузные туманности в межзвездном пространстве также имеют некоторые свойства метеорных роев; поэтому мы предлагаем следующую подклассификацию:

+ 1: МЕТЕОРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ:

1. Метеорные потоки.
2. Кометы.
3. Диффузные туманности с центральным сгущением.

С увеличением наших знаний и при большом количестве хороших наблюдений мы будем иметь возможность классифицировать метеорные потоки. Возможно, что мы разделим их на:

I. Ежегодные потоки, такие, как Андромедиды, Персеиды и Квадрантиды.

II. Спорадические метеорные процессии (малые кометы).

III. Двойные и кратные метеоры, подобные зарегистрированным на гарвардских фотографиях.

Однако нужны систематические наблюдения над метеорами, точные и непрерывные, прежде чем такое подразделение буде

приносить пользу, руководя наблюдениями и теоретическими исследованиями. Нужно создать специальное оборудование и подготовить обученный персонал, прежде чем можно будет постоянно накапливать необходимые точные наблюдения.

Метеорные потоки можно также классифицировать на основании их скорости, различая потоки «гиперболические» и «эллиптические». Это подразделение, за исключением редких случаев, будет отделять метеоры космические от тех, которые являются членами солнечной системы. Если скорость превышает сорок три километра в секунду, после того как введена поправка на движение Земли по орбите, а также на вращение Земли и земное притяжение, то орбита относительно Солнца является гиперболой. Тела, движущиеся с такими скоростями, пришли в солнечную систему из межзвездного пространства и крайне важны для изучения химии вселенной. Метеоры со скоростями меньше сорока трех километров в секунду практически всегда являются членами солнечной системы. Некоторые из них связаны с существующими или исчезнувшими кометами, другие всегда могли быть независимыми метеорами. Но мы снова должны подчеркнуть, что наши сведения о скоростях метеоров слишком отрывочны, чтобы такая классификация оказалась пригодной или даже возможной.

Рабочая классификация комет, которая представляла бы ценность для изучения истории их жизни, может быть основана на характере их орбит:

- (а) Эллиптические; короткие периоды, меньше десяти лет.
- (б) Эллиптические; длинные периоды, от десяти до десяти тысяч лет.
- (в) Параболические; открытые орбиты, эксцентриситет равен единице.
- (г) Гиперболические; еще более открытые орбиты, эксцентриситет больше единицы.

а) В настоящее время известны сорок пять комет с периодами меньше десяти лет; большая часть из них имеет периоды, близкие к шести годам, что близко подходит к половине периода обращения Юпитера. В общем они малы, слабы и истощены. Юпитер оказал сильное воздействие на их орбиты в прошлом и столь очевидно продолжает влиять на их движения в настоящее время, что их

справедливо считают почти в той же мере членами семейства Юпитера, как и его внешних спутников. Конечно Солнце является властелином короткопериодических комет, а Юпитер — это только сильно возмущающее тело. Относительно спутников Юпитера верно противоположное: Юпитер управляет, а Солнце возмущает.

Метеорное строение комет обуславливает их быстрое изнашивание. Благодаря действию солнечного тепла, световому давлению и различным возмущениям со стороны планет кометы стремятся к распадению. По меньшей мере для одной кометы, носящей имя Энке, существует добавочный агент, вызывающий распад: сопротивляющаяся среда, которая непрерывно сжимает орбиту и укорачивает период. Эта комета в настоящее время имеет рекордную для комет быстроту обращения вокруг Солнца: 3,3 года.

Способность образовывать хвосты при приближении к Солнцу практически потеряна короткопериодическими кометами; она истощилась вследствие слишком частого повторения этого процесса. Материал, остающийся в голове кометы и ее оболочке, не так чувствителен к световому давлению, как прежде, и поэтому пыль и газы не увлекаются прочь, образуя некоторый придаток, чтобы в конце концов быть извергнутыми из солнечной системы.

Кометные хвосты, кстати сказать, могут быть с успехом классифицированы по их кривизне, указывающей на скорость, с которой материальные частицы уносятся из головы давлением солнечного света; но большая часть наблюдавшихся комет — это телескопические объекты, и если имеют какие-либо хвосты, то только короткие.

Группа короткопериодических комет повидимому обречена на рассеяние в тонкие метеорные потоки. Некоторым уже никак не удастся возвратиться в качестве комет в ближайшие окрестности Солнца и Земли. За тот короткий промежуток времени, в течение которого ведутся астрономические исследования, они преобразовались.

б) Свыше шестидесяти комет имеют периоды от десяти и до десяти тысяч лет. Некоторые из них знамениты. Комета Галлея имеет например более двадцати зарегистрированных появлений,

и в прошлые времена играла значительную и мрачную роль в суевериях человечества. Ее средний период обращения — семьдесят семь лет, но он изменяется вследствие возмущений со стороны планет, становясь иногда приблизительно на год короче средней величины, а иногда на год или около того длиннее. Орбиты многих долгопериодических комет очень эллиптичны, и их наклонения к плоскости планетных орбит значительны. В течение долгого времени они свободны от планетных возмущений и от опустошающих излучений Солнца. Обстоятельства поэтому благоприятствуют более долгой жизни для них, чем для комет короткопериодических.

с) «Параболический» класс комет — самый многочисленный, он охватывает три четверти всех зарегистрированных комет. В него входят не только периодические кометы, орбиты которых столь растянуты, что когда комета находится вблизи Солнца, то разомкнутая парабола так же хорошо удовлетворяет наблюдаемым положениям, как и замкнутый эллипс, но также и те кометы, наблюдения которых столь грубы или столь немногочисленны, что можно получить только приближенные элементы орбиты. В действительности конечно ни одна орбита не является строго параболической, с эксцентриситетом, в точности равным единице. Параболой пользуются исключительно потому, что она проще всех других кривых представляет движение. Почти достоверно, что большинство орбит — эллиптические с периодами обращения свыше десяти тысяч лет. Стромгрен и другие показали, что вероятно все наблюдаемые кометы в действительности являются членами солнечной системы, предполагая тем самым конечно, что параболических и гиперболических орбит не существует.

д) Однако «гиперболическая» комета не представляет собою чего-то совершенно неизвестного.

Планетные возмущения могут или уменьшить или увеличить орбиту, могут замедлить или ускорить движение. Если окончательный прирост скорости окажется достаточным, то комета, двигавшаяся по эллиптической орбите, будет выброшена из солнечной системы. Эксцентриситет становится больше единицы, движение меняется на гиперболическое, комета покидает солнечную

систему и с этих пор странствует одна в межзвездном пространстве. Из числа приблизительно пятисот вычисленных орбит известно не более десяти гиперболических; вероятно все эти орбиты были эллиптическими до тех пор, пока не вмещались Сатурн или Юпитер.

Если бы какой-нибудь внешний наблюдатель мог взглянуть на кометное семейство Солнца и увидеть всех его членов, то вероятно четыре обстоятельства оказались бы особенно поразительными.

1. Общее число объектов, которое земной наблюдатель счел бы кометами (если бы он мог видеть их в непосредственной близости к Солнцу), было бы порядка сотен тысяч. Только около полудюжины каждый год бывают видимы с Земли и то главным образом телескопические, хотя вероятно двадцать пять ежегодно проходят через перигелий (ближайшая к Солнцу точка орбиты) на расстояниях от Солнца меньших, чем расстояние Юпитера¹.

2. Все кометы за исключением нескольких тысяч большую часть своего времени проводят за пределами орбиты Нептуна. Они движутся по всем направлениям, образуя вокруг Солнца тонкую оболочку, слабо напоминающую планетарную туманность.

3. Короткопериодические кометы почти без исключения движутся по орбитам, не слишком наклоненным к плоскости планетных орбит: указание на то, что некогда они двигались по орбитам гораздо больших размеров, но, имея малые наклоны и проходя вблизи больших планет, они были пойманы, и их орбиты были укорочены. Кометы с сильно наклоненными орбитами ускользнули от планетного механизма захвата.

4. Существует непрерывная градация от тела, легко распознаваемого как комета, до мириад малых метеорных групп. В последнем счете одно единственное зернышко метеорной пыли, если оно достаточно велико, чтобы подчиняться силе тяготения, а не находится главным образом под влиянием светового давления, имеет все характеристики и привилегии величайшей кометы.

¹ Оценка Рёсселя, Дугана и Стюарта.

Быстрое вырождение комет под влиянием гравитационных воздействий солнечной системы, а также под влиянием радиации представляет вопрос глубокого интереса. Многие космогонисты предпочли бы рассматривать планеты и кометы как тела, имеющие одинаковый возраст и одинаковое происхождение. Планеты однако не могут быть значительно моложе двух тысяч миллионов лет; кроме того Бобровников показал, что наше полчище комет должно было возникнуть в течение последнего миллиона лет или около этого. Быстрота распада, которая может быть оценена по наблюдаемым изменениям яркости периодических комет, оказывается столь значительной, что все семейство комет осуждено на скорое исчезновение.

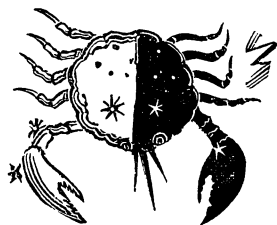
Высказав соблазнительное предположение, что Солнце могло подобрать современные кометы и может быть большую часть метеорного вещества во время относительно недавнего прохождения через область пространства, занятую туманностями, мы можем предоставить загадку происхождения и прежнего местопребывания комет будущим исследователям.

Диффузные туманности, как темные, так и светлые, появятся в двух совершенно различных местах в общей классификации материальных систем. Туманности с резкими границами или с явным центральным сгущением по справедливости относятся к классу метеорных соединений. Центральное сгущение или резкая граница указывают на действие сил тяготения, и в настоящее время всеми принято, что затемняющие космические облака главным образом состоят из тонкой пыли, т. е. из метеорной материи. Часто в соединении с пылью и частицами больших размеров в таких диффузных туманностях содержатся газы, которые при надлежащем освещении соседними горячими звездами светятся и дают газовый спектр.

Доводы в пользу теории, что темные туманности суть чрезвычайно большие и разбросанные «пыльные и каменистые отдели», неравномерно рассеянные в межзвездном пространстве, обнаружены при изучении звездных движений. Тонкая пыль — наиболее действительный экран для света, гораздо более действитель-

ный, чем газ. Например очень маленький клуб дыма скорее преградит путь свету звезды, чем газовая атмосфера земли толщиной в сотни километров. Темные туманности обнаруживаются по поглощению света далеких звезд. Можно показать, что если бы это поглощение вместо пыли вызывалось газами, то общее количество вещества неизбежно было бы столь большим, что действием своего притяжения оно управляло бы движениями всех звезд, расположенных поблизости. Но никаких отклонений от нормы в движениях звезд в туманных областях Млечного Пути не отмечено. С другой стороны, тонкая метеорная пыль так действительна в качестве затемняющего агента, что потребовалось бы вещества не больше, чем его содержит звезда средних размеров, для того чтобы образовать непрозрачную темную туманность, покрывающую площадь диаметром в два парсека. Влияние такой туманности на движение звезд конечно не может быть измерено.

Большая туманность Ориона одновременно является и светлой и темной. Она несомненно в значительной степени состоит из метеорного вещества. Не является ли она большим гнездом комет и метеорных потоков? Если бы солнечная система прошла через подобную область (а около семи или восьми миллионов лет назад она была недалеко от туманности Ориона), то она ушла бы прочь, вероятно щедро снабженная облаками метеорной материи, и в течение нескольких тысяч лет представляла бы собою блестящее зрелище. Постепенно кометы поблекли бы, некоторые были бы извергнуты из системы, а многие другие медленно выродились бы в более рассеянную форму метеорных соединений.



ЛУНЫ



седьмой день января текущего года (Галилей писал это в 1610 году, в покрытые славой первые недели астрономического телескопа), когда я рассматривал в телескоп небесные светила, моему взору представилась планета, Юпитер, и так как я приготовил для себя очень хороший инструмент, то я заметил обстоятельство, которое раньше не мог заметить вследствие недостатка силы у другого моего телескопа, а именно, что три малых звезды небольших, но очень ярких, были вблизи планеты; и хотя я думал, что они принадлежат к числу неподвижных звезд, они меня несколько удивили, так как казались расположенными точно на прямой линии, параллельной эклиптике, и были ярче остальных звезд, равных им по величине... Я почти совсем не обратил внимания на расстояние между ними и Юпитером, ибо, как я уже сказал, я сперва думал, что это неподвижные звезды; но когда восьмого января, руководимый каким-то роком, я снова обратился к той же самой части неба, я нашел совсем иное положение вещей, ибо там были три малых звезды, все к западу от Юпитера и ближе друг к другу, чем прошлую ночь».

Еще несколько ночей возбужденных наблюдений и измерения положений — и Галилей открыл систему внутри системы, нашел четыре малых тела, обращающихся вокруг Юпитера, как Венера, Меркурий и другие планеты движутся вокруг Солнца.

Галилей отметил, что новая система лун похожа на систему Земля — Луна, но вместе с тем отличается от нее:

«...ибо мы имеем теперь не одну только планету, обращающуюся вокруг другой, в то время как обе движутся по огромной орбите около Солнца, но наше чувство зрения показывает нам четырех спутников, описывающих круги около Юпитера, как Луна вокруг Земли, в то время как вся система обращается по гигантской орбите вокруг Солнца в течение двенадцати лет».

Прошло почти триста лет после открытия галилеевых спутников Юпитера, прежде чем современные телескопы начали обрисовывать полностью картину системы Юпитера. Барнард на Ликской обсерватории нашел пятого спутника — слабый и трудный объект расположенный ближе всех остальных спутников к планете и

Спутники Юпитера

Название	Год открытия и кто открыл	Среднее расстояние в километ- рах	Период обращения				Диаметр в километрах
			дни	часы	мин.	сек.	
Пятый	1892 Барнард	181 200	0	11	57	22,70	160 ?
Ио	1610 Галилей	421 300	1	18	27	33,51	3 730
Европа	1610 Галилей	670 500	3	13	13	42,05	3 150
Ганимед	1610 Галилей	1 069 300	7	3	42	33,35	5 150
Каллисто	1610 Галилей	1 881 000	16	16	32	11,21	5 180
Шестой	1904 Перрайн	11 450 000	250,68				130 ?
Седьмой	1905 Перрайн	11 730 000	260,06				40 ?
Восьмой	1908 Мелотт	23 500 000	738,9				25 ?
Девятый	1914 Никольсон	24 100 000	745,0				25 ?

вероятно не более ста пятидесяти километров в диаметре. Фотография начала применяться для разыскивания спутников в начале текущего столетия, и в семействе Юпитера были найдены четыре спутника еще меньших размеров. Шестой, седьмой и девятый были обнаружены на снимках, полученных на Ликской обсерватории,

восьмой в Гринвиче. Со своими спутниками, различными по размерам, расстояниям и массам, Юпитер поразительно напоминает солнечную систему в меньшем масштабе.

Система спутников, как показывает прилагаемая таблица, по расположению тел отличается от солнечной системы в одном отношении: спутники распределены парами. В системе Юпитера шестой и седьмой, а также восьмой и девятый спутники образуют две пары. Сходное положение в солнечной системе имело бы место, если бы Земля и Венера имели орбиты существенно одинакового размера или если бы Уран и Нептун были на одном и том же расстоянии от Солнца. Другое отличие также интересно: Юпитер не может иметь луны, более удаленные, чем восьмая и девятая, без того чтобы Солнце не похитило их и не присоединило к роям астероидов или комет. Но само Солнце настолько изолировано от остальных звезд, что многочисленные планеты, более удаленные, чем Нептун и Плутон, могут существовать и вести нормальную и упорядоченную планетную жизнь, не опасаясь гравитационных искушений и пленения ближайшими звездами.

Во многих отношениях существует резкий контраст между спутником Земли и спутниками Юпитера. Система Земля — Луна является единственной в своем роде среди планет по относительным размерам двух тел. Наша система приближается к двойной планете, так как диаметр Луны составляет четверть диаметра Земли, а ее масса столь значительна — более одного процента общей массы, — что Земля вследствие непрерывного действия лунного притяжения должна ежемесячно описывать окружность около общего центра тяжести, расположенного на расстоянии приблизительно четырех тысяч восьмисот километров от центра Земли. Существуют конечно комбинации почти равных тел среди звезд, особенно среди тех, которые известны как затменные двойные звезды. Однако звезды относятся к иному классу: это объекты более высокого порядка, более активные, более насыщенные энергией; они относятся скорее к классу излучающих газовых тел, чем к ведущим паразитическое существование холодным и покрытым корой планетам.

Юпитер, в отличие от Земли, в двенадцать тысяч раз превосходит по массе свою наибольшую луну и вероятно в пятьдесят тысяч миллионов раз превосходит массой луны, наиболее удаленные. Он действительно хозяин своего стада, в то время как Земля играет скорее роль старшего компаньона. Контраст в числе и относительных размерах лун наводит на мысль, что эти две системы возникли различным образом: система Земля — Луна произошла путем разрыва Земли в первые дни ее существования, а семейство Юпитера частью через разрывы, вызванные проходившим мимо телом (может быть Солнце было причиной разрыва в те дни, когда орбита Юпитера была растянутой?), а частью может быть путем захвата наиболее далеких лун из смежной зоны блуждающих астероидов. Восьмой и девятый спутники Юпитера имеют обратное движение вопреки принятому в солнечной системе обычаю, в силу которого вращения и обращения совершаются против стрелки часов, если смотреть с севера.

Возникновение новых систем спутников типа Земля — Луна среди наших планет мало вероятно. Среди них нет никакого намека на планетарную неустойчивость, находящуюся на грани разрыва, и нет в перспективе приливного возмущения достаточной величины, чтобы разорвать вполне сформированные планеты.

Спутники Марса

Название	Год открытия и кто открыл	Среднее рас- стояние в кило- метрах	П е р и о д				Диаметр в километрах
			дни	часы	мин.	сек.	
Фобос	1877 Холл	9 380	0	7	39	13,851	15 ?
Деймос	1877 Холл	23 460	1	6	19	54,9	8 ?

Однако системы спутников типа Юпитера обычны. Например луны Марса относительно миниатюрны по сравнению с первичным телом. Открытые визуально с помощью большого телескопа Морской обсерватории в Вашингтоне, они представляют трудный

объект для наблюдения и фотографирования вследствие их малой абсолютной яркости и близости к блестящей поверхности Марса.

Большая скорость внутреннего спутника Фобоса, который совершает более трех оборотов вокруг планеты в то время, когда она делает только один оборот вокруг оси, создает очень трудную проблему для тех, кто пожелал бы объяснить в деталях происхождение планетной системы, основываясь на современных космогонических теориях. Были ли эти крошечные тельца оторваны или извержены из первоначальной поверхности Марса, или они были извлечены действием сил притяжения из расположенного по соседству пояса астероидов? Их диаметры в пятнадцать и восемь километров, как указано в таблице, подобны диаметрам наименьших из числа известных астероидов, и может быть они не больше некоторых частиц, образующих голову большой кометы.

Четыре средних по размерам спутника Урана, данные относительно которых приведены в таблице, образуют систему типа Юпитера. Их движения, совершающиеся в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости орбиты Земли, которая близка к главной плоскости всей солнечной системы, отмечают своеобразие сис-

Спутники Урана

Название	Год открытия и кто открыл	Среднее расстояние в километрах	Период				Диаметр в километрах
			дни	часы	мин.	сек.	
Ариэль	1851 Лассель	191 700	2	12	29	20,8	900 ?
Умбриэль	1851 Лассель	267 000	4	3	27	36,7	700 ?
Титания	1787 В. Гершель	438 000	8	16	56	26,7	1 700 ?
Оберон	1787 В. Гершель	586 000	13	11	7	3,5	1 500 ?

темы Урана. Но и экватор самой планеты подобным же образом наклонен к главной плоскости; вся система наклонена под большим углом. Спутники оказывают Урану надлежащее почтение, но ни планета, ни спутники не обращают ни малейшего внимания

на привычки внутренней солнечной системы, где все орбиты расположены вблизи главной плоскости и направления вращения и обращения почти все совпадают.

Нептун со своим единственным не получившим названия спутником скорее принадлежит к типу Юпитера, чем к типу Земли, хотя он ближе к последнему, чем другие планеты. Масса спутника повидимому не превосходит одной тысячной доли массы планеты.

Третий тип системы спутников представлен Сатурном. Здесь мы имеем сперва тип Юпитера со спутниками, указанными в таблице; но наряду с этими весьма обыкновенными спутниками существует необыкновенная система колец, состоящая из неисчислимых миллионов крошечных лун или метеорных частиц.

Спутники Сатурна

Название	Год открытия и кто открыл	Среднее расстояние в километрах	Период				Диаметр в километрах
			дни	часы	мин.	сек.	
Мимас	1789 В. Гершель	185 700	0	22	37	5,25	650 ?
Энцелад	1789 В. Гершель	237 900	1	8	53	6,82	800 ?
Фетида	1684 Ж. Д. Кассини	294 500	1	21	18	26,14	1 300 ?
Диона	1684 Ж. Д. Кассини	377 200	2	17	41	9,53	1 200 ?
Рея	1672 Ж. Д. Кассини	526 700	4	12	25	12,23	1 750 ?
Титан	1655 Гюйгенс	1 220 000	15	22	41	26,82	4 200
Гипершон	1848 Бонд	1 480 000	21	6	38	24,0	500 ?
Япет	1671 Ж. Д. Кассини	3 558 000	79	7	56	24,4	1 800 ?
Феба	1898 В. Пиккеринг	12 930 000	550,44 дня				250 ?

Несмотря на острое зрение и еще более острое воображение, Галилей был настолько же смущен системой Сатурна, насколько он был удовлетворен своим отчетом о Юпитере и его четырех лунах. Христиан Гюйгенс, который действительно открыл кольца как таковые, красноречиво объяснил, каким образом телескоп Галилея не смог вследствие недостаточно сильного увеличения и недостаточной отчетливости изображений раскрыть загадку Сатурна и как ему самому (Гюйгенсу) удалось это сделать: «Когда

Галилей применил телескоп, благороднейшее изобретение нашей бельгийской нации, для наблюдения небесных тел и прежде всех других людей открыл смертным эти весьма примечательные явления на планетах, наиболее удивительными из его открытий были открытия, относящиеся к звезде Сатурна. Ибо все остальные явления, хотя и справедливо вызывающие наше удивление и восхищение, все же не такого рода, чтобы вызвать необходимость настойчиво разыскивать причины их существования. Но изменчивые формы Сатурна явили новое и странное изобретение природы, сущности которого ни сам Галилей ни кто-либо из астрономов в течение всего времени, протекшего с тех пор (пусть это будет сказано с их позволения), не смог разгадать. Галилей сперва видел эту звезду сияющей не как одинокий диск, а в форме тройного диска: как будто бы две меньших звезды находились в тесной близости к большей звезде, на противоположных ее сторонах и на одной линии с ее центром. И видя, что эта форма остается почти три года без каких-либо изменений, он получил твердое убеждение в том, что как Юпитер был снабжен четырьмя спутниками, так Сатурн был снабжен двумя, которые однако не имели движения и таким образом постоянно примыкали к боковым сторонам Сатурна в том же самом положении. Но когда Сатурн вышел один, совершенно лишенный своей прежней свиты спутников, Галилей вынужден был изменить свое мнение. Удивленный тем, что он увидел, он попытался догадкой раскрыть причину явления и сделал несколько предсказаний относительно времени, когда прежняя фаза должна была возвратиться. Но, как показали события, ни эти предсказания не исполнились тогда согласно его ожиданиям, ни Сатурн, как казалось, не был удовлетворен тем, что имел только два вида. Ибо был обнаружен последовательный ряд других странных и удивительных форм, которые я нашел впервые описанными у Иосифа Бланкана и Франциска Фонтана, — форм столь необычного вида, что многие рассматривали их как обман зрения, как образы, скорее зависящие от линз, чем существующие в небесах; но после того, как те же самые формы были наблюдаемы многими, стало ясным, что обнаружение их не было лжесвидетельством.

И таким образом я также был охвачен непреодолимым желанием увидеть эти чудеса неба. Но я имел только телескоп обычного вида, длина которого измерялась пятью или шестью футами. Поэтому я сам серьезно и настойчиво взялся за работу, чтобы изучить искусство, при помощи которого стеклам придают форму, необходимую для этих целей, и я не сожалел, что приложил свою собственную руку к этой задаче. Преодолев большие трудности (ибо это искусство скрывает в себе больше трудностей, чем кажется на первый взгляд), я добился успеха в изготовлении линз, которые снабдили меня материалом для написания этого отчета. Ибо после того, как я направил мой телескоп на Сатурн, я нашел, что положение вещей не таково, каким оно представлялось большинству людей. Ибо оказалось, что два соседних придатка, примыкавших к Сатурну, никоим образом не были двумя планетами, но скорее чем-то совершенно отличным, в то время как отдельно от них была единственная планета (спутник Титан) на большем расстоянии от Сатурна и обращающаяся вокруг него в шестнадцать дней; и про существование этой планеты было неизвестно в течение всех столетий, вплоть до этого времени».

После открытия Гюйгенсом большого спутника Титана, истинной формы придатков планеты, наклона системы колец к эклиптике и причины разнообразных исчезновений, которые наблюдал Галилей, потребовался гений Максвелла и Килера, чтобы доказать, что кольца состоят из мириад лун ¹, и потребовались открытия пяти других астрономов, чтобы пополнить список спутников.

Классификация систем спутников проста и не пуждается в дальнейших подразделениях:

+2: СИСТЕМЫ СПУТНИКОВ:

I. Типа Земля — Луна.

II. Типа Юпитера.

III. Типа Сатурна.

Ясно, что классификация построена на основании структуры. За исключением того, что она учитывает разнообразие в числе

¹ Почти одновременно с Килером это было доказано Белопольским в Пучкове путем исследования спектра колец. *Прим. ред.*

и распределении этих тел третьего порядка в солнечной системе, классификация спутников мало для чего может пригодиться при изучении вселенной в широком масштабе. К несчастью мы никогда вероятно не будем иметь случая изучать луны планет, обращающихся около других звезд.

Рассматривая типы систем спутников, мы приходим к нескольким относящимся к ним вопросам, часть которых уже была предвосхищена на предыдущих страницах.

Что дали кометы, и особенно астероиды, для пополнения семейства лун? Наименьшими из числа спутников являются спутники в группах Марса и Юпитера по обе стороны зоны астероидов. Мы имеем поэтому основание подозревать, что когда-то имели место набеги планет на территорию астероидов.

Нашли ли мы всех спутников планет? Существование десятых спутников в системах Сатурна и Юпитера сильно подозревалось, но наблюдений над заподозренными телами недостаточно для того, чтобы дать орбиты, которые обеспечили бы возможность разыскать их снова. Спутники диаметром в полтораста или триста километров были бы исключительно слабыми, и их трудно было бы обнаружить у любой планеты за пределами Сатурна.

Существуют ли тела метеорных размеров, обращающиеся вокруг некоторых из планет, например вокруг Земли? Временно это возможно, но возмущения со стороны Луны не допустили бы существования устойчивых орбит.

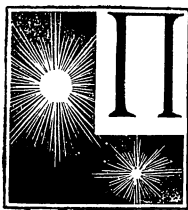
Существуют ли следы колец или может быть временные кольца вокруг какой-либо планеты кроме Сатурна? В частицах, образующих зодиакальный свет, мы имеем быть может смутное подобие сатурновых колец вокруг Солнца.

Не входили ли вещества, из которых ныне состоят кольца Сатурна, когда-либо в прошлом в состав одного или более спутников, которые подверглись разрыву под действием сил тяготения? Теории Дарвина — Джефрейса о системе Земля — Луна указывают на возможность в отдаленном будущем подобной судьбы для нашего собственного спутника, если приливные действия Земли, Луны и Солнца останутся столь же мощными, как теперь.

Глубочайший вопрос, возбуждаемый рассмотрением различных типов систем спутников, — это конечно вопрос о происхождении самой солнечной системы. Это гордый замысел — ответить на вопросы о происхождении планетной системы, состоящей из таких чрезвычайно несходных объектов, как газовая звезда, очень плотная Земля, светящиеся кометы, метеорные кольца, пояс астероидов, железо-никелевые метеориты, корональные лучи и потоки электронов, движущиеся в межпланетном пространстве. Происхождение различных лун — только побочная проблема в этой более трудной и запутанной общей проблеме.



ЗВЕЗДЫ С ПЛАНЕТАМИ И БЕЗ ПЛАНЕТ



планетарная структура, как я ее определяю,— это система, состоящая из звезды и постоянно окружающих ее частиц, движениями которых управляют силы тяготения. Краткого размышления достаточно, чтобы показать, что большая часть видимой вселенной подходит под эту категорию. Планетарная структура, в которой центральным, доминирующим благодаря своей массе, телом является Солнце, имеет оболочку, состоящую из планет, астероидов и комет — семейства очень многочисленного, так как астероиды всех размеров должны исчисляться тысячами, а кометы — сотнями тысяч. В галактиках повидимому очень мало систем, наделенных планетами. Большинство двойных звезд вероятно не имеет постоянных планетных или кометных семейств вследствие опустошающих возмущений. Но если даже во вселенной есть лишь немного звезд в таких же условиях, как Солнце, то все звезды должны рассматриваться тем не менее как планетарные структуры.

Трудно представить себе звезду без короны, а корональные потоки до некоторой степени управляются силами тяготения. Однако мы должны обратиться к космическим метеорам, чтобы получить полную уверенность, что все звезды — тела так сказать «семейные». Становится все более очевидным, что значительная

часть метеоров, встречаемых земной атмосферой, движется со скоростью более чем параболической, т. е. они влетают в земную атмосферу со скоростями, превышающими те, которыми обладают свободно падающие тела в солнечной системе. Эти частицы пришли из межзвездного пространства, и их начальные скорости складываются со скоростями, вызванными действием Солнца и планет.

Мы уверены, что миллионы космических метеоров ежедневно поражают Землю — крайне миниатюрную мишень в пустоте междупланетного пространства; биллионы должны проноситься мимо Солнца и других звезд. Некоторые метеоры попадают в ловушку в звездных атмосферах, теряют скорость и навеки похищаются из блуждающих межзвездных полчищ. Некоторые из мелких частиц пыли, выброшенных из кометных хвостов, улетают в пространство с возрастающими скоростями, чтобы никогда не возвратиться в солнечную систему. Они присоединяются к межзвездным метеорам, становятся материалом для построения звездных оболочек. Зодиакальный свет, ясно видимый в известные времена года как слабое сияние, простирающееся вверх от западного горизонта, несомненно служит указанием на бесчисленное солнечное семейство метеоров, частиц газа и метеорной пыли.

Возможно, я потратил слишком много слов, чтобы подчеркнуть вещь очевидную, а именно, что вероятно все звезды являются планетарными структурами в том смысле, как это здесь было определено. Некоторые могут обладать планетами и, по меньшей мере временно, своими собственными системами комет. Но большинство звезд вероятно не имеет спутников большего размера, чем метеоры. Немногие имеют столь плотные скопления окружающих газов и метеорных частиц, что эти оболочки сами светятся.

Таким образом развивается следующая общая одномерная рабочая классификация:

+3: ПЛАНЕТАРНЫЕ СТРУКТУРЫ:

- I. Звезды с метеорами.
- II. Звезды с планетами, кометами и метеорами.
- III. Звезды с туманными кольцами или оболочками.
 - (I) Планетарные туманности.
 - (II) Кольцевые туманности.

Вероятно большинство звезд должно быть отнесено к первому подразделению. Наша солнечная система входит во второе подразделение. Около сотни туманных объектов, отличающихся вообще симметрией формы и своеобразием спектра, входят в третье подразделение. Единственное различие между обыкновенными планетарными туманностями и кольцевыми заключается в том, что в последних центральная звезда кажется отделенной от окружающей ее оболочки или кольца. Оба типа несомненно имеют сходное происхождение и различаются только структурными деталями. Напоминающие явление взрыва «новые звезды» могут быть отнесены к этому третьему подразделению, по меньшей мере те из них, спектр которых меняется от спектра звезд до спектра туманностей. Звезды особого типа Вольфа-Райе также родственны телам, входящим в это самое подразделение.

Переходя от класса систем спутников к классу планетарных структур, мы подвинулись в сторону увеличения средних размеров и масс. Могут существовать лишенные планет подкарликовые звезды по размерам не больше Юпитера, но, поскольку показывают наши наблюдения, эти лилипуты не являются обычными. Средняя планетарная система во много раз больше по размерам и массе, чем известные нам системы спутников.

Припоминаются другие классификации звезд. Существует грубое подразделение на карликов и гигантов, с дополнительными категориями подкарликов и сверхгигантов. Наиболее известной и чаще всего применяемой классификацией звезд является конечно классификация, располагающая их по спектральному типу. Сорок или пятьдесят отдельных спектральных классов основаны на доступных наблюдению различиях в температуре и условиях ионизации в звездных атмосферах. Но эти классификации спектров относятся по существу к самим звездам, а не к звездам с подчиненными им массами, они относятся к телам, а не к системам.

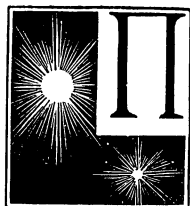
Сближение планетарных туманностей и систем планет на основе гравитационных признаков имеет свою историю. В эпоху первых открытий в мире туманностей и вызванных этими открытиями дискуссий некоторые объекты были классифицированы как зеле-

ные туманности, а некоторые как белые — указание на преобладающее излучение. Среди зеленых туманностей многие имели симметричную форму, их изображения были скорее похожи на диски, чем на точки, как у звезд. По внешнему виду ближайшей аналогией этим звездным объектам служили поверхности планет солнечной системы. Отсюда эти туманности соответственно были названы «планетарными», и это название сохранилось за ними. Эти объекты конечно никогда не считались имеющими размеры планет; объемы планетарных туманностей колоссальны, в биллионы раз больше объема Земли. Прежде их относили в одну группу с неправильными и диффузными туманностями. Настоящая классификация относит планетарные туманности и их ближайших родственников, кольцевые туманности, к тому же общему звездному классу, как и нашу планетную систему. Условное название стало соответствовать положению вещей.

Причислив один вид подлинных небулярных организаций к классу планетарных систем и связав другие туманности с метеорными ассоциациями, мы иллюстрировали пользу общей классификации для уяснения деталей. До сих пор существовала тенденция сваливать в одну кучу все диффузные и газовые туманности, безразлично — планетного типа или неправильные, темные или светлые. Существуют конечно примеры тел, которые могут не укладываться в границы, установленные классификацией; поэтому отнести объект к какому-либо классу не всегда будет делом ясным или недвусмысленным, но несомненно можно оправдать признание неоднородности природы газовых туманностей и распределение их по разным местам. Кроме того мы еще не закончили рассмотрения такого рода туманностей; они появятся позже в совершенно ином классе и космически в более важной роли.



ДВОЙНЫЕ И КРАТНЫЕ ЗВЕЗДЫ



рассматривая наш обзор гравитационных систем, мы отметили пока в порядке возрастания масс и размеров нижеследующие классы материальных систем

- + 1. Метеорные ассоциации,
- + 2. Системы спутников,
- + 3. Планетарные структуры,

т. е. метеоры, луны и звезды, окруженные семьей планет. Следующий шаг ведет к преобладающему типу звезд — двойным звездам.

Наиболее логичной классификацией двойных и кратных звезд является классификация, основанная на структурных признаках, с нижеследующими подразделениями.

+4: ДВОЙНЫЕ И КРАТНЫЕ ЗВЕЗДЫ:

I. Тесные системы:

- а) затменные,
- б) спектроскопические.

II. Визуальные системы:

- а) гравитационные,
- б) оптические.

III. Пары и группы звезд, обладающих общим движением:

Класс двойных и кратных звезд дает хорошую иллюстрацию применения обозначений, которые я выбрал для различных подразделений более обширных классов материальных систем. Арабские цифры обозначают деления и подразделения систем по массе

и размерам. Они применяются поэтому для более обширных классов. Арабские цифры появляются в классе минус три (атомы), чтобы отметить различные атомные структуры в порядке возрастания массы и сложности строения. Три подкласса метеорных ассоциаций — метеорные потоки, кометы и диффузные туманности с центральным сгущением — также обозначены арабскими цифрами, так как метеорные потоки отличаются от комет главным образом тем, что первые меньше, а диффузные туманности очевидно больше по размерам и по массе, чем те и другие, но может быть в других отношениях существенно от них не отличаются.

Римские цифры применяются для обозначения структурных различий, подобных например тем, которые существуют между типом Земля — Луна и сатурновым типом системы спутников, а также между представителями главных подразделений класса двойных звезд.

Латинскими буквами отмечаются классы, которые кажутся различными главным образом или целиком вследствие положения наблюдателя по отношению к ним. Периодически затменные тесные двойные звезды отличаются от других тесных двойных звезд только тем, что для первых мы расположены близко к плоскости орбит, по которым составляющие обращаются вокруг их общего центра тяжести. Если занять надлежащее положение в пространстве, то всякая спектроскопически двойная звезда могла бы наблюдаться как затмевающаяся пара. Эта классификация, основанная на том, что нам кажется, всецело геоцентрична и представляет только эмпирический интерес; она может быть полезной как некоторый шаг вперед в наших исследованиях, но для понимания систем особого значения не имеет.

Греческие буквы применяются для обозначения различий, основанных на природе систем. Это деление более фундаментально, чем основанное на структурных различиях, или по меньшей мере оно кажется таковым. Таким образом кванты и электроны суть совершенно различные виды корпускул; гравитационные и оптические двойные звезды точно так же суть фундаментально различающиеся виды визуальных систем.

Различия между разными типами подклассификаций не всегда ясно проведены, и иногда выбор обозначений был произвольным. Например галактические скопления, описанные в главе второй, классифицированы при помощи латинских букв, потому что видимая форма и видимая степень концентрации являются наиболее важными факторами при разделении различных типов, но имеются также подлинные структурные различия при переходе от одного типа к другому. Шаровидные скопления классифицированы в следующей главе на основе структурных различий, но внешний вид, т. е. положение относительно наблюдателя, так же как структура и массивность, является фактором при выделении классов. Несмотря на эти случайные двусмысленности, общее применение различных обозначений для различных видов подразделений обширных классов кажется заслуживающим того, чтобы его придерживаться. Двусмысленности не будут нас долго вводить в заблуждение. Строго единообразная классификация, например проведенная всецело по признаку возрастания масс или размеров внутри каждого большого класса, конечно не может быть рекомендована и фактически невозможна. Для рабочей классификации часто оказываются более полезными не размеры или масса, а иные доступные измерению свойства.

Двойных звезд фактически известны десятки тысяч. Мы полагаем, что существуют миллионы еще не открытых двойных среди звезд, которые были сфотографированы. Вероятно в нашей галактике из каждых трех или четырех звезд одна является двойной или кратной. Это двоение, троение и деление на несколько звезд производит на всякого, изучающего космические явления, впечатление реакции звезды на внутреннее напряжение. Деление звезды может осуществиться различными путями, но последние исследования звездных форм и движений указывают, что тесные пары образовались почти исключительно путем разрыва, который неизбежно настает для звездной массы, когда скорость ее вращения становится слишком большой.

Разрыв вследствие вращения может прямым путем объяснить рождение тесных двойных звезд; но нет необходимости, чтобы он

же являлся способом образования визуальных двойных, в которых составляющие, хотя и связанные узами взаимного притяжения, разделены сотнями миллионов километров. Такие пары могли развиваться из тех пар, в которых расстояние между составляющими увеличивается вследствие продолжительности приливного действия и возмущений от проходящих мимо звезд; но более вероятно, я думаю, что составляющие возникли как широко разделенные звезды в каком-либо первичном скоплении или туманности. Но, каково бы ни было их происхождение, они, как и тесные пары, суть гравитационные системы, бóльшие по массе в среднем, чем одна звезда с ее оболочкой из метеоров, комет или туманности, и меньшие, чем те звездные группы, которые мы рассматриваем как галактические скопления.

Визуальные двойные звезды названы так потому, что каждая из составляющих может быть видима в отдельности. Напротив, спектроскопические и затмевающиеся двойные остаются неразделенными даже в самые сильные телескопы. Дзета Большой Медведицы, звезда второй величины на сгибе ручки Ковша, была первой найденной визуальной двойной, открытой почти триста лет назад. Однако значение двойных звезд в астрономии не было достаточно оценено до конца восемнадцатого столетия, когда Вильям Гершель начал свой систематический обзор и нашел путем повторных измерений, растянувшихся на много лет, что эти пары звезд суть нечто более значительное, чем только оптические двойные, случайно расположенные вдоль линии зрения.

Знания о двойных звездах быстро росли. Сто лет назад Струве уже занес в каталог более трех тысяч двойных звезд (некоторые из них были кратными), а наблюдения за целое столетие дали с тех пор материал для изучения движений и вычисления орбит, масс, яркостей и расстояний. Небесная механика охватила не только планеты, но и звездные системы. Начали определять массу звезд по сравнению с Солнцем. Было доказано, что тот же самый закон тяготения управляет как движениями удаленных двойных звезд, так и движениями планет в солнечной системе. По мере того как наблюдатель двойных звезд переходит ко все

более и более слабым звездам, он должен уменьшать верхний предел углового расстояния между составляющими, в противном случае он включит в свой рабочий список слишком много ложных пар. Разыскивая двойные среди звезд первой величины, он вполне может принять как практический рабочий предел расстояние в одну минуту дуги; для звезд двенадцатой величины подходящим пределом может быть расстояние в одну секунду дуги. Если взять более широкие пределы, то в результате было бы гораздо больше «открытий», но каталог наблюдателя часто был бы засорен включением бесполезных по существу оптических двойных звезд.

Периоды обращения в визуальных двойных системах варьируют от нескольких лет до нескольких сотен тысяч лет и более. Для многих короткопериодических двойных относительное движение составляющих может быть обнаружено при помощи микрометрических измерений, охватывающих несколько лет. Многие двойные сделали несколько полных оборотов со времени их открытия. Когда периоды превышают сто лет, то мы имеем, вообще говоря, наблюдения, охватывающие только часть орбиты. Когда же период превышает тысячу лет, то относительное движение составляющих неизмеримо мало и обнаруживается главным образом косвенным путем; что такая пара действительно является физической двойной, это обычно можно вывести, только обнаружив общее движение ее составляющих относительно соседних звезд.

Многие из наиболее известных ярких звезд являются визуальными двойными. Наиболее известная из долгопериодических переменных *Mira Ceti* имеет слабого и довольно загадочного спутника, открытого сравнительно недавно. Звезда наибольшей видимой яркости Сириус имеет слабого спутника необычайно большой плотности; спутник по диаметру немного больше Земли, но почти равен Солнцу по массе; история его открытия описана ниже. Прокцион имеет подобного же слабого спутника; Капелла и ближайшая из всех звезд α Центавра — обе двойные, причем их составляющие почти одинаковой яркости. В системе α Центавра имеется еще третий член — резко выраженный карлик, который в настоящее время расположен несколько ближе к Солнцу, чем две ярких

составляющих, и соответственно этому он получил название *Proxima* (ближайшая).

Тройные системы, подобные α Центавра,—не редкость, а иногда встречается кратность более высокого порядка. Например Кастор состоит из двух звезд второй величины спектрального класса A0 (беловатые звезды). Они обращаются вокруг их общего центра тяжести с периодом в несколько столетий. Каждая из этих ярких звезд сама является тесной двойной — короткопериодической спектральной двойной. На расстоянии немного более минуты дуги от этой «пары пар» находится третий член системы, принадлежащий к спектральному классу M0: красная карликовая звезда — также спектральная двойная. Кроме того составляющие карликовой пары движутся вокруг их общего центра масс по орбите, которая расположена в пространстве таким образом, что для земных наблюдателей имеют место периодические затмения. Мы можем благодаря этим затмениям вычислить, что плотность каждого из этих карликов в 2,6 раза больше плотности Солнца, а масса вдвое меньше солнечной; их радиусы составляют только шесть десятых долей радиуса Солнца. Система Кастора поэтому представляет собой не одну звезду, как мог бы предположить случайный наблюдатель, но кратную систему из шести составляющих.

Визуальные двойные могут быть классифицированы следующим образом:

I. Класс α Центавра; составляющие одинаковой яркости, период обращения меньше ста лет.

II. Класс Сириуса; одна из составляющих гораздо меньше другой, период меньше ста лет.

III. Класс 61 Лебеда; составляющие одинаковой яркости и разделены большим расстоянием, период больше ста лет.

IV. Наиболее обычный класс, где составляющие разделены большим расстоянием, имеют одинаковую или разную яркость; орбитальное движение пока еще не обнаружено.

V. Класс Капеллы; спектроскопически открытые двойные; визуально еще не разделены, иначе как при помощи интерферометра.

Двойные звезды играли и продолжают играть весьма важную роль в проблемах звездной эволюции. Например наши знания о

массах звезд получены главным образом благодаря двойным звездам. Выведенное соотношение между массой и абсолютной яркостью также базируется прежде всего на этих системах. Труд открытия, измерения и вычисления был тяжел, но результаты полностью его оправдали. Кстати сказать, наблюдения визуальных двойных звезд являются одной из немногих областей астрономических исследований, предоставленных визуальным методом: почти все астрономические наблюдения, некогда производившиеся при помощи телескопа и глаза, перешли к фотографическому телескопу и чувствительной, хотя и безличной, фотографической пластинке.

Открытие двойственности Сириуса не было обычным рутинным открытием двойной звезды — простым обнаружением при помощи телескопа двух звезд, расположенных необыкновенно тесно. Новый спутник гравитационно был открыт задолго до того, как его зарегистрировали оптически. Мы могли бы сказать, что он был творением ума прежде, чем материализовался. Необычный характер открытия, а также важное значение спутника для физики, геометрии и астрономии может быть оправдывает краткую экскурсию в область истории астрономии.

Новый метод исследования звезд и сделанное на основании этого метода открытие слабых спутников Сириуса и Прокциона восходит к германскому астроному Бесселю в Кенигсберге. Что Сириус имеет сравнительно большое собственное движение по небу относительно удаленных телескопических звезд, было давно известно. Он движется к юго-западу со скоростью $1'',3$ в год, что дает через тысячу четыреста лет перемещение, равное угловому диаметру Луны. Заметное годичное движение не уменьшило пользы этой звезды для астрономических работ Бесселя по точному определению времени. Так как ее движение точно известно, то звезда имеет такую же ценность для исправления ошибок наших обсерваторских часов, как если бы она была неподвижной.

Столетие назад однако равномерность движения Сириуса была взята под сомнение. Бессель настойчиво и с редкой проницательностью изучал вопросы определения времени и движений

звезд. Впервые он заподозрил неравномерность движения Сириуса около 1835 года. Неправильности, превышавшие ошибки наблюдений, появились в поправке часов, которая определялась на Кенигсбергской обсерватории при каждом наблюдении прохождения Сириуса через меридиан. Бессель проследил ход неправильностей и в 1844 году заметил, что «если бы мы должны были рассматривать Сириус и Прочион как двойные звезды, то изменение в их движениях нас бы не удивило». Движение Сириуса вокруг центра тяжести, общего ему самому и спутнику, рассуждал Бессель, должно вызвать наблюдаемые неправильности. Закон тяготения обнаружил то, чего телескоп не мог показать. Несколько лет спустя Петерс произвел дальнейший анализ наблюдений Сириуса и нашел, что отклонения от равномерного движения по прямой линии могли бы быть объяснены в предположении обращения по орбите с периодом в пятьдесят лет.

В 1862 году Альван Кларк, знаменитый американский оптик, испытывал по Сириусу новый восемнадцатидюймовый рефрактор. Он не думал открыть двойную звезду, но превосходные качества телескопа, острота зрения Кларка и положение спутника относительно ослепительно яркой главной звезды — все благоприятствовало открытию. С этой ночи Сириус сделался известным как двойная звезда, может быть наиболее важная на небе.

Позже было найдено, что спутник Сириуса белый, а не красный, как большинство карликовых звезд; он — первый и наиболее достоверный белый карлик — звезда-лилипут, которая посылает весьма яркий свет с поверхности планетных размеров. Так как размеры спутника малы, а общая масса тем не менее достаточно велика, чтобы возмущать движение Сириуса, то мы заключаем, что под его незначительной по величине поверхностью материя должна быть в высшей степени сжата. Действительно, масса спутника почти равна массе Солнца; средняя плотность звезды соответственно в пятьдесят или шестьдесят тысяч раз больше плотности воды: шестьдесят килограммов на кубический сантиметр! Внутри звезды атомы материи находятся в состоянии крайней ионизации и чрезвычайно плотно «упакованы».

Опытная проверка теории относительности может быть основана на измерениях сдвига спектральных линий белого карликового спутника Сириуса к красному концу спектра. Эта звезда — своего рода подарок теориям звездной эволюции, хотя чаще служит для них камнем преткновения.

Сириус сам по себе является нормальной звездой и был вероятно рожден (если звезды рождены) в то же самое время, что и его белый карликовый спутник. Почему природа поступила с одним иначе, чем с другим? Почему атомы спутника раздроблены, в то время как атомы Сириуса остаются в состоянии, настолько нормальном, что средняя плотность очень близко подходит к плотности Солнца и воды? Которая из двух является ненормальной звездой? Необходимо ли считать таковой спутника?

Карликовые звезды трудно находить и с уверенностью отождествлять за исключением тех, которые находятся в системах двойных звезд, и даже там их можно обнаружить только в том случае, если эти системы близки к Земле. Мы не можем быть уверены в том, что белые и желтоватые карликовые звезды не являются наиболее многочисленным типом звезд во вселенной. Их может быть целый миллион в пределах тысячи световых лет от Солнца. Какую фазу звездной эволюции они представляют? Какое отношение они имеют к угасанию звезд, распаду материи, смерти вселенной?

Перед лицом таких затруднений мы испытываем искушение равнодушно отнестись к теориям звездной эволюции и посвятить нашу энергию в настоящее время собиранию дальнейших сведений о типах и числе звезд — о звездах, особо выделяющихся по яркости, скорости, расстоянию, массе и плотности.

Кое-что нужно сказать о тесных двойных звездах — системах, в которых составляющие вообще разделены только на несколько миллионов километров и которые кажутся поэтому и в телескоп и на фотографической пластинке одиночными светлыми точками. Их открывают либо по изменениям яркости, указывающим, что они являются затменными двойными, или часто посредством спектроскопа, когда их орбиты так наклонены, что затмения проходят

«впустую», т. е. для нас не существуют. Дзета Большой Медведицы была первой известной спектроскопической двойной, так же как она была первой визуальной двойной. Пиккеринг и его сотрудники на Гарвардской обсерватории заметили периодическое двоение некоторых линий поглощения в спектре одной из составляющих. По принципу Доплера, согласно которому свет удаляющегося тела краснеет, а приближающегося тела изменяется в сторону синего цвета¹, периодическое двоение и сдвиг линий в спектре Дзеты Большой Медведицы были непосредственно приписаны двойственности этой звезды. Уже было указано, что такие системы встречаются часто. Существует более тысячи спектральных двойных звезд, занесенных в каталоги, и около четырехсот затменных двойных. Сотни будут открыты в ближайшие годы.

Затменные двойные можно разделить на такие, которые при каждом обращении затмеваются частично, и на такие, которые подвергаются полному затмению. Их можно было бы классифицировать или по длине периода или (это относится к тем, орбиты которых вычислены) по плотности или по форме составляющих. Но все эти критерии в настоящее время непригодны для целей классификации. Каждая система отличается от других. Пока мы не накопим больше материала или пока не возникнет определенная нужда в статистических исследованиях, имеется очень мало оснований для классификации сотни затмевающихся переменных, для которых выведены элементы орбиты, или всех четырехсот по неуверенным критериям.

Классификация спектральных двойных звезд была предложена Анрото, но она также не является достаточно четкой. Периоды этих тесных двойных звезд лежат в пределах от нескольких часов до многих лет. Некоторые из них являются гигантами, но большинство умеренной или малой яркости. Они чрезвычайно полезны при нашем общем изучении звездных систем, доставляя сведения

¹ Изменение цвета, о котором говорится в тексте, настолько незначительно, что мы замечаем лишь смещение спектральных линий к красному или фиолетовому концу спектра. *Прим. ред.*

о массах звезд, а иногда и о диаметрах. Мы чувствуем, что мы действительно много о них знаем. Например кривая изменения яркости и динамика затмевающейся переменной звезды удовлетворительно истолковываются практически во всех деталях. Это единственный тип переменных звезд, который мы можем объяснить вполне и с уверенностью; для других типов нам приходится пользоваться гипотезами — временными и только отчасти удовлетворительными.

Третье главное подразделение двойных и кратных звезд — пары, имеющие общее движение, — представляет естественную переходную ступень к разбросанным звездным скоплениям и широко раздвинутым визуальным двойным, которые обнаруживают незначительное или совсем не обнаруживают никакого орбитального движения за время наблюдений, охватывающих несколько десятков лет. Двойная с большим расстоянием между составляющими обнаруживается, как отмечено выше, не только потому, что составляющие расположены рядом, но и по их общему движению, отличающему их от соседних звезд. С другой стороны, пары, обладающие общим движением, обнаруживаются только по движению. Иногда, но не часто, полезные сведения дают лучевые скорости, подтверждающие параллельное движение по небу.

Одна из наиболее интересных пар такого рода описана Адамсом. Она находится на южном небе ($\alpha = 15^h 6^m$, $\sigma = -16^\circ$) и состоит из двух звезд девятой величины, отстоящих одна от другой на пять минут дуги, что приблизительно в сто раз превышает максимальное расстояние между обыкновенными визуальными двойными звездами девятой величины. Обе составляющих принадлежат к спектральному типу, включающему звезды немного краснее нашего Солнца; их лучевая скорость составляет триста километров в секунду и направлена от Солнца, а их годовое собственное движение равно $3''76$. По этим двум компонентам движения: одной по лучу зрения, и другой, направленной перпендикулярно, мы вычисляем, что полная скорость в пространстве равна пятистам восьмидесяти километрам в секунду.

Это вычисление могло быть проведено только потому, что известно расстояние до этих звезд. Особенность этих двух звезд

заключается в их большой и одинаковой скорости и параллельности траекторий, разделенных одна от другой почти триллионном километров. Влияние взаимного тяготения должно быть исключительно малым.

Трудно представить, каково могло быть происхождение систем с таким большим расстоянием между составляющими, если только не предположить, что они не являются остатками звездного скопления. Если бы например все звезды группы Большой Медведицы, за исключением двух, были удалены из системы, то эти остальные две, разделенные может быть многими световыми годами, продолжали бы двигаться в пространстве, образуя пару звезд, одинаковых по спектру и по скорости, увлекаемых неведомыми силами в общем направлении.



ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ



есть звезд в центре туманности Ориона, образуют одну из переходных ступеней между двойными звездами, которые обращаются вокруг их центров тяжести в несколько сот или несколько тысяч лет, и звездными скоплениями, в которых периоды обращения должны измеряться миллионами лет. Группу трапеции Ориона можно рассматривать или как кратную звезду или как очень бедное звездами скопление. Существуют и другие промежуточные ступени, но если число звезд больше десяти, то группу относят к категории звездных скоплений.

Большое разнообразие галактических скоплений не только в отношении числа звезд, но также и в отношении структуры отмечено выше, в главе о Плеядах. Предложенная классификация — от неоднородных звездных полей до плотных групп — является одномерной. Если бы мы имели достаточные сведения о спектрах, мы могли бы установить для членов каждого подкласса их принадлежность к типу Плеяд или Гиад. Далее мы могли бы подразделить различные подклассы галактических скоплений на основании числа образующих их звезд или степени их яркости. Тремплер предложил (и сам пользовался ею) классификацию по спектрам, а также двумерную или трехмерную классификацию, основанную на концентрации, степени яркости и числе звезд.

Однако трудно определить все число звезд галактического скопления, так как наши телескопы показывают в слабых группах только наиболее яркие звезды. Вследствие такой избирательности степень яркости является ненадежным критерием класса. Кроме того для всех почти галактических скоплений трудно установить форму, размеры и самую принадлежность отдельных звезд к группе вследствие обилия звезд в тех полях, где они расположены. Где кончается скопление и где начинается галактическое звездное поле — это скорее дело догадки, чем обоснованного суждения; также в пределах одного скопления число звезд, действительно принадлежащих к системе, не всегда можно установить путем счета звезд или путем спектрального анализа. Ввиду этих затруднений я предлагаю принять только простую эмпирическую схему главы о Плеядах, чтобы установить хоть некоторый порядок в этом запутанном многообразии.

План классификации очевиден; мы имеем дело главным образом с компактностью и сгущением к центру. Чем дальше мы находимся от галактического скопления, тем больше кажущаяся компактность. Существуют конечно и реальные различия в плотности, т. е. в линейном расстоянии между отдельными звездами, но схема, которой я пользуюсь, не пытается установить их прямо, а основана на кажущемся распределении членов звездного скопления. Если бы Плеяды, принадлежащие к классу с, были в десять раз дальше от нас, они вероятно были бы отнесены к классу f или g. Если бы они находились в одной из отдаленных внешних галактик, мы видели бы их как одну единственную туманную звезду и совсем не признавали бы эту группу за звездное скопление. С другой стороны, если бы мы находились внутри Плеяд, причем члены группы были бы видны по всем направлениям, то не было бы никаких признаков скопления, хотя, при случае, изучение движений звезд обнаружило бы их гравитационную связь и может быть заставило бы нас отнести эту систему к классу b.

Классификация галактических систем не только вводит элемент порядка, но приводит также к интересным взглядам на развитие звездных систем. Изучение расстояний и размеров подчеркивает

те факты, что деление на классы охватило более чем только видимую сторону и что действительные различия в степени центрального сгущения существуют среди галактических скоплений. В результате дальнейшей работы по определению расстояний станет возможным пересмотр классификации в отношении структуры.

Более обильными, чем самые обильные из галактических скоплений, являются шаровидные системы, которые, вообще говоря, не обнаружены вблизи галактического круга. Не только в отношении положения на небе, но и в других отношениях они обнаруживают свойства, столь отличные от свойств галактических скоплений, что они очевидно принадлежат к иной группе. Имеется однако несколько деталей, в отношении которых оба типа сходны.

Это сходство побуждает нас искать генетические соотношения; различия приводят нас к новой теории галактической системы.

Галактические скопления, подобные Плеядам и Гиадам, и шаровые скопления с х о д н ы в следующих отношениях:

- а) Они состоят из звезд разных спектральных классов.
- б) Они являются гравитационными системами, столь же очевидными и определенными, как двойные звезды, хотя периоды обращения или колебания звезд относительно гравитационных центров скоплений неизмеримо велики.
- в) Их распределение по небу указывает на их принадлежность к галактической системе.
- г) Почти в каждом галактическом скоплении более яркие звезды имеют действительно большую яркость: это гиганты по сравнению с Солнцем, а часто и сверхгиганты.

Р а з л и ч и я более значительны, чем сходство:

- а) Галактические скопления тесно связаны с Млечным Путем: все они за исключением двух или трех находятся от галактической плоскости на расстояниях, не превышающих трех тысяч световых лет; известные нам шаровидные скопления встречаются во всех галактических широтах, они более многочисленны близ границ Млечного Пути, но нет ни одного скопления, расположенного ближе двух тысяч лет от галактической плоскости.

б) Галактические скопления распределены по всей окружающей Млечного Пути; шаровидные скопления почти совершенно отсутствуют в северном небесном полушарии.

с) Галактические скопления состоят из десятков или сотен звезд, редко из тысяч; шаровидные системы содержат десятки или сотни тысяч звезд.

д) Средняя лучевая скорость галактических скоплений, насколько известно, невелика, она редко превышает сорок километров в секунду; шаровидные скопления движутся в среднем с лучевой скоростью более ста километров в секунду.

е) Галактические скопления, по меньшей мере две или три сотни занесенных в каталоги, почти все расположены не далее четырех тысяч световых лет от Солнца. Все шаровидные скопления находятся дальше десяти тысяч световых лет, и по меньшей мере треть из них расположена далее ста тысяч световых лет.

ф) Галактические скопления имеют неправильную форму, различные размеры и содержат различное число звезд; шаровидные скопления за немногими исключениями имеют повидимому сравнимые размеры и сравнимую общую яркость. заставляя думать, что и число звезд в них приблизительно одинаково.

Ввиду этих многочисленных и важных различий между двумя классами скоплений довольно удивительно, что астрономы думали объединить их в одной схеме. Нет оснований для такой попытки, за исключением до некоторой степени тщетного желания найти ключ к развитию галактической системы. Если какое-либо шаровидное скопление, которое нормально кажется колеблющимся вперед и назад поперек галактической плоскости, было бы захвачено и его движение было бы направлено туда и сюда через густые звездные области вдоль галактической плоскости, то вероятно такая обильная система через некоторое время выродилась бы в разбросанную галактическую группу: скопление Геркулеса могло бы превратиться в Гиады, если было бы представлено достаточно времени и разрывающих воздействий в сильно возмущающих звездных полях. Но захват и надлежащее

отклонение звездного скопления с последующим преобразованием из шаровидного в галактический тип кажется динамически невероятным.

Сперва отсутствие шаровых скоплений в самых низких галактических широтах, где галактические скопления многочисленны, казалось, указывало, что первые в такой области неустойчивы и были быстро преобразованы в более бедный звездами галактический тип. Но промежуточных форм было найдено очень мало — вряд ли даже одна подлинно промежуточная. Исследования над распределением темной материи в области Стрельца указывают однако, что может существовать множество шаровидных скоплений вблизи галактического круга, скрытых за темной туманностью.

В дальнейшей главе, где будут обсуждаться супергалактики, я снова вернусь к аномальному положению шаровых звездных скоплений. Временно мы допустим, что два главных класса скоплений существенно различны, и, классифицируя их, мы не будем пытаться провести для шаровидных скоплений тот же самый план, который был найден наиболее подходящим для открытых систем.

Известно около сотни шаровых скоплений; все они за исключением полудюжины лежат за пределами доступного невооруженному глазу, а немногие видимые кажутся незначительными туманными пятнами. Если усилить наше зрение при помощи телескопа, эти более яркие скопления разрешаются на рои звезд. Увеличение силы телескопа, особенно если его используют для фотографирования, обнаруживает отдельные звезды в самых удаленных и слабых скоплениях. Практически в таких скоплениях звезды заметно сгущаются к центру и так тесно расположены, что редко встречается фотография, на которой изображения звезд не сливаются.

Сильное сгущение к центру является одним из главных препятствий для исследований, касающихся числа звезд в шаровидных скоплениях, их яркостей и распределения. К несчастью среди них нет ни одного близкого к солнечной системе. На расстоянии почти в двадцать тысяч световых лет самое близкое скопление все же оказывается столь далеким, что, как только мы попытаемся

исследовать центральные звезды такой же яркости, как Солнце, и более слабые, мы встречаем непроницаемый хаос. Однако для гигантов и сверхгигантов в некоторых из наиболее разбросанных шаровидных скоплений звездные величины и распределение могут быть найдены, если только пользоваться фотографиями, снятыми с короткой экспозицией.

Сходство шаровидных скоплений друг с другом делает классификацию сотни известных систем затруднительной. Они отличаются одна от другой главным образом по видимой яркости и размерам, что является естественным результатом различия расстояний от наблюдателя. Но некоторые скопления обильнее сверхгигантскими звездами, чем другие; некоторые кажутся в проекции не круговыми, но явно эллиптическими, и при большом внимании можно действительно обнаружить различия в центральных сгущениях. Именно на основе внутренней концентрации построена рабочая классификация. По гарвардской системе шаровидные скопления были разделены на двенадцать групп в порядке возрастания концентрации. Может быть мы приняли слишком много подразделений; между классами II и III разница не велика, и так же мало различия между классами X и XI. Но между классами III и X или даже между III и VI различие очевидно.

Когда мы изучаем распределение, среднюю цветность или другие свойства шаровидных скоплений, мы находим мало соотношений с классом. Классы несомненно указывают на разнообразие структуры по меньшей мере среди гигантских и сверхгигантских звезд, но мы еще не определили смысла различий между классами. Вероятно они связаны с возрастом и со степенью развития или распада или указывают на прошлые встречи с другими звездными системами, или отражают некоторые различия между местами возникновения и первоначального состояния. Дальнейшие исследования покажут или будущие гипотезы объяснят с большим успехом, чем мы теперь можем это сделать, почему некоторые шаровидные скопления бедны звездами-гигантами, некоторые исключительно обильны переменными звездами, некоторые сильно сгущены к центру, в то время как другие оказыва-

ются столь же рассеянными, поскольку это касается ярких звезд, как наиболее плотные классы галактических скоплений.

Имея в виду возможность построить классификацию более чем одномерную не только для скоплений, но и для многих других групп, рассмотренных в нашем общем обзоре, мы вполне можем принять для настоящего случая одномерную схему и добавить к нашим постепенно развертывающимся рядам следующий:

+5: ГАЛАКТИЧЕСКИЕ СКОПЛЕНИЯ:

- a) Звездные поля неравномерной плотности.
- b) Соединения звезд.
- c) Очень разбросанные группы.
- d) Разбросанные группы.
- e) Сжатые группы.
- f) Компактные группы.
- g) Плотные группы.

+6: ШАРОВИДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ:

I. Наиболее концентрированные системы.

II.

XII. Наименее концентрированные системы.

Последний каталог галактических скоплений, содержащий двести сорок девять занесенных объектов, был составлен на Гарвардской обсерватории. Не было сделано никаких попыток включить объекты классов a и b. Список по необходимости неполон для групп c и d, так как они часто неопределенны или неотделимы от малых звездных облаков или неравномерных звездных полей. Следующая таблица показывает число скоплений в каждом классе:

Класс	c	d	e	f	g
Число	20	85	67	47	30
Итого					249

Число шаровидных скоплений, относящихся к каждому из двенадцати подклассов, таково:

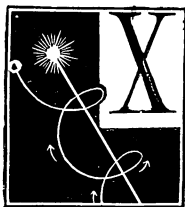
Класс	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Число	4	7	7	12	12	11	8	10	10	9	9	4

Дальнейшее и очень важное различие между шаровидными и галактическими скоплениями должно быть здесь подчеркнуто. Неизвестна ни одна галактическая группа, содержащая переменные звезды класса Цефеид, в то время как почти каждое шаровидное скопление, которое было тщательно исследовано, обладает этими переменными, позволяющими определить расстояние. Следовательно шаровидные скопления важны тем, что дают нам размеры галактической системы и позволяют определить наше положение внутри нее. Галактические скопления, с другой стороны, трудно распределить по расстоянию с какой-либо уверенностью в точности; мы можем сказать только, основываясь на видимой яркости их голубоватых звезд или пользуясь каким-либо другим подобным способом, находятся ли они сравнительно близко или далеко от Солнца.

Шаровидные скопления образуют сверхструктуру, размеры и форма которой определяются по переменным класса Цефеид. Вследствие их симметричного расположения относительно галактической плоскости, эта организация высшего порядка может рассматриваться как часть галактической системы. Она имеет диаметр свыше двухсот тысяч световых лет — величина несравненно большая, чем какая-либо из обнаруженных до сих пор при нашем обзоре, и имеющая большое значение, когда приходится измерять или сравнивать между собою галактики.



ЗВЕЗДНЫЕ ОБЛАКА И ГАЛАКТИКИ



орошие звездные фотографии показывают вблизи границ Большого Магелланова Облака среди резких изображений отдельных звезд полдюжины туманных изображений.

Большие рефлексоры пока еще не могут быть использованы для решающего исследования этих объектов, но сравнение со скоплениями, расположенными вдоль границ Млечного Пути, указывает, что эти объекты суть типичные шаровые скопления. Дальнейшие исследования позволяют установить, что они являются членами этой соседней галактики.

Лучших условий для сравнения размеров шаровидного скопления и галактики нельзя найти. По переменным звездам класса Цефеид мы знаем, что расстояние до Большого Облака заключается в пределах от восьмидесяти до девяноста тысяч световых лет. Линейный диаметр Облака, вычисленный по этому расстоянию и измеренному угловому диаметру в семь градусов, составляет приблизительно одиннадцать тысяч световых лет, в то время как линейные диаметры входящих в него шаровых скоплений вряд ли больше ста световых лет. Несмотря на несоответствие в размерах, не существует явных промежуточных форм между скоплениями и звездными облаками, и в ряду гравитационно-организованных материальных систем Магеллановы Облака могут быть взяты как следующая ступень за шаровыми звездными скоплениями.

По размерам и числу звезд Большое Магелланово Облако эквивалентно сотням, может быть даже тысячам скоплений. Оно включает их как подчиненные части. В Облаке находится лишь несколько скоплений из класса шаровидных, но зато имеются десятки открытых звездных групп, некоторые с обширными туманностями, как Плеяды, а некоторые с чрезвычайно яркими сверхгигантскими звездами. Но все эти скопления как открытые, так и шаровые являются вторичными и малыми, если сравнивать их размеры с размерами галактики.

Наши доводы за то, чтобы рассматривать два Магеллановых Облака как отдельные галактики, легко привести. Будучи наиболее заметными объектами южного звездного неба, Магеллановы Облака имеют вид оторванных частей Млечного Пути, расположенных совершенно отдельно от облаков и звездных пластов, которые образуют нашу галактическую систему. Скорости, с которыми они удаляются от Солнца, составляют двести семьдесят два километра в секунду для Большого Облака и сто шестьдесят восемь километров в секунду для Малого Облака; их расстояния от галактической плоскости равны соответственно сорока семи тысячам и шестидесяти трем тысячам световых лет. Они содержат чрезвычайно яркие звезды весьма разнообразных типов, различные виды скоплений и туманностей, и по мере того как мы переходим к более слабым звездам, Магеллановы Облака обнаруживают возрастающее изобилие объектов, что характерно для нашей собственной галактики. Но наибольшее значение имеет сходство Магеллановых Облаков с многочисленными другими внешними системами. Они повидимому суть наиболее близкие из числа весьма обычных неправильных звездных облаков.

Звеном, связующим эти две почти «островные вселенные» с внешними галактиками типа спиральных туманностей, является один неясный объект, открытый около сорока лет назад в созвездии Стрельца. Барнард, первый, кто его наблюдал, работая с малым визуальным телескопом, видел объект как туманное удлиненное пятно — клочок слабой туманности. Много лет он оставался неизученным и вошел в Новый общий каталог (N. G. C.)

только как номер 6822 с описанием «vF, L, E, dif.». Расшифровывая эти символы, мы видим, что Барнард описал объект как «очень слабый, большой, вытянутый, размытый». Барнард не увидел никаких признаков звездной структуры; он не подозревал, что здесь другая звездная вселенная.

Несколько лет назад на Кордобской обсерватории в Аргентине, на обсерватории на горе Вильсон в Калифорнии и на Гарвардской обсерватории (в Перу) объект N. G. C. 6822 был подвергнут дальнейшему изучению при помощи более сильных телескопов. Тогда было найдено, что он состоит из большого числа звезд и нескольких ярких газовых туманностей. Основываясь на яркости его звезд-гигантов, я оценил предварительно расстояние в восемьсот тысяч световых лет. Последующее детальное исследование, произведенное Хебблем на горе Вильсон, обнаружило присутствие переменных звезд класса Цефеид и привело к заключению, что N. G. C. 6822 находится на расстоянии в семьсот тысяч световых лет и что его диаметр составляет три тысячи пятисот световых лет. Объект очевидно сходен с Магеллановыми Облаками.

Раз мы узнали, что Магеллановы Облака представляют собою определенный тип внешней системы, то мы можем отнести к этому типу другие неправильные туманные объекты. Лундмарк из числа изолированных внегалактических туманностей занес в каталог свыше двадцати объектов типа Магеллановых Облаков. На горе Вильсон и в Гарварде было найдено, что среди различных облаков внегалактических туманностей три или четыре процента принадлежат к типу неправильных. Если такое процентное отношение имеет место всюду в доступном исследованию пространстве, то существующим телескопам должны быть доступны тридцать или сорок тысяч «Магеллановых Облаков», следовательно тем больше оснований для внимательного изучения ближайших представителей этого класса.

Некоторые астрономы видят в структуре Магеллановых Облаков следы спирального строения. Однако сходство этих объектов с подлинными спиралями наиболее определенным образом обна-

руживается не их структурой, но объединением подобных звездных облаков с типичными спиральными туманностями в группы внешних систем. В большом облаке Coma-Virgo например объекты неправильной формы имеют такую же общую яркость и приблизительно такие же угловые диаметры, как и внегалактические объекты других типов, например ясно выраженные спирали, спирали, пересеченные темной полосой, и веретенообразные туманности. Почти все неправильные звездные облака настолько удалены, что не могут быть разрешены на отдельные звезды, но вряд ли приходится сомневаться в том, что они состоят из звезд.

Для удобства номенклатуры мы должны дать различным типам спиральных туманностей и связанным с ними формам название «галактик», включая в этот обширный класс Магеллановы Облака и подобные им объекты наряду с большой туманностью Андромеды и другими туманностями, входящими в состав самых удаленных скоплений внегалактических туманностей. Вообще мы сохраним термин «туманность» для светлых или темных объектов, состоящих из пыли или газа, принадлежащих к нашей собственной галактике или к какой-либо из других галактик. Внутренние части некоторых сфероидальных систем могут и не состоять из звезд; расстояние и недостаточная сила наших телескопов не дают возможности получить сведения относительно их состава. Но, пока у нас нет достаточных оснований думать иначе, мы должны считать, что все системы, относящиеся к категории внешних галактик, состоят главным образом из звезд.

Прежде чем мы начнем набрасывать классификацию многочисленных форм галактик, важно отметить, как сильно близкие к нам Магеллановы Облака напоминают некоторые из облаков Млечного Пути. Если бы например Большое Облако находилось в низкой галактической широте, в самом поясе Млечного Пути или вблизи него, то могли ли бы мы ясно отличить его от многочисленных других звездных облаков, которые придают Млечному Пути его общий вид? Я подозреваю, что мы не смогли бы. Должны ли мы поэтому считать, что Магеллановы Облака представляют собою как бы большие обломки, отделенные от нашей собственной

галактической системы? И не имеем ли мы права рассматривать некоторые из слабо очерченных облаков Млечного Пути тоже как отдельные системы, сравнимые по размерам с изолированно расположенными Магеллановыми Облаками? Задавая эти вопросы, мы вступаем на новую почву, мы исследуем сами основы строения нашей галактической системы.

Ввиду наших новых данных относительно внешних галактик где же можем мы поместить систему нашего Млечного Пути в общей схеме Космоса? Когда шаровидные звездные скопления дали нам первые указания относительно размеров галактики, я вынужден был предложить рабочую гипотезу, согласно которой наша галактика представляет собою гигантскую дископодобную систему диаметром в двести или триста тысяч световых лет, толщиной около десяти тысяч световых лет и совершенно не похожую на Магеллановы Облака или на другие внешние системы. Она не производила впечатления спиральной туманности главным образом вследствие своих больших размеров. Она могла развиваться путем соединения и слияния различных звездных облаков и звездных скоплений, вращаясь может быть вокруг центра, расположенного в Стрельце, на расстоянии около пятидесяти тысяч световых лет от Солнца.

Эта рабочая гипотеза, предложенная около двенадцати лет назад, встретила некоторые затруднения, которые будут рассмотрены в одной из следующих глав. Возражения были своевременно приняты к сведению, а накопившийся с тех пор новый материал еще более подчеркнул необходимость пересмотра. Например разложение более близких спиралей на звезды, а также настоящее наше сравнение отдельных областей Млечного Пути с внешними галактиками указывают на необходимость изменения или расширения прежних гипотез о происхождении и структуре макроскопических форм галактической системы.

Для того чтобы проверить гипотезы относительно структуры галактики и непосредственно определить ее размеры, на Гарвардской обсерватории и в других местах были сделаны специальные попытки найти расстояния звездных облаков, расположенных

вдоль Млечного Пути. Они находятся за пределами спектроскопического исследования и совершенно исключают возможность применения тригонометрических методов измерения. Наилучшим подходом к решению этой задачи являются повидимому тщательное изучение переменных звезд, которые служат указателями расстояний, и общее исследование звезд большой яркости. Исследование пространственного распределения галактических скоплений, новых звезд и планетарных туманностей также становится одним из методов определения размеров и структуры нашей галактической системы на основании данных, полученных для отдельных звезд. Чем слабее звезды, до которых нам удастся достигнуть, тем глубже мы проникаем в структуру Млечного Пути.

За последние годы много тысяч фотографических снимков было накоплено на северной и южной станциях Гарвардской обсерватории при выполнении программы измерений галактических звездных облаков посредством переменных звезд. Млечный Путь был разделен на 204 участка, отчасти перекрывавших друг друга так, что было охвачено все небо вдоль галактического круга. Обсерваторская коллекция фотографий, полученных за последние сорок пять лет, дополняет большое число снимков, специально сделанных для этого исследования. По меньшей мере сто тысяч снимков могут быть использованы для общего исследования переменных звезд. Две или три тысячи новых переменных уже были найдены, и прежде чем работа будет закончена, спустя десять или двадцать лет, вероятно еще десять или двадцать тысяч будут добавлены к списку, который в 1925 году насчитывал только около двух тысяч восьмисот.

Нам нет необходимости более внимательно рассматривать методы и подробности этого обзора переменных звезд, который в конце концов должен дать нам больше сведений относительно строения удаленных частей нашей галактической системы, чем можно получить иными способами. Достаточно указать, что переменные начинают давать нам представление о размерах отдельных облаков Млечного Пути. Диаметр облака в Щите оценивается в тысячу пятьсот световых лет, но эта оценка больше

зависит от изучения спектров и подсчета звезд, чем от исследования переменных. Отдаленные звездные облака в Стрельце были выделены только по одним переменным. Мы находим, что густые поля слабых звезд в этой области вероятно все входят в одну единственную систему, которая к несчастью закрыта расположенной ближе к нам темной туманностью. Диаметр этого звездного облака должен составлять около тридцати или сорока тысяч световых лет; оно гораздо больше, чем Магеллановы Облака или средняя внешняя галактика, но не больше, чем спиральная туманность Андромеды или гигантские туманности, входящие в состав некоторых отдаленных скоплений галактик.

Измерение величины звездных облаков Млечного Пути еще находится в предварительной стадии. Однако повидимому не будет преждевременным сказать, что вероятно некоторые из них по размерам и числу звезд сравнимы с облаками внешних галактик. По мере того как мы рассматриваем эти детали строения галактик, становится яснее, что наша классификация должна объединить в одну общую категорию отдельные части нашего собственного Млечного Пути, Магеллановы Облака и более удаленные галактики как неправильного, так и симметричного типа.

В последние годы наблюдатели, располагавшие надлежащим оборудованием, с энтузиазмом устремились на поиски галактик. Чем дальше от дома, тем богаче поле. Мы теперь говорим о расстояниях в сотни миллионов световых лет. Но поиски галактик могли бы начаться и «дома». Если мы будем трактовать некоторые из облаков Млечного Пути как образования, сравнимые с Магеллановыми Облаками, и поэтому в сущности как галактику, то не должны ли мы также рассматривать как галактику ту систему звезд, которая непосредственно окружает Солнце?

Изучая распределение шаровых звездных скоплений, я несколько лет назад пришел к мысли рассмотреть то обстоятельство, что близкие к Солнцу звезды не располагаются вдоль того же самого галактического круга, который очерчивается звездными облаками Млечного Пути. Далее, когда шаровые звездные скопления повидимому показали, что галактический центр рас-

положен на большом расстоянии от Солнца в направлении к Стрельцу, а подсчет звезд с очевидностью, как можно было думать, указывал, что Солнце находится вблизи центра звездной системы, тогда возник вопрос, не может ли данное распределение ближайших к Солнцу звезд быть только местным явлением, не может ли Солнце находиться вблизи центра некоторой системы низшего порядка, но далеко от истинного галактического центра?

Гипотеза системы внутри системы удовлетворяла наблюдениям и встретила благоприятное отношение со стороны большинства изучающих предмет. Я предложил назвать большое звездное облако, окружающее Солнце, «местной системой». Намек на ее существование виден в работах Джона Гершеля и Гульда, изучавших распределение звезд, видимых невооруженным глазом. Самые яркие звезды образуют пояс — пояс Гульда, который наклонен приблизительно на двадцать градусов к плоскости Млечного Пути. Ньюкомб заключил, что такое распределение ярких звезд легко могло бы быть объяснено чистой случайностью. Однако исследование Шарлье в 1916 году показало, что видимые невооруженным глазом звезды спектрального класса В расположены симметрично относительно плоскости, которая не совпадает с общепринятой галактической плоскостью.

Именно в это время у меня возникли затруднения, связанные с преобладающим мнением, что Солнце расположено в центре нашей галактики. Приведенная выше рабочая гипотеза сделалась непосредственно очевидной. Допустим, что существует местное звездное облако, причем его средняя плоскость наклонена к Млечному Пути, а Солнце находится недалеко от центра облака (который расположен возможно в направлении созвездия Киль Корабля Арго в наиболее южной части Млечного Пути), и вся эта местная система сдвинута приблизительно на пятьдесят или шестьдесят тысяч световых лет от центра сверхсистемы, образованной шаровыми скоплениями.

Когда исследование распределения звезд класса В, начатое Шарлье, было распространено на более слабые звезды, сразу же выяснилось, что мы имеем дело с двумя различными системами:

общей галактикой и местным облаком. Слабые звезды класса В были расположены близко к условной галактической плоскости; яркие звезды класса В — к главной плоскости вторичной галактики, наклоненной приблизительно на двенадцать или пятнадцать градусов к галактическому кругу. На основании изучения звезд класса В легко вывести, что диаметр местной системы в ее плоскости порядка шести или семи тысяч световых лет — оценка весьма грубая, но, кажется, подтверждаемая другими исследованиями. Несомненно, что разбросанные члены местной системы могут быть обнаружены на расстоянии в десять тысяч световых лет, и было высказано мнение, что ее размеры значительно больше, чем сперва предполагалось. Возможно также, но маловероятно, что местная система представляет собою не динамическую единицу, но всего только случайное распределение нескольких небольших и независимых звездных групп или звездных потоков.

Мы имели бы гораздо более ясное представление о существовании, строении и размерах местной системы, если бы могли перенестись в место далеко вне ее, например на планету, находящуюся на расстоянии в сто тысяч световых лет. Это странное и смущающее положение — находиться внутри звездного облака и не быть в состоянии наверняка отделить члены местной системы от членов общего галактического звездного поля. Нам не легко сказать, расположены ли другие звездные облака совершенно отдельно от нашего, соприкасаются ли с ним или проникают в него.

Исследование галактик повидимому оправдывает уверенность, что мы находимся внутри одной из них, хотя до сих пор еще мы не в состоянии определить ее форму. Она может быть похожа на типичную спиральную или сфероидальную галактику или на галактику неправильной формы, как Магелланово Облако. Ее размеры удивительно напоминают размеры, полученные для внешних галактик и предположительно принятые для других звездных облаков Млечного Пути.

Признание местной системы приводит также к новому взгляду на два Магеллановых Облака. По их скоростям в направлении луча зрения можно показать, что относительно сверхсистемы ша-

ровых скоплений Магеллановы Облака не удаляются с большими скоростями, о которых упоминалось в предыдущем параграфе. Было найдено, на основании довольно скудного количества доступных измерений, что шаровые скопления как группа повидимому также удаляются к некоторой точке южного неба. Большие скорости, с которыми они удаляются, относятся только к Солнцу, а не к галактической системе в целом. Действительно, тот факт, что распределение скоплений остается более или менее симметричным относительно галактической плоскости, должен указывать, что их удаление только кажущееся. В действительности они не могут удаляться и все еще сохраняют свою структурную связь с галактической системой. Гораздо проще истолковать это кажущееся движение Магеллановых Облаков и всех шаровых скоплений к некоторой южной точке неба только как отражение движения нашей местной системы к некоторой точке в северном небе.

Если наше местное звездное облако действительно является отдельной системой, то не будет ли разумным ожидать движения относительно галактики вообще или по меньшей мере относительно большого галактического ядра? К счастью имеются надежные добавочные свидетельства в пользу быстрого движения нашей местной системы, движения, похожего на вращение вокруг того же самого галактического центра, на который указывает распределение шаровых скоплений. Изучение относительных движений звезд, расположенных вблизи Солнца, дает некоторое подтверждение — не свободное от возражений — этому «галактическому вращению», или, как может быть следовало бы сказать, этому движению местной системы относительно галактической массы в целом. Более убедительные свидетельства дает изучение систематических движений внешних галактик и преобладающего направления движений весьма быстрых звезд, расположенных вблизи Солнца, — звезд, которые могут быть членами главного галактического поля, сквозь которое движется наша система, или членами какого-нибудь другого звездного облака, через окраины которого мы проходим.

Вернемся к Магеллановым Облакам; примем взгляд, согласно которому наблюдаемое удаление их является только отображением

движения нашей местной системы со скоростью около трехсот километров в секунду по направлению к созвездию Лебедя. Перевычислив на основании этого их скорости, мы получим гораздо меньшие значения, сравнимые со скоростями шаровых звездных скоплений, если их также исправить за движение местной системы. Это является уже истинным движением Магеллановых Облаков, скоростями, наложенными на них общей совокупностью соседних притягивающих масс.

Мы заключаем поэтому, что Большое и Малое Магеллановы Облака не удаляются с большой скоростью от нашей галактической системы. Мы должны будем рассматривать их как отдельные составляющие той же самой организации высшего порядка, которая включает и нашу местную систему; они являются не внешними, но внутренними галактиками, более близкими к нам, чем многие из шаровых звездных скоплений. Они лежат в высоких галактических широтах и таким образом придают всему нашему галактическому конгломерату менее дископодобную форму, чем мы ранее принимали. Шаровые звездные скопления также образуют гораздо менее сплюснутую систему, чем это следует из подсчета звезд или узости ленты Млечного Пути.

Начинает выясняться, что представление о нашей галактике как о большой дископодобной системе является одной из тех иллюзий, которые возникают благодаря довольно беспомощному положению наблюдателя. Долгое время наблюдения вводили его в заблуждение, заставляя верить, что Земля является центром вселенной. Позже он стал считать центром или расположенным вблизи центра Солнце, усматривая подтверждение этого мнения в открытии, что число звезд по всем направлениям уменьшается с увеличением расстояния от Солнца. Узнав, что это последнее явление обуславливается нашим положением в местной звездной системе, наблюдатель, благодаря случайному распределению нескольких звездных облаков, расположенных приблизительно в плоскости нашей собственной местной галактики, мог бы снова быть приведен к неверным представлениям относительно формы и единства галактической системы. Из современных исследований

вытекает измененная гипотеза: дископодобная фигура, включающая в себя звезды и звездные облака, заменяется сверхгалактической системой.

О многом пришлось предварительно сказать, чтобы набросать некоторые необходимые детали картины звездных облаков и галактик, подводящей нас к рабочей классификации. Но, собирая эти материалы, мы рассмотрели некоторые из наиболее интересных достижений новейшей звездной астрономии: измерение Млечного Пути; разложение спиральных туманностей на системы звезд; исследование Магеллановых Облаков и отождествление их с представителями многочисленного класса внешних систем; вопрос о распределении звезд вблизи Солнца, указывающем на существование местной системы, по размерам сравнимой с внешними галактиками; идею о вращении галактики или по крайней мере о движении местной системы относительно общей галактической системы; гипотезу, что Магеллановы Облака, местная система, сотни шаровых скоплений и отдельные обособленные звездные облака Млечного Пути в совокупности образуют некоторый комплекс высшего порядка. Эту сверхсистему нужно будет вновь рассмотреть после того, как мы выработаем классификацию отдельных галактик.

Для удобства мы разделим звездные облака и галактики на две главных группы: внутренние и внешние системы. Внутренние системы отличаются от внешних главным образом своим положением относительно наблюдателя, и в этом же отношении отличаются друг от друга и различные виды внутренних систем. Если бы наблюдатель был расположен в облаке Щита, то его исследования в конце концов убедили бы его в том, что он находится в «местной системе». Для наблюдателя в Щите наша система была бы одним из облаков Млечного Пути. Для наблюдателя в Магеллановых Облаках наша система была бы одним из многочисленных звездных облаков типа Щита, а его облако играло бы роль «местной системы».

Для внутренних галактик и звездных облаков выработана следующая классификация, которая служит скорее условной схемой

для придания законченного вида всей картине, чем имеет какое-либо практическое значение.

+7: ЗВЕЗДНЫЕ ОБЛАКА И ГАЛАКТИКИ:

а. Внутренние системы:

(а) Местное облако.

(b) Системы типа Щита:

(α) Действительные.

(β) Кажущиеся.

(с) Магеллановы Облака.

б. Внешние системы.

Пока мы не изучим подробно переменных звезд и тому подобных объектов, невозможно сказать, действительно ли вдоль Млечного Пути имеется множество отдельных звездных облаков или же большинство таких отдельных на вид облаков есть просто результат ограничений, обусловленных наличием затемняющей материи. Несомненно, длинная «щель» в Млечном Пути от Лебедя к югу до Центавра представляет собою эффект затемнения. Эта щель разделяет большие центральные звездные облака области Стрельца и служит границей нескольких ярких звездных облаков, расположенных к северу и к югу от небесного экватора.

Затемняющие туманности расположены относительно недалеко от Солнца, но не вблизи тех звездных облаков, которые они закрывают. Там может существовать другая затемняющая материя, пока еще не обнаруженная, но почти все исследованные темные облака расположены на расстояниях не свыше тысячи или двух тысяч световых лет от Солнца. Они являются повидимому частью местной системы. На значительном протяжении они следуют скорее направлению вторичной галактики, чем условному галактическому кругу. Возможно, что для нашей местной системы они аналогичны затемняющим полосам, которые видны в столь многих спиралях, обращенных к Земле ребром. Действительно, я считаю, что их близость к Солнцу свидетельствует о том, что наша местная система является вполне типичной галактикой. Их отсутствие на больших расстояниях я считаю указанием на то, что многие звездные облака в нашей галактической сверх-

системе к счастью для нас или совершенно свободны от заметного затемнения или так наклонены к галактической плоскости, что их затемняющие туманности не мешают нашим исследованиям.

Внешние галактики (внегалактические туманности) распределяются в группы по различным схемам. Четыре таких классификации следует упомянуть, чтобы подчеркнуть как разнообразие типов, так и нашу неудачу, постигшую все попытки дать вполне удовлетворительное деление на классы.

В Гейдельберге, где внешние системы уже много лет прилежно изучаются как фотографически, так и визуально, профессор Макс Вольф предложил и сам применял своеобразную картинную систему. Двадцать три различных типа, показанных на рисунке, были обозначены буквами. Эти избранные типы достаточно разнообразны по форме, чтобы включить в себя как некоторые планетарные туманности, так и все внешние системы. Можно установить промежуточные ступени между различными типами, и эта классификация таким образом имеет то преимущество, что она дает много категорий, не навязывая никакой гипотезы — ни эволюционной, ни иной. Классификация однако не очень удобна для статистического исследования внешних систем. На гейдельбергских фотографиях отдельные звезды в галактиках не видны; классификация основана всецело на внешнем виде изображений без больших подробностей.

Работая главным образом со снимками большого масштаба, полученными на горе Вильсон, Хэббл предложил полезную классификацию, особенно применимую к тем системам, которые близки к нам и достаточно ярки для детального изучения. Существует несколько сот объектов, которые могут быть без колебаний классифицированы по схеме Хэббля; но десятки тысяч на имеющихся фотографиях слишком слабы и слишком неотчетливо видны, чтобы можно было разнести их по его классам. То же самое справедливо и для нижеприведенной классификации Лундмарка. В то же время гарвардская классификация, также описанная ниже, распределяет тысячи слабых галактик таким образом, что это приносит некоторую пользу для предварительных статистических иссле-

дований, но она не дает достаточно полных описаний и не содержит достаточно подразделений для удовлетворительной классификации более ярких объектов.

Классификация Хёббля имеет следующий вид:

Т И П

ОБОЗНАЧЕНИЕ

А. Туманности правильной формы:

1. Эллиптические Еп
($n=1, 2, \dots, 7$ обозначает степень эллиптичности изображения в десятых долях; нуль и запятая не пишутся).

2. Спиральные:

- (а) Нормальные спирали S
(1) Ранняя форма Sa
(2) Промежуточная Sb
(3) Поздняя Sc
(б) Спирали, пересеченные темной полосой SB
(1) Ранняя форма SBa
(2) Промежуточная SBb
(3) Поздняя SBc

В. Неправильные туманности Jgr

Внегалактические туманности, слишком слабые, чтобы их можно было классифицировать, обозначаются знаком Q.

Классификация, предложенная Лундмарком для внешних систем (он называет их анагалактическими туманностями), такова:

Т И П

ОБОЗНАЧЕНИЕ

1. Аномальные туманности Aa
2. Шаровидные, эллиптические, вытянутые, яйцеобразные или чечевицеобразные Ac
а. Очень незначительно сжатые к центру Ae0
б. Слегка сжатые к центру Ae1
с. Немного сжатые к центру Ae2
д. Более сжатые к центру Ae3
е. Сильно сжатые к центру Ae4
ф. Очень сильно сжатые к центру Ae5

Если наблюдается поглощение света, то добавляется буква «а».

Например: Ac3a

3. Туманности типа Магеллановых Облаков Am
а. Совсем не сжатые или очень мало сжатые к центру Am0
б. Различные степени сжатия Am1—Am5

4. Спиральные туманности As
- а. Едва заметная спиральная структура As0
- б. { Различные степени сжатия к центру As1—As5
 { Непрерывные спиральные завитки As1c—As5c
 { Спиральные завитки, разбитые на клочки или отдельные узелки As1b—As5b
- с. Спирали с одной ветвью As0
- д. Спирали с ветвями, образующими светлое кольцо Asr
- е. Случай, когда соединение кольца с центром сомнительно (форма Сатурна) Ass
- ф. Кольца или завитки соединены с центром полосой («веретено» или Ф тип Кертиса) Asp
- г. Завитки спирали имеют добавочную туманность Asa

Когда можно использовать фотографии большого масштаба, подобные полученным при помощи больших рефлекторов, то обнаруживается такое разнообразие форм в отдельных туманностях, что Рейнольдс высказал мнение о полной непригодности всех предшествовавших классификаций. Действительно, поучительнее было бы издать однородную серию фотографий всех наиболее ярких галактик, чем находиться в зависимости только от одних описаний. Но Хэббл хорошо использовал свои разнообразные классы для вывода важных статистических заключений об относительных размерах, расстояниях и яркостях; также и гарвардские классы были полезны при установлении соотношений между формой, звездной величиной и угловым диаметром для тысяч неразрешенных слабых и далеких галактик.

Исследования внешних систем на Гарвардской обсерватории были посвящены главным образом регистрированию на больших участках неба положений, числа интегральных яркостей и других свойств слабых объектов, видимых на снимках, полученных с помощью двадцатичетырехдюймового Брюс-телескопа. Угловые диаметры и видимая яркость могут быть измерены прямо на снимках, но так как эти свойства зависят от расстояния объектов, то мы можем исключить их из классификации и построить ее только на основе структурных признаков. Эллиптичность изображения зависит как от действительной формы объекта, так и от

положения наблюдателя; мы примем ее в качестве одного из факторов в двумерной классификации. Другим фактором является видимая степень концентрации света к центру, которая проявляется на фотографическом негативе как концентрация почернения изображения. Степень эллиптичности изменяется от 1 до 10 в направлении уменьшения удлиненности, концентрации варьируют от a до f в порядке усиления центрального почернения. Отсюда план, которым пользовались в Гарварде в течение нескольких лет при классификации внешних систем, может быть представлен следующим образом:

ВНЕШНИЕ СИСТЕМЫ:

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}$
 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}$
 $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9, c_{10}$
 $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}$
 $e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}$
 $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_9, f_{10}$

Явно неправильные или спиральные формы отмечаются буквами i или s перед обозначением класса.

В этом размещении шестидесяти типов, которое было выработано прежде, чем был предпринят настоящий обзор материальных систем, латинские буквы и арабские цифры не соответствуют условиям, описанным в главе о двойных звездах. Классификацию можно было бы изменить таким образом, чтобы согласовать ее обозначения с принятой нами символикой, но этой классификацией уже широко пользовались в Гарварде и в других местах, и пересмотр терминологии вряд ли был бы оправдан.

Таким образом оказывается, что для внешних галактик существует несколько классификаций, из которых ни одна не является вполне удовлетворительной или удобопонятной, но каждая имеет свои преимущества и в своей собственной области полезна для анализа большого и все возрастающего числа объектов. Система Хэббля не включает степени сгущения к центру; классификация Лундмарка не содержит явно формы изображений, хотя ее легко можно было бы расширить в этом направлении.

Гарвардский план охватывает и форму и концентрацию, но не проводит различия например между разнообразными типами спиралей. Однако в качестве рабочей классификации он не нуждается в таком уточнении, так как фотографии, для которых он специально приспособлен, часто показывают очень мало структурных деталей.

Наиболее важным результатом этого обзора галактик является не рабочая классификация внешних систем, но объединение спиралей, веретен, звездных облаков и местной галактики в одну категорию с указанием на то, что непосредственно окружающее нас есть система более высокого порядка.



СВЕРХ- ГАЛАКТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



обзор гравитационных систем входили до сих пор метеорные рои, системы спутников, планетные системы, двойные и кратные звезды, галактические скопления, шаровидные скопления и галактики. По мере того как мы пробегаем этот список, мы методически переходим к большим массам и большим размерам, и благодаря увеличению размеров мы начинаем встречаться со все более и более слабым и менее действенным взаимным притяжением.

Как следствие этого средние периоды вращения, обращения или колебания в различных системах увеличиваются. Средний период вращения планеты вокруг оси равен нескольким часам; продолжительность одного оборота вокруг Солнца в среднем выражается небольшим числом лет. Но длинный период обращения двойной звезды охватывает сотни лет, а период колебания звезды в каком-либо звездном скоплении или какой-либо галактике нужно исчислять тысячами и миллионами столетий.

Хотя в системах более значительных размеров периоды столь продолжительны, что кажутся для человека неизмеримыми, мы все же можем с уверенностью говорить об этих системах как о гравитационных. Взаимное тяготение неизбежно; если две системы находятся в одной и той же части неба и имеют сравнимые раз-

меры или яркости или обнаруживают параллельное движение, то мы можем предположить с достаточной степенью вероятности, что эти системы взаимно связаны, хотя бы мы даже не имели прямых сведений об их расстоянии. Если они находятся близко друг от друга, то взаимное тяготение их связывает. Невероятно, чтобы нас часто вводило в заблуждение кажущееся близкое расположение объектов, в действительности разделенных большим расстоянием в направлении луча зрения.

До последнего времени было мало известно о кратных галактиках, связанных взаимным тяготением, и о еще более сложных комбинациях звездных систем. Но открытия последних лет, касающиеся сверхгалактической системы, привлекают к себе непрерывно возрастающее внимание. Они еще более подчеркнули грандиозность доступной нашим измерениям части вселенной, всеобщность ее законов и космическую миниатюрность нашей местной системы с ее звездными скоплениями, двойными звездами, планетными системами, носящимися по разным направлениям кометами и метеорами. Вселенная главным образом лежит вне нашей галактической системы. Как солнечная система относится к нашей галактике с ее миллионами звезд, так наша галактика относится к системе высшего порядка, системе систем.

Хорошо известная шаровидная галактика Messier 60 (N. G. C. 4649) и спиральная туманность N. G. C. 4647 с многочисленными ядрами почти соприкасаются.

Они не отличаются значительно друг от друга ни по яркости ни по размерам. Их интегральные фотографические звездные величины равны соответственно 10,5 и 12,8; их угловые диаметры двести тридцать шесть секунд и сто пятьдесят секунд. Мало шансов за то, что два таких объекта только случайно кажутся соприкасающимися. Среди более ярких внешних галактик известны десятки двойных и кратных, а среди очень слабых и удаленных объектов они насчитываются сотнями. Для этих более слабых галактик случайное расположение в направлении луча зрения может конечно встречаться чаще. Несомненно есть несколько зарегистрированных пар, которые связаны скорее оптически, чем физически.

Но существование истинных пар является обычным и имеет глубокое значение в схеме мироздания. Оно отражает универсальность закона тяготения, оно указывает на непостижимо огромные промежутки времени.

Наиболее изученной кратной галактикой является группа в созвездии Андромеды. Туманность Андромеды (Messier 31) сама по себе является гигантом среди внешних систем; ее наибольший диаметр составляет сорок тысяч световых лет или немного более. Ближе к ее центру, чем ее собственные окраины, расположены две других эллиптических галактики. Эти системы, меньшие по размерам и более слабые по яркости, не являются только оптическими спутниками. Спектроскоп показывает, что скорости всех трех объектов одинаковы по направлению и приблизительно одинаковы по величине. Нет ни малейшего сомнения в том, что это трио в Андромеде образует некоторую сверхсистему, небольшую по числу объектов, но грандиозную по общим размерам. Два спутника малы по сравнению с Messier 31, но все же это средних размеров галактики.

Когда две или большее число галактик находятся в тесном соприкосновении, некоторые из членов группы часто представляются в значительной мере разложенными на части, а иногда можно бывает с очевидностью обнаружить поле рассеянных слабых звезд вблизи или вокруг таких слитых систем. Пятикратная группа в созвездии Пегаса является примером такой слитой системы. Один из ее наибольших членов имеет повидимому два центра сгущения. На оригинальной фотографии ясно заметно отдельное волокно, напоминающее сломанную руку. На значительной площади к северу от группы заметен туманный фон, который вполне может обуславливаться полем рассеянных звезд, возникающим возможно от многочисленных взаимопроникновений и возмущений этих четырех или пяти галактик, которые в течение неисчислимых тысячелетий двигались туда и сюда относительно их общего центра тяжести.

Общая тенденция галактик группироваться в системы вследствие взаимного тяготения имеет своим результатом разнообразие

форм организации. Классификация этих систем более высокого порядка вполне может быть параллельной классификации звезд. Соответственно отдельным звездам, кратным звездам и звездным скоплениям мы имеем одинокие галактики, кратные галактики и скопления галактик. Для обозначения системы, включающей в себя все эти типы, я предлагаю пользоваться термином Лундмарка «метегалактическая система», или, короче, метегалактика. Таким образом мы имеем следующие классы:

+7: ЗВЕЗДНЫЕ ОБЛАКА И ГАЛАКТИКИ:

- a. Внутренние системы.
- b. Внешние системы.

+8: КРАТНЫЕ ГАЛАКТИКИ:

1. Двойные системы.
2. Малые группы.

+9: СВЕРХГАЛАКТИКИ:

1. Типа Coma-Virgo.
2. Галактическая система.

+10: МЕТАГАЛАКТИКА:

В течение многих лет астрономы знали, что северное галактическое полушарие гораздо богаче сравнительно яркими спиральными туманностями, чем южное. Необыкновенное изобилие всех типов было отмечено в созвездиях Волос Вереники и Девы и с меньшей очевидностью в соседних созвездиях. Немного лет назад мисс Эймс и я предприняли детальное изучение области Coma-Virgo. Мы нашли тесную группу ярких объектов, причем все они так схожи по угловым диаметрам и по яркости, что нельзя избежать вывода, что здесь мы имеем дело с некоторой сверхсистемой. Позднейшие исследования показали, что эта система вероятно простирается на много градусов к юго-востоку. Это — колоссальная система, протяженностью в несколько миллионов световых лет, охватывающая общим числом примерно пятьсот галактик. Приблизительное расстояние до центра группы составляет

одиннадцать миллионов световых лет. Диаметры отдельных галактик варьируют от одной или двух тысяч световых лет до более чем двадцати тысяч, а диаметры большинства лежат в пределах от пяти до семи тысяч световых лет.

Нет необходимости описывать здесь наши исследования сверхгалактической системы Coma-Virgo, разве лишь отметить, что, продолжив исследование этой области далеко за пределы облака ярких галактик, мы нашли три или четыре другие отчетливо различные и очень удаленные группы. Эти группы расположены на расстояниях, превышающих сто миллионов световых лет, но вероятно очень мало отличаются по деталям строения и по числу объектов от яркого облака Coma-Virgo.

Дальнейшие исследования распределения слабых галактик, которые были обнаружены на фотографиях, полученных на многих обсерваториях, позволили нам установить существование по меньшей мере пятидесяти отчетливых групп таких внешних систем.

Вольф, Хёббл, Лундмарк, Кертис, Бааде и другие исследовали некоторые из этих слабых групп. Большинство групп менее богато, чем облако Coma-Virgo, но некоторые содержат гораздо большее число объектов. Вероятно преобладающее число объектов в большинстве таких облаков по яркости лежит ниже порога чувствительности фотографической пластинки. Следовательно мы можем иметь дело только с гигантскими и сверхгигантскими галактиками, потому что, как и в случае звездных скоплений, телескоп ограничивает наши исследования только наиболее яркими объектами.

Почти все группы галактик, о существовании которых мы узнали до последнего времени, могут быть отнесены грубо или к подклассу «малые группы» в классе «кратные галактики» или к типу Coma-Virgo сверхгалактик. Но что сказать о нашей собственной системе? В предыдущей главе мы указали, что для нашей галактической системы сравнение с одной единственной спиральной туманностью не может считаться удовлетворительным. Во-первых, она слишком велика для того, чтобы считаться таковой; во-

вторых, многие из образующих ее отдельных единиц имеют такие же размеры, как типичные спиральные туманности.

В качестве рабочей гипотезы кажется рациональным рассматривать галактическую систему как систему того же типа, что и группа Coma-Virgo и подобные ей сверхгалактики. Вероятно отличие ее от таких систем главным образом чисто внешнее, но здесь опять мы испытываем затруднения от того обстоятельства, что мы находимся внутри системы и лишены возможности рассмотреть ее ясно и объективно. Если мы отбросим Магеллановы Облака и шаровидные скопления, относительно которых мы уверены, что они являются членами нашей сверхсистемы, то мы заметим, насколько она является более сплюсненной, чем среднее облако типа Coma-Virgo.

Пятикратная туманность в созвездии Пегаса по внешнему виду представляет собою плоскую группу галактик, так как три или четыре из числа ее членов имеют, как кажется, почти параллельные галактические плоскости. Я предполагаю, что эта небольшая группа может дать нам картину нашей собственной галактической системы: соприкасающиеся звездные облака и поля рассеянных звезд. Несомненно для какого-нибудь наблюдателя, расположенного в одной из отдельных галактик группы Пегаса, движения окружающих звезд походили бы на наши звездные потоки и галактическое вращение.

Через 10 или 15 лет изучение звездных величин и движений галактических звезд, а также расстояний и распределения слабых переменных звезд может дать нам как бы возможность видеть извне нашу собственную галактическую систему. Такие исследования могут показать нам, что мы резко отделены от звездных облаков, подобных тем, которые расположены вблизи галактического центра в созвездии Стрельца, и что наша система возможно находится в соприкосновении со звездным облаком созвездия Лебедя. Точно так же эти исследования могут показать нам, охватывает ли наша сверхгалактика лишь небольшое число ненормально больших галактик в добавление к шаровидным звездным скоплениям и Магеллановым Облакам, или она состоит из десятков систем средних размеров.

Здесь уместно будет указать, что могут быть выдвинуты по меньшей мере три других интерпретации нашего Млечного Пути: 1) первоначальная дискоидальная теория; 2) мнение, согласно которому наша галактическая система представляет собою одну единственную большую спиральную туманность (старая гипотеза), и наконец 3) гипотеза, по которой галактическая система составлена из пары спиральных туманностей — местной системы и звездного облака в созвездии Стрельца. Ни одна из этих гипотез не является удовлетворительной. Интерпретация, которую дает гипотеза сверхгалактики и которая развивается из настоящей нашей попытки классифицировать материальные системы, гораздо более соответствует действительности в том отношении, что она устраняет некоторые затруднения, к которым приводят другие гипотезы, и представляет наше собственное положение в звездной вселенной скорее как нормальное, чем как своеобразное и единственное в своем роде.

Среди преимуществ гипотезы сверхгалактики в истолковании важных результатов наблюдений нужно отметить следующие:

1. Нет больше необходимости рассматривать преобразование шаровидных скоплений в галактические скопления: эти два типа, согласно новым взглядам, вероятно различного происхождения. Шаровидные скопления могли возникнуть в таком виде, в каком мы их находим, или они могут представлять собою остаточные ядра спиральных и шаровидных галактик, которые растратили большую часть своих звезд в процессе эволюции или при встречах с другими галактиками; галактические же скопления могут быть распадающимися ядрами в спиральных ветвях местной галактики или подобных соседних звездных облаков.

2. Локализация темных туманностей в местной системе или вблизи нее легче всего объясняется по гипотезе сверхгалактики, как это было отмечено в предыдущей главе.

3. Кажущаяся ненормальность нашего положения во вселенной, положения в не имеющей себе подобных дископодобной системе или в некоторой спиральной туманности с диаметром в сорок или пятьдесят раз больше диаметра средней галактики, отпадает,

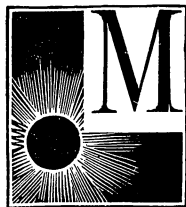
так как теперь наша местная система фигурирует как обычное звездное облако или галактика, а галактическая система — как сверхгалактика с размерами того же порядка, как и размеры других обнаруженных нами сверхсистем.

В итоге многократные галактики могут быть с удобством подразделены на двойные системы и малые группы; сверхгалактики могут быть в настоящее время удовлетворительно распределены по двум структурным типам: грубо шарообразное скопление, типично представленное слабыми группами в области Coma-Virgo, и значительно сплюснутая звездная система, причем некоторые из входящих в нее индивидуальных галактик соприкасаются; представителем этого класса является наша собственная галактическая система.

Наконец мы предлагаем в качестве класса 10 всеохватывающую метagalактическую систему. Сколько галактик она содержит? По меньшей мере миллионы. Каков ее диаметр? Несомненно тысячи миллионов световых лет. Почти наверно в пределах доступных нам областей пространства распределение галактик, грубо приближенно, является равномерным, но наши телескопы еще не достигли крайних границ. Они даже не указывают, что мы приближаемся к границам системы. Метagalактика должна оставаться для настоящего времени некоторой неясной сверхсистемой, которая все охватывает, но которую ум наш не может охватить.



КОСМОПЛАЗМА



етагалактическая система — это не вся материальная вселенная. Я определяю метагалактическую систему как совокупность всех галактик и сверхгалактик, но она не включает в себя случайных отдельных звезд или потерянных планет, которые отделились от своих галактик и блуждают в междугалактическом пространстве. Она не включает в себя тех комет или метеоров, которые были извержены нашей планетной системой, если только их скорости не оказались достаточно малыми для того, чтобы эти тела были удержаны в числе членов местной галактики. Чтобы пополнить наш обзор, следует установить некоторый высший класс, который включает в себя и галактические и междугалактические объекты.

Бросим взгляд на классификацию материальных систем макрокосма, припомнив предварительно, что при исследовании микрокосма мы поочередно рассматривали корпускулы, атомы, молекулы, молекулярные системы, коллоидальные и кристаллические агрегаты:

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| +1. Метеорные соединения, | подразделения 1—3 |
| +2. Системы спутников | I—III |
| +3. Планетарные структуры | I—III |
| +4. Двойные и кратные звезды | I—III |
| +5. Галактические скопления | от а до g |
| +6. Шаровидные скопления | I—XII |
| +7. Галактики | a b |
| +8. Кратные галактики | 1—2 |
| +9. Сверхгалактики | I—II |
| +10. Метагалактика | |

В этом длинном ряде систем наличие организации выступает с очевидностью. Движения упорядочены, группы замкнуты, физическое сходство преобладает. Не только само существование гравитационных групп, но и их физические границы довольно ясно выражены. Мы можем поэтому с уверенностью говорить о материальных системах на протяжении всего обзора, охватывающего объекты от корпускул и до метagalактики.

Но что сказать о тех объектах, входящих в материальную вселенную, которые не обнаруживают ясно различимых признаков организации? Что сказать о космических метеорах и частицах, уносимых с возрастающей скоростью из голов комет? Что сказать о самой радиации?

Если эти важные объекты никуда не могут быть надлежащим образом отнесены в нашем обзоре материальных систем, то по крайней мере они должны быть включены в общий обзор материальной вселенной. Величайшие из неразгаданных тайн физического мира лежат вероятно в этой области неорганизованных или крайне слабо организованных частиц и корпускул, которые быстро и может быть безостановочно движутся через междугалактическое пространство.

Для этого неопределенного субстрата материальной вселенной я предлагаю название «космоплазма». Это — лоно вселенной, в котором вращаются планеты, звезды и галактики. Это та междузвездная среда, в которой возникает организованное движение и протекает эволюция материальных систем. Мы пока еще так мало знаем о космоплазме, что перечень образующих ее субстанций должен быть кратким. Набросаем предварительную классификацию:

+11: КОСМОПЛАЗМА:

- а. Междוזвездные частицы:
 - (1) Космические метеоры.
 - (2) Диффузные туманности.
- б. Междוזвездный газ:
 - (1) Электроны и протоны.
 - (2) Атомы.
 - (3) Молекулы.
- γ. Радиация.
- δ.

Звезды умирают. От этого вывода повидимому невозможно уклониться в настоящее время. Мы более не колеблемся принять эквивалентность материи и излучения, рассматривая и то и другое лишь как различные формы энергии. Излучение уменьшает массу звезд. Вследствие высоких температур, возникающих благодаря активности их атомов и корпускул, Солнце и другие звезды излучают чудовищные количества энергии, которые можно измерить граммами, килограммами и тоннами.

Обычная сорокаваттная электрическая лампочка излучила бы за два миллиона лет (если бы возможно было осуществить столь продолжительное горение) около тридцати граммов энергии. Солнце в одну секунду излучает со своей поверхности четыре миллиона тонн. Контраст в силе света между лампой и звездой — поражающий, но особенно важным обстоятельством является значительное ежесекундное уменьшение массы Солнца. В течение года Солнце излучает в пространство сто тридцать миллионов миллионов тонн, и мы пока еще не видим никакого подходящего источника для пополнения этих потерь. Следовательно эволюция Солнца определяется этим активным излучением; как самосветящееся тело Солнце умирает. К счастью для тех, кто заинтересован в продолжении существования земной протоплазмы, масса Солнца достаточно велика, чтобы вынести такую колоссальную ежегодную потерю в течение более миллиона миллионов лет, прежде чем оно потеряет одну десятую общего количества своей материи.

Хотя процесс деградации энергии звезд, измеряемый нашими единицами времени, протекает чрезвычайно медленно, мы все же должны допустить, что в звездной вселенной времени достаточно и что те звезды, которые сияют теперь над нами, в конце концов должны стать темными. Пока мы не усмотрели механизма, посредством которого пополняется энергия звезд, мы должны признавать вероятным, что в миллионах галактик звезды необратимо превращаются в радиацию. Может быть существуют галактики столь старые, что образующие их звезды уже догорают последними тусклыми огнями, а их энергия рассеялась в пространстве?

Миллион лет назад Солнце было больше по своим размерам, вероятно все звезды или почти все звезды были тогда более массивными. Планеты нашей солнечной системы уже просуществовали около двух миллиардов лет, и с момента их рождения Солнце излучило в пространство в форме света количество материи, по массе в сорок раз превосходящее массу Земли.

Мы могли бы остановиться на этой картине деградации вселенной, но для нашего исследования космоплазмы гораздо важнее отметить, что материя вселенной в конце концов вовсе не сосредоточена главным образом в звездах и туманностях; она рассеяна по всему междугалактическому пространству. Вся солнечная энергия, излученная до постройки пирамид, находится далеко за пределами нашей местной системы за исключением исчезающе малой части (меньше одной миллионной доли процента), перехваченной планетами. Вся радиация, излученная до начала плейстоценовой эры, находится за пределами галактической системы, все еще удаляясь, поскольку мы можем судить, со скоростью триста тысяч километров в секунду. Свет, излученный в докембрийскую эпоху, в настоящее время находится далеко за пределами наиболее удаленных галактик, какие только показал нам телескоп. Другими словами, вполне вероятно, что большая часть первоначальной солнечной системы заключена не в нашем Солнце и планетах, но рассеяна по неизмеримым областям пространства. Другие звезды таким же образом растратили свою материю. Доступная нашему познанию вселенная повидимому состоит из догорающих углей; каждое пламя окружено ненасытным холодом пространства, не только поглощающим свет и тепло, но истощающим в конце концов весь запас топлива, которым питаются эти обреченные огни.

Избежим ли мы «тепловой смерти» вселенной в силу какого-либо существующего или грядущего обращения космических процессов, какого-либо воссоздания звездных масс? Заложены ли в самом пространстве потенциальные возможности поддержания энергетических запасов звезд? Не может ли растратенная радиация преобразоваться в корпускулы, атомы, молекулы и в конце концов в туманности и звезды, замещая угасающие светила

новыми вселенными? Безопаснее задавать такие вопросы, чем пытаться на них ответить. Пройдет еще немного лет, и некоторые из этих вопросов будут выяснены посредством специальных наблюдений. Другие уступят место, по мере того как идет время и общая картина становится яснее, иным умозрениям, которые на короткое время смогут считаться удовлетворительными. Но большинство вопросов такого рода надолго останется без ответа, усложняясь все более и более, по мере того как совершенствуется наше познание. В этом конечно и заключается все очарование наших попыток познать сущее.

Когда мы начинаем исследовать космоплазму, мы находим, как было ранее указано, что этот субстрат вселенной заключает в себе не только большую часть загадок, но возможно и большую часть самой материи. Если даже рассматривать радиацию как нечто нематериальное в точном смысле этого слова, мы должны были бы признать вероятным существование большого количества материи, рассеянной в тончайшем состоянии по всему пространству, увлекаемой туда и сюда потоками радиации и в силу этого не могущей принимать участие в построении обычных систем, существование которых обусловлено гравитацией. Взглянем глубже в природу этих составных частей космоплазмы.

Благодаря спектроскопическим исследованиям некоторых классов звезд мы знаем о существовании междузвездных атомов и молекул. Некоторые из важных линий поглощения в звездных спектрах возникают не в атмосферах самих звезд, где зарождается свет, и не в земной атмосфере, где свет достигает спектроскопа. Они лучше всего могут быть объяснены существованием ионизированных газов, расположенных между звездой и наблюдателем.

Поскольку дело касается облаков ионизированного кальция, то указания, которыми мы располагаем в настоящее время, подтверждают взгляд, что атомы кальция движутся вместе с местной системой: они обнаруживают признаки участия во вращении галактики. Поэтому они составляют часть местной системы, хотя и не связаны с индивидуальными звездами. Однако не приходится сомневаться, что и другие электроны, протоны, атомы и молекулы

были выброшены далеко за пределы галактической системы и входят в настоящее время в состав общей космоплазмы.

Многие из диффузных туманностей не обнаруживают никакого центрального сгущения. Если они состоят из газов и пыли, то должна иметь место общая диффузия в пространство, так как сил взаимного притяжения недостаточно, чтобы удерживать эти маленькие частицы в форме ограниченных туманных облаков. Другими словами, диффузные туманности малой массы могут не иметь определенных границ, и выделяющиеся из них частицы должны рассеиваться в космической среде.

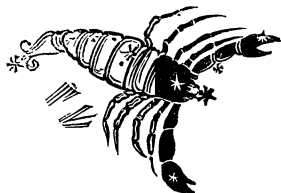
Метеоры, как мы отметили выше, бывают двух типов: метеоры, принадлежащие к солнечной системе и обращающиеся по замкнутым орбитам вокруг Солнца, и космические метеоры, движущиеся с большой скоростью по незамкнутым орбитам. Метеоры последнего типа представляют собою частицы каменных пород или железа, носящиеся в межзвездном пространстве. Мы пока еще не знаем, какую скорость должен иметь метеор для того, чтобы быть независимым от местной системы и от большой галактики; возможно, что скорость порядка ста километров в секунду окажется достаточной. На расстоянии от Солнца до Земли скорость, превышающая сорок три километра в секунду, привела бы к тому, что метеор покинул бы солнечную систему. Межзвездные метеоры несомненно существуют в большом количестве, и возможно существует множество междугалактических метеоров, количество которых неизвестно; их общая масса должна быть значительна, но не поддается учету.

Плотность межзвездного газа вблизи от Солнца составляет по оценке Эддингтона 10^{-24} арамма на кубический сантиметр. Эта величина эквивалентна наличию одного единственного атома на каждые шестнадцать кубических сантиметров. Такая плотность, разумеется, невообразимо мала; один кубический сантиметр воздуха вблизи земной поверхности содержит в среднем $27 \cdot 10^{18}$ молекул. Межзвездное пространство действительно представляет собою исключительно высокий вакуум. Свет идет сквозь такую среду тысячи лет, испытывая при этом едва заметное уменьшение

интенсивности или скорости и не испытывая заметного изменения цвета за исключением тех случаев, когда он проходит через области, густо заполненные туманностями.

Мы не можем сказать, заполнено ли пространство между галактиками электронами, атомами, молекулами и метеоритами в меньшей степени, чем межзвездное пространство в пределах местной галактики, но исследование цветности отдаленных внешних систем показывает, что рассеяние и поглощение света междугалактической средой точно так же крайне незначительно, даже когда речь идет о расстояниях порядка десяти миллионов световых лет и промежутках времени порядка десяти миллионов лет.

Я подозреваю, что наиболее важным подразделением класса «космоплазма» является то, которое отмечено буквой δ с последующим рядом точек. Наша неспособность заполнить этот пробел является признанием нашего временного неведения, но никак не безнадежности наших попыток. Мы снова можем испытывать соблазн поставить здесь слово «эфир», как это уже было для класса—4, подразделение α . Но если бы этот пробел оказался заполненным, хотя бы предположительно, названием некоторой неопределенной и умозрительной субстанции, то я предпочел бы создать следующий класс ϵ . Нам нужно таким образом символизировать нашу веру и надежду на то, что нечто весьма фундаментальное и вероятно совершенно новое ждет открытия или ясной формулировки в области космоплазмы.



ОТ ХАОСА К ПОРЯДКУ



ыразительное и завершающее слово «все-
ленная» кажется наиболее подходящим для
наименования нашего последнего класса.
Астрономы несомненно часто злоупотреб-
ляли этим термином, говоря об «островных вселенных» или
прилагая его к особым частям галактики или к особым концеп-
циям мироздания.

Мы употребляем его теперь как термин, охватывающий все
материальное, какое только нам известно: не только все материаль-
ные системы от корпускул до метagalaktiki, но также составные
части космоплазмы. Не будет ли поэтому нормальным и естествен-
ным на этом закончить наш обзор, охватывающий классы от «—4»
(корпускулы) до «+12» (вселенная).

Если бы сто лет назад мы сделали обзор систем в пределах
вселенной, как ее тогда понимали, то несомненно список признан-
ных материальных систем был бы более ограничен с обеих сторон.
Атомы рассматривались не как системы, но как неделимые еди-
ницы. Электроны были неизвестны. В области макрокосма было
смутное представление о галактиках, но никаких систем более
высокого порядка не было определенно усмотрено. Очень мало
достоверного конечно было известно относительно расстояний до
звезд или распределения звезд. Предостережение, которое нам
делает история науки, заключается конечно в том, что наше непре-

рывно возрастающее познание вселенной может скоро перешагнуть современные границы и что мы должны учесть возможность существования систем, превосходящих те, которые ныне доступны нашему уму. Научные утверждения относительно предельных размеров, предельных масс или границ организации по всей вероятности представляют собою только догму.

Я предлагаю поэтому установить класс $+13$... отчасти как меру предосторожности, отчасти как некоторый вызов.

Как только мы видим незаполненную строку, следующую за классом $+12$, мы естественно начинаем размышлять, чем бы ее заполнить. Мы немедленно пожелаем вписать в нее нечто превосходящее материальную вселенную. Одни предложили бы как подходящее наименование для следующего класса термин «Абсолют», хотя они не смогли бы обосновать целесообразность такого термина в перечне материальных систем. Другие предложили бы для класса $+13$ наименование «Разум», но вероятно они не сумели бы ответить на возражение, что «Разум» выходит за пределы этой существенно одномерной материальной классификации. Если «Разум» вообще где-либо появляется, то разве он не может входить в каждый класс и подкласс или быть преобладающим элементом во втором измерении классификации?

В том случае, если класс $+13$ получит наименование, я предложил бы ввести класс $+14$, будучи уверен, что лучше всего из предосторожности оставлять дверь открытой, если среди коллоидальных агрегатов проявляется такой исследовательский пыл. Именно благодаря наличию такой активности в подклассе β класса О следует также оставить ряд открытым с другого конца, введя класс -5 ... Вряд ли пройдет много времени, прежде чем гипотетические составные части корпускул сами окажутся разрешенными в материальные системы. Теперь мы можем дать полную классификацию материальных систем. Ее следует рассматривать в некоторых частях как первый опыт и скорее как гибкую, чем как жесткую. Она представляет собою прогресс в установлении Порядка, но не полное избавление от Хаоса. Новые исследования скоро выявят необходимость изменений и дальнейших улучшений.

В некоторых отношениях общая картина не вполне удовлетворительна. С одной стороны, она заставляет нас осознать многообразие нашего неведения, с другой стороны, она по необходимости неоднородна в отношении подклассов. В лучшем случае это есть рабочая классификация, цель которой дать общую перспективу и руководить дальнейшими изысканиями в направлении установления соотношений между разного типа организациями. Приводим полную классификацию в том виде, в каком она вытекает из всего предыдущего.

КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

—5.

—4. КОРПУСКУЛЫ:

α.

β. Световые кванты.

γ. Электроны.

δ. Протоны.

—3. АТОМЫ:

от 1 до 92.

—2. МОЛЕКУЛЫ:

от 1 до n .

—1. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИСТЕМЫ:

I. Кристаллы.

II. Коллоиды.

0. КОЛЛОИДАЛЬНЫЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ:

α. Неорганические (минералы, метеориты и т. д.).

β. Органические (организмы, колонии организмов и т. д.).

+1. МЕТЕОРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ:

1. Метеорные потоки.

2. Кометы.

3. Диффузные туманности с центральным сгущением.

+2. СИСТЕМЫ СПУТНИКОВ:

1. Типа Земля — Луна;

2. Типа Юпитера.

3. Типа Сатурна.

+3. ПЛАНЕТАРНЫЕ СТРУКТУРЫ:

- I. Звезды с короной и метеорами.
- II. Звезды с планетами, кометами и т. д.
- III. Звезды с туманными оболочками:
 - (I) Планетарные туманности.
 - (II) Кольцевые туманности.

+4. ДВОЙНЫЕ И КРАТНЫЕ ЗВЕЗДЫ:

- I. Тесные системы:
 - (a) Затменные.
 - (b) Спектроскопические.
- II. Визуальные системы:
 - (a) Гравитационные.
 - (β) Оптические.
- III. Группы звезд с общим движением.

+5. ГАЛАКТИЧЕСКИЕ СКОПЛЕНИЯ:

- a. Звездные поля неравномерной плотности.
- b. Ассоциации звезд.
- c. Очень разбросанные группы.
- d. Разбросанные группы.
- e. Тесные группы.
- f. Компактные группы.
- g. Плотные группы.

+6. ШАРОВИДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ:

- I. Наиболее концентрированные системы.
- II.
- III. Наименее концентрированные системы.

+7. ГАЛАКТИКИ:

- a. Внутренние:
 - (a) Местная система.
 - (b) Типа Щита Собесского:
 - (a) Действительные.
 - (β) Кажущиеся.
 - (c) Магеллановы Облака.
- b. Внешние:
 - a1, a2, a3 . . . a10.
 - b1, b2, b3 . . . b10.
 -
 - f1, f2, f3 . . . f10.

+8. КРАТНЫЕ ГАЛАКТИКИ:

- 1) Двойные системы.
- 2) Малые группы.

+9. СВЕРХГАЛАКТИКИ:

- 1) Типа Coma-Virgo.
- 2) Галактическая система.

+10. МЕТАГАЛАКТИКА.

+11. КОСМОПЛАЗМА:

α. Междוזвездные частицы:

- (1) Космические метеоры.
- (2) Диффузные туманности.

β. Междוזвездный газ:

- !(1) Корпускулы.
- (2) Атомы.
- (3) Молекулы.

γ. Радиация.

δ.

+12. ВСЕЛЕННАЯ (КОМПЛЕКС ПРОСТРАНСТВО — ВРЕМЯ):

+13.

В предыдущих главах мы неоднократно указывали на возможность дать более разработанные подразделения для большинства классов. Для того или иного случая могут быть предложены очень хорошие классификации взамен этих. Однако следует помнить, что обсуждению подверглись *системы*, а не *тела*. Список различных типов материальных тел был бы проще и короче. Главными объектами вероятно были бы кванты, электроны, атомы, молекулы, метеориты, (спутники), (планеты), звезды, (туманности). Необходимость классов, заключенных в скобках, сомнительна, если термин «метеориты» понимать в широком смысле. Если бы мы составляли такого рода классификацию тел, мы должны были бы также заняться классификацией переменных звезд и рассмотрением звездных спектров. И то и другое важно для астрономических исследований, но выпущено из нашего обзора, так как явно не входит в его цели.

Очевидно, что весьма многочисленные подразделения могут быть сделаны и делались для класса 0 β «органические коллоид-

дальные агрегаты»: классификации по царствам, отрядам, классам, порядкам, семействам, родам, видам, разновидностям, расам и т. д., но здесь заниматься этим было бы совершенно неуместно. Мы достаточно слышали об организмах. С большим основанием мы могли бы заняться классификацией комет по длине хвоста или двойных звезд по их цвету.

Не считая того, что мы получили, так сказать, общую панораму, наиболее удовлетворительным результатом настоящего исследования является тот свет, который оно бросило на положение местной системы в метagalактике. Мы с чувством облегчения находим, что нам нет необходимости считать нашу галактическую систему организацией, единственной в своем роде и имеющей какое-то особо важное значение. Гипотеза сверхгалактики, которая приносит нам это облегчение, может давать неполную интерпретацию структуры Млечного Пути, но она указывает множество направлений, в которых можно вести исследования, и в настоящем своем виде она более вероятна, чем предшествовавшее ей представление о галактической системе.

В любом классе размеры и массы могут чрезвычайно варьировать, особенно это относится к классу коллоидальных агрегатов и метеорных ассоциаций. Но в общем основная классификация развertyвалась в направлении возрастающих размеров. Это направление показано в следующей таблице, где приближенные диаметры выражены в сантиметрах. Если мы пожелаем заменить сантиметры километрами, то каждый показатель степени следует уменьшить на 5. Таким образом средний диаметр молекулы составляет 10^{-7} сантиметров, или 10^{-12} километров, а диаметр средней системы спутников составляет 10^{11} сантиметров, или 10^6 километров.

Оценка диаметра гипотетической «замкнутой вселенной» основана на данных весьма предварительного характера, интерпретированных при помощи общей теории относительности.

Диаметр метagalактической системы представляет собою только указание на расстояния наиболее удаленных талактик, которые до сего времени были сфотографированы большими телескопами.

Хотя от оценок диаметра нельзя требовать точности, все же они правильно указывают порядок величины.

ДИАМЕТРЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ (в сантиметрах)

Протон	10^{-13}
Атом	10^{-8}
Молекула	10^{-7}
Коллоидальная частица	10^{-6}
Комета и метеорный поток	10^7
Система Земля—Луна	10^{11}
Солнечная система	10^{15}
Галактическое скопление	10^{19}
Шаровидное скопление	10^{20}
Звездное облако и галактика	10^{22}
Галактическая система	10^{23}
Метагалактика	10^{27}
Вселенная (радиус)	$10^{29}(?)$

По массе, так же как и по линейным размерам, классифицированные системы изменялись в направлении от меньшего к большему. Они содержат поэтому все возрастающие числа корпускул (протонов и электронов). В последней таблице мы перечисляем некоторые важнейшие структуры и указываем приблизительно число корпускул, входящих в состав средней системы. Для того чтобы выразить массы в тоннах, показатели степеней должны быть уменьшены на 30 (например Солнце содержит 10^{27} тонн материи).

ЧИСЛО ЧАСТИЦ

Атом водорода	2
Атом ртути	400
Один грамматом любого вещества	10^{24}
Комета	10^{44}
Земля	10^{52}
Солнце	10^{57}
Шаровидное скопление	10^{63}
Галактика	10^{67}
Супергалактика	10^{68}
Вселенная	$> 10^{73}(?)$

Еще раз мы заканчиваем список вопросительным знаком, потому что если даже мы сбросим со счета радиацию, все же трудно оце-

нить общее количество вещества в космоплазме. Если бы общее количество вещества более чем в сто раз превосходило количество, сосредоточенное в известных или предполагаемых звездах и туманностях, то скорости отдельных звезд были бы вероятно гораздо больше, чем те, которые мы наблюдаем. Но несомненно в форме темных, или мертвых, звезд, а также в форме межзвездного газа и метеоров в пространстве может быть распределено в несколько раз больше вещества, чем его сконцентрировано в светлых звездах и известных нам туманностях.

Этими таблицами размеров и масс мы заканчиваем наше рассмотрение типов материальных систем. Нашей целью было дать общую ориентировку в физическом мире. Весь обзор был дан для того, чтобы показать, в каких пределах может быть проведена унифицированная классификация всех известных материальных систем, указать практические подразделения для некоторых классов, найти отношение нашей галактической системы к внешним галактикам, подчеркнуть важное значение того субстрата, состоящего из частиц, газов и радиации, который образует космоплазму, отнести к надлежащим категориям такие недифференцированные объекты, как газовые туманности, и отметить место живых организмов в схеме Космоса. Я чувствую, что этот обзор будет оправдан, если он даст мыслителю материал для размышлений, а экспериментатору — указания на плодотворные области исследований.



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к русскому переводу	3
Предисловие автора	5
Хаос	7
Плеяды и подобные им скопления	15
В глубины звездной организации	21
Корпускулы — наименьшие из ма- териальных систем	25
От микрокосма к макрокосму . .	32
Замечание об органических кол- лоидальных агрегатах	43
Системы камней и железа	45
Луны	57
Звезды с планетами и без планет	67
Двойные и кратные звезды . . .	71
Звездные скопления	83
Звездные облака и галактики .	91
Сверхгалактические системы . .	109
Космоплазма	117
От Хаоса к Порядку	124

Редакция П. П. ПАРЕНАГО. Оформление В. Ф. ЗАЗУЛЬСКОЙ.

Корректурa А. Х. АРТЮХОВОЙ. Выпускающий В. П. МОРЕВ.

Сдано в производство 26/VIII 1933 г. Подписано в печать 19 января 1934 г.

Листов 8¹/₄, Тираж 4000. Формат 82×110/₃₂. Печатн. знаков в листе 32 500.

Заказ № 3509. ГТТИ. 184 ин; екс—Т—65—4—4. Уполномоченный Главлита В-73453.
