

Ф. Ю. Зигель

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ МОЗАИКА



Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ МОЗАИКА



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1987

ББК 22.6
359
УДК 52 (023)

Рецензент

доктор физико-математических наук *И. А. Клишнин*

Зигель Ф. Ю.

359 **Астрономическая мозаика.** — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.- лит., 1987. — 176 с.

30 к. 172 000 экз.

Рассказ о некоторых малоизвестных эпизодах из истории астрономии, а также об удивительных открытиях, сделанных в последние годы. Читатель узнает, например, об известном популяризаторе астрономии Камилле Фламарионе, о метеорите «Палласово железо», о хвосте Земли, о пылевых кольцах вокруг некоторых звезд. Уделяется внимание проблеме природы комет, проблеме скрытой массы, особенностям планет, спиральной структуре Галактик и удивительному антропному принципу.

Для самого широкого круга лиц, интересующихся проблемами астрономии.

3 1705000000 — 060 140-87
053(02)-87

ББК 22.6

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1987

ОГЛАВЛЕНИЕ

О ХВОСТЕ БОЛЬШОЙ МЕДВЕДИЦЫ	5
ИЗ ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ	7
Золотое сечение в Солнечной системе	7
Коперник древнего мира	11
Неосознанное открытие	13
Великий кузанец	17
Астрономы идут на компромисс	19
Телескоп Леонардо да Винчи	21
У истоков русской астрономии	23
Певец Урании	25
Памятник метеориту	31
Любопытная история	34
По настоянию жены	35
Рекорды зрения	36
Созвездие Кошки	36
Стихи о Вселенной	37
ОКРЕСТНОСТИ СОЛНЦА	39
Зодиакальный свет и облако Оорта	39
Хвост Земли	48
Типичные и нетипичные кометы	58
Тринадцатое возвращение	63
Лунная атмосфера	66
Рельеф Меркурия	68
Новые загадки Фобоса и Деймоса	73
Загадки Красного Пятна	76
Плутон и Харон	79
Окольцованные планеты	82
Пыль вокруг звезд	86
ЗВЕЗДА СОЛНЦЕ	90
Все познается в сравнении	90
Солнце как переменная звезда	93
Вращение солнц	95

СРЕДИ САМЫХ РАЗНЫХ ЗВЕЗД	98
Три соседа	98
Звезда Барнарда	100
Звезды — рекордсмены	102
Какими не могут быть звезды?	106
Их бурная молодость	108
В роли вампиров	111
Загадки барстеров	116
История одного взрыва	118
Миллисекундный пульсар	120
Объект SS 433	121
В МЕЖЗВЕЗДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ	124
Есть ли в природе пустота?	124
Видимое ничто	127
Леденящая жара	129
Космический дым	131
Планетарные туманности	135
ЗВЕЗДНАЯ СПИРАЛЬ	139
Млечный Путь меняет вид	139
Штурм галактического ядра	142
Необыкновенное светило	145
Пути звезд	145
Галактический свет	147
ОБЪЕКТЫ МЕГАМИРА	148
Попытки классификации	148
Диковины Магеллановых Облаков	152
Крайности в Местной системе	155
Загадка спиральной структуры галактик	159
Паноптикум галактик	161
Чудища космоса	163
Структура Метагалактики	165
Проблема скрытой массы	168
Антропный принцип	170

О ХВОСТЕ БОЛЬШОЙ МЕДВЕДИЦЫ

Эту странную тему в качестве пролога я избрал не случайно. В заурядном, давно знакомом, порой неожиданно открываются новые черты, заставляющие по-иному смотреть на вещи. И с этой неожиданной стороны привычное становится очень интересным. Хвост Большой Медведицы может служить тому примером.

Можно не сомневаться, что всем читателям этой книги хорошо знакомо популярнейшее из созвездий. Многие видели его и на небе. Вероятно, не все созвездие, а только его главную, самую яркую часть, напоминающую скорее ковш, кастрюлю, но никак не медведя. Известно, что у разных народов это созвездие именовалось по-разному. Но с древнейших, незапамятных времен и до наших дней из всех наименований название «Большая Медведица» не только сохранилось, но и в текущем веке было официально закреплено Международным астрономическим союзом на всех астрономических картах звездного неба.

От древних греков до нас дошла забавная легенда. Когда-то у царя Ликаона, правителя страны Аркадии, была дочь Каллисто. Отличаясь редкой красотой, она рискнула вступить в соперничество с богиней Герой — ревнивой и коварной супругой верховного бога Зевса. Добром это не кончилось — всемогущая Гера превратила Каллисто в безобразную медведицу. Когда юный Аркас, сын Каллисто, на охоте увидел дикого зверя, он, ничего не подозревая, хотел убить свою мать — медведицу. Но Зевс, равнодушный к Каллисто, предотвратил преступление. Он удержал руку Аркаса, а Каллисто навсегда взял на небо, превратив в созвездие. Кстати, на Земле не остался и Аркас, по воле Зевса ставший созвездием Волопаса, а любимая собака Каллисто преобразилась в созвездие Малой Медведицы.

Хорошо известно, что в отличие от земных медведей небесная медведица имеет очень длинный хвост. Древние греки шуточно объясняли это тем, что Зевс тащил Каллисто на небо за хвост, отчего тот и «вытянулся».

Рассказанная история давно известна. Но вот что странно — почему у американских индейцев то же «длиннохвостое» созвездие зовется Медведем? Заимствовать название у греков они, конечно, не могли. Самобытные названия созвездий записаны еще в XVII в., то есть в эпоху завоевания Америки. И у советского литературоведа Ю. А. Карпенко рождается интересное, хотя и весьма спорное, предположение *). Суть его такова.

Все звезды движутся в пространстве, и потому любые созвездия — временные, условные «узоры» звездного неба. Пройдут тысячелетия, и звездное небо станет неузнаваемым — нынешние созвездия уступят место каким-то другим. Зная скорости звезд, легко представить себе, как выглядели созвездия в прошлом. На рис. 1 показано, как выглядел ковш созвездия Большой Медведицы 100 000 лет назад. При достаточно

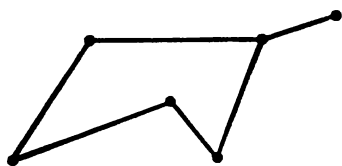


Рис. 1. Расположение звезд ковша Большой Медведицы 100 000 лет назад (дано в зеркальном изображении)

богатом воображении древние обитатели Америки и в самом деле, как считает Ю. А. Карпенко, могли увидеть в семизвездии образ настоящей бесхвостой медведицы, тянущейся к какому-то предмету.

Если все это так, то, следовательно, уже 100 тысяч лет назад люди разговаривали между собой и в их языке уже было слово «Медведь». Такое предположение не должно казаться чересчур смелым, так как антропологические исследования последних десятилетий постепенно отодвигают все дальше в прошлое эпоху возникновения разумного человечества.

Астрономия неожиданно сомкнулась с антропологией и лингвистикой. Для живого ума здесь есть над чем поразмыслить.

Предлагаемая вниманию читателей книга рассчитана именно на живые умы, на людей с открытым разумом, способных нестандартно мыслить. Они найдут в этой книге малоизвестные, но важные эпизоды из истории астрономии и современного изучения астрономических проблем.

*) Карпенко Ю. А. Названия звездного неба. — М.: Наука, 1981.

ИЗ ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

Исторические заслуги судятся не по тому, чего *не дали* исторические деятели сравнительно с современными требованиями, а по тому, что они *дали нового* сравнительно со своими предшественниками

Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 2, с. 178

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Два с половиной тысячелетия назад жил знаменитый греческий философ и математик Пифагор. Обычно его имя ассоциируется со знаменитой теоремой о связи сторон в прямоугольных треугольниках. Но заслуги Пифагора и его учеников далеко выходят за рамки геометрии. Пифагорейская школа впервые и не без успеха начала изучать связи природы и математики. Несмотря на ряд ошибок и увлечение «мистикой чисел», пифагорейцы по существу заложили основы математического естествознания. Они внесли «величайший вклад в сокровищницу мировой философии и науки, потому что возникновение математического естествознания в новое время философски было связано с идеями пифагореизма» *). О самом Пифагоре известно мало. Он не оставил после себя никаких рукописей, его учение считают тайным, и лишь немного проникло сквозь плотную завесу секретности, которую всячески поддерживали пифагорейцы. Тем не менее то, что мы знаем о Пифагоре и его учении, представляет огромный интерес.

Если верить преданиям, Пифагор родился в 570 г. до н. э. на острове Самос вблизи побережья Малой Азии. Первоначальное образование он получил от отца — ювелира. В те времена эта профессия считалась весьма интеллектуальной и многообразие интересов Пифагора, возможно, порождено многосторонностью знаний его отца.

Когда Пифагору исполнилось тридцать лет, он отправился путешествовать в Египет, где познакомился с медициной, математикой и метеорологией. Во время войны Египта с Персией Пифагор попал в плен и был отвезен в Вавилон. Вероятно, здесь он познакомился с восточной философией и магией, что отразилось и на его мировоззрении.

*) Философская энциклопедия, 1967, т. 4, с. 260

Вернувшись на Самос, Пифагор застал свою родину стонущей под железной рукой диктатора Поликрата, союзника персов. Хотя внешне все казалось благополучным, поощрялись ремесла и искусства, воздвигались великолепные здания, но это «процветание» сочеталось с жестоким подавлением всякой свободы мысли.

Ненавидя тиранию, Пифагор в 540 г. до н. э. покинул родину и переехал в город Кротон на берегу Тарентинского залива. Здесь, в атмосфере относительной свободы, Пифагор основал свою школу — своеобразный союз единомышленников, поклявшихся сохранить тайны пифагорейского учения.

Авторитет Пифагора был безграничен. Он одевался как жрец — в белоснежные одежды — и всячески старался сохранять величественный и неприступный вид. О Пифагоре сочинялись легенды, но были люди, которым его поведение казалось нелепым и смешным.

Понятие «всемирной симпатии», то есть гармонии всего существующего, Пифагор считал главным пунктом своего учения. Именно он одним из первых использовал термин «космос», происходящий от греческого слова «космео», что означает «украшаю». Космос, то есть упорядоченный, гармоничный мир, противопоставлялся хаосу, беспорядочному началу бытия, с которого, по убеждению греков, и началось созидание богами Мироздания.

Не случайно поэтому Пифагор и пифагорейцы всюду и во всем искали лад, порядок, начиная с музыки и кончая движением небесных светил. По словам Аристотеля, они полагали «принципы математики принципами всего сущего» и с этих позиций оценивали все явления Природы.

В Кротоне, несмотря на всю свою замкнутость, пифагорейский союз приобрел некоторую популярность. В конце концов пифагорейцы захватили власть не только в Кротоне, но и в ближайших к нему городах. Но этот внешний успех был началом их конца.

В 510 г. до н. э. в городе Сибарисе восстал народ. Он не мог дальше терпеть своих правителей — изнеженных, деспотичных «сибаритов», которые больше заботились о собственных удовольствиях, чем о благополучии своих граждан. Пифагор, видевший в народных восстаниях проявление хаотических сил, взял под защиту сибаритов. Между Кротоном и Сибарисом вспыхнула война, в итоге которой престарелый Пифагор бежал из Кротона, а пифагорейцы были подвергнуты гонению. О конце жизни Пифагора ничего достоверного не известно. Учение Пифагора до сих пор служит источником плодотворных идей в естествознании.

Пифагор был первым, кто обратил внимание на особое, «гармоничное» деление любого отрезка, позднее названное «золотым сечением».

Пусть точка C делит отрезок AB на две части a и b так, что отношение отрезков образует с длиной всей линии такую пропорцию: $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$. Если обозначить отношение $\frac{a}{b} = x$, то уравнение переписывается в виде

$$1 + \frac{1}{x} = x \text{ или } x^2 - x - 1 = 0.$$

Отсюда находим

$$x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}.$$

Приближенные значения корней таковы:

$$x_1 = 1,61803398875; x_2 = -0,61803398875.$$

В 1509 г., то есть примерно через две тысячи лет после Пифагора, итальянец Фра Лука Пачиоли (1445—1509) опубликовал книгу «О божественной пропорции». Рисунки к этой книге выполнил знаменитый друг Пачиоли Леонардо да Винчи. Ему же, кстати, принадлежит и термин «золотое сечение». Рассмотрим некоторые свойства этой удивительной пропорции.

Обозначим $x_1 = \Phi$. Тогда $x_2 = -\Phi^{-1}$. Пачиоли доказал, что последовательность чисел вида Φ^{-1} , Φ^0 , Φ^1 , Φ^2 , $\Phi^3 \dots$ является геометрической прогрессией. Число Φ не менее замечательно, чем числа π и e . О нем после Пифагора писали Платон, Поликлет, Евклид, Витрувий и многие другие. В новое время золотым сечением интересовались кроме Леонардо да Винчи также Дюрер и ряд других художников, скульпторов, архитекторов. В прошлом и нынешнем столетии золотое сечение снова привлекло пристальное внимание многих деятелей науки и искусства. Вызвано это тем, что всюду, где присутствует «золотое» число Φ , живые формы и произведения архитектуры приятны для глаз, отличаются явной гармоничностью и красотой.

Золотое сечение можно встретить не только в пропорциях человеческого тела, но, например, в расположении листьев на ветках. Присмотритесь к деревьям — между двумя парами листьев третий лист находится в точке золотого сечения (рис. 2). Длина главной балки (архитрава) знаменитого Парфенона относится к высоте здания, как $\frac{1}{0,618}$. Подобные соотно-

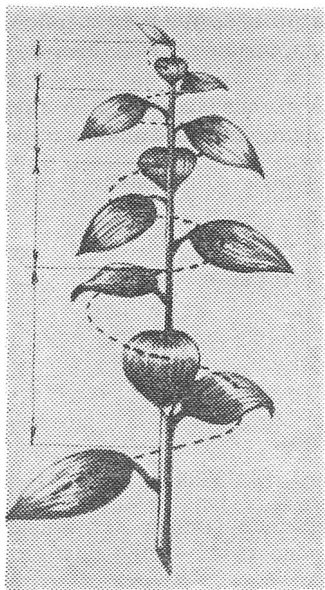


Рис. 2. «Золотое сечение» в расположении листьев некоторых растений

шения давно найдены в таких шедеврах архитектуры, как церковь на Нерли или храм Вознесения в Коломенском.

В музыке также есть следы вездесущего золотого сечения. Если длину струны уменьшить вдвое, тон повысится на одну октаву. Уменьшению длины струны в отношении $\frac{3}{2}$ и $\frac{4}{3}$ будут соответствовать интервалы квинта и кварта. Благозвучные интервалы и аккорды (консонансы) имеют соотношение частот, близкое к Φ . Кульминация мелодии часто приходится на точку золотого сечения ее общей продолжительности.

Пифагорейцы считали, что небесные светила расположены на концентрических сферах, имеющих общим своим центром Землю. Расстояния между сфе-

рами соответствуют определенным музыкальным интервалам. При вращении сфер каждая из них издает свой тон, и в результате сложения тонов получается гармоническая мелодия — «музыка небесных сфер». Однако, по убеждению пифагорейцев, слышать эту музыку могут только избранные.

Пулковский астроном К. П. Бутусов в серии обстоятельных работ решил проверить, в чем были правы и в чем ошибались пифагорейцы *). Оказалось, что соотношение периодов обращений соседних планет равно числу Φ или Φ^2 . По его словам «частоты обращений планет и разности частот обращений образуют спектр с интервалом, равным ϕ , то есть спектр, построенный на основе золотого сечения. Иными словами, спектр гравитационных и акустических возмущений, создаваемых планетами, представляет собой консонансный аккорд, наиболее совершенный с эстетической точки зрения». Вызвана эта гармония, разумеется, вполне естественными причинами. Когда формировалась Солнечная система, в газопылевом облаке, окружающем Солнце, возникали акустические волны, созда-

*) Бутусов К. П. Золотое сечение в Солнечной системе. Сб. «Астрометрия и небесная механика». — М.; Л., 1978, с. 475 — 500.

ваемые Солнцем и зарождающимися планетами. Для устойчивости планетных орбит должны выполняться условия стационарности. А это будет при резонансе акустических волн с периодом, равным периоду обращения планеты. Таким образом, невоспринимаемая нашим ухом «музыка небесных сфер» тем не менее таит в себе глубокий физический смысл.

Любопытно, что расположение перигелиев и афелиев планет по логарифмическим спиральям, как доказал К. П. Бутусов, также связано с «гармоническими» числами Φ .

Золотое сечение, как уже говорилось, широко представлено в живой природе и произведениях искусства. Почему оно так распространено в Солнечной системе? Эту загадку предстоит решить будущему. По мнению К. П. Бутусова изучение золотого сечения и чисел Φ пока ведется в масштабах явно недостаточных. Имеет смысл создать систему счисления, в основу которой следует положить не число 10, а число Φ . В рамках такой «золотой математики» прикладные исследования золотого сечения стали бы гораздо плодотворнее. Во всяком случае, для описания форм планет, их орбит, спиральных галактик число Φ , как считает К. П. Бутусов, более чем любое другое станет естественным числом для их изучения.

КОПЕРНИК ДРЕВНЕГО МИРА

Остров Самос, подаривший человечеству Пифагора, стал родиной и другого великого греческого мыслителя Аристарха (310—250 гг. до н. э.). К сожалению, труды Аристарха Самосского до нас не дошли, кроме одного трактата «О размерах и взаимных расстояниях Солнца и Луны». Но этот трактат содержит важную идею, заставившую Аристарха впервые высказать гипотезу об обращении Земли вокруг Солнца. Рассуждения его достаточно просты.

В тот момент, когда Луна бывает видна с Земли в форме полукруга, то есть в первой или последней четверти, Земля E , Луна M и Солнце S образуют вершины прямоугольного треугольника (рис. 3). Если в этот момент измерить угол MES , то, пользуясь теоремой синусов, можно найти отношение сторон

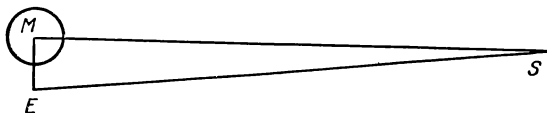


Рис. 3. Определение космических расстояний по Аристарху; E , S , M — центры Земли, Солнца, Луны

ES и *EM*. Ту же задачу легко решить и приближенно, построив на чертеже треугольник, подобный треугольнику *EMS*.

По измерениям Аристарха угол *MSE* равен 3 градусам. На самом деле он в 18 раз меньше и близок к 10 минутам дуги. Ошибка Аристарха вполне простительна — ведь определить точно момент первой или последней четверти весьма трудно. Да и угломерные инструменты, с которыми работал Аристарх, были грубы и несовершенны. Однако выводы из своих ошибочных измерений Аристарх сделал правильные.

По его подсчетам Солнце отстоит от Земли в 20 раз дальше, чем Луна (на самом деле в 400 раз). Считая, что Луна по диаметру втрое меньше Земли, и зная благодаря Эратосфену размеры последней, Аристарх нашел, что по объему Солнце превосходит Землю не менее чем в 200—300 раз. Но отсюда следовало, что скорее всего Земля обращается вокруг Солнца, а не наоборот.

Аристарху хорошо было известно главное возражение его оппонентов: если бы Земля обращалась вокруг Солнца, то звезды должны были бы описывать на небе маленькие эллипсы — «отражение» земной орбиты. На это Аристарх резонно возражал, что такие кажущиеся или, как теперь мы их называем, параллактические смещения звезд неуловимо малы, так как звезды настолько удалены от Солнца и Земли, что с их расстояния земная орбита выглядит точкой.

Об этой гениальной догадке Аристарха мы знаем по сочинению Архимеда (287—212). В одном из трудов Архимеда, именуемом «Псаммит» (т. е. «Исчисление песчинок»), ставится грандиозная задача: считая Вселенную шаром, ограниченным сферой неподвижных звезд, подсчитать, сколько песчинок сможет вместить в себя Вселенная?

Система счисления была тогда плохо разработана, и Архимеду пришлось немало потрудиться, чтобы решить поставленную им задачу. По мнению Архимеда Вселенная имеет гораздо меньшие размеры, чем считал Аристарх. Произвольно принимая, что диаметр Солнца в тысячу раз меньше окружности неподвижных звезд, Архимед подсчитал, что в такой Вселенной разместится 10^{63} песчинок.

Для нас этот наивный результат важен, как первая в истории человечества попытка вычислить размеры Вселенной. Но вот что пишет Архимед об Аристархе Самосском в «Псаммите»: «Он полагает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют свои места в пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося в ее центре, и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца, а размер этой сферы таков, что окружность, описываемая по его

предположению Землей, находится к расстоянию неподвижных звезд в таком же отношении, в каком центр шара находится к его поверхности» *).

Если к этому добавить, что Аристарх принимал гипотезу о суточном вращении Земли, а Солнце считал одной из звезд, то мы только можем склонить головы перед его гением, намного опередившим свою эпоху.

Неудивительно, что идеи Аристарха не нашли сочувствия у современников. Один из его противников стоик Клеанф обвинил Аристарха в безбожии за то, что тот посмел сдвинуть с места «Очаг Вселенной», и Аристарх с большим трудом избежал общественного суда и расправы. После Гиппарха (II в. до н. э.) уже нигде не встречается упоминание о первой гелиоцентрической системе мира. Имя Аристарха многие века оставалось совершенно забытым, и лишь на заре эпохи Возрождения в 1498 г. в Венеции был издан латинский перевод его единственно уцелевшего трактата. Кратко упоминает об Аристархе и великий Коперник, давший новую жизнь его гениальным идеям.

НЕОСОЗНАННОЕ ОТКРЫТИЕ

Отвергнув гелиоцентрическую систему Аристарха, древние астрономы поставили перед собой нелегкую задачу — объяснить движения небесных светил, считая при этом Землю неподвижным центром Мироздания. Особенно странным казалось движение планет. Перемещаясь среди звезд в одном направлении, планета иногда останавливается и начинает пятиться назад. Через некоторое время, как бы передумав, она снова продолжает путь в прежнем направлении, описав на фоне звездного неба очередную петлю.

Наши современники не понимают, в чем тут проблема. Почему бы не считать движение планет таким, каким оно наблюдается — сложным, петлеобразным, неравномерным? Ведь главная идея геоцентризма — обращение планет вокруг Земли — оставалась при этом непоколебленной.

Беда в том, что этому естественному объяснению мешала предвзятая точка зрения, лежащая в основе философии знаменитого Аристотеля (384 — 322 до н. э.). Его авторитет был неоспорим, и то, чему учил Аристотель, на протяжении веков считалось непререкаемой истиной. А по Аристотелю небо и Земля

*) Веселовский И. Н. Аристарх Самосский — Коперник античного мира. Сб. «Историко-астрономические исследования», вып. VII. — М.: Наука, 1961, с. 61.

принципиально отличаются друг от друга. Если в нашем земном низшем мире все тленно и несовершенно, то в горнем небесном мире, наоборот, все точно и исполнено всяческого совершенства. Считалось, что идеальными, совершенными могут быть только равномерные, круговые движения — прообраз вечности. Всякие же иные движения за пределами Земли быть не могут. Таким образом, с помощью «совершенных» движений предстояло объяснить «несовершенное» петлеобразное движение планет.

Эту задачу гениально решил великий александрийский ученый Клавдий Птолемей. К сожалению, о его жизни мы почти ничего не знаем. До нас не дошли сведения, где и когда родился Птолемей. Стал он известным около 130 г. н. э., а умер после 141 г. Некоторые подозревали его в принадлежности к царской династии Птолемеев, но это только ни на чем не основанные предположения. Зато главное сочинение Птолемея «Альмагест», то есть «Великое построение», вплоть до Коперника оставалась лучшей теорией движения небесных светил.

Основная идея системы Птолемея хорошо известна (рис. 4). В центре мира покоится Земля, вокруг нее обращаются Солнце, Луна, планеты и звезды. Но вот у планет движение сложное: сама планета движется по малому кругу, называемому эпициклом, а центр эпицикла обращается непосредственно вокруг Земли по большому кругу — деференту. Оба эти движения идеальные, то есть круговые и равномерные. Если подобрать соответствующие радиусы эпициклов и деферентов, а также их наклон друг к другу, удастся с большой точностью объяснить петлеобразное движение планет. При этом не задет и Аристотель — движения в небе идеальны.

Мы не будем вдаваться в различные тонкости птолемеевой системы мира. Отметим лишь, что с ростом точности астрономических наблюдений для некоторых планет пришлось ввести сначала два, а потом большее число эпициклов. Сама планета двигалась по последнему из них, а в остальных случаях их роль выполняли центры других эпициклов. Получалась очень громоздкая система, не имеющая физического объяснения. В самом деле, что заставляет двигаться планеты вокруг геометрических точек? Но все это было данью Аристотелю и на примере многовекового существования системы Птолемея видно, как иногда вредно верить авторитетам.

Получилось, однако, так, что Птолемей, сам того не подозревая, открыл новый, очень плодотворный математический метод, много позже получивший название гармонического анализа.

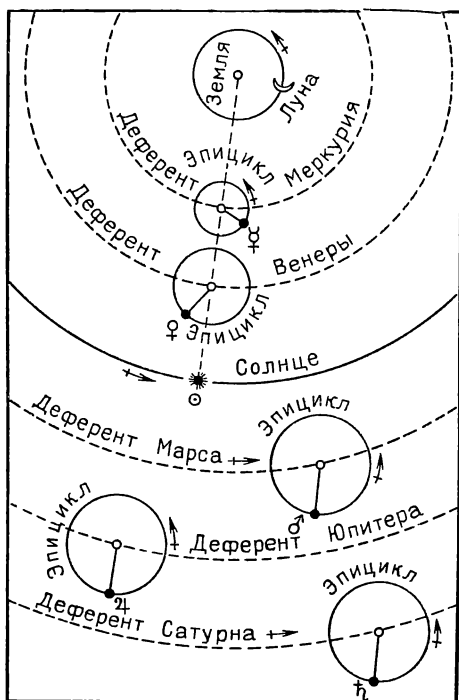


Рис. 4. Система Птолемея

Из школьного курса физики известно, что колебательные движения маятника могут быть описаны формулой $x = A \sin(\omega t + \delta)$, где x — отклонение от положения равновесия, A — амплитуда колебаний, ω — круговая частота, t — время, δ — начальная фаза. Если x отложить по вертикальной оси, а t — по горизонтальной, график зависимости x от t представится некоторой синусоидой, вообще говоря, не выходящей из начала координат.

Показывают в школе и такой опыт: тень от шара, равномерно вращающегося вокруг центра горизонтального колеса, проецируют на экран. Там, на экране, тень смещается по закону колебания маятника. Оба движения сходны, описываются одинаковыми уравнениями и называются гармоническими.

В системе Птолемея движения по деференту и эпициклам гармонические. Следовательно, Клавдий Птолемей пытался сложное петлеобразное движение планет представить как сумму нескольких гармонических движений. Задача эта вполне корректна и выполнима с любой степенью точности. Многие

непрерывные функции $f(x)$ могут быть представлены в виде

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(\omega_n t + \delta_n),$$

где $A_n \sin(\omega_n t + \delta_n)$ — n -е гармоническое движение, или проще говоря, n -я гармоника. Если вместо бесчисленного множества гармоник брать их конечное число, то выражение для $f(x)$ получится приближенным. Но при этом точность приближения может быть как угодно высокой, лишь бы было взято достаточное число гармоник.

Отсюда следует любопытный вывод. Несмотря на свою принципиальную порочность, система Птолемея может небесные явления предсказывать с любой степенью точности. С ее помощью, как это ни парадоксально, можно было бы решать некоторые задачи современной космонавтики, например, вычислять видимые на небе траектории космических аппаратов.

Птолемей, конечно, и не подозревал об этих потенциальных возможностях своей системы. Лишь спустя семнадцать столетий французский математик Жан Фурье (1768—1830) довел идею Птолемея до совершенства.

Жизнь этого крупного ученого тесно связана с событиями Великой Французской революции. В детстве оставшись сиротой, Жак поступил в военную школу монашеского ордена бенедиктинцев. Тринадцати лет он всерьез заинтересовался математикой и во внеурочное время при свете огарков изучал труды знаменитых математиков. События 1789 г. заставили Фурье отказаться от принятия монашеского пострига, и в конце того же года мы видим его в Парижской академии читающим доклад об алгебраических уравнениях. Позже он преподает математику в военной школе, громит в своих речах тиранов и призывает к установлению свободы.

В 1796 г. Фурье становится одним из первых профессоров знаменитой Политехнической школы. Но уже два года спустя Бонапарт берет Фурье в Египетский поход и тот ненадолго становится секретарем Египетского института, где, кстати сказать, учредивший его Бонапарт числится научным сотрудником.

Спустя несколько лет Фурье возвращается на родину и в 1802 г. становится префектом Гренобля. Обязанности крупного правительственного чиновника сильно отвлекают Фурье от научных занятий. И все-таки именно в эти годы вплоть до Ста дней (1813 г.) он ухитрился опубликовать важнейшие свои работы. Смена власти приводит Фурье несколько раз к критиче-

ским ситуациям, и все-таки перед своим окончательным поражением Наполеон награждает Фурье титулом графа.

При Людовике XVIII это дорого обошлось Фурье. Лишь в 1817 г. с огромными трудностями Фурье был избран членом Парижской академии наук. Последние 13 лет его жизни были спокойными, и Фурье умер в мае 1830 г., окруженный заслуженным почетом и уважением.

Ряды Фурье имеют вид:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx),$$

где коэффициенты вычисляются по выведенным Фурье формулам. Выражение, стоящее в скобках, легко преобразовать к виду $A_n \sin(nx + \delta_n)$, а член $\frac{a_0}{2}$ означает смещение графика на по-

стоянную величину по вертикали. По существу говоря, члены ряда Фурье — это гармоники или, с геометрической точки зрения, различные синусоиды, суммируя которые, можно с любой степенью точности представить многие непрерывные функции.

Имя Фурье встречается в самых различных разделах математики. Трудно указать прикладную область, где не применялись бы ряды Фурье, интеграл Фурье, фурье-анализ. Однако мне нигде в литературе не приходилось читать о том, что Фурье упоминал имя своего великого предшественника.

Судьбы и людей и идей бывают удивительными. Клавдий Птолемей, заботясь о «совершенстве» небесных движений, неожиданно и не осознавая этого, изобрел метод, имеющий громадное число приложений в практической, земной жизни современного человечества.

ВЕЛИКИЙ КУЗАНЕЦ

Не случайно, конечно, среди мыслителей и ученых прошлого нередко встречаются представители духовенства. На протяжении столетий это сословие составляло одну из самых образованных частей общества.

Одним из таких деятелей просвещения был гениальный философ XV в. кардинал Николай Кребс (1401—1464), обычно именуемый по названию своего родного города Кузы Николаем Кузанским. Предтеча материалистической философии нового времени, Николай Кребс родился в Южной Германии в семье рыбака. О его детстве, проведенном в Кузе, мы ничего не знаем. Подростком Николай бежал из родительского дома и получил образование в Девентере (Голландия), где позже обучался Эразм Роттердамский. Там его учили «семи



Николай Кузанский (1401—1465)

свободным искусствам», что оказалось достаточным для поступления в Гейдельбергский университет. В 1417 г., переехав в Падую, Николай увлекся разными науками, особенно астрономией. Вернувшись на родину, он принимает сан священника и поступает секретарем к папскому легату в Германии.

В 1440 г. появляется первая философская книга Николая Кузанского «Об ученом незнании», содержащая основные идеи его учения, а в 1448 г. Николай становится кардиналом.

В этом удивительном человеке, имевшем высокий духовный сан, причудливо сочетаются богословская ученость и очень глубокие светские знания. Последние годы жизни Николай Кузанский становится приближенным римского папы в качестве его викария. Скорее всего, этот высокий пост и то, что большинство сочинений великого Кузанца было издано после его смерти (в 1464 г.), спасло Николая от преследований. В чем же состояли его главные, необычайно смелые идеи?

Вопреки Аристотелю и Фоме Аквинскому (XI в.), главному вероучителю католической церкви, Николай Кузанский не считал Землю центром мироздания. Более того, по его убеждению в бесконечной Вселенной не может быть центра, так как, по его образному выражению, «у бесконечности центр везде, а окружность нигде».

В этой бесконечной Вселенной все находится в движении, и эта мысль о всеобщем движении во Вселенной подрывала учение Аристотеля о неизменности небес. Кузанец утверждал, что между земным и небесным нет принципиального различия и что Земля такое же небесное тело, как Солнце, Луна и планеты. Видимое же движение небосвода Николай Кузанский, вопреки Птолемею, совершенно недвусмысленно объяснял осевым вращением Земли.

Но самым удивительным казалось утверждение Николая Кузанского, что «ни одна из звездных областей не лишена жителей». Нам, людям XX в., даже трудно себе представить всю дерзость этой гениальной мысли. Впрочем, послушаем самого Кузанца:

«Наша Земля в действительности движется, хотя мы этого не замечаем. Земля — благородная звезда, имеющая свои особые и отличные от других звезд свет, тепло и влияние. Жители других звезд несоизмеримы с обитателями нашего мира. В отношении других звездных областей мы равным образом подозреваем, что ни одна из них не лишена обитателей и у единой Вселенной, по-видимому, столько отдельных мировых частей, сколько звезд, которым нет числа»^{*)}).

Николай Кузанский высказывал мысли, далеко опередившие свой век. В частности, он был одним из основоположников математической теории множеств. Об этом великом человеке его последователь Джордано Бруно писал:

«Если бы монашеский клобук не затмевал и не стеснял порой его гения, то Кузанского надо было бы считать выше Пифагора».

Это свидетельство из уст человека, отдавшего жизнь за утверждение научной истины, звучит вполне авторитетно.

АСТРОНОМЫ ИДУТ НА КОМПРОМИСС

Не все обладают смелостью Бруно. Многие готовы идти на компромисс ради жизни и благополучия, порой просто подчиняясь (иногда бессознательно) господствующему авторитету. О двух подобных случаях и пойдет речь.

Тихо Браге (1546 — 1601) был величайшим наблюдателем до-телескопической астрономии. Ему удалось с помощью своих угломерных инструментов достичь небывалой точности измерений положений небесных светил — до долей минуты дуги.

Тихо был именитым датским дворянином и глубоко верующим, религиозным человеком. Его близость к датскому королю Фридриху II обязывала Тихо не только соблюдать придворный этикет, но и придерживаться по меньшей мере внешнего благочестия. Система Птолемея была ему вполне по душе, тем более что, ничего не зная об инерции тел, он наивно полагал, что с вращающейся Земли все предметы слетели бы как грязь с катящегося колеса. Но с другой стороны Тихо были понятны многие достоинства коперниканской системы мира. И тогда Тихо Браге становится «соглашателем». В 1587 г. он придумывает систему, удовлетворяющую «и вашим, и нашим». Она изображена на рис. 5. Ее можно было бы назвать геогеоцентрической.

В центре мира неподвижно покоится Земля. Вокруг нее обращаются Луна и Солнце. А вот вокруг Солнца все

^{*)} Кузанский Николай. Сочинения, т. 1, с. 137. — М.: Мысль, 1979.

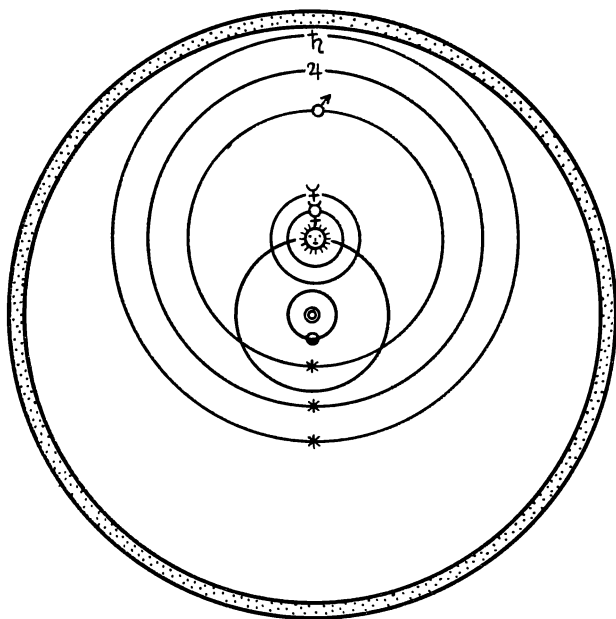


Рис. 5. Система Тихо Браге

остальные планеты. Замыкает эту конечную Вселенную сфера неподвижных звезд. В оправдание Тихо следует заметить, что осевое вращение Земли он признавал и суточное движение небосвода считал иллюзорным.

Все движение планет происходит так сложно, что в компромиссной системе Тихо пришлось ввести эпициклы, а центры орбит планет сместить из центра Солнца. Словом, соглашательство ни к чему хорошему не привело. По сравнению с Коперником это был громадный шаг назад. Система Тихо Браге некоторую популярность приобрела в Англии, да и то по религиозным соображениям. На европейском континенте ее резко критиковали, и главным ее противником был Галилей.

Не все знают, что первое время система Коперника хуже объясняла движение планет, чем ложная система Птолемея. Объясняется это опять-таки вредным влиянием авторитета.

При всей своей гениальности, Коперник не посмел покуситься на Аристотеля. Ведь древнегреческий философ был величайшим авторитетом для Фомы Аквинского — основоположника томизма, официальной доктрины католической церкви. И Коперник сохранил в своей системе «идеальные», то есть круговые и равномерные движения. Придерживался он и учения

Аристотеля о конечной Вселенной, ограниченной сферой неподвижных звезд, которая также имела «идеальную» сферическую форму. Солнце Коперник считал центром мироздания, а вовсе не одной из звезд. Все это были пережитки старой астрономии, сильно мешавшие научному прогрессу.

К каким только ухищрениям ни прибегал Коперник, чтобы хоть сколько-нибудь удовлетворительно объяснить движение планет! В своей системе он оставил 34 эпицикла. По его словам этого было достаточно, чтобы объяснить «весь сложный танец светил». Кроме того, центры планетных орбит он не всегда совмещал с центром Солнца (эксцентрическое движение характерно и для системы Птолемея). Словом, мертвое хватало живое, и правильная в своей идеологической основе система Коперника в период своего младенчества оказалась слишком тяжеловесной.

Радикальное решение нашел, как известно, Иоганн Кеплер (1571—1640). Вопреки Аристотелю, он доказал, что движения планет некруговые и неравномерные, а тогда все стало на свои места.

Вывод из этих двух историй ясен. В науке есть только один авторитет — Его Величество Факт.

ТЕЛЕСКОП ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

Когда Николай Кузанский был уже шестидесятилетним старцем, Леонардо да Винчи (1452—1519) лишь недавно появился на свет. Этот человек не нуждается в рекомендациях. Ученый и инженер, художник и скульптор, Леонардо поражал современников редкой энциклопедичностью знаний. Он был одним из тех титанов раннего Возрождения, труды которых легли в основу современной цивилизации.

Чуждый всякого преклонения перед авторитетами, Леонардо говорил, что «кто ссылагается на авторитет, тот пользуется не своим умом, а своей памятью. Мудрость есть дочь опыта, опыт никогда не ошибается. Во всяком случае он мой учитель».

О творениях Леонардо, о его гениальных изобретениях писалось много. Гораздо менее известен он как мыслитель и ученый. Сравнительно недавно были изданы его рукописи в виде отдельных заметок, набросков, и в них исследователи нашли мысли, резко расходящиеся с господствующим в ту пору мировоззрением.

Леонардо, как и Николай Кузанский, полагал, что между небесным и земным нет принципиального различия. Земля, по его мнению, такое же небесное тело, как Луна и планеты.

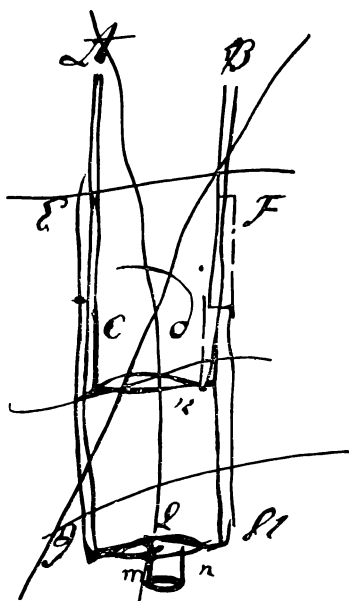


Рис. 6. Рисунок телескопа Леонардо да Винчи (реконструкция В. А. Гурикова)

«Земля, — писал Леонардо, — находится не в середине солнечной орбиты и не в центре мира, но среди своих элементов, сопровождающих ее и с нею соединенных. Луна — плотна..., она тяжела, одета своими элементами и таким образом держится в себе сама собой в пространстве».

Леонардо да Винчи был первым, кто правильно объяснил происхождение пепельного света Луны — того слабого сияния, которое видно внутри узкого лунного серпика. Он считал, что темную ночную часть Луны освещает Земля, и, стало быть, на небе Луны она выглядит ярким светилом. Леонардо допускал осевое вращение Земли и отрицал реальность небесных сфер, которые должны были бы тереться друг о друга и быстро разрушаться при этом.

Но самое удивительное, что Леонардо за сто лет до Галилея стал изобретателем первого телескопа. В его рукописях обнаружены рисунки однолинзового телескопа, окуляром в котором служит глаз (рис. 6). Как доказали в 1935 г. французские оптики Данжон и Куде, пользуясь линзой с фокусным расстоянием 12 м, наблюдатель, имеющий нормальное зрение, может получить увеличение в 50 раз, что вполне достаточно для рассмотрения, скажем, гор на Луне. Но в одной из рукописей Леонардо есть рисунок двуллинзового телескопа, объективом которого служит плосковыпуклая линза, а окуляром — двояковыпуклая лупа. Техническая схема предусматривает движение тубуса окуляра по тубусу объектива, так что сомнений в том, что на схеме изображен телескоп кеплеровского типа, нет. Сам Леонардо пишет: «Сделай очковые стекла для глаз, чтобы увидеть Луну большой».

Это изобретение предложено Леонардо да Винчи примерно в 1509 г., то есть ровно за 100 лет до первых телескопических наблюдений Галилея. Построил ли Леонардо свой телескоп и наблюдал ли в него Луну, неизвестно. Его высказывания о Луне как физическом теле не исключают этого. Не все напи-

санное Леонардо дошло до наших дней. Кто знает, не придется ли начало телескопической астрономии отодвинуть на век назад?

У ИСТОКОВ РУССКОЙ АСТРОНОМИИ

Как бывает интересно проследить, из какого ничтожного ручейка или бьющего из земли ключа рождается великая река! Недаром истоки Волги всегда привлекали множество туристов и каждый из них считал своим долгом посмотреть рождение великого из ничтожного. Все новорожденное выглядит малым, слабым, жалким, и не всегда угадаешь великое будущее, которое ему предстоит.

Рождение русской астрономии произошло в Холмогорах, на побережье Белого моря. В Настольном энциклопедическом словаре братьев Гранат (1903 г.) говорится:

«Холмогоры, уездный город Архангельской губернии на Северной Двине, 1088 жителей, главное занятие которых скотоводство и хлебопашество. В двух верстах от города находится деревня Денисовка — родина Ломоносова».

Перенеситесь мысленно назад по времени еще на 200 лет и попробуйте представить себе Холмогоры 1703 года. За год до этой даты здесь скончался один из образованнейших людей XVII в., видный богослов и ученый, Алексей Артемьевич Любимов, известный в русской истории как Афанасий, архиепископ Холмогорский.

Через Архангельск со времен Иоанна Грозного шел торговый обмен с Западом, и уже в XVII в. на архангельском рынке у заморских купцов можно было купить зрительные или подзорные трубы. Об Афанасии доподлинно известно, что он вел астрономические наблюдения и даже оборудовал в Холмогорах специальную обсерваторию.

Жизненный путь Афанасия, пожалуй, примечателен. Родился он в Тюмени в 1641 г. в семье служилого человека и уже с юношеских лет пристрастился к грамоте. Двадцатипятилетним юношей он переезжает в Пермскую губернию, в Далматовский монастырь и принимает здесь монашество. Его способности обращают на себя внимание церковного начальства, и в том же году его переводят к архиепископу Тобольскому, где он и пребывает до 1674 г. За какие-то церковные провинности Афанасий на год попадает в Енисейский острог, но уже в 1678 г. он в Москве, где сразу же обратил на себя внимание царя Федора Алексеевича и патриарха.

В год стрелецкого бунта (1682 г.) Афанасий возведен в сан архиепископа и направлен в Холмогоры — центр вновь учре-

жденной епархии. В отличие от большинства представителей тогдашнего духовенства, Афанасий от души принимает преобразования Петра Первого, становится его соратником.

Известно, что Петр трижды посещал Беломорье, встречался с Афанасием, который усердно помогал созданию против шведов Новодвинской цитадели. Он даже лично из архиерейских запасов выделил немалые средства на постройку крепости. В походе с Белого моря на Орешек Петр пользовался картами возможных путей «из Поморских стран в Швецкую землю», которые составил для него Афанасий.

Способствовал Афанасий развитию в Беломорье мореходства и различных промыслов. Этот неутомимый сподвижник Петра обладал богатыми знаниями в области астрономии. Приобрел он их еще с юношеских лет, в процессе самообразования. Дошедший до нас список книг его библиотеки содержит немало сочинений по астрономии. Таковы были книги о кометах, введение в космографию, звездные атласы, математические таблицы и другое.

Где-то между 1692 и 1696 гг. Афанасий оборудовал в Холмогорах обсерваторию. Кто-то из его людей в 1692 г. купил для «архиерейских потребств» на Архангельской ярмарке семь «трубок окозрительных». Возможно, что Афанасий проводил и какие-то астрономические работы. Во всяком случае в 1696 г. у шведских моряков он приобрел «градус да стекло, с которого по градусу смотреть». Вероятно, это какой-то угломерный инструмент для измерения угловых высот светил.

Поначалу Афанасий вел наблюдения из «задней кельи» архиерейского дома. Но кругозор там был мал, и позже для астрономических наблюдений Афанасий, вероятно, использовал колокольную громадного каменного собора, построенного им еще в 1691 г. Кстати сказать, многие астрономические наблюдения с колоколен проводились еще в XVIII в.

Большинство современников Афанасия считали астрономию «богомерзкой» наукой, а «проклятого Коперника богу соперником». Наиболее крайние из мракобесов требовали сожжения не только «богомерзких» книг, но и их распространителей. В таких условиях научная деятельность Афанасия, о которой мы знаем пока обидно мало, была поистине героической — как крупный церковный иерарх он всегда был на виду. Лишь покровительство Петра спасло Афанасия от гонения.

Таковы истоки русской астрономии. Астрономические наблюдения Петра и Брюса, обсерватории во дворце Меншикова и в Сухаревой башне — все это было позже.

Через девять лет после смерти Афанасия в 1711 г. рядом с Холмогорами родился гений русской науки Михаил Василье-

вич Ломоносов. Первые 19 лет он жил на родине, и, несомненно, рассказы об ученом холмогорском архiereе дошли и до него. В какой-то мере такие рассказы несомненно зародили в нем серьезный интерес к астрономии.

ПЕВЕЦ УРАНИИ

Трудно переоценить роль популяризации науки в жизни человечества. Не будь ее, наука оставалась бы уделом избранных, которым доступен профессиональный ученый язык. Наука не стала бы той огромной силой, в которую она превращается, когда овладевает массами. Раньше популяризаторов называли просветителями, и этот русский термин куда лучше теперешнего.

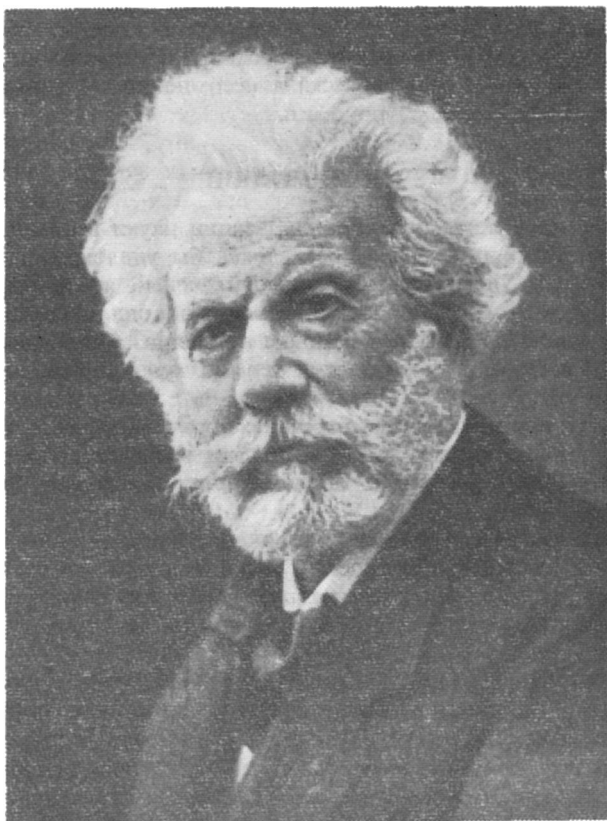
Всякое просвещение имеет своим источником деятельность людей, умеющих не только о сложном рассказать просто, но и облечь свой рассказ в образную, порой художественную форму.

Редко ученый и популяризатор сочетается в одном лице. Чаще наблюдается обратное: крупный ученый не в состоянии внятно и увлекательно рассказать о своей профессии, а талантливый популяризатор — в лучшем случае рядовой работник науки.

В астрономии крупнейшим популяризатором прошлого и начала нынешнего века был французский астроном Камилл Фламарион (1842—1925). Несколько поколений астрономов именно ему обязаны выбором своей профессии. Автор этих строк принадлежит, пожалуй, к последнему из этих поколений. Современная молодежь не знает Фламариона. Его книги устарели, найти их даже в библиотеках нелегко. Но плоды деятельности знаменитого французского просветителя видны и поныне, особенно в развитии русской любительской астрономии. Личность Фламариона безусловно заслуживает краткого знакомства с его жизнью и трудами.

Когда в субботу 26 февраля 1842 г. в Монтиньи-ле-Руа, маленькой деревушке департамента Верхней Марны, в семье местного землевладельца родился слабенький мальчик, вряд ли кто-нибудь мог предвидеть всемирную известность, которая ему предстояла. Родители Камилла хотели, чтобы их первенец со временем стал священником, но эти планы так и не осуществились.

В возрасте четырех лет Камилл научился читать, год спустя освоил арифметику и грамматику. В 1847 г. пятилетний Фламарион вместе со своей трехлетней сестренкой наблюдал кольцеобразное солнечное затмение.



Камилл Фламмарион (1842—1925)

Это событие, по-видимому, впервые пробудило у него интерес к небесным явлениям. В 1851 г., после наблюдения частного солнечного затмения, девятилетний Камилл достает учебник космографии и добросовестно, страницу за страницей переписывает в тетрадь его содержание. Вряд ли, конечно, такой способ изучения астрономии был наилучшим, но тем не менее скорее инстинктом, чем разумом, Камилл почувствовал величие, привлекательность астрономии и твердо решил посвятить ей свою жизнь.

Окончив в 1851 г. начальную школу, Фламмарион по совету родителей изучает латынь у местного священника. Вскоре семья Фламмариона переезжает в небольшой городок Лангр. Здесь Камилл становится воспитанником местной духовной семинарии.

Фламмарион, как известно, не стал священником, никогда не был он и правоверным католиком. Однако воспитание в набожной семье и обучение в семинарии сделали Фламмариона человеком религиозным, всю жизнь глубоко верившим в реальность «высшего существа». Отсюда — те религиозно-поэтические фантазии, те мистические настроения, которые пронизывают даже самые научные сочинения Фламмариона. Для современного советского читателя все эти бесчисленные «назидательные» отступления лишь помеха, затрудняющая знакомство с главным — его поистине блестящим популяризаторским мастерством.

Пребывание в Лангре было недолгим. В поисках заработка семья Фламмариона оказывается в Париже, где в 1856 г. четырнадцатилетний юноша устраивается на работу учеником гравера. Кропотливый, весьма «земной» труд пришелся не по душе будущему поэту Космоса, и все свободное (в основном ночное) время Фламмарион уделяет изучению астрономии и пополнению своего общего образования. Силы тратятся не зря — в 16 лет он успешно сдает экзамен на звание бакалавра (что равноценно современному среднему образованию). Но этот успех омрачается неожиданным происшествием. Однажды майским днем 1858 г. в церкви Фламмарион падает без сознания и затем надолго ложится в постель — непомерный труд, истощенность слабого от природы организма сделали свое дело. Но тут совершенно случайно снова приходит удача, да еще какая! Больному юноше сообщают, что Парижской обсерватории нужен ученик-астроном. Известие действует лучше всяких лекарств, и 24 июня 1858 г. юный Фламмарион с благоговением переступает порог обсерватории, директором которой в ту пору был знаменитый Урбэн Леверье.

Небольшой экзамен показывает недюжинные познания у претендента на скромную должность, и вот уже счастливый Фламмарион зачислен в штат обсерватории с окладом 50 франков в месяц.

«Выйдя из обсерватории, — вспоминает позднее Фламмарион, — я приобрел крылья... Я почувствовал, что наконец-то я вышел на ту дорогу, которую так долго искал».

Когда восторженное настроение несколько улеглось, Фламмарион увидел, что будничная повседневная вычислительная работа, которую ему поручили, весьма далека от его романтических грез об «астрономе-созерцателе». Особенно обидным для Фламмариона было то, что ему как ученику запрещалось вести телескопические наблюдения.

Четыре года Фламмарион добросовестно выполнял порученную ему работу. Она его не вдохновляла, но дала большой

навык в вычислениях. Общение с астрономами обсерватории весьма расширило научную эрудицию Фламмариона. А самое главное — ему удалось исподволь, в свободные часы, написать первую книгу «Многочисленность обитаемых миров». В это творение, в первую (а может быть, и единственную) свою «любовь» астроном-романтик вложил всю свою душу.

Спустя много лет в предисловии к тридцатому (!) изданию книги Фламмарион писал: «Мне и в голову не приходило, что моя книга так скоро найдет сочувствие среди читателей».

Представления о физической природе небесных тел отличались в те времена большой неопределенностью (спектральный анализ, астрофизика только зарождались) — отсюда «умозрительный» характер рассуждений Фламмариона. Но всюду, где это можно, автор опирался на факты, аргументировал свою точку зрения научными методами и данными наблюдений.

Для Фламмариона шумный успех книг обернулся крупной жизненной неудачей. Когда Леверье узнал, что его подчиненный занялся «чепухой» и выпустил на эту тему (да еще с помощью издателя «Трудов» обсерватории) объемистую книгу, он вызвал двадцатилетнего «мечтателя» и после короткого разговора указал ему на дверь.

Позднее Фламмарион, весьма оптимистически смотревший на вещи, вспоминал о таком финале без сожаления, поскольку «живая астрономия, изучение условий жизни во Вселенной — наиболее привлекательная сторона астрономии — стояла вдали от программных работ обсерватории». Он не остался без работы, а тотчас же устроился вычислителем в знаменитое французское Бюро долгот.

Его книга о жизни в Космосе разошлась так быстро, что уже через несколько месяцев потребовалось второе издание. Отныне началась слава Фламмариона — популяризаторская деятельность, ставшая главным содержанием его жизни.

Заказы на статьи поступают со всех сторон, и Фламмарион в дальнейшем уже никогда не испытывает в них недостатка. В 1866 году он начинает регулярно выступать с публичными популярными лекциями по астрономии. Блестящий дар говорить просто и увлекательно о весьма сложных вещах привлек к лекциям Фламмариона множество слушателей.

Семя падает на благодатную почву: астрономией теперь увлеклись не единицы, а тысячи, и ряды любителей астрономии ежегодно пополнялись. Бесспорно, массовое «любительство» в астрономии создано популяризаторским талантом Фламмариона.

Вскоре после ухода из Парижской обсерватории Фламмарион установил обширную переписку со своими читателями.

По-видимому, именно переписка натолкнула его на мысль написать для любителей астрономии книгу, которая бы доступно и в то же время захватывающе интересно рассказала им об успехах и перспективах астрономии.

Так родилась знаменитая «Популярная астрономия» (1880 г.). По словам Фламариона она была «написана для тех, кто привык отдавать себе отчет в окружающем и был бы рад без особого труда приобрести элементарные, но точные сведения об устройстве Вселенной». Трудно сказать, сколько переизданий и на скольких языках выдержала книга. Во всяком случае многие современные астрономы «прошли» через эту книгу, которая еще в юности определила их жизненное призвание.

Год спустя вышла третья книга Фламариона — «Звездное небо и его чудеса», по существу, продолжение «Популярной астрономии». Но если там читатель получал сведения, так сказать, из чужих рук, но в новой книге Фламарион дал руководство к самостоятельным наблюдениям неба — невооруженным глазом, в бинокль или небольшой телескоп.

Значение этих двух книг для популяризации астрономии трудно переоценить. Под их влиянием любители астрономии впервые объединяются в научные общества. Этому способствуют не только книги Фламариона, но и основанный им в 1882 г. журнал «Астрономия» — первый журнал, в основном предназначенный для любителей астрономии.

В 1887 г. начинает работу Французское астрономическое общество, а два года спустя — первая в мире народная обсерватория. И то, и другое — плод энергичной деятельности Фламариона, нашедшей вскоре отклик и за рубежом.

Хотя первый перевод «Популярной астрономии» на русский язык был сделан Е. А. Предтеченским в 1890 г., уже за два года до этого группа нижегородских любителей астрономии, вдохновленная книгами Фламариона, создает первое в России объединение любителей астрономии — знаменитый впоследствии Нижегородский кружок любителей физики и астрономии. Вслед за ним возникают Русское астрономическое общество (1890 г.), Московское общество любителей астрономии (1908 г.), Русское общество любителей мироведения (1909 г.), преемником которых в годы Советской власти стало Всесоюзное астрономо-геодезическое общество. «Мы не очень погрешим против истины, — пишет русский астроном Г. Горяинов, — если скажем, что отцом этих обществ был Камилл Фламарион» *).

Иногда Фламариона упрекают за несколько восторженный стиль его книг, за постоянный призыв к созерцанию

*) Русский астрономический календарь, 1926 г., с. 210.

и любованию красотами Космоса. Думается, что эти упреки не вполне справедливы. В конце концов, разве не высокая эмоциональность книг Фламмариона одна из главных причин их успеха? Противопоставлять эмоциональность и кропотливый «будничный» труд ученого бессмысленно — все ученые все-таки движимы в своей деятельности высокими (часто, правда, скрываемыми) эмоциями.

Был ли Камилл Фламмарион ученым? Вопрос, признаться, поставлен нами в риторическом плане. Еще в 1871 г. в Париже на улице Гей-Люссака Фламмарион построил маленькую обсерваторию, где проводил за наблюдениями все ясные ночи. В 1882 г. один из почитателей Фламмариона подарил ему свое имение в Жювизи, в 18 км от Парижа. Здесь Фламмарион и создал милый его сердцу «Замок Урании» — вполне солидную по тому времени обсерваторию, главным инструментом которой служил 24-сантиметровый рефрактор.

Фламмариону приходилось вести научные наблюдения. Его перу принадлежит двухтомная, очень обстоятельная монография о Марсе, во многом основанная на личных наблюдениях, ряд работ по двойным звездам. Но главным образом и прежде всего Фламмарион был ученым-организатором науки — термин, привычный для нашего уха, но тогда еще не употреблявшийся. Трудно переоценить ту колоссальную помощь, которую оказал Фламмарион развитию астрономии, определив судьбу многих поколений любителей астрономии и людей, ставших учеными.

Как философ, Фламмарион никогда не был и не мог быть «властителем дум». Его философские представления крайне сумбурны, и система его мировоззрения (если вообще здесь можно говорить о какой-либо системе) затейливо объединяет такие взаимоисключающие элементы, как стихийный материализм и крайний мистицизм. И, что характерно только для Фламмариона, вся эта «естественно-научная мистика» пронизана астрономией настолько, что некоторые небесные тела он населяет ... душами умерших людей! По меткому замечанию Анатоля Франса «рай представляется этому астроному неразрушимой и прекрасно обставленной обсерваторией».

Как писатель Фламмарион был очень плодовит. Однако его романы («Стелла» и др.) и многочисленные мистические произведения («Бог в природе» и др.) для современного читателя скучны и крайне наивны. Зато, например, «История неба» и «Атмосфера» еще долгое время будут служить источниками для различных исторических справок.

Камилл Фламмарион скончался на 84-м году жизни 3 июля 1925 г. в Жювизи, где и был похоронен. Но дело, которому

он посвятил всю свою жизнь, оказалось прочным и долговечным.

В настоящее время появились многочисленные астрономические общества, народные обсерватории, международные астрономические объединения — все то, о чем мечтал Фламмарион и созданию чего он отдавал так много сил. И сейчас с наступлением космической эры, было бы излишним доказывать (как это делал Фламмарион), что знакомство с астрономией необходимо каждому культурному человеку. Открыт широкий простор для популяризации науки о Вселенной. Словом, если популяризаторское творчество Фламмариона можно сравнить с маленькой «искрой знания», то из этой искры ныне возгорелось великое пламя*).

Восторженный певец Урании, богини неба (как его называли современники), Камилл Фламмарион всю жизнь стремился сделать астрономические знания достоянием всего человечества. Он говорил, что «светильник науки нужно держать высоко над головой; надо, чтобы его пламя разгорелось, надо вынести его на многолюдные площади, на широкие улицы и в самые глухие закоулки».

Прекрасная программа для всех популяризаторов науки!

ПАМЯТНИК МЕТЕОРИТУ

С незапамятных времен люди наблюдали болиды — летящие в небе огненные шары. Летописи и очевидцы сообщали о странных камнях, падающих с неба. Такие камни называли аэролитами, но в их реальность мало кто верил. Наконец, иногда на поверхности Земли находили странные глыбы чистого железа и называли их «самородными».

До конца XVIII в. никто не пытался связать воедино какой-то общей концепцией все эти три группы фактов. Болиды считались атмосферными явлениями, аэролиты некоторые принимали за сгущения разреженного вещества, которые образуются воздействием электрических сил во время грозы. «Самородное» железо проще всего было объяснить продуктом заброшенных старых искусственных выплавов. А самое простое, в чем особенно преуспели парижские академики, — это отрицать факты, не укладывающиеся в общепринятую картину мира. «Камни с неба падать не могут, так как не только физически, но и вообще ничем разумным объяснить это нельзя, — твердили «бессмертные» снобы от науки. Если факты про-

*) См. Луцкий В. К. История астрономических общественных организаций в СССР. — М.: Наука, 1982.

тиворечат науке, тем хуже для фактов — такова была их позиция. Так как все новое поначалу бывает в меньшинстве, первооткрывателей непонятных фактов всегда ждет трудная жизнь.

Все это уместно вспомнить в связи с появлением увлекательной монографии А. И. Еремеевой «Рождение научной метеоритики» (Наука, 1982 г.) и установкой в сибирской тайге уникального сооружения — памятника метеориту. История эта не совсем обычна.

В 1749 г. крестьянин Я. Медведев сделал заявку на месторождение железной руды в глухой тайге между Убеем и Сисимом — притоками Енисея. В том же году там нашли громадную 700-килограммовую глыбу из чистого, звонкого белого железа, в которой виднелось множество прозрачных желтых твердых камешков. О глыбе узнал петербургский академик П. С. Паллас (1741—1811), и в 1777 году «палласово железо», как называли глыбу, доставили в Петербург. Куски от нее вскоре попали за границу и стали изучаться многими исследователями.

Хотя местные жители считали глыбу «священным даром, упавшим с неба», большинство ученых склонны были приписывать ей земное происхождение.

Решающую роль в выяснении научной истины сыграл немецкий физик-акустик, по национальным корням словак, Эрнст Хладни. В работе «О происхождении найденной Палласом глыбы» (1794 г.) Хладни первым выдвинул концепцию, связывающую болиды, аэролиты и глыбы «самородного» железа. Он считал их осколками небесных тел, когда-то составляющими тела «гораздо большей массы». В книге А. И. Еремеевой читатель найдет драматический рассказ о становлении метеоритики — нового направления в естествознании. Драматический потому, что рождению метеоритики препятствовало не только «ученое» мракобесие, но и большие трудности в научном изучении всех типов явлений. По существу концепция Хладни была рождением метеоритной астрономии, связанной с идеей дробления, эволюции небесных тел. Для конца XVIII в. такие идеи казались «сумасшедшими», меняющими привычное видение мира.

В 1803 г. Парижская академия наук была вынуждена признать реальность метеоритов. В 1807 г. идеи Хладни стали известны в России.

Развитие метеоритики происходило очень медленно, на протяжении всего XIX в., а железокаменные метеориты, к числу которых принадлежит «палласово железо», получили всеобщее признание лишь в 1902 г.



Рис. 7. Памятник метеориту «Палласово железо»

Роль Палласова железа в становлении метеоритики огромна. Исследования этой глыбы сыграли роль решающего эксперимента и потому вполне правомерными кажутся усилия А. И. Еремеевой и других энтузиастов, которые осуществили совершенно необычное дело — воздвигли памятник метеориту.

Потребовались новые нелегкие экспедиции на место находки «палласова железа», уточнение координат этого места. И вот в июне 1980 г. на вершине сопки, которую называли Метеоритной, в 400 метрах от места находки поставлен уникальный памятник (рис. 7). Выполнен он по проекту красноярского скульптора Ю. П. Ишханова. На чугунном диске весом около тонны изображены полет болида и внизу упавший метеорит. Этот кусок тайги объявлен памятником природы под названием «Отрог Палласова железа».

Как пишет А. И. Еремеева, «это скромное и в то же время уникальное сооружение всегда будет напоминать не только о наиболее ранней находке метеорита в нашей стране, но также о самоотверженности, любознательности, научной интуиции людей, благодаря которым этот вестник чужих миров, приземлившийся в дикой тайге, предстал перед учеными и в дальнейшем положил начало изучению космического вещества на Земле».

В заключение исторического раздела книги предлагаем вниманию читателей несколько не лишенных интереса эпизодов из истории астрономии. Не ищите в них системы — ведь книга, которую вы читаете, «мозаична».

«Отец, я вижу спутник!»

Возглас этот лет сто назад, в 1862 г., ознаменовал открытие одной из наиболее замечательных звезд — знаменитого спутника Сириуса.

О том, что Сириус, ярчайшая из звезд земного неба, имеет рядом с собою невидимый спутник, влияющий на ее движение, догадался еще Бессель. Анализируя загадочные отклонения в движении Сириуса, он высказал в 1844 г. гипотезу, что эти отклонения вызваны обращением Сириуса и его невидимого спутника вокруг общего центра тяжести. Через шесть лет удалось теоретически вычислить орбиту невидимого тела, а к 1862 г. на основании многих тысяч наблюдений движения Сириуса гипотеза Бесселя казалась бесспорной.

Оставалось увидеть невидимый мир, заранее открытый (как и Нептун) на «кончике пера» вычислителя. Вот это и посчастливилось сделать двум замечательным оптикам прошлого века — Альвану Кларку и его сыну Грейаму.

В молодости рабочий-поденщик, а позднее талантливый живописец Альван Кларк прославился в истории астрономии прежде всего как искуснейший оптик. Вместе с сыном Грейамом они шлифовали сначала зеркала для рефлекторов, а потом, что гораздо труднее, и линзы для объективов рефракторов.

Их изумительное искусство до сих пор считается непревзойденным. Достаточно напомнить, что 40-дюймовый телескоп Йеркской обсерватории (США), построенный фирмой Кларков, и поныне при всем совершенстве современной оптической промышленности остается чемпионом среди рефракторов.

... В начале 1862 г., в один из ясных зимних вечеров, на Сириус был наведен только что построенный крупнейший в мире 46-сантиметровый рефрактор. Первое испытание, первая проверка ...

«Отец, я вижу спутник!» — тотчас же воскликнул Грейам Кларк, лишь в поле зрения телескопа появился Сириус...

Мир, теоретически обнаруженный еще Бесселем, был наконец открыт в телескоп. Но если Леверье за 16 лет до этого не пожелал взглянуть на Нептун (столь велико было, по-видимому, пренебрежение этого великого теоретика к «эмпирическим»

методам исследований), то Бессель не смог увидеть предугаданный им мир по другой причине: он скончался в 1846 г., как раз в год открытия Нептуна.

Спутник Сириуса — первый белый карлик, обнаруженный астрономами. Плотность его вещества столь велика, что наполненный им спичечный коробок смог бы уравновесить 25 человек. Теперь известны маленькие горячие белые звезды («белые карлики») несравненно большей плотности, но сто лет назад свойства спутника Сириуса казались совершенно исключительными и необычайными.

ПО НАСТОЯНИЮ ЖЕНЫ

1877 год. Очередное великое противостояние Марса. Бывший плотник, а ныне видный астроном-наблюдатель Асаф Холл исследует ближайшие окрестности Марса.

Цель — открытие спутников Марса, существование которых, правда, по совершенно неверным основаниям, заподозрил еще Кеплер. Тех самых спутников, которые еще за полтора века до этого были описаны Свифтом в его фантастической повести о Гулливере.

Шансы на успех ничтожны. Холл отлично знает, что поисками спутников Марса за последние сто лет занимались все крупнейшие астрономы, в том числе Гершель и Лассель с их исполинскими рефлекторами. И все-таки попытка оправдана: в руках Холла великолепный 26-дюймовый рефрактор, созданный фирмой «Альван Кларк и сыновья».

Асаф Холл прежде всего внимательно рассматривает маленькие звездочки в окрестностях Марса. Если бы вдруг какая-нибудь из них сместилась вслед за Марсом на фоне звездного неба, это было бы верным признаком, что открыт спутник планеты. Но все подозрительные звезды ведут себя самым обычным образом, ничем не отличаются от других «неподвижных» звезд.

В безуспешных поисках проходит одна ночь за другой. Наконец 11 августа 1877 г. Холл замечает крошечную звездочку, явно следующую за Марсом. Быстро замерено ее положение. Но вот досада: с реки Потомак поднимается густой туман, и погода портится, портится надолго.

Проходит день, другой, третий — пасмурное небо скрывает Марс. Холл расстроен, его мучают сомнения, он начинает вспоминать виденное, и ему кажется, что он стал жертвой иллюзии зрения.

И здесь приходит на помощь жена Холла, его бывшая учительница, заставившая в свое время молодого плотника всерьез за-

няться математикой. Она убеждает Холла 15 августа возобновить наблюдения.

Но, как назло, дневная гроза так будоражит атмосферу, что ночью Холл так и не может найти искомую звездочку.

Снова сомнения и снова настойчивые уговоры жены. Наконец терпение вознаграждается: 16 августа Холл опять видит загадочную «звезду» и на этот раз по ее движению убеждается, что открыт спутник Марса.

Говорят, что успехи, как и неудачи, приходят всегда в изобилии... На следующую ночь Холл совершенно неожиданно открывает второй, еще более слабый спутник Марса.

РЕКОРДЫ ЗРЕНИЯ

Человеческий глаз способен в лучшем случае разглядеть форму предмета, если его угловой поперечник не меньше одной минуты дуги. Под таким углом видна булабочная головка с расстояния около трех метров. Но бывают люди с необыкновенно зоркими глазами. Они иногда видят то, что обычный человек может заметить лишь в телескоп. Вот некоторые факты.

Многие древние легенды упоминают о рогах Венеры, а в некоторых сочинениях древних Венера символически изображается двурогой человеческой фигурой. Вполне возможно, что еще древние знали о фазах Венеры, хотя и не имели телескопов.

Что фазы Венеры иногда можно наблюдать невооруженным глазом, это бесспорно. Их видели люди, совершенно незнакомые с астрономией, как, например, лейтенант Гиллис из Южной Америки (1849 год).

Среди случайных наблюдателей фаз Венеры были дети, а иногда и лица преклонного возраста. Известно, что их видела мать великого математика Гаусса.

Другие рекорды остроты зрения — наблюдения невооруженным глазом спутников Юпитера и очень тесных двойных звезд. Случаев подобного рода в истории астрономии много, и их правдоподобность не вызывает сомнений.

СОЗВЕЗДИЕ КОШКИ

Неизвестно, кто впервые назвал ковш из семи звезд Большой Медведицей или знаменитую путеводную звезду Полярной. Известны лишь народы, мифологическое творчество которых отразилось в наименовании созвездий.

Но некоторые названия созвездий появились лишь в недавнее время. Так, в 1799 г. астроном Лаланд назвал группу беспо-

рядочно разбросанных слабых звездочек созвездием Кошки. Когда его спросили, почему он так поступил, Лаланд ответил: «Я очень люблю кошек, я обожаю их; надеюсь, что мне простят, если я после моих шестидесятилетних неослабных трудов помещу одну из них на небо».

Но современные астрономы не сочли этот мотив достаточно веским. Они «спустили» Кошку Лаланда на Землю и заодно очистили небо от других неудачных названий созвездий позднего происхождения, как, например, «Регалии Фридриха Великого», «Арфы Георга» и других. В настоящее время окончательно узаконены названия 88 созвездий и четко определены их границы.

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

Говорят, что склонность к стихосложению присуща почти всем людям. Злые языки также утверждают, что эта склонность — столь же временный «недостаток», как и молодость.

Не разделяя этих чересчур строгих суждений, мы приведем два стихотворения выдающихся деятелей русской науки — знаменитого математика Софьи Васильевны Ковалевской и всем известного исследователя «Тунгусского дива» Леонида Алексеевича Кулика.

Оба ученых, несмотря на отсутствие специального астрономического образования, отлично знали астрономию и своими трудами способствовали ее прогрессу: Ковалевская изучала природу кольца Сатурна. Кулик проводил исследования Тунгусской катастрофы 1908 г.

МАРСИАНЕ

Путешественник по всей Вселенной,
Наш профессор говорил не раз,
Как, похож на уголек нетленный,
Умирал и возрождался Марс.

Города заносит жгучей пылью.
Прах засыпал пашни поселян.
Но не зря тысячелетья жили
Поколенья дальних марсиан.

Может быть, предвидя битву эту,
Разум их — так в детстве думал я —
Стройкой отвоевывал планету
У великой тьмы небытия.

Нет давно у них ни гроз, ни ливней,
Но, сплетая с ветром голоса,
Ровным строем вдоль каналов линий
Встали марсианские леса.

И уже сочится влагой лето,
Брызжет к Солнцу легкая трава,
Смерти обреченная планета
Ныне силой Разума жива.
И плывет опять под звездным скопом
В голубой воздушный океан,
И дивятся люди в телескопы
Дерзновенной стройке марсиан.

С. В. Ковалевская

ТУНГУССКОЕ ДИВО

Тихое, теплое раннее утро ...
Дали лесистые, речки, ключи ...
Небо безоблачно, солнце июня
Шлет на тайгу, не скупясь, лучи.
Щедро весна расточает здесь чары,
Волнами льют аромат свой цветы,
Свадьбу справляют растенья и твари.
«Гимн торжествующий слышен любви».
Гром! Встрепенулась тайга и затихла.
Пламя! Луч солнца ослабил свой свет,
С грохотом мчится по небу светило,
Сыплются искры и тянется след.
Жуть ... Тишина ... Лишь удары несутся.
Пламя поднялось у края небес,
Там, у эвенков, олени пасутся,
Валит там воздухом девственный лес.
Мечутся звери, в смятении люди,
Рев и проклятья... А небо гремит.
Где же виновник всех этих явлений?
Где же Тунгусский метеорит?

Л. А. Кулик

ОКРЕСТНОСТИ СОЛНЦА

Временная пауза в космических исследованиях планет позволяет теоретикам разобраться с наблюдениями, а наблюдателям и инженерам подготовиться к последующим этапам исследований. То, что мы знаем сегодня, это лишь начало.

Ф. Уилл (1983 г.)

ЗОДИАКАЛЬНЫЙ СВЕТ И ОБЛАКО ООРТА

Ранней весной на западе, вскоре после захода Солнца, можно заметить слабое свечение в виде конуса, острием направленного вверх (рис. 8). Подобную картину легко наблюдать и осенью, но не по вечерам, а на рассвете, незадолго перед восходом Солнца.

Свечение это настолько слабо, что сквозь него свободно просвечивают даже наименее яркие звезды. В южных странах оно наблюдается чаще и легче: о его существовании знали еще древние египтяне, которые изобразили загадочное свечение на некоторых из своих памятников.

В XVIII в. астрономы заметили, что конусы как утреннего, так и вечернего сияния простираются вдоль эклиптики — видимого годового пути Солнца среди звезд. Так как эклиптика

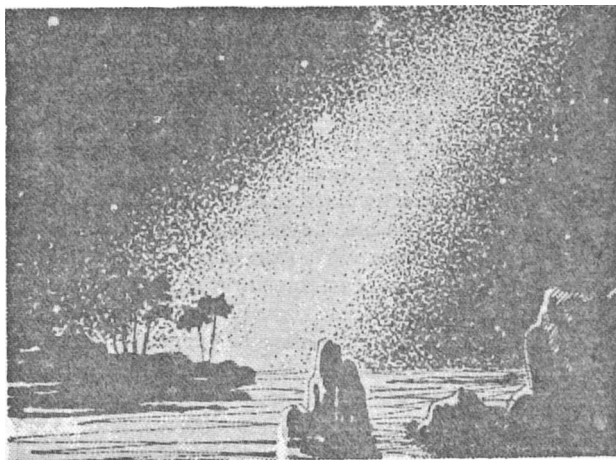


Рис. 8. Зодиакальный свет

проходит через двенадцать созвездий, называемых зодиакальными, то и таинственный свет с тех пор стал называться Зодиакальным светом.

Легко сообразить, почему Зодиакальный свет в наших широтах виден только весной по вечерам или осенью по утрам. Ведь именно в эти периоды эклиптика располагается под большим углом к горизонту, а следовательно, и условия для видимости Зодиакального света становятся наиболее благоприятными.

В экваториальных странах, где эклиптика в любое время года образует с горизонтом большой угол, Зодиакальный свет представляет собой постоянно наблюдаемое явление. Однако и в умеренных широтах Зодиакальный свет не всегда кажется прозрачным — иногда он настолько ярок, что намного превышает яркость Млечного Пути.

Исследованием Зодиакального света в течении многих лет занимался академик В. Г. Фесенков. Те сведения о Зодиакальном свете, которыми мы теперь располагаем, были получены в основном им и его сотрудниками.

Что же такое Зодиакальный свет?

Уже несколько десятков лет назад спектральный анализ Зодиакального света показал важную особенность этого свечения. Спектр Зодиакального света оказался сильно ослабленной копией солнечного спектра. Иначе говоря, загадочное свечение, по крайней мере в значительной своей доле, является отраженным солнечным светом. Следовательно, можно считать, что где-то в межпланетном пространстве должна существовать чрезвычайно разреженная среда, способная отражать солнечные лучи.

Детальные исследования яркости Зодиакального света привели и к другому открытию. Выяснилось, что вечерний и утренний конусы Зодиакального света — это только наиболее яркие его части. Оба конуса смыкаются светящейся полосой, следующей вдоль эклиптики. В направлениях, перпендикулярных к эклиптике, яркость светящейся полосы сходит на нет так постепенно, что, строго говоря, Зодиакальный свет должен распространиться на все небо. Это означает, что Земля находится внутри среды, порождающей явление Зодиакального света.

Все данные наблюдений свидетельствовали, что эта среда является исполинским облаком мельчайших твердых пылинок, обволакивающих значительную часть Солнечной системы. Если бы мы могли извне взглянуть на Солнце и окружающую его семью планет, мы, вероятно, увидели бы, что колоссальное сплюсненное и потому похожее на диск разреженное облако

мельчайших твердых частиц окутывает со всех сторон Солнечную систему.

Составляющая Зодиакальный свет пыль концентрируется к плоскости, близко от которой движутся планеты. Именно поэтому свет, отраженный пылевым облаком, мы наблюдаем главным образом вблизи эклиптики.

По мере приближения к Солнцу облако утолщается. Вот почему вблизи Солнца Зодиакальный свет особенно широк и ярк.

Исследования, проведенные В. Г. Фесенковым, показали, что наибольшего сгущения пылевое облако достигает между орбитами Марса и Юпитера, то есть как раз там, где обращается вокруг Солнца множество малых планет — астероидов. Этот факт наводит на мысль, что кольцо астероидов связано с Зодиакальным светом. Точнее говоря, пыль, порождающая этот свет, вероятно, является продуктом распада астероидов, результатом непрекращающегося дробления малых планет.

Независимо от происхождения пылевого облака Зодиакального света следует выяснить, какие причины заставляют это облако существовать, по-видимому, весьма продолжительное время.

Частицы облака не могут быть неподвижными относительно Солнца, ведь иначе они давно были бы притянуты Солнцем и, стянувшись к его чрезвычайно раскаленной поверхности, обратились бы в газ. Значит, частицы Зодиакального облака (будем так называть это образование) движутся. Но как?

Известно, что движение крупных тел Солнечной системы — больших планет и наибольших из астероидов — определяется законом всемирного тяготения. Все они обращаются вокруг Солнца по эллипсам и будут двигаться так еще неопределенно долгое время.

Иначе ведут себя мелкие твердые частички, в частности та мельчайшая твердая пыль, которая является основной составляющей частью Зодиакального облака.

На мелкие твердые тела заметное воздействие оказывает давление солнечного света. Как и силы тяготения, световое давление изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца. Если притяжение, действующее со стороны Солнца на твердую частичку, направлено к Солнцу, то световое давление играет роль отталкивательной силы. Оно всегда направлено в сторону, противоположную Солнцу.

Борьба этих двух сил и определяет судьбу твердой частички.

Допустим, что обе силы равны по величине. Можно подсчитать, что такое равенство будет иметь место для крохотных частичек с поперечником порядка 0,0001 миллиметра. Для таких частиц равнодействующая сила равна нулю и потому относительно Солнца она должна двигаться прямолинейно и равномерно. Любопытно, что это единственный реальный случай, когда в пределах Солнечной системы теоретически становится возможным прямолинейное и равномерное движение.

Если частица будет иметь меньшие размеры, то солнечный свет станет отталкивать ее. В результате частица со все возрастающей скоростью полетит прочь от Солнца в межзвездное пространство по орбите, представляющей собой гиперболу. Рано или поздно солнечные лучи «выгонят» такую частицу за границы Солнечной системы.

Иначе сложится судьба тех частичек, поперечник которых превышает 0,0001 миллиметра. Для них сила тяготения Солнца преобладает над отталкивательным действием светового давления. Поэтому такие частицы начнут обращаться вокруг Солнца по эллиптическим орбитам как самостоятельные крошечные планетки. Правда, разыгрывать роль планет им придется не так уж долго. Световое давление, которое не смогло «выгнать» их из семьи настоящих больших планет, сумеет «расправиться» с ними не менее жестоко.

Представьте себе, что вы бежите под проливным дождем. Даже если капли дождя летят на землю строго вертикально, дождь будет бить вам в лицо, как бы сопротивляясь вашему движению.

Нечто подобное произойдет и с небольшой частицей, обращающейся вокруг Солнца. Солнечное излучение будет бить ей «в лоб», оказывая на частицу боковое световое давление. Это явление, известное в физике под названием эффекта Пойнтинга — Робертсона, в судьбе частицы сыграет решающую роль. Боковое давление света будет медленно, но верно изменять полет частицы вокруг Солнца. Скорость ее постепенно растет, и частица начнет приближаться к Солнцу по некоторой спиралеобразной кривой.

Конец ее предопределен — рано или поздно частица упадет на Солнце, и тогда в его атмосфере возникнет микроскопически маленькое газовое облачко — остаток бывшей планетки.

Количественная сторона явления всегда тесно связана с их качественной стороной. Для Земли и ей подобных планет эффект Пойнтинга — Робертсона так ничтожно мал, что практически световое давление на движение Земли никак не влияет. Но для частиц Зодиакального облака этим эффектом пренебрегать нельзя. По расчетам В. Г. Фесенкова, частица поперечником

10 мкм и плотностью, равной единице, начавшая движение на расстоянии 150 миллионов километров от Солнца, упадет на его поверхность через семь тысяч лет.

В жизни человечества семь тысяч лет — срок немалый. Но в жизни тел Солнечной системы тысяча лет означает примерно то же, что час в жизни человека. Значит, падение на Солнце частиц Зодиакального облака — процесс сравнительно быстрый. Гораздо быстрее покидают Солнечную систему те частицы Зодиакального света, поперечник которых меньше 0,0001 миллиметра. Крупных частиц, как показали работы В. Г. Фесенкова, в Зодиакальном облаке должно быть очень мало.

Вывод из сказанного может быть только один: вещество Зодиакального облака должно непрерывно обновляться. Только в этом случае может быть понятно продолжительное существование Зодиакального света.

Можно подсчитать, какова масса Зодиакального облака, например, в пределах земной орбиты. Такие подсчеты, проведенные В. Г. Фесенковым, дают с первого взгляда внушительную величину — триллион (10^{12}) тонн, что по отношению к массе Земли (10^{27}) составляет всего 10^{-15} долю. Из этой части Зодиакального облака можно было бы слепить астероид поперечником всего лишь 10 километров. Такое количество вещества, по расчетам В. Г. Фесенкова, выпадает на Солнце за миллион лет.

Если считать, что Зодиакальный свет существует уже несколько сотен миллионов лет, то за это время он должен полностью обновиться не менее нескольких сотен раз. Отсюда следует, что где-то в Солнечной системе должен действовать постоянный источник межпланетной пыли.

Прежде всего им может быть пояс малых планет или астероидов. Несомненно, что в телескопы мы видим только крупнейшие из них, тогда как среди астероидов большинство составляют мелкие и мельчайшие твердые осколки, поперечники которых измеряются метрами, сантиметрами и даже миллиметрами. Их взаимные столкновения приводят к дальнейшему дроблению твердого вещества, а давление солнечных лучей распределяет мелкие частицы по эллиптическим, прямым и гиперболическим орбитам.

Вездесущие метеориты — тела той же природы, что и астероиды. Сталкиваясь с планетами и их спутниками, метеориты иногда «выбивают» в межпланетное пространство некоторое количество твердой пыли. Но это утверждение верно лишь для небольших планет и спутников, поле тяготения которых сравнительно невелико. В остальных же случаях вещество метеорита остается на том теле, куда он упал. Так что, по-ви-

димому, главный источник Зодиакального света — пояс астероидов.

Происхождение этого пояса до сих пор остается предметом горячих дискуссий. Еще в начале прошлого века один из первооткрывателей астероидов немецкий астроном Г. Ольберс высказал гипотезу, что когда-то на месте астероидного кольца существовала планета, названная много позже Фазтоном. По неизвестным причинам «планета Ольберса» распалась на части, которые, дробясь при столкновениях, постепенно превратились в современный пояс малых планет. Гипотезу о катастрофическом распаде или взрыве Фазтона поддерживали многие астрономы, в том числе и В. Г. Фесенков. В 1975 г. пулковские астрономы опубликовали обстоятельную работу советского астронома К. Н. Савченко (1910—1956), в которой автор доказывает, что по массе Фазтон принадлежал к планетам земного типа *). По оценке К. Н. Савченко масса Фазтона была близка к массе Марса, а радиус составлял 3440 км. Хотя причина взрыва Фазтона остается неясной, по мнению К. Н. Савченко «сама гипотеза разрыва планеты Ольберса наилучшим образом удовлетворяет всем ныне известным особенностям строения кольца астероидов».

Несколько лет назад голландский астроном ван Фландерн, изучая орбиты комет, нашел, что всего 5 миллионов лет назад между орбитами Марса и Юпитера взорвалась планета, по массе в 90 раз превосходящая Землю. Такая планета по размерам сравнима с Сатурном. Как считает ван Фландерн, она обладала толстой ледяной корой, обломки которой были выброшены далеко за пределы планетной системы и образовали то облако небольших ледяных тел, существование которого еще в 50-х годах текущего века заподозрил известный голландский астроном Я. Оорт. Расстояние от Солнца этого «облака Оорта» огромно — около 150 000 а. е. **). По Оорту и Фландерну облако Оорта — потенциальный «запасник» кометных ядер.

подавляющее большинство осколков находятся так далеко от Земли и Солнца, что просто недоступно для наблюдений. Эти «сверхдолгопериодические» кометы все время находятся в «замороженном» состоянии, газов практически не расходуют, а потому могут существовать миллиарды лет.

Однако под действием возмущений со стороны ближайших звезд некоторые из них могут приобрести орбиты с малым перигелийным расстоянием, пересекающие планетную систему. Постепенное сокращение этих орбит из-за возмущающего дей-

*) Проблемы происхождения тел Солнечной системы. — М., Л., 1975.

**) а. е. — астрономическая единица расстояний, близкая к 150 млн. км.

ствия планет и частые сближения с Солнцем приведут к быстрой потере газов и в конце концов — к полному распаду таких комет. Но на смену исчезнувшим кометам из кометного облака Оорта приходят все новые и новые. Возможно, именно этим путем непрерывно пополняется число быстро распадающихся короткопериодических комет.

Современные знания о кометах рисуют перед нашими глазами следующую картину.

Планетную систему со всех сторон окружает исполинский рой «ледяных» глыб с твердыми включениями. Общее число глыб весьма велико, а поперечник «кометного облака» почти в 2000 раз превышает диаметр планетной системы. За пределами «облака» преобладает тяготение соседних звезд, а внутри его движение глыб определяется притяжением Солнца и планет.

Далеко не все из этих глыб можно назвать кометными ядрами. Большинство их обращается вокруг Солнца по огромным орбитам с колоссальными перигелийными расстояниями, а потому, находясь постоянно в «замороженном» состоянии, они остаются лишенными характерных признаков комет — голов и хвостов.

Лишь те из глыб, которые вследствие возмущающего действия звезд приобретут орбиты с малым перигелийным расстоянием, становятся кометами в полном смысле этого слова.

Сближение с Солнцем «оживляет» замерзшее кометное ядро. Его поверхностный слой испаряется, образуя голову и газовый хвост новой кометы. Испаряющиеся газовые молекулы, покидающие ядро с тепловыми скоростями порядка сотен метров в секунду, увлекают за собой некоторые из твердых частиц кометного ядра. Так формируются пылевые хвосты и метеорные потоки.

Газовые молекулы, покинувшие кометное ядро под действием излучения Солнца, очень быстро распадаются на менее сложные молекулы, часть которых дает свечение в видимой части спектра.

Солнечный свет, превративший «ледяную» глыбу в исполинскую комету, становится вместе с тем и причиной ее постепенного распада. С каждым приближением к Солнцу масса кометного ядра уменьшается за счет безвозвратно покидающих его газов. Под действием притяжения планет орбита кометы, как правило, сокращается, что лишь ускоряет этот процесс. Сближения с Солнцем учащаются, и комета приближается к опасным для нее районам Солнечной системы, где редкие столкновения с метеорными телами могут приблизить ее конец. Распад кометного ядра, дополняющий рассеяние его ледя-

ной части, и постепенное превращение в метеорный поток — таков удел большинства комет. Другой, правда, очень маловероятный вариант «смерти» кометы — ее столкновение с Солнцем или планетами.

В 1978 г. опубликована работа Б. Марсдена, З. Секанины и Э. Эверхерта, в которой с очень большой точностью вычислены орбиты более 300 долгопериодических комет. Авторы работы пришли к обоснованному выводу, что периферия Солнечной системы буквально кишит кометами. Значит, существование облака Оорта — реальность, требующая объяснения. Кстати, подсчитано, что период полураспада этого облака составляет примерно миллиард лет.

Известный советский исследователь комет К. И. Чурюмов считает, что «образование этого облака является результатом грандиозного взрыва планеты Фазтон, когда-то обращавшейся по своей орбите на расстоянии 2,8 а. е. от Солнца. В пользу взрыва Фазтона могут говорить и неймановы фигуры на железных метеоритах, и кратеры на ближайших к Фазтону планетах и их спутниках, и другие факты. Обломки ледяной коры Фазтона, достигнув гравитационных границ Солнца, стали самыми далекими и многочисленными спутниками нашего светила *).

К. И. Чурюмов обращает внимание на удивительный факт. На рис. 9 изображены большие оси орбит долгопериодических комет. В масштабе этого рисунка планетная система, ограниченная орбитой Плутона, изобразится точкой. На рисунке показана и соседняя звезда Альфа Центавра. Рассматривая рисунок, трудно отделаться от впечатления, что на нем зафиксирован какой-то колоссальнейший по масштабам взрыв некоего тела, осколки которого разлетелись в самые разные стороны!

Конечно, источником пополнения облака Оорта можно считать не только взрыв гипотетического Фазтона. Ныне хорошо известно, что поверхности многих спутников планет покрыты льдом. Тяготение на поверхностях спутников сравнительно невелико, и потому при падении крупного метеорита на спутник ледяные осколки его коры могут быть выброшены в межпланетное пространство. Возмущения со стороны планет-гигантов в принципе способны перевести эти осколки в область облака Оорта.

По гипотезе С. К. Всехсвятского кометные ядра могут извергаться вулканами некоторых спутников планет-гигантов. Примером подобного процесса можно считать недавно зафик-

*) Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980, с. 113.

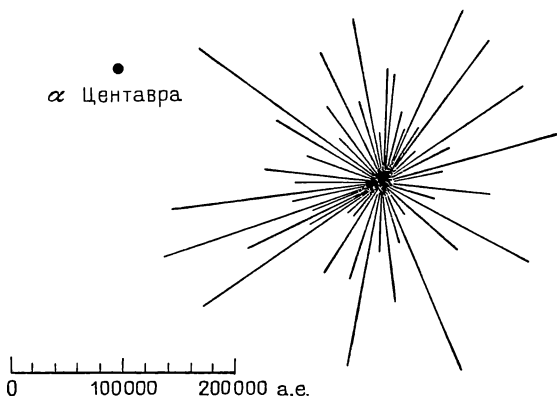


Рис. 9. Орбиты долгопериодических комет (проекции их больших осей на картинную плоскость)

сированные мощнейшие извержения вулканов Ио — спутника Юпитера.

Некоторые зарубежные исследователи считали, что ледяные тела облака Оорта конденсируются из межзвездных молекулярных облаков. Наконец, многие астрономы рассматривают облако Оорта как остаток того газопылевого пространственного облака, из которого когда-то образовалась Солнечная система.

Следует подчеркнуть, что существование Фазтона и его катастрофический взрыв оспаривается рядом исследователей. Так, например, в монографии А. И. Симоненко. «Метеориты — осколки астероидов» (Наука, 1979) подробно объясняются главнейшие особенности метеоритов, причем автор нигде не прибегает к помощи гипотезы о взорвавшейся планете. Предполагается, что в теперешней зоне астероидного кольца никогда не было крупных планетных тел. Соседство с Юпитером мешало образованию в этой области Солнечной системы крупной планеты. Несколько небольших «родительских» тел, сталкиваясь друг с другом, в конце концов породили современный пояс малых планет. Известный советский астроном Б. Ю. Левин детально показал, как все это могло бы произойти. Облако же Оорта, по его мнению, — это остаток протопланетного облака.

И все же сомнения остаются. В метеоритах находят не только весьма сложные органические соединения, но и так называемые «организованные» элементы, поразительно напоминающие окаменевшие простейшие водоросли. Для их образования нужна водная среда и земноподобная планета. О том же

говорят и битумы, сравнительно обильно представленные в некоторых типах метеоритов *).

Зодиакальный свет — казалось бы второстепенная деталь Солнечной системы. Но как много глубоких, волнующих проблем порождает его изучение!

ХВОСТ ЗЕМЛИ

История необыкновенного открытия, о котором пойдет речь, началась давно.

Еще в 1803 г., путешествуя по южным странам, знаменитый немецкий естествоиспытатель Александр Гумбольдт обнаружил странное явление. Когда ночной воздух был особенно чист и прозрачен в области неба, противоположной Солнцу, удавалось заметить тусклое, еле различимое свечение. Занимая на небе площадь, во много раз большую полной Луны, свечение имело ясно выраженную овальную форму.

Описав в числе других диковинок природы странное «противосияние», Александр Гумбольдт предоставил будущим исследователям решить вопрос о его происхождении.

Прошло, однако, ровно полвека, прежде чем противосияние снова привлекло внимание ученых. Не зная о наблюдениях Гумбольдта, в 1853 г. Джонс, а спустя три года Брорсен, увидев противосияние, приписали его открытие себе.

Странное призрачное свечение существовало — в этом не было никаких сомнений. Удалось даже установить, что по мере продвижения Солнца по зодиакальным созвездиям смещается и противосияние. Когда Солнце по истечении года снова возвращается в исходное зодиакальное созвездие, подобное путешествие по поясу Зодиака завершает и противосияние.

Разумеется, как годовое движение Солнца, так и годовое странствование противосияния лишь кажущиеся. Земля обращается вокруг Солнца, а противосияние при этом все время находится за Землей, в стороне, противоположной Солнцу. Как бы укрепленное на невидимом стержне, проходящем через центры Земли и Солнца, противосияние участвует в годовом движении нашей планеты. Как и Земля, оно за год завершает оборот вокруг главного светила Солнечной системы.

Факты казались в высшей степени странными. Нечто, именуемое противосиянием, имеет заметное свечение. Что же светится там, в глубине ночного неба? Если противосияние состоит из газов, то почему же эти газы не рассеиваются в пространстве, почему в течение многих десятилетий противосияние

*) Подробнее см. Зигель Ф. Ю. Вещество Вселенной. — М.: Химия, 1982.

сияние обладает замечательным постоянством, отнюдь не свойственным газовым облакам?

Газовое, жидкое и твердое состояние противосияния — из этих трех возможностей и приходилось выбирать ученым прошлого века. Газовое состояние как будто отпадает, жидкое также: за пределами Земли, в ледящем холоде безвоздушного пространства, жидкость существовать не может. Значит, остается одно — предположить, что противосияние является каким-то твердым образованием.

Но здесь возникают новые загадки. Если противосияние твердое, холодное образование, то его свечение может быть только отражением солнечных лучей. Значит, противосияние должно возникать далеко от Земли, во всяком случае дальше того места, где кончается конус земной тени. Иначе говоря, противосияние отстоит от Земли не ближе, чем на 1 350 000 километров.

Теперь сообразим, может ли противосияние быть твердым телом, вроде Земли или Луны. Допустим, что противосияние находится на самом кончике земной тени. Тогда, учитывая, что с Земли оно видно под средним углом около 6 градусов, получаем, что истинный поперечник противосияния должен быть близок к 140 тысячам километров! Если же противосияние отстоит еще дальше, то его размеры будут еще больше.

Получилась явная нелепость. Где-то вблизи Земли находится колоссальное планетообразное тело с поперечником не меньше, чем у Юпитера, причем, обладая огромной массой, оно совершенно не влияет на движение Земли и других планет. Больше того, нарушая законы Кеплера, это странное тело обращается вокруг Солнца с тем же периодом, что и Земля, хотя его расстояние от Солнца значительно больше.

Нет, сплошным твердым телом противосияние быть не может. Остается как будто только одна возможная гипотеза — загадочное противосияние представляет собой огромный рой мелких твердых частиц. Освещенный Солнцем рой кажется с большого расстояния сплошным телом, хотя на самом деле общая масса его частиц весьма мала, а потому их притяжение и не оказывает заметного воздействия на Землю.

Так рассуждал астроном Гюльден, выступивший в 1894 г. с «метеоритной» гипотезой противосияния. Он указал, что по законам небесной механики на прямой, проходящей через центры Солнца и Земли, есть одна из так называемых либрационных точек. Тело небольших размеров, помещенное вблизи этой точки, постоянно будет описывать вокруг нее сложные орбиты сравнительно небольших размеров, так что рой из подобных частиц постоянно будет виден с Земли в стороне, про-

тивоположной Солнцу. По подсчетам астронома Мультиона, разделявшего идеи Гюльдена, центр роя должен находиться от Земли на расстоянии около 1 500 000 километров, то есть за концом земной тени.

Объяснение, данное Гюльденом и Мультионом, казалось настолько правдоподобным, что в течение почти четырех десятилетий загадка противосияния считалась решенной.

Но в истории науки нередки случаи, когда принятые и как будто не вызывающие сомнений гипотезы подвергаются пересмотру и своеобразной ревизии. То же произошло и с гипотезой Гюльдена — Мультиона.

В 1938 г. группа московских астрономов во главе с Н. Д. Моисеевым решила проверить расчеты Гюльдена и Мультиона. Исследование велось более обстоятельно и разносторонне, чем в конце прошлого века. Результат получился несколько неожиданный: метеоритный рой Гюльдена — Мультиона, как показали вычисления Г. Н. Дубошина, должен быть неустойчивым. Частицы, его составляющие, обречены на постепенное рассеяние в пространстве, и, таким образом, удивительное постоянство противосияния снова стало загадочным и необъяснимым.

Во время войны несколько сотрудников Московского университета во главе с И. С. Астаповичем переехали в Ашхабад.

Наиболее южная из советских республик — Туркменская по праву считается солнечной страной. На ее территории, недалеко от Мары, находится полюс ясности Советского Союза, в районе которого в среднем за год бывает около трехсот суток семи солнечных дней. Исключительные прозрачность и спокойствие воздуха в районе Ашхабада как нельзя более благоприятствуют проведению астрономических наблюдений. По меткому выражению И. С. Астаповича, «прекрасное звездное небо — одно из природных богатств Туркмении», «разработка» которого особенно интенсивно развернулась после 1942 г. Одной из главных задач, поставленных И. С. Астаповичем перед руководимым им коллективом, была разгадка природы противосияния.

Наблюдения, начатые летом 1942 г., велись каждую ясную и безлунную ночь. Когда противосияние вместе со звездами поднималось достаточно высоко над горизонтом, астрономы отмечали яркость противосияния, его размеры, форму, цвет, положение среди звезд и, наконец, неоднородности в самом загадочном свечении. Наблюдения повторялись по несколько раз в ночь, причем наблюдатели всячески стремились учесть влияние атмосферы и света ночного неба на видимость противосияния. Упорство и настойчивость, проявленные ашхабадскими

астрономами, принесли богатые плоды. Постепенно выяснились новые факты, приблизившие разгадку противосияния.

Во-первых, уже осенью 1942 г., сравнивая еле уловимый цвет противосияния с окраской некоторых областей Млечного Пути, И. С. Астапович пришел к выводу, что загадочное свечение имеет зеленоватый оттенок.

Во-вторых, яркость противосияния, как показали наблюдения, подвергалась заметным, а иногда и очень быстрым изменениям. Бывали ночи, когда за какие-нибудь полчаса яркость увеличивалась на двадцать-тридцать процентов. Как бы разгораясь и снова затухая, противосияние отдаленно напоминало изменчивое полярное сияние.

Сходство было не только внешним. Однажды, в конце сентября 1943 г., удалось зарегистрировать особенно яркую вспышку противосияния. Спустя некоторое время И. С. Астапович получил письмо с Карельского фронта, в котором его сестра сообщала, что в последних числах сентября ландшафты Карелии освещались необычайно мощным трехдневным полярным сиянием. Сомнений не было. Противосияние должно иметь газовую природу. По окраске оно похоже на свечение ночного неба или полярного сияния, а его вспышки, как и для последнего, объясняются воздействием Солнца. Очевидно, что не только вспышки, но и вообще само свечение противосияния должно вызываться чем-то, испускаемым Солнцем.

На мысль о газовой природе противосияния наводили и другие факты.

Как уже говорилось, еще Гумбольдт заметил, что противосияние имеет овальную, или, точнее говоря, эллиптическую форму. По наблюдениям И. С. Астаповича, большая ось (наибольший поперечник) противосияния достигала длины 13 градусов (то есть в двадцать шесть раз больше видимого диаметра полной Луны), тогда как малая ось простиралась не более чем на 8 градусов.

Замечательно, что и форма и размеры противосияния были совсем не такими постоянными, как думали раньше. По наблюдениям в Ашхабаде, иногда в течение часа наибольший поперечник противосияния увеличивался на 3—4 градуса. Нередко менялись его размеры и в других направлениях.

В семнадцати случаях иногда к западу, иногда к востоку от противосияния появлялись какие-то яркие и непостоянные световые приатки. Расстояние их от края противосияния никогда не превышало 6 градусов.

Внутри самого противосияния наблюдались меняющиеся по расположению более светлые и менее яркие участки. Самое яркое место противосияния не всегда совпадало с его геометричес-

ким центром, иногда отходя от него в сторону на 2—3 градуса. В особенно «прозрачные» и темные ночи большая ось противостояния увеличивалась до 23, а малая — до 13 градусов.

Короче говоря, противостояние оказалось изменчивым образованием, и только его расположение в области неба, противоположной Солнцу, отличалось удивительным постоянством. Впрочем, здесь надо оговориться. Центр эллипса противостояния, как было замечено еще в 1907 г., не совпадает с точкой, прямо противоположной Солнцу. Он отстоит от нее к западу на 3 градуса (то есть почти на шесть поперечников Луны).

Совершенно ясно, что перечисленные факты противоречили гипотезе Гюльдена — Мультона. Метеоритный рой никак не мог обладать такой быстрой изменчивостью, какая наблюдалась у противостояния. Но и гипотеза о газовой природе загадочного свечения также встречала большие затруднения.

В самом деле, если противостояние — это газовое облако, расположенное за конусом земной тени, то почему оно не рассосется в пространстве? Если же противостояние находится внутри земной атмосферы, то почему оно светится и что заставляет его всегда находиться в стороне, противоположной Солнцу?

Чтобы разрешить эти противоречия, И. С. Астапович решил измерить расстояние до загадочного облака.

Попытки такого рода были предприняты еще в 1893 г. Два астронома, один в Перу, а другой в Калифорнии, одновременно определяли положение противостояния среди звезд. Однако никакого кажущегося, параллактического, смещения они не заметили. Неудача их была вызвана тем, что оба астронома не учитывали рефракцию, то есть искривление пути световых лучей в земной атмосфере. Благодаря рефракции каждое светило как бы приподнимается над горизонтом, между тем как суточные параллактические смещения «опускают» светила. Оба явления, близкие по величине, уравнили друг друга, а потому наблюдения американских астрономов и не дали желаемого результата.

И. С. Астапович поступил иначе. Благодаря вращению Земли вокруг оси наблюдатель перемещался в пространстве. Следовательно, в течение ночи он смотрит на противостояние с разных позиций, из различных точек пространства. Поэтому, если противостояние сравнительно близко к Земле, оно в течение ночи должно слегка сместиться на фоне более удаленных звезд. Такие наблюдения и были проведены в Ашхабаде.

Расплывчатость и изменчивость противостояния сильно мешали работе. Трудно было с уверенностью наметить центр свечения, а затем следить за его смещением на фоне звезд.

В течение почти двух лет И. С. Астапович и его помощники сто шестьдесят семь раз измерили положение центра противостояния. Параллактическое смещение было, наконец, обнаружено! Загадочное облако оказалось удаленным от Земли в среднем на 125 тысяч километров. Подсчеты Мультона носили чисто теоретический характер, тогда как результат И. С. Астаповича отвечал наблюдаемым фактам.

Может быть, было бы лучше, если бы оказался прав не Астапович, а Мультион! Ведь таинственное облако располагалось слишком близко к Земле. Оно попало внутрь конуса земной тени, которая тем не менее почему-то нисколько не мешала его свечению.

И все же отказаться от мысли о газовой природе противостояния было невозможно. Слишком много фактов выступало в защиту этой гипотезы. Но тогда следовало объяснить, почему противостояние светится и не рассеивается в пространстве.

После долгих размышлений И. С. Астапович пришел к таким заключениям.

Газовое облако, порождающее противостояние, должно непрерывно пополняться все новыми и новыми порциями газа. Только в этом случае ему обеспечено сравнительно устойчивое существование в течение по крайней мере многих десятилетий.

Казалось естественным, что источником пополнения противостояния может быть лишь тот исполинский газовый океан, который окутывает нашу планету.

От внешних частей земной атмосферы к противостоянию, по-видимому, тянется какой-то газовый рукав, состоящий из непрерывно движущихся газов. Иначе говоря, у Земли, вероятно, есть своеобразный газовый отросток, точнее — газовый хвост, направленный, как и кометные хвосты, в сторону, противоположную Солнцу. Само же противостояние не является каким-то облакообразным сгустком газов вблизи Земли. Противостояние — это проекция на звездное небо газового хвоста Земли.

Если бы хвост Земли светился на всем своем протяжении, то противостояние не существовало бы — его свечение «размазалось» бы на все небо.

Однако в действительности свечение в хвосте начинается с расстояния около 125 тысяч километров от Земли. Только с этого участка мы и начинаем видеть хвост Земли, представляющийся нам каким-то оторванным от Земли светящимся облаком.

Так был открыт газовый хвост Земли — удивительная часть нашей планеты, о существовании которой многие из ее обитателей даже не подозревают.

Открытие И. С. Астаповича привлекло внимание многих ученых. Начались детальные исследования противосияния с помощью различных приборов.

Осенью 1948 г. на горной астрофизической обсерватории вблизи Алма-Аты академик В. Г. Фесенков и его сотрудники получили ряд фотографий противосияния. Снимки производились с помощью светосильных фотокамер, и потому качество их было весьма высоким.

Противосияние фотографировалось несколько раз в течение ночи, и по фотографиям удалось снова определить его удаленность от Земли. Она получилась весьма близкой к величине, найденной И. С. Астаповичем.

На той же обсерватории астроном Н. Б. Дивари изучал яркость противосияния с помощью специального фотометра. Показания прибора совпали с выводами, полученными при наблюдениях невооруженным глазом. Противосияние изменялось и по форме, и по яркости.

Наконец, сотрудник горной обсерватории М. Г. Каримов весной 1949 г. получил фотографию спектра противосияния. Несмотря на применение высокочувствительных пленок, экспозиция (выдержка) при съемке составила в общей сложности тридцать пять часов — так слаб свет противосияния.

Выяснилось, что спектр противосияния мало отличается от спектра ночного неба, порождаемого разреженными газами верхних слоев атмосферы. Тем самым газовая природа противосияния была окончательно установлена.

В спектре противосияния выделялись линии, характерные для азота и кислорода — главных составляющих земной атмосферы. Таким образом, спектрограф подтвердил несомненную связь противосияния с атмосферой Земли. Гипотеза И. С. Астаповича превратилась в строго установленный факт.

Трудно представить себе Землю в роли кометы. И все же некоторое сходство между Землей и кометами, несомненно, есть (рис. 10).

Газовый хвост Земли должен быть очень длинен. Если считать, что убывание яркости в нем происходит по тому же закону, что и в газовых кометных хвостах, то, как показывают расчеты Астаповича, газовый хвост Земли имеет длину около 650 тысяч километров, то есть простирается далеко за орбиту Луны.

Как и газовые кометные хвосты, газовый хвост Земли слегка отклонен в сторону, обратную движению Земли вокруг Солнца. Этим обстоятельством и объясняется тот факт, что центр противосияния смещен на 3 градуса к западу от точки, противоположной Солнцу.

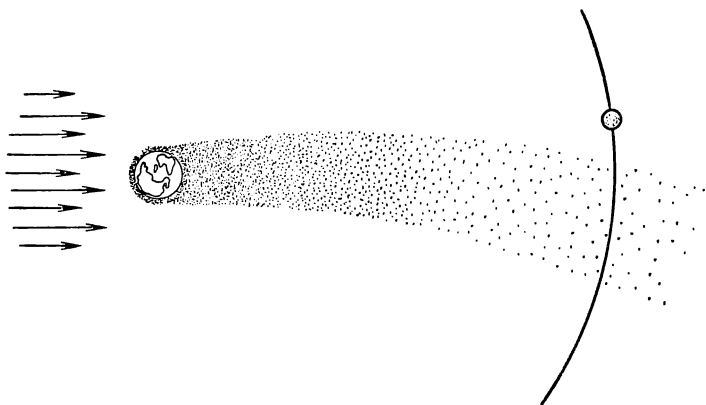


Рис. 10. Хвост Земли по И. С. Астаповичу

Эллиптическая форма противостояния, как считал академик В. Г. Фесенков, вызвана сплюснутостью земной атмосферы в направлении, перпендикулярном к плоскости земной орбиты. Поэтому и любые поперечные сечения газового хвоста Земли имеют сплюснутую эллиптическую форму.

Газовый хвост Земли состоит из быстро движущихся молекул. Выброшенные за границы атмосферы отталкивательным действием лучей Солнца, эти молекулы сплошным газовым потоком непрерывно рассеиваются в межпланетное пространство. Их скорость движения такова, что в течение суток состав хвоста обновляется несколько раз.

Некоторым может показаться, что такая «утечка» земной атмосферы через хвост Земли опасна для жизни человечества. Не можем ли мы, в самом деле, через какое-то время лишиться воздушной оболочки и погибнуть от удушья?

Подсчеты показывают, что подобные страхи неосновательны. Если бы даже газовые запасы земной атмосферы ниоткуда не пополнялись, то и в таком случае атмосферное давление уменьшилось бы наполовину лишь за миллиард лет.

На самом же деле в атмосферу непрерывно поступают все новые и новые порции газов при извержении вулканов и при разных биологических процессах. Таким образом, о катастрофической потере атмосферы Земли через ее газовый хвост не может быть и речи.

Хотя Земля имеет кометообразный хвост, ее сходство с кометами носит, скорее, все же внешний характер — слишком уж различна природа этих тел.

В кометах их твердая часть — ядро — представляет собой скопление ледяных глыб затвердевших газов с включенными

в них твердыми частицами типа метеоритов. Земной шар совершенно не похож на кометное ядро. Весьма различны и их размеры. Поперечник самых крупных из кометных ядер не превышает обычно нескольких километров, то есть почти в несколько тысяч раз меньше поперечника Земли.

Земля не комета. Но Земля имеет кометообразный хвост, природа которого все-таки еще не вполне ясна. Чем, например, объяснить свечение газового хвоста Земли? Возможно, что его молекулы, поглощая энергию солнечных лучей, затем переизлучают ее, сияя холодным светом. Но почему тогда это свечение начинается только на расстоянии около 125 тысяч километров от Земли, а более близкие части хвоста остаются темными?

В кометах, имеющих крохотное ядро, молекулы их исполинских хвостов всегда освещаются Солнцем. Газовый хвост Земли в значительной своей части находится внутри конуса земной тени, но, скрытый от солнечного освещения, все же светится. Не вполне ясной была и природа тех сил, которые «сдувают» молекулы земной атмосферы в сторону, противоположную Солнцу.

До войны загадка противостояния оставалась нерешенной. Были неясными многие вопросы. Было высказано предположение, что газовые хвосты есть и у других планет. Например, близкая к Солнцу и окутанная густой атмосферой Венера должна иметь газовый хвост, не уступающий земному. Правда, обнаружить его с Земли очень трудно — слишком слабо свечение хвоста и слишком яркое тот сумеречный фон неба, на котором обычно наблюдается Венера.

Еще более слабым хвостом должен обладать Марс, уже растерявший значительную долю своей первичной атмосферы. Что же касается больших планет: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, то обнаружить их хвосты вряд ли удастся — слишком далеки они от Солнца.

В послевоенные годы средствами космонавтики развернулись подробные исследования окосолнечного и окосоземного пространства.

Установлено, что Солнце постоянно выбрасывает в межпланетное пространство электроны и ионы различных элементов, главным образом водорода. Разлетаясь во все стороны непрерывным потоком, они образуют так называемый солнечный ветер. В окрестностях земной орбиты плотность этого ветра составляет 10 частиц в одном кубическом сантиметре, а скорость частиц в среднем примерно 450 км/с. Некоторые из частиц достигают скорости в десятки тысяч километров в секунду. Их называют солнечными космическими лучами.

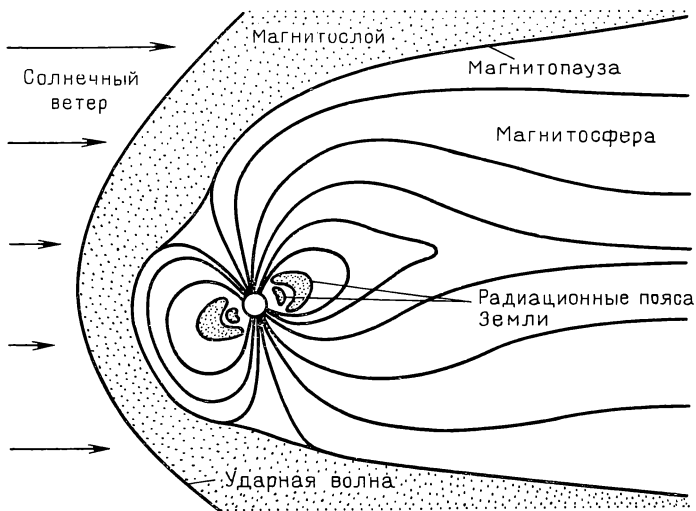


Рис. 11. Магнитосфера Земли

Нередко с поверхности Солнца извергаются потоки ионов повышенной плотности (до 100 частиц в 1 см^3). Их называют корпускулярными потоками. Все эти разновидности солнечного вещества взаимодействуют с магнитным полем Земли — ее магнитосферой.

Строение земной магнитосферы сложное (рис. 11). Далеко не все ее силовые линии замыкаются в Земле. Со стороны, противоположной Солнцу, они вытягиваются в длинный шлейф, образуя своеобразный магнитный хвост Земли. В эту зону попадает разнообразное солнечное вещество и наэлектризованные твердые межпланетные пылинки. Сюда же сдуваются солнечным ветром молекулы из верхних слоев земной атмосферы.

Наоборот, со стороны Солнца магнитосфера сжата, сплюснута, а с внешней стороны она граничит с магнитным слоем заметно повышенной напряженности — магнитной ударной волной.

Известно, что всякое механическое движение обратимо. Можно, например, считать солнечный ветер покоящимся, а Землю — несущейся в потоках солнечного вещества. В этом случае сходство Земли с исполинской кометой становится еще явственнее. Совершенно очевидно, что хвост Земли — образование непостоянное, динамичное. Но на смену пролетающего через хвост вещества от Солнца и Земли поступают его новые порции.

Раз в месяц полная Луна пересекает хвост Земли, она будоражит его вещество, вызывает изменения в магнитосфере, а это, в свою очередь, иногда заметно отражается на некоторых земных процессах и, возможно, даже на самочувствии людей. Впрочем, детали этих взаимосвязей предстоит выяснить в будущем.

ТИПИЧНЫЕ И НЕТИПИЧНЫЕ КОМЕТЫ

По выражению Иоганна Кеплера комет в космосе «так же много, как рыб в океане», и уже одно это обстоятельство заставляет нас внимательно отнестись к столь многочисленным небесным телам. По современным представлениям типичная комета выглядит так: главная твердая часть кометы — это ее ядро. Оно состоит из водяного льда и сконденсированных газов. Все это перемешано с пылинками силикатов, крупинками металлов и их окислов, размеры которых заключены в пределах от долей миллиметра до нескольких сантиметров. В сущности, ядро кометы представляет собой исполинский ком рыхлого, грязного снега, средняя плотность которого близка к нескольким десятым долям грамма на кубический сантиметр. Только такие состав и строение кометного ядра способны объяснить громадный расход газа и пыли при каждом сближении кометы с Солнцем. Массы кометных ядер относительно невелики и обычно заключены в пределах $10^{15} - 10^{18}$ г, а диаметры близки к нескольким километрам. Соответственно этому тяготение на поверхности ядра невелико, и чтобы навсегда покинуть ядро, частицам пыли и молекулам газа требуются незначительные начальные скорости — метры в секунду.

Размеры комет колоссальны. Их хвосты тянутся на сотни миллионов километров, а поперечник головной части комет нередко превышает диаметр Солнца. Ядра комет обращаются вокруг Солнца по сильно вытянутым эллиптическим орбитам. Когда комета приближается к Солнцу, ее ядро нагревается, и замерзшие газы, испаряясь, образуют голову и хвост кометы. Твердые частицы, находящиеся в ядре, служат материалом для формирования пылевых хвостов комет и метеорных потоков.

В кометах происходят сложные явления, вызываемые главным образом воздействием солнечного тепла и света.

Современные средства наблюдений позволяют обнаружить комету тогда, когда ее расстояние от Солнца еще достаточно велико (несколько астрономических единиц). При такой удаленности от Солнца комета видна в телескоп как небольшое круглое туманное пятнышко, с более ярким звездообразным уплот-

нением в центре, видимым ядром. Туманность, окружающая ядро, называется комой.

При приближении кометы к Солнцу из ее ядра в направлении к Солнцу начинают выделяться светящиеся веерообразные струи, называемые излияниями. Появление излияний сопровождается увеличением общей яркости кометы. Увеличиваясь в размерах и расширяясь на конце, обращенном к Солнцу, излияния напоминают светящийся фонтан, бьющий из ядра кометы. Это сходство особенно усиливается тогда, когда по мере сближения кометы с Солнцем излияние выделяет на своем конце струи, загигающиеся в сторону, противоположную Солнцу.

В дальнейшем внешняя, обращенная к Солнцу граница излияний становится более или менее резко очерченной, образуя так называемую оболочку. Оболочка по своим очертаниям близка к параболоиду, причем ядро кометы находится в его фокусе. Нередки случаи, когда наблюдается не одна, а несколько оболочек, охватывающих друг друга и имеющих общий фокус в кометном ядре.

Кома, ядро, излияния и оболочки образуют голову кометы. По мере приближения кометы к Солнцу струи излияний огибают со всех сторон ее ядро и уходят в сторону, противоположную Солнцу, образуя один или несколько кометных хвостов.

Некоторые из кометных хвостов почти прямолинейны, другие имеют заметную кривизну. В хвостах иногда наблюдаются поперечные светлые полосы, в общем направленные к ядру кометы, или клочковатые, неправильной формы облачка, продвигающиеся внутри хвоста в сторону, противоположную Солнцу.

Очень редко у комет образуются аномальные хвосты. Они представляют собой конусообразные выступы, направленные из головы кометы в сторону Солнца. Наконец, у некоторых комет можно наблюдать светящиеся кольца, имеющие общим центром кометное ядро. Они



Рис. 12. Январская комета 1910 г.

называются галосами. Обнаружено, что галосы непрерывно расширяются.

Кометы сложнее, чем они нам кажутся при непосредственных наблюдениях. В кометах присутствуют молекулы, испускающие не только видимое, но и не видимое глазом излучение. При наблюдениях в разных диапазонах излучения комета имеет иные формы и размеры, чем те, которые видны глазом.

Трудно указать точную, резкую границу как головы кометы, так и ее хвостов. Границы кометы, строго говоря, расплывчаты, «размазаны», и ее видимые контуры определяются распределением частиц, способных своим излучением оказать ощутимое воздействие на человеческий глаз. Поэтому размеры комет (головы и хвоста), определяемые из наблюдений, носят условно-приближенный характер.

В 1969 г. впервые была обнаружена водородная корона ядра одной из комет. Она испускала сильное ультрафиолетовое излучение, и ее поперечник ($\sim 10^7$ км) оказался в десятки раз больше головы кометы. Такие водородные короны наблюдаются у многих комет. Это важное открытие доказывает, что истинные размеры комет гораздо больше того, что видит глаз.

Перечисленные кометные явления вовсе не обязательно должны наблюдаться у каждой из комет. Наоборот, большинство слабых комет, видимых только в телескоп, лишено хвостов или полностью развитой головы. На протяжении всего периода их видимости ничего, кроме комы и ядра, заметить не удастся. Только в больших и ярких кометах, подходящих близко к Солнцу и к Земле, разыгрываются сложные явления, показывающие многообразие кометных форм. И лишь в исключительных случаях (как, например, у январской кометы 1910 г.) все основные кометные явления наблюдались у одной кометы.

В области облака Оорта кометные ядра пассивны, и, в сущности, это облако состоит из «потенциальных» комет. Сближение с Солнцем «активизирует» комету. Ядро кометы нагревается, и с его поверхности испаряются молекулы H_2O , CO , NCN и другие. Они увлекают за собой частицы пыли, формирующие пылевые хвосты. Пылинки свободно преодолевают газовую голову кометы диаметром в сотни тысяч километров и при этом не претерпевают каких-либо изменений. Другое дело — молекулы газов. Одна из загадок комет состоит в том, что молекулы, покидающие ядро, уже вблизи него быстро разрушаются — отчасти за счет химических реакций, частично под действием света Солнца и солнечного ветра. Поэтому спектры голов и хвостов комет не дают непосредственных сведений о природе первичных, только что покинувших ядро молекул.

В головах и хвостах комет мы наблюдаем четыре типа молекул и атомов:

1. органические — C, C₂, CN, CO, HCN и другие;
2. неорганические — H, NH, NH₂, O, OH, H₂O;
3. металлы — Na, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu и другие;
4. ионы — CO⁺, CN⁺, OH⁺, H₂O⁺ и др.

Есть основания предполагать, что родительскими молекулами, входящими в состав кометного ядра, являются H₂O, NH₃, CH₄ и другие. Несомненно, что металлы в ядре входят в состав силикатных частиц, «загрязняющих» кометные льды.

Свечение комет имеет своим источником разные причины. Пыль отражает солнечный свет, а газы светятся «холодным светом», возбуждаемым солнечным излучением. Явление люминесценции газов широко известно: свет уличных реклам из стеклянных трубок вызван люминесценцией находящихся в них газов. Есть, однако, существенное отличие свечения рекламных трубок от люминесценции комет. В трубках, например, свечение газовых молекул порождается ударами электронов, разгоняемых электрическим полем. Что же касается люминесценции комет, то она вызвана излучением Солнца. Молекулы газов, входящих в состав кометы, поглощают энергию солнечного света и тотчас же излучают ее сами без изменения длины световых волн. Такой процесс холодного свечения называется резонансным излучением или флюоресценцией.

Таковы в общих чертах типичные кометы, к числу которых относится, в частности, и знаменитая комета Галлея. Но астрономам приходится наблюдать и объекты, не всегда легко отождествляемые с кометами и во всяком случае нетипичные для них.

В апреле 1901 г. на южном небе была обнаружена странная комета. К концу месяца ее ядро превосходило по блеску Сириус, а хвост 6 мая достиг длины 30 градусов. Но странная вещь — комета не имела головы. Ее пылевой хвост расширяющимся конусом выходил непосредственно из яркого звездообразного ядра. На некоторое время появился и второй небольшой пылевой хвост. К концу мая «безголовая» комета удалилась от Земли настолько, что невооруженному глазу стала недоступна. По мнению С. В. Орлова, исследовавшего комету, отсутствие головы вызвано тем, что ядро полностью растеряло газы при многократных облетах Солнца. Этот вывод оспаривался С. К. Всехсвятским, так как с точки зрения той «ледяной модели» кометного ядра, которая описана выше, трудно понять, что представляло собой ядро загадочной кометы. Если это был рой мелких пылинок, то что обеспечивало его устойчивость? Если же ядром кометы был твердый моно-

лит с покрытой пылью поверхностью, то что увлекло пыль в хвост и откуда взялась такая необыкновенная комета?

В ноябре 1892 г. английский астроном Холмс вблизи туманности Андромеды заметил круглое светящееся пятно со сгущением к центру. Постепенно яркость кометы росла, и она стала доступна невооруженному глазу. Внешне комета была похожа на планетный диск и лишь небольшой хвост длиной 0,5 градуса напоминал астрономам, что они имеют дело с кометой. Спектр кометы Холмса выглядел непрерывным без каких-либо линий газов. Наблюдателями отмечено появление нескольких пылевых галосов огромных размеров (диаметром втрое больше Солнца), вызванных, по-видимому, ударами метеоритов о ядро этой удивительной кометы. Орбита кометы Холмса оказалась типичной для астероидов, но совсем нехарактерной для большинства комет. Что это было — астероид или комета? Подобные странные объекты неопределенной природы наблюдались неоднократно.

Открытая в 1970 г. комета Беннета имеет орбиту, плоскость которой перпендикулярна к плоскости земной орбиты. Такое движение не встречается у астероидов, но встречается у комет. Возможно, гипотетическое облако Оорта не сплющено, как Зодиакальное облако, а в виде исполинской «толстостенной» сферы окружает со всех сторон Солнечную систему.

Недавно установлено, что некоторые из типичных астероидов обладают асимметричными атмосферами, придающими им некоторое сходство с кометами. На крупнейшем из астероидов Церере (диаметр около 1000 км) скорость «убегания», то есть минимальная скорость для покидания поверхности планеты, составляет 700 м/с. Ее поверхность сложена из минералов, напоминающих глину, которая содержит около 10% воды. Частично вода вымораживается из глин и покрывает участки поверхности Цереры тонким слоем инея. Испаряясь, иней превращается в водяной пар, который иногда увеличивает блеск астероида. В 1983 г. казанский астроном В. Б. Карпов, по-видимому, обнаружил вокруг малой планеты Паллады (диаметр 560 км) атмосферу протяженностью в несколько тысяч километров. Она асимметрична и подобно хвостам комет вытянута в сторону, противоположную Солнцу. Кстати, судя по спектру Паллады, и на ее поверхности есть водосодержащие силикаты. Если эти открытия окончательно подтвердятся, можно сказать, что Церера и Паллада иногда ведут себя, как малоактивные кометы.

Как видит читатель, классифицировать небесные тела иногда нелегко.

ТРИДЦАТОЕ ВОЗВРАЩЕНИЕ

Комета Галлея — несомненно, самая популярная из комет. С удивительным постоянством примерно каждые 76 лет она появляется вблизи Земли, и всякий раз уже на протяжении 22 веков земляне регистрируют эти редкие события. Уточним, что период обращения кометы вокруг Солнца меняется в пределах от 74 до 79 лет, так что 76 лет — средний период за протекшие века.

Далеко не все появления кометы Галлея на земном небе были примечательными. Иногда, правда, блеск ее ядра превосходил блеск Венеры в период наилучшей видимости планеты. В таких случаях хвосты кометы становились длинными, эффектными и записи в летописях отражали волнение наблюдателей, вызванное «зловещей» хвостатой звездой. В иные годы комета выглядела неяркой, туманной звездой с небольшим хвостом, и тогда записи в хрониках были совсем краткими.

За последние 2000 лет комета Галлея ни разу не подходила к Земле ближе, чем на 6 млн. км. Сближение же с Землей в 1986 г. было самым неблагоприятным за всю историю наблюдений кометы — условия ее видимости с Земли были наихудшими.

Для тех, кто никогда не видел настоящую комету, а судит о виде комет по рисункам в книгах, сообщим, что поверхностная яркость кометных хвостов никогда не превосходит яркости Млечного Пути. Поэтому в условиях любого крупного современного города комету увидеть не легче, чем Млечный Путь. В лучшем случае удастся рассмотреть ее ядро в виде более или менее яркой, слегка туманной и несколько «размазанной» звезды. Зато там, где небо чисто, его фон черен, а россыпь звезд Млечного Пути видна отчетливо, большая комета с яркими хвостами представляет собой, конечно, незабываемое зрелище.

Далеко не всем людям удастся дважды в жизни видеть пролет кометы Галлея вблизи Земли. Все-таки 76 лет — срок большой, близкий к средней продолжительности человеческой жизни, и потому список известных лиц, дважды наблюдавших возвращение кометы Галлея, не так уж велик.

Среди них мы находим Иоганна Галле (1812—1910) — астронома, открывшего планету Нептун по указаниям У. Лерверье, Каролину Гершель (1750—1848) — сестру знаменитого основоположника звездной астрономии Вильяма Гершеля, Льва Толстого (1828—1910) и других. Любопытно, что известный американский писатель Марк Твен родился через

две недели после появления кометы Галлея в 1835 г., а умер на следующий день после ее следующего максимального сближения с Солнцем в 1910 г. Незадолго до этого Марк Твен в шутку заявил приятелям, что поскольку он родился в год очередного появления кометы Галлея, то он и умрет сразу после ее следующего возвращения!

Поучительно проследить, как встречала Земля знаменитую комету на протяжении всей истории ее наблюдений*). Лишь в 1682 г. астрономы заподозрили, что имеют дело с периодической кометой. В 1759 г. это подозрение подтвердилось. Но в этом году, как, впрочем, и в следующий визит кометы в 1835 г., астрономы смогли провести лишь телескопические наблюдения этого космического тела, которые мало что говорили о его физической природе. Лишь в 1910 г. ученые встретили комету Галлея во всеоружии. Комета пролетела вблизи Земли, задев (в мае 1910 г.) ее своим хвостом. Наблюдать ее с Земли было очень удобно, а фотография, спектроскопия и фотометрия уже находились на вооружении астрономов. К тому времени великий русский исследователь комет Федор Александрович Бредихин (1831 — 1904) создал механическую теорию кометных форм, и его последователи смогли успешно применить новую теорию к истолкованию наблюдаемых кометных явлений. Вообще, предыдущую встречу с кометой Галлея в 1910 г. можно назвать праздником кометной астрономии. В эту пору были заложены основы современной физической теории комет, и не будет преувеличением сказать, что нынешние представления о кометах во многом обязаны успехам 1910 г.

В тридцатое свое возвращение к Солнцу комета Галлея была в 1986 г. встречена необычно. Впервые к комете полетели космические аппараты, для того чтобы исследовать ее в непосредственной близости. Советские ученые во главе с академиком Р. З. Сагдеевым разработали и осуществили проект «Вега» — посылку к комете специальных межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2». В их задачу входило фотографирование ядра кометы Галлея с близкого расстояния и изучение процессов, в нем происходящих. Европейский проект «Джотто» и японские проекты «Планета-А» и «Планета-Б» также входили в международную программу исследований кометы Галлея, которая начала разрабатываться еще с 1979 г. Сейчас приятно констатировать, что эта программа успешно завершена, причем в ходе ее осуществления проявилось плодотворное интернациональное сотрудничество ученых разных стран. Так, например, при осуществлении программы «Джот-

*) См. *Беляев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдения.* — М.: Наука, 1985.

то» американские специалисты помогли восстановить нормальную связь со станцией, а позже советские ученые обеспечили ее полет на заданном расстоянии от кометного ядра. Немалую пользу принесли астрономические станции слежения в приеме информации от станций, пролетавших вблизи кометы Галлея. Теперь общими усилиями мы можем себе представить, что такое комета Галлея и каковы, следовательно, вообще кометы. Главная часть кометы — ее ядро — представляет собой вытянутое тело неправильной формы с размерами $14 \times 7,5 \times 7,5$ км. Оно вращается вокруг своей оси с периодом около 53 часов. Это — громадная глыба загрязненного льда, куда в качестве «загрязнений» входят мелкие твердые частицы силикатной природы. Недавно в прессе впервые появилось сравнение ядра кометы Галлея с грязным мартовским сугробом, в котором грязевая корка предохраняет сугроб от быстрого испарения. Нечто в этом роде происходит и в комете — под действием солнечных лучей ледяная составляющая возгоняется и в виде газовых потоков уходит прочь от ядра, очень слабо к себе притягивающего все предметы. Эти потоки газов увлекают за собой и твердую пыль, которая формирует пылевые хвосты кометы.

Аппарат «Вега-1» установил, что каждую секунду из ядра выбрасывается 5—10 тонн пыли — часть ее все же остается, покрывая ледяное ядро защитной пылевой коркой; из-за этой корки отражательная способность (альбедо) ядра заметно снижается и температура поверхности ядра оказывается довольно высокой. Из кометы вблизи Солнца постоянно испаряется вода, чем можно объяснить присутствие у комет водородной короны. В общем блестяще подтвердилась «ледяная модель» ядра, отныне из гипотезы ставшая фактом. Размеры кометы Галлея так малы, что ее ядро смогло бы легко разместиться на территории Москвы внутри кольцевой автодороги. Еще раз человечество убедилось, что кометы — малые тела, находящиеся в состоянии непрерывного разрушения.

Встреча в 1986 г. прошла для науки очень успешно, и теперь мы встретимся с кометой Галлея только в 2061 г.

Жизнь комет сравнительно коротка — даже самая крупная из них способна совершить лишь несколько тысяч оборотов вокруг Солнца. По истечении этого срока ядро кометы полностью распадается. Но такой распад происходит постепенно, и потому на протяжении жизни кометы вдоль всей орбиты образуется шлейф из продуктов распада ее ядра, напоминающий бублик. Вот почему всякий раз при встрече с таким «бубликом» в земную атмосферу влетает большое количество «падающих звезд» — метеорных тел, порожденных распадающейся коме-

той. Тогда говорят о встрече нашей планеты с метеорным потоком.

Дважды в году, в мае и октябре, Земля проходит сквозь «метеорный бублик», порожденный ядром кометы Галлея. В мае метеоры вылетают из созвездия Водолея, в октябре — из созвездия Ориона.

ЛУННАЯ АТМОСФЕРА

Знаменитый ученый и популяризатор астрономии Франсуа Араго в прошлом веке писал *):

«Ни один вопрос не был столь живо и разносторонне оспариваем, как вопрос о лунной атмосфере. Решение его должно было показать, может ли быть обитаем наш спутник живыми существами с организацией, подобной организации людей и животных, населяющих Землю».

Что только ни предпринимали энтузиасты обитаемости Луны! Они пытались заметить на фоне лунного рельефа следы лунных облаков. Некоторым казалось, что рога лунного месяца, как у Венеры, простираются чуть больше, чем на половину окружности. При покрытии звезд Луной тщетно старались заметить преломление звездных лучей в лунной атмосфере. Любые новые инструменты типа поляриметров сразу привлекались для поисков воздушной оболочки Луны.

Но все было напрасно. Никаких следов мало-мальски, как пишет Араго, «чувствительной» атмосферы не оказалось. Сегодня каждому известно, что атмосферы на Луне нет. Насколько строго, однако, это общепринятое утверждение? Неужели у поверхности Луны, в ближайшем к ней окололунном пространстве нет никаких молекул газов?

Средствами космонавтики удалось весьма детально изучить этот вопрос. Оказалось, что, строго говоря, разреженная атмосфера у Луны все-таки есть. Ни о какой сплошной газовой оболочке типа земного воздуха говорить, конечно, не приходится. Но отдельные ионы водорода, гелия, неона и аргона вблизи поверхности Луны все же имеются.

На ночном, темном, полушарии Луны эта своеобразная лунная атмосфера достигает наибольшей плотности. У самой поверхности Луны плотность составляет примерно 200 000 ионов в одном кубическом сантиметре. С наступлением дня лунная атмосфера разогревается, ионы начинают двигаться быстрее, некоторые из них и вовсе улетают от Луны, и тогда лунная атмосфера становится в десять раз разреженнее. Заметим, что

*) Араго Ф. Общепонятная астрономия, 1861, т. 3, с. 295.

в такие моменты концентрация молекул вблизи поверхности Луны составляет лишь 10^{-13} концентрации вокруг Земли. Несмотря на такую разреженность, лунная атмосфера остается все же в тысячи раз плотнее потоков солнечного ветра. Именно этот факт и позволяет говорить о реальности лунной атмосферы.

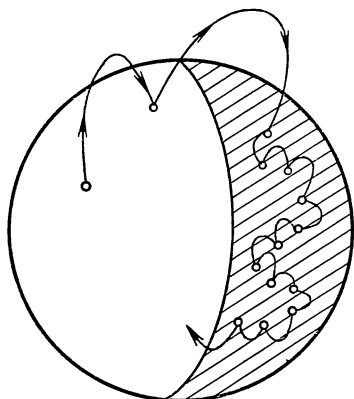


Рис. 13. Траектория частиц лунной атмосферы

В нижних слоях земной атмосферы плотность газов настолько велика, что частые столкновения молекул воздуха совершенно неизбежны. Образно говоря, в воздухе, которым мы дышим, неимоверная толчея молекул происходит постоянно. Расчеты показывают, что в лунной атмосфере составляющие ее частицы должны пробежать расстояние, в десятки раз большее лунного радиуса, прежде чем они наткнутся на другую такую же частицу. Иначе говоря, столкновений частиц в лунной атмосфере практически вовсе не бывает. Каждая из частиц имеет траекторию, определенную начальной скоростью ее отлета с поверхности Луны. Подобно микроскопически маленьким космическим кораблям, частицы лунной атмосферы движутся по эллипсам, в одном из фокусов которого находится центр Луны. Это «кеплеровское» движение ничем не нарушается до тех пор, пока частица снова не встретится с лунной поверхностью (рис. 13).

Для Луны «скорость убегания» или, как принято говорить, вторая космическая скорость равна 2,38 км/с. Превысив ее, любое тело (и частица лунной атмосферы) навсегда покидает Луну и улетает в межпланетное пространство. На ночном полушарии Луны даже молекулы водорода (а их значительно больше, чем атомов) неспособны приобрести скорость, достаточную для отлета с Луны. Двигаясь по эллипсу, они снова возвращаются к лунной поверхности и, приобретая здесь тепловой импульс, отправляются опять в полет по кеплеровскому эллипсу.

На стороне Луны, освещенной Солнцем, ситуация иная. Здесь многие из частиц лунной атмосферы, получив энергию от Солнца, навсегда покидают Луну, и потому рассеяние в пространстве лунной атмосферы совершается достаточно интенсивно. Но если лунная атмосфера непрерывно улетучивается в межпланетное пространство, то должны существовать и по-

стоянно действующие источники ее пополнения. Считается, что ими могут быть солнечный ветер, постоянно «обдувающий» Луну, и дегазация лунных недр. В последнем случае можно говорить о ряде фактов, когда наблюдатели регистрировали выход газов из недр Луны. Классический пример — наблюдение Н. А. Козыревым в 1958 г. извержения газов из центральной горки лунного кратера Альфонс. Спектральные исследования показали, что главной составляющей изверженных газов были молекулы углерода.

Лунная атмосфера, разумеется, никак не защищает Луну от бомбардировок метеоритами всевозможных размеров. Даже мельчайшие из них беспрепятственно достигают лунной поверхности и, ударяясь о нее с космической скоростью, дробят эту поверхность. Крупные метеориты поднимают при этом над лунной поверхностью облака пыли. Все эти процессы продолжаются уже по меньшей мере сотни миллионов лет.

Еще приборы советского «Лунохода-2» зарегистрировали необычный, повышенный фон яркости неба на Луне. Весьма вероятно, что это явление вызвано существованием особой пылевой оболочки вокруг Луны, ее разреженной пылевой атмосферы. Расчеты показали, что толщина этого пылевого одеяла (около 1000 км), окутывающего Луну, сравнима с величиной лунного радиуса, а концентрация пылевых частиц в десятки тысяч раз превосходит концентрацию твердой пыли в межпланетном пространстве. Правда, в абсолютной мере эта величина очень мала: например, одна пылевая частица поперечником 70 мкм встречается в объеме 70 000 кубических метров!

Методы и приборы исследования стали настолько чувствительны, что им удалось зарегистрировать у нашего естественного спутника не одну, а даже две атмосферы — газовую и пылевую.

РЕЛЬЕФ МЕРКУРИЯ

В Москве в 1829 г. была издана книга под названием «Астрономия для не знающих математики или полное обозрение сей науки в новейшем ее состоянии». Автор книги — известный французский астроном Жан Байи. В разделе, посвященном Меркурию, читаю нечто удивительное: «В новейшее время замечены на Меркурии чрезвычайно высокие горы... Есть причина думать, что Меркурий окружен воздухообразной атмосферой».

Все это, конечно, явное заблуждение. В начале прошлого века не существовало средств, позволяющих изучать рельеф Меркурия и его атмосферу. Совсем еще недавно, до 1974 г., мы зна-



Рис. 14. Фотография Меркурия (монтаж)

ли о ближайшей к Солнцу планете весьма мало. И лишь полет вблизи Меркурия американской межпланетной станции «Маринер-10» раскрыл в деталях природу этой опаленной Солнцем и ближайшей к нему планеты. Прежде всего удивили фотографии поверхности Меркурия (рис. 14). Даже специалисты не сразу различают, где снят Меркурий, а где Луна. На снимках Меркурия виден типичный лунный ландшафт с множеством самых разнообразных кратеров. И лишь внимательно присмотревшись, можно установить, чем же все-таки поверхность Меркурия отличается от лунной.

На Меркурии есть кратеры разного диаметра, начиная с поперечника в десятки метров и до 600 км. Многие из них имеют центральные горки и окаймляющие кратер светлые лучи. Есть также долины, борозды, разломы, горные хребты с вершинами

до 4 км. Все это характерно и для Луны. Но имеется и особенное, не встречающееся на нашем спутнике. Таковы уступы или эскарпы с мелкими зубцами на краях. Высота их обычно близка к 1—2 км, но в длину уступы тянутся на сотни километров. Возможно, что это гигантские складки, образовавшиеся в коре Меркурия при его остывании и сжатии. Нет на Меркурии и обширных межкратерных равнин, на которых не заметно ни одного кратера. И уж совсем уникально почти полное отсутствие морей. В сущности, на изученной части Меркурия есть одна темная обширная низменная область диаметром 1300 км, получившая наименование Моря Зноя. При сравнительно небольшом числе кратеров ее дно покрыто множеством трещин.

Море это действительно «знойное». Известно, что Меркурий обращается вокруг оси за 58 земных суток, что составляет ровно $\frac{2}{3}$ меркурианского года. Из-за этого день на Меркурии длится 88 суток, и столько же продолжается ночь. Медленно восходит огромное Солнце (оно там втрое больше по видимому поперечнику, чем на Земле) над обширным Морем Зноя. В полдень поверхность Меркурия нагревается до 430°C , и потому свинец и олово должны там выплавляться из горных пород и растекаться по поверхности серебристыми лужами! Ночью, наоборот, температура падает до 180° ниже нуля — мороз, для нас просто невообразимый. Эти тепловые контрасты не смягчаются сколь-либо плотной атмосферой. Атмосфера вокруг Меркурия есть, но она крайне разрежена и создает у поверхности давление всего в 10^{-12} бар. Главная составляющая меркурианской атмосферы — это гелий. В небольшом количестве присутствуют также водород, кислород, возможно, углекислый газ с угарным газом.

Атмосфера Меркурия по структуре подобна лунной. И здесь атомы движутся по баллистическим траекториям, которые начинаются и заканчиваются на поверхности планеты. Те из них, которые при соприкосновении с поверхностью получают достаточно большой тепловой импульс, навсегда покидают Меркурий. Но на смену им непрерывно поступают частицы солнечного ветра. Каждый атом гелия находится в атмосфере Меркурия в среднем 200 дней, после чего он замещается атомами гелия, непрерывно выбрасываемыми Солнцем. Постоянно обновляющаяся гелиевая атмосфера — экзотическая особенность Меркурия.

Когда астрономам представили «космические» фотографии Меркурия, возник вопрос о наименовании множества зафиксированных на них деталей. Официально названия всем новооткрытым астрономическим объектам и деталям их поверх-

ностей присваиваются Международным астрономическим союзом. Этому акту предшествует кропотливая работа специальных комиссий, включающих представителей разных стран.

Так поступили и с Меркурием. Некоторые детали на поверхности Меркурия были замечены еще до начала космической эры Скиапарелли, Ловеллом, Антониади и другими. В 1934 г. Антониади составил карту Меркурия, на которой детали по традиции были названы именами героев греческой и римской мифологии (или относящихся к ним предметов). Так как у греков бог Меркурий именовался Гермесом, на карте Антониади названия многих деталей так или иначе оказались связанными с этим пронзырливым богом торговли. По решению Международного астрономического союза (МАС) большинство названий, данных Антониади, сохранились и на современной официальной карте Меркурия (рис. 15). Так, скажем, Аполлония — это страна брата Гермеса, Галлия — его священная птица, Киллена — гора в Аркадии, где согласно мифу родился Гермес.

Так как на Луне и Марсе большинство деталей названы именами астрономов и других естествоиспытателей, было решено для меркурианского рельефа использовать имена выдающихся деятелей гуманитарного направления — писателей, поэтов, художников, композиторов. Лишь в виде исключения нескольким деталям на Меркурии дали имена астрономов, внесших особенно большой вклад в изучение этой планеты. Так, например, появились горная гряда Антониади и гряда Скиапарелли — пионеров в открытии меркурианского рельефа. Долинам на Меркурии решили присвоить наименование радиоастрономических обсерваторий (например, долина Симеиз). Равнины получили названия богов разных народов, игравших ту же роль, что Меркурий в мифологии римлян. Так появились равнины Один и Тир. Наконец, уступы, или эскарпы, эти уникальные особенности меркурианского рельефа, названы так же, как исследовательские суда, поскольку Гермес (или Меркурий) считался покровителем путешественников и купцов. Поэтому на карте Меркурия навечно появились уступы Восток, Мирный, Санта-Мария и другие.

На Меркурии есть множество кратеров, носящих имена великих деятелей культуры. Таковы кратер Бетховен (диаметр 625 км), Бах (диаметр 225 км), Гёте (340 км), Достоевский (390 км), Пушкин (200 км), Чайковский (160 км) и другие.

Курьезная история произошла с наименованием одного из кратеров диаметром 100 км. По предложению советских ученых этому кратеру решили присвоить имя талантливого

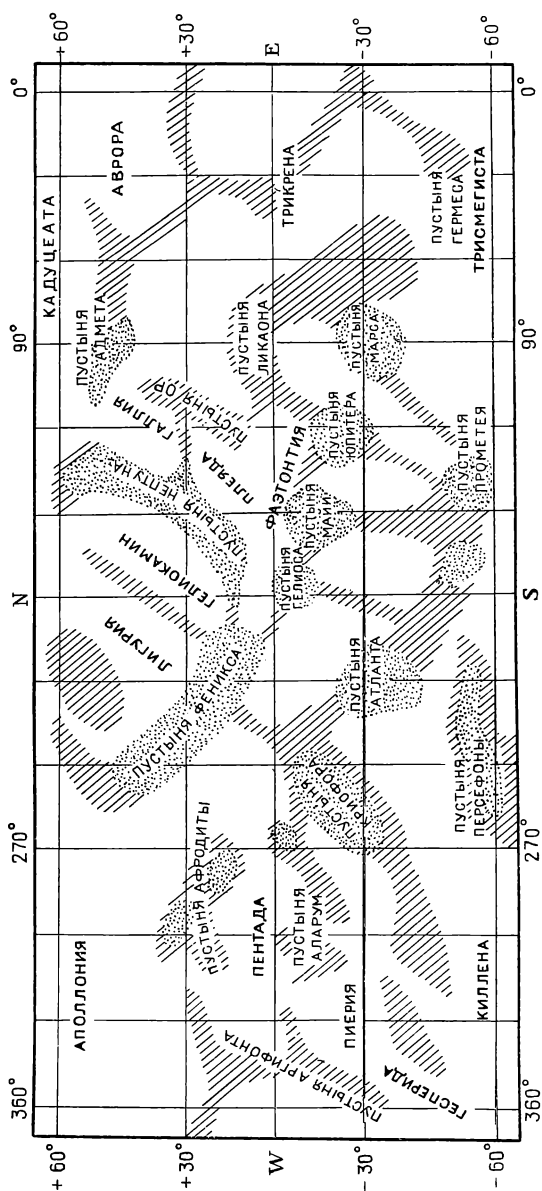


Рис. 15. Карта поверхности Меркурия

русского архитектора XVI века, создателя храма Василия Блаженного на Красной площади в Москве. Звали его Иван Постник Яковлев Барма. Это сложное имя долгое время было источником недоразумений. Считали, что знаменитый Покровский собор строили два архитектора — Постник и Барма. На самом деле Постник — это прозвище строителя по имени Иван. Яковлев — его отчество (по теперешнему Яковлевич). Фамилий же во времена Иоанна Грозного вовсе не существовало. Второе прозвище «Барма» Иван Постник получил после того, как с завершением строительства собора его наградили особой наплечной накидкой, называвшейся бармы.

Не подозревая об этом, рабочая группа МАС присвоила кратеру имя Яковлев. Кем был этот Яковлев, никто, конечно, не знал. Советские ученые дважды заявляли протест, после чего имя Яковлев было заменено, наконец, почетным прозвищем Барма.

Мчится вокруг Солнца маленькая планета, практически лишенная атмосферы. Ее безмолвная раскаленная дневная половина могла бы служить неплохой моделью легендарного ада. И здесь, в этом месте, одном из самых жарких мест Солнечной системы, будущие космонавты, быть может, станут исследовать кратеры Бетховен и Пушкин, уступы Фрам и Санта-Мария, напоминающие им о родной, полной жизни, воды и воздуха совсем непохожей на Меркурий планете.

НОВЫЕ ЗАГАДКИ ФОБОСА И ДЕЙМОСА

Крошечные спутники Марса, открытые А. Холлом в 1877 г. и получившие имена Фобоса и Деймоса, в середине текущего века привлекли к себе всеобщее внимание. В 1945 г. американский астроном Б. Шарплесс обработал заново старые наблюдения Фобоса, выполненные в Пулковке еще в XIX в., и, сопоставив их с данными более позднего времени, пришел к выводу, что Фобос вокруг Марса движется ускоренно. Это могло быть вызвано сопротивлением марсианской атмосферы. Хорошо известно, что торможение искусственных спутников в верхних слоях воздуха уменьшает их кинетическую энергию. Спутник начинает приближаться к Земле, и, в полном соответствии с законами Кеплера, его скорость возрастает.

Известный советский астрофизик И. С. Шкловский в 1959 г. подсчитал, что наблюдаемое ускорение Фобоса легко объяснить, если его средняя плотность гораздо меньше плотности воды. Но таким естественное небесное тело быть не может. Значит, Фобос по своему строению похож на полый шар, и, следовательно, он имеет искусственное происхождение.

Работа И. С. Шкловского вызвала сенсацию. В ту пору вопрос об обитаемости Марса еще не был окончательно решен и многие энтузиасты были склонны странное ускорение Фобоса рассматривать как серьезный аргумент в пользу реальности марсиан.

Однако в 1964 г. первые же снимки Марса с близкого расстояния показали его безжизненный, напоминающий лунный, ландшафт. В то же время, тщательные исследования ускорения Фобоса, сделанные многими учеными, привели к выводу: Фобос движется ускоренно, хотя и в меньшей степени, чем считал Шарплесс, но его ускорение объясняется приливным воздействием Марса на спутник. Приливные волны в твердой коре Фобоса в конечном счете притормаживают Фобос в его орбитальном движении.

Наконец, подробные исследования поверхности Марса и безуспешные попытки обнаружить на нем какие-либо следы жизни завершили период разочарований. Ныне сложилось всеобщее убеждение, что люди — единственные разумные существа в Солнечной системе.

Но на место решенных загадок пришли новые, правда, не столь сенсационные. С космических аппаратов Фобос и Деймос исследованы очень подробно, и наши знания о них весьма интересны.

Прежде всего были уточнены размеры Фобоса и Деймоса. Так как оба спутника не шарообразны, а похожи на исполинские осколки, имеет смысл назвать их наибольшие и наименьшие поперечники. У Фобоса они соответственно равны 27 и 19 километров, у Деймоса — 15 и 11 километров. Таким образом, и по размерам и по форме спутники Марса оказались похожими на наименьшие из известных малых планет.

Хотя с космических аппаратов пока сфотографировано 70% поверхности Фобоса и 40% поверхности Деймоса, сложный пересеченный характер этих поверхностей очевиден. Они очень неровны, испещрены гребнями и кратерами. Есть даже горы высотой до 1500 м, что для таких крошечных тел выглядит весьма внушительно. Кратеры на Фобосе и Деймосе, разумеется, имеют ударное, метеоритное происхождение. Трудно предположить, что на таких телах, как Фобос и Деймос, могут существовать вулканы и происходить какие-то активные вулканические процессы.

Составлена целая карта Фобоса. Крупнейший его кратер называли Стикни — такова была девичья фамилия жены Холла, по настоянию которой, как помнит читатель, были открыты спутники Марса. Не забыт и сам Холл — его имя носит другой крупный кратер в южном полушарии Фобоса. Есть там

и длинный вал Кеплера высотой 1,5 км, и ряд других любопытных деталей.

Началось и составление карты Деймоса. Один из его кратеров получил имя Свифта, фантазия которого задолго до открытия двух спутников Марса случайно подсказала ему их расстояние от планеты и периоды обращения вокруг нее. На лучших «космических» снимках Фобоса различимы детали с поперечником всего 5 метров, а на снимках Деймоса — 3 метра. Поэтому картографирование марсианских спутников будет продолжаться и многие детали со временем еще получат наименование.

Отражательная способность Фобоса (его альбедо) очень мала — всего 4%. По этому признаку он напоминает углистые хондриты — рыхлые, темные метеориты, в составе которых есть немало органических веществ.

Поверхности марсианских спутников покрыты толстым слоем пыли. Это, несомненно, результаты непрерывной бомбардировки Фобоса и Деймоса мелкими микрометеоритами. Возможно, что на Деймосе пыли больше, чем на Фобосе, и многие мелкие кратеры там полностью засыпаны пылью. Быть может, этим объясняется тот факт, что на Фобосе мелких кратеров очень много, а на Деймосе их почти нет.

Подробное изучение спутников Марса только началось, и потому неудивительно, что в их природе есть еще много неясности. Приведем два примера.

По ряду причин (в том числе и из-за малых размеров спутников) Фобос и Деймос не могли сгуститься вместе с Марсом из протопланетного облака. Считается, что они были захвачены Марсом из соседнего кольца астероидов. Но тогда непонятна почти строго круговая форма их орбит и тот факт, что оба спутника лежат в экваториальной плоскости Марса. Конечно, первоначальные орбиты Фобоса и Деймоса могли быть сильно вытянутыми эллипсами. Известно, что под действием сопротивляющейся среды эллиптические орбиты постепенно уменьшаются и становятся более круговыми. Но откуда взялась протяженная сопротивляющаяся среда вокруг Марса и почему никаких ее следов ныне не видно? К тому же, если каждый из спутников был захвачен случайно и в разное время, почему их орбиты лежат в одной плоскости? Ответа на эти вопросы пока нет.

На многих снимках Фобоса видны глубокие борозды, покрывающие половину поверхности спутника. Глубина их колеблется в разных местах от 20 до 90 м, а ширина на некоторых участках достигает 200 м. Тянутся они по поверхности Фобоса иногда параллельно на десятки километров. О их про-

исхождении высказываются разные догадки. Одни ученые считают, что борозды Фобоса — результат приливных воздействий Марса. Но возраст борозд не меньше трех миллиардов лет, более «свежих» среди них нет, хотя приливное воздействие Марса происходит непрерывно.

Высказывается мнение, что борозды — следы встречи Фобоса с целым роем метеоритов. Это правдоподобно, но с таким мнением несогласны те, которые считают, что борозды — следы катастрофического разделения какого-то единого древнего спутника на два осколка — Фобос и Деймос.

Словом, мнений много, знаний мало. Решение новых загадок Фобоса и Деймоса принадлежит будущему.

ЗАГАДКИ КРАСНОГО ПЯТНА

Продвигаясь от Меркурия к периферии Солнечной системы, мы неизбежно встретим исполинский Юпитер — крупнейшую среди планет. Состоящий на 72 % из водорода и на 22 % из гелия, Юпитер в этом отношении больше напоминает звезду, чем земноподобную планету. Однако, несмотря на огромные размеры (по массе он в 318 раз больше Земли), Юпитер все же не «дотянул» до звезды. Будь его масса в десятки раз больше, и в его недрах начались бы ядерные реакции, и тогда Солнце стало бы двойной звездой.

Но и то, что есть, поражает величиим и масштабами. Уже далеко на подступах к Юпитеру можно обнаружить его магнитосферу — область, занятую магнитным полем планеты. Если бы мы ее видели невооруженным глазом, она занимала бы на земном небе площадь, в несколько раз больше Луны. Солнечный ветер деформирует магнитосферу Юпитера, из-за чего, как и Земля, он вместе с «магнитным хвостом» отдаленно напоминает исполинскую комету. Еще в 1954 г. удалось обнаружить мощное радиоизлучение Юпитера, некоторые особенности которого заставляют думать, что постоянные грозы на этой планете по своим масштабам превосходят человеческое воображение. Тем удачнее оказывается имя Юпитера-громовержца, еще в древности присвоенное планете.

Юпитер — благодарный объект для наблюдений. Даже неопытный наблюдатель в небольшой телескоп сразу различает на его диске серию сероватых облачных полос, тянущихся параллельно экватору. Бросается в глаза сплюснутость Юпитера — следствие его очень быстрого осевого вращения: сутки на Юпитере длятся всего 10 часов!

Но самое любопытное, что удастся почти всегда увидеть на Юпитере, это его загадочное донныне Красное Пятно (КП). Его

впервые заметил французский астроном Джованни Кассини еще в 1665 г. Пятно имеет красноватый оттенок и овальную форму, причем размеры его внушительны — ширина 14 000 км, а длина до 40 000 км. Несмотря на некоторые изменения в размерах, окраске и положении, КП обладает удивительным постоянством. Вот уже четвертое столетие оно неизменно привлекает внимание исследователей Юпитера. Пятно на несколько километров возвышается над уровнем облаков и в атмосфере Юпитера это, несомненно, область высокого давления. По каким-то причинам пятно движется несколько медленнее, чем окружающая его Южная Тропическая Зона. Примерно за 30 лет Пятно запаздывает на полный оборот. Иногда КП как бы разгорается, становясь заметно ярче и краснее. В другие годы Пятно тускнеет и порой еле видно.

Какие только гипотезы ни предлагались для объяснения Красного Пятна! Одни считали, что оно представляет собой остров из затвердевших углеводородов, плавающих в атмосфере. То всплывая, то погружаясь, Пятно меняет яркость и форму. Действительно, температура в верхних слоях Юпитера очень низка и, казалось, благоприятна для такой гипотезы. Но она совершенно не объясняет, как сохраняет Пятно одно и то же положение на постоянной широте. Некоторые думали, что Красное Пятно — это непрерывно действующий на Юпитере исполинский вулкан. В другом варианте Пятно объяснялось как особая конвективная зона над какой-то громадной горой на Юпитере. Но беда в том, что у Юпитера вообще нет твердой поверхности. Лишь на глубине 0,94 радиуса Юпитера начинается его сверхплотное жидкое водородно-гелиевое ядро, а выше, вплоть до поверхности, простираются газово-жидкие и просто газовые слои. К тому же с позиций этой гипотезы непонятен и дрейф Красного Пятна при вращении Юпитера.

Наиболее убедительной выглядит гипотеза известного советского геофизика Г. С. Голицына, по мнению которого Красное Пятно — это долгоживущий свободный вихрь в атмосфере Юпитера. Действительно, прямые наблюдения показали, что КП вращается, завершая полный оборот за 6 земных суток. Постоянство же пятна вызвано особенностями метеорологии Юпитера. Из-за разницы масштабов и мощности атмосфер погода на разных планетах может быть весьма различной. На Марсе погода меняется за несколько часов, на Земле за несколько суток, а вот на Юпитере циклоны могут существовать долгие века!

Над Красным Пятном атмосферные газы движутся в одну сторону, под ним — в другую. Между ними и образуется вихрь, вращающийся подобно колесу. Но так как это вращение

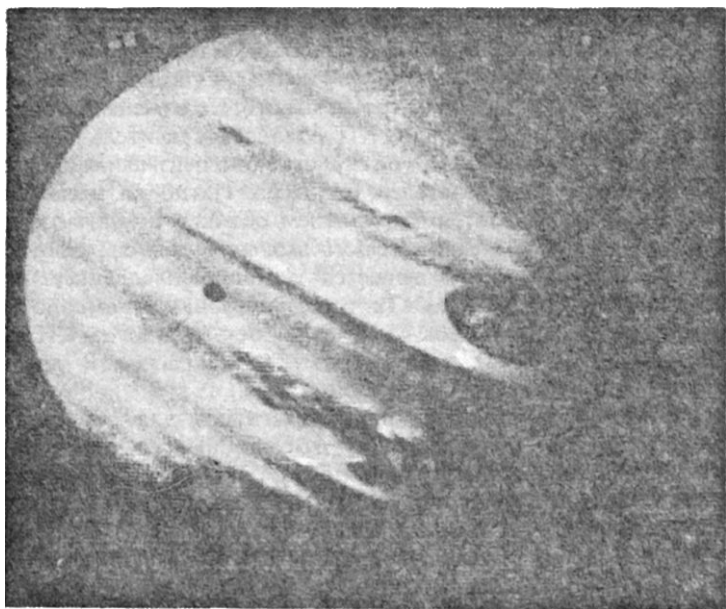


Рис. 16. Юпитер и его Красное Пятно.

происходит почти без трения, оно может продолжаться очень долго.

Иногда КП называют Большим Красным Пятном. Это вызвано тем, что в атмосфере Юпитера на короткий срок возникают маленькие красные пятна — вихри меньших размеров, но по величине все же сравнимые с Землей. Мы еще только начинаем разбираться в сложной динамике гигантской атмосферы Юпитера, и впереди нас, несомненно, ждут сюрпризы.

В атмосфере Юпитера найдено много газов. Кроме аммиака и метана есть и такие сложные соединения, как фосфин (PH_3), этан (C_2H_6), ацетилен (C_2H_2), цианистый водород (HCN) и соединения германия с водородом (GeH_4). Возможно, что некоторые из этих веществ при их комбинации придают рыжеватый оттенок облакам Юпитера и красную окраску его знаменитому Пятну.

Мощные электрические разряды и сложный химический состав атмосферы Юпитера создают благоприятную почву для возникновения в его атмосфере, и в частности в Красном Пятне, сложных органических соединений, своеобразных полуфабрикатов жизни. Моделирование сходных процессов в земных лабораториях подтверждает такую гипотезу (опыты Г. Юри, С. Миллера, С. Поннамперумы). В 1977 г. американский био-

лог К. Везе открыл в горячих источниках Йеллоустонского парка новую форму жизни. Внешне похожие на бактерии, эти одноклеточные организмы усваивают углекислый газ, воду и кислород, а выделяют метан. Ничто не помешало бы таким организмам обитать в атмосфере Юпитера, в его Красном Пятне. Как знать, быть может, будущие межпланетные автоматические станции к удивлению скептиков докажут, что Красное Пятно не только уникальное атмосферное образование, но и обитель необычной жизни. Возможно, что когда-то и атмосфера Земли напоминала по составу теперешнюю атмосферу Юпитера.

ПЛУТОН И ХАРОН

Сравнительно недавно, лет тридцать назад, сведения о Плутоне были очень скудными. Считалось, что по размерам и массе он близок к Земле, лишен атмосферы и спутников и, видимо, завершает собой ряд крупных планет. Однако в последние десятилетия новые исследования Плутона привели к радикальному изменению взглядов на его природу. В 1950 г. на крупнейшем тогда в мире пятиметровом рефлекторе измерили поперечник Плутона, который оказался равным всего 4900 км. Позже пришлось пересмотреть и прежние оценки массы планеты, так как в противном случае его плотность получалась неправдоподобно большой. Масса Плутона получилась равной всего 0,002 массы Земли, что в 6 раз меньше массы Луны. Таким образом, самая далекая из планет оказалась очень маленьким телом, уступающим по размерам и массе не только Меркурию, но даже многим из спутников планет.

В 1978 г. американский астроном Д. Кристи обнаружил, что эта наименьшая из крупных планет имеет спутник. Следуя традиции, его назвали Хароном — по имени мифического перевозчика через реку в подземном царстве. Диаметр Харона равен 1300 км, и находится он от Плутона на расстоянии 20000 км, что составляет всего семь диаметров планеты. Иногда систему Земля—Луна называют двойной планетой. В гораздо большей степени это относится к Плутону и его спутнику. Судите сами. Земля в 81 раз массивнее Луны, Плутон только в 12 раз по массе превосходит Харон. Расстояние от Земли до Луны составляет более 30 земных поперечников. Для системы Плутон—Харон это отношение равно 7.

Харон обращается вокруг Плутона за 6,39 суток. Этот период в точности равен времени, за которое он успевает обернуться вокруг своей оси. Следовательно, как и Луна к Земле, Харон обращен к Плутону всегда одним и тем же полушарием.

При этом на небе Плутона Харон виден диском в 9 раз большим, чем полная Луна. Но диск Харона тусклый, несравнимый в этом отношении с Луной.

Средняя плотность Плутона меньше плотности воды и составляет всего $0,8 \text{ г/см}^3$. Это делает весьма вероятной гипотезу, что Плутон состоит в основном из рыхлых льдов и в этом отношении напоминает огромное кометное ядро. Сходство усиливается еще и тем, что в 1980 г. в спектре Плутона удалось заметить полосы поглощения метана. Возможно, что это следы крайне разреженной метановой атмосферы, которая у поверхности Плутона так же разрежена, как земная атмосфера на высоте 63 км. Тем не менее даже такая газовая оболочка, по-видимому, создает заметный парниковый эффект, из-за чего температура на поверхности Плутона (58К) на 10° выше той, которая была бы при отсутствии атмосферы.

Если бы Плутон состоял только из льдов, он был бы намного светлее, чем в действительности. Какое-то темное вещество примешано к этим льдам. Скорее всего, это силикатная пыль, так как при малой плотности Плутона существование там твердых пород вряд ли возможно.

Видимый блеск Плутона подвержен периодическим колебаниям, что, вероятно, вызвано вращением планеты и какими-то пятнами на ее поверхности. Гораздо удивительнее систематическое уменьшение этого блеска (примерно на 0,1 звездной величины за десятилетие). От десятилетия к десятилетию Плутон становится все менее и менее ярким. Долго ли это будет продолжаться и чем вообще вызвано такое явление, пока неясно.

Если представить себе теперь все большие планеты от Меркурия до Плутона расположенными в один ряд, получается, что их можно было бы заключить в некую сигару с утолщением в районе планет-гигантов. От Солнца к периферии планетной системы размеры планет сначала растут, а потом снова уменьшаются, сходя почти на нет в районе Плутона. Случайна ли такая картина, или она как-то связана с образованием планет и тогда является типичной если не для всех, то для многих планетных систем во Вселенной?

Американский астроном С. Доул в 1970 г. провел с помощью ЭВМ очень интересные теоретические расчеты того, какими могут быть планетные системы при сгущении их из первичной газопылевой туманности. На рис. 17 показаны некоторые результаты его работы.

Размеры кружков пропорциональны массам планет. Под каждым кружком трезубец показывает эксцентриситет орбиты. Чем шире трезубец, тем более вытянута орбита соответствующей планеты. Сплошные черточки соответствуют круговым

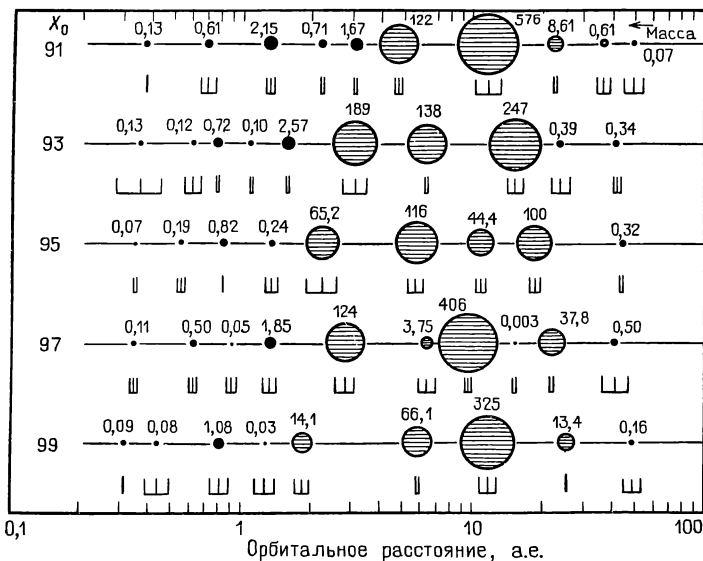
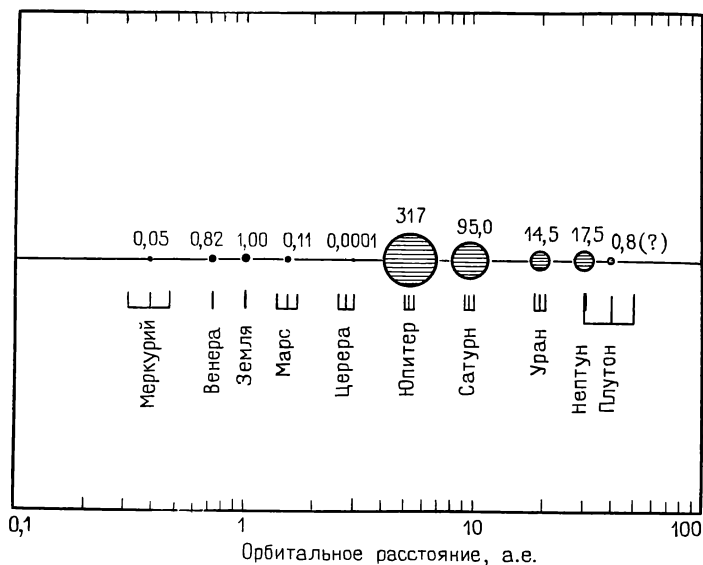


Рис. 17. Варианты планетных систем по С. Доулу. Вверху: Солнечная система. Расстояния планет от Солнца даны в астрономических единицах (а. е.). Массы планет приведены в массах Земли, принятой за единицу. Внизу: конечные результаты расчетов Доула на ЭВМ происхождения Солнечной системы. Слева указаны числа, показывающие число ядер конденсации в конденсирующейся солнечной туманности

орбитам. Числа над кружочками показывают массу планеты, если массу Земли принять за единицу. Числа слева показывают число ядер конденсации в модели газопылевой туманности. На нижней кромке чертежа указаны расстояния планет от звезды в астрономических единицах.

Самый верхний чертеж — хорошо нам знакомая Солнечная планетная система. Все остальные чертежи — теоретические планетные системы, быть может, где-то осуществленные в природе. Сходство поразительно. Оказывается, всюду поблизости от звезды есть планеты земного типа, в центре системы имеются планеты-гиганты, а к периферии планетные сигары сходят на нет. Случай, когда в планетной системе есть лишь одна планета-гигант, можно считать редким исключением. Как правило, планет-гигантов несколько, а на концах планетной сигары непременно находятся планеты небольших размеров.

Расчеты С. Доула могут служить не только еще одним серьезным аргументом в пользу гипотезы О. Ю. Шмидта и сходных с ней. Они снова напоминают нам, что мы живем рядом с заурядной звездой в обычной планетной системе.

ОКОЛЬЦОВАННЫЕ ПЛАНЕТЫ

Как известно, первым увидел кольцо Сатурна Галилео Галилей. Но он никак не мог рассмотреть, что именно видно в его несовершенный телескоп. Ему казалось, что он видит какие-то странные спутники планеты, непонятные придатки справа и слева от ее диска. И, в конце концов, так и не разобравшись в открывшейся его взору картине, Галилей зашифровал свое неожиданное открытие в знаменитой анаграмме: «Высочайшую планету тройною наблюдал».

Лишь несколько десятилетий спустя, в 1655 г., Христиан Гюйгенс обнаружил, что Сатурн окружен удивительным блестящим кольцом шириной около 64000 км, нигде к планете не прикасающимся. Еще спустя 20 лет Джованни Кассини разглядел щель, идущую почти посередине кольца, что с той поры позволило говорить о кольцах Сатурна.

Устойчивость этих странных образований была окончательно объяснена в прошлом веке, когда удалось доказать, что сатурновы кольца не сплошные жидкие или твердые тела, а мириады отдельных твердых частиц, каждая из которых самостоятельно обращается вокруг планеты. Кроме щели, открытой Кассини и достигающей в ширину 3500 км, с Земли при исключительно хороших атмосферных условиях удалось рассмотреть еще свыше десяти подобных, но гораздо более узких делений. Однако новая эпоха в изучении колец Сатурна

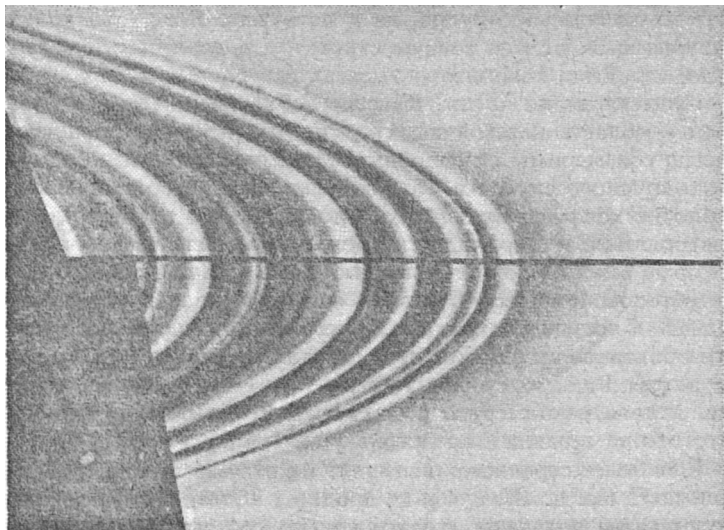


Рис. 18. Кольца Сатурна

наступила в 1979 – 1981 гг., когда космические аппараты «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» пролетели вблизи Сатурна и открыли удивительные подробности строения его колец. Как всегда бывает, новые открытия принесли и новые загадки.

Всего у Сатурна насчитывается 7 главных колец. В порядке удаления от планеты они обозначаются буквами D, C, B, A, F, G, E. Кольцо B самое яркое. Оно отделено от кольца A щелью Кассини. Кольцо C долгое время считалось самым внутренним. Его сравнительно небольшая поверхностная яркость была причиной того, что это кольцо иногда называли креповым. Четыре остальных кольца были подробно изучены лишь с космических аппаратов, хотя очень редко кольца D и E удается рассмотреть с Земли. Не исключено, что кольцо D доходит до самых границ атмосферы Сатурна. Кольцо E – самое внешнее и одновременно самое широкое. Его ширина близка к 90 000 км и внешняя граница кольца E проходит на расстоянии 5 радиусов от центра Сатурна. Если бы оно не было чрезвычайно разреженным, вид Сатурна в телескоп был бы еще более великолепным, чем в действительности.

Говоря о семи кольцах Сатурна, мы не должны забывать об условности такого деления. Когда «Вояджер-2» пролетел вблизи Сатурна и сфотографировал его кольца, на фото получилось нечто, напоминающее грампластинку. Сотни узеньких колечек составляли каждое из главных семи колец. Подсчи-

тать их количество трудно, да и не нужно. Ясно, что кольца Сатурна имеют очень тонкую структуру, и, если быть строгим, надо, вероятно, говорить о тысячах сатурновых колец.

Существование щели Кассини объясняли тем, что эта щель — область неустойчивых орбит, где периоды обращения частиц соизмеримы с периодом обращения Мимаса — ближайшего крупного спутника Сатурна. Так как при соизмеримости периодов конфигурации Мимаса и частиц кольца многократно повторяются, это приводит к таким изменениям орбит частиц, которые в конце концов выводят их из прежней зоны. Таким же образом принято объяснять «щели» в кольце астероидов. Однако в кольце Сатурна этих прогалин или щелей так много, что объяснить их резонансом периодов спутников и частиц явно нельзя. Видимо, существуют какие-то иные причины, делающие строго равномерное распределение частиц неустойчивым. Что это за причины, предстоит узнать в будущем.

Еще более странными выглядят некоторые детали строения кольца F. Когда «Вояджер-1» пролетел вблизи него, бортовые фотокамеры показали, что это кольцо состоит из нескольких колечек общей шириной 60 км. Причем два из них перевиты друг с другом, как шнурок! Менее всего астрономы ожидали увидеть такую картину. Попытались объяснить ее гравитационным воздействием близких спутников, однако, спустя несколько месяцев «Вояджер-2» не обнаружил в кольце F никаких переплетений или других странных искажений формы. Так и остался нерешенным вопрос о загадочной и изменчивой форме кольца F.

Все сатурновы кольца, как уже говорилось, состоят из отдельных частиц. Скорее всего, это куски и глыбы льда, сверху покрытые инеем. Размеры их различны. Так, например, кольцо В состоит из глыб поперечником порядка 15 м, которые погружены в толстый слой частиц размером около 10 см. В кольце А средний поперечник частиц близок к 10 м, а в кольце С — к 2 м. Остальные кольца состоят из мелкой пыли.

Загадочными выглядят радиальные темные полосы («спицы»), обнаруженные в кольце В. Иногда они видны и с Земли. Скорее всего, «спицы» состоят из мелкой темной пыли, а удерживаются они в кольце электростатическими силами. Что такие силы действуют в кольцах Сатурна, доказывают многочисленные кратковременные всплески радиоизлучения, исходящего от колец. Проще всего этот эффект объяснить разрядом молний между частицами колец. Электризация же частиц может возникать при их взаимных столкновениях.

Совершенно неожиданным было открытие вокруг колец Сатурна водородной атмосферы. Четкие линии атомарного водо-

рода просматриваются в спектре колец. Атмосфера эта, конечно, очень разрежена — в кубическом сантиметре она содержит всего 600 атомов. Справедливости ради заметим, что некоторые из астрономов предсказывали возможность существования такой атмосферы, но все же для большинства ее открытие выглядело сенсационным.

Свыше трех веков кольца Сатурна считались уникальными. Однако в 1960 г. известный советский астроном С. К. Всехсвятский привел ряд аргументов в пользу того, что и Юпитер должен обладать разреженным кольцом. Он, в частности, обращал внимание на то, что порой на экваторе Юпитера наблюдается темная полоска — тень от гипотетического кольца. В 1979 г. предсказание С. К. Всехсвятского блестяще подтвердилось.

Американские космические аппараты «Вояджер» сфотографировали кольцо Юпитера. Оно, как и у Сатурна, оказалось лежащим в экваториальной плоскости планеты на расстоянии 55 000 км, что составляет примерно $\frac{2}{3}$ радиуса планеты. Ширина кольца 6 000 км, а толщина не превышает 1 км. Частицы, из которых оно состоит, очень темны, и поперечники их не превышают нескольких метров. Большинство же частиц имеют поперечники в несколько сантиметров и менее. Состоят они, по-видимому, из загрязненного льда, а их весьма малая отражательная способность и стала причиной того, что кольцо Юпитера не было открыто с Земли.

С. К. Всехсвятский высказывал убеждение, что все планеты-гиганты должны обладать кольцами. И на самом деле, еще в 1977 г. при покрытии Ураном одной слабой звезды выяснилось, что и у этой планеты есть кольца. Их удалось исследовать с Земли, применяя самую совершенную современную астрономическую аппаратуру.

Различают 9 колец. Им присвоены обозначения β , 5, 4, α , β , γ , η , δ и ϵ . Последнее из них самое внешнее, и радиус его наружной границы близок к 2,2 радиуса Урана. Частицы, составляющие урановы кольца, так же темны, как и у кольца Юпитера, а ширина колец, по-видимому, не остается постоянной. Форма колец Урана заметно отличается от круговой. Они слегка вытянуты, эллиптичны, и это, возможно, приводит к тому, что в некоторых местах кольца Урана очень узки. Скорее всего, их частицы состоят не из льда, а из каких-то темных пород.

Во время полного солнечного затмения 1983 г. японские астрономы при наблюдениях со стратостата обнаружили кольцо... у Солнца! По их предварительным сообщениям оно состоит из пыли и имеет средний радиус, вчетверо превосходящий радиус Солнца. Кольцо сравнительно плотно, хотя масса его составляет лишь несколько миллионов тонн. Солнце нагрет-

ваает эту пыль до 1000°C , а значит, она состоит из тугоплавких пород.

Откуда взялись все эти кольца? Теоретически давно доказано, что если достаточно крупный спутник подойдет к своей планете ближе, чем на 2,4 ее радиуса, он неизбежно будет разорван на части приливными силами этой планеты. Сталкиваясь и дробясь, куски бывшего спутника постепенно измельчаются и в конце концов превратятся в кольцо. Такой вывод, правда, сделан для жидкого спутника, но он остается верным и в случае твердого спутника, если его размеры достаточно велики (порядка сотен километров).

В прошлом веке происхождение колец Сатурна объясняли тем, что какой-то «неосторожный» спутник близко подошел к громадной планете и та разорвала его на части. Теперь склонны объяснять факты иначе. Считается, что внутри предела Роша (так называют зону катастрофических приливных сил) крупный спутник образоваться не может. Поэтому кольца планет считают «недоделанными» спутниками, то есть остатками того околопланетного газопылевого облака, из которого формировались обычные спутники планет. Насколько верно такое объяснение — покажет будущее, но уже сегодня очевидно, что кольцевые образования вовсе не редкость, а скорее характерная деталь нашей планетной системы.

ПЫЛЬ ВОКРУГ ЗВЕЗД

Любой предмет в окружающем нас мире имеет температуру, отличную от абсолютного нуля. По этой причине он излучает в окружающее пространство электромагнитные волны всех длин. Это утверждение верно, разумеется, и для человеческих тел. И мы с вами — излучатели не только тепла, но и радиоволн, и ультрафиолетового излучения и, строго говоря, электромагнитных волн любого диапазона. Правда, интенсивность излучения для различных волн весьма различна, и если, скажем, тепловое излучение нашего тела легко ощутимо, то как радиостанция тело работает очень плохо.

Для обычных, реальных предметов распределение интенсивности излучения в зависимости от длины волны весьма сложно. Поэтому физики вводят понятие идеального излучателя. Им служит так называемое абсолютно черное тело, то есть тело, которое поглощает все падающее на него излучение, а при нагревании излучает во всех диапазонах по так называемому закону Планка (рис. 19). Закон этот, как видно из рисунка, показывает распределение энергии излучения в зависимости от длины волны. Для каждой температуры существует своя кри-

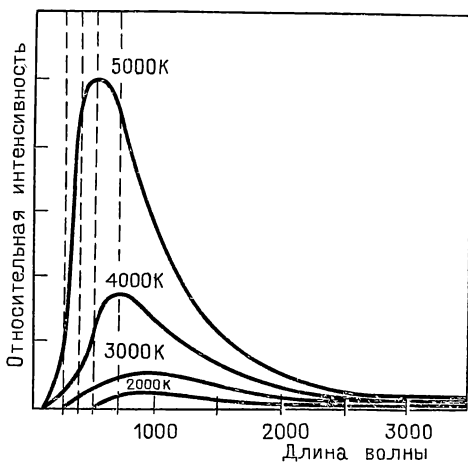


Рис. 19. Кривые закона Планка для разной температуры

вая Планка, и по ней (или по формуле Планка) легко найти, как будет испускать, скажем, радиоволны или рентгеновское излучение данное абсолютно черное тело.

Разумеется, таких тел в природе не существует. Но есть объекты, по характеру излучения очень напоминающие абсолютно черные тела. Как это ни странно, к ним принадлежат звезды, и, в частности, наше Солнце. Распределение энергии в их спектрах напоминает кривую Планка. Если излучение подчиняется закону Планка, оно называется тепловым. Всякое отступление от этого правила заставляет астрономов искать причины таких аномалий.

Все это вступило в противоречие с тем, чтобы читатель понял суть недавнего выдающегося открытия, в значительной мере раскрывающего роль человека во Вселенной.

В январе 1983 г. на околоземную полярную орбиту с высотой 900 км был выведен международный спутник «Ирас». В его создании участвовали специалисты Великобритании, Нидерландов и США. Спутник был снабжен рефлектором с поперечником зеркала 57 см, в фокусе которого помещался приемник инфракрасного излучения. Главная цель, поставленная исследователями, — обзор неба в инфракрасном диапазоне для длин волн от 8 до 120 мкм. В декабре 1983 г. бортовая аппаратура спутника прекратила свою работу, но тем не менее за 11 месяцев был собран колоссальный научный материал, обработка которого займет несколько лет. Однако уже первые результаты привели к поразительным открытиям. Из 200 000 инфракрасных космических источников излучения, зарегистриро-

ванных «Ирасом», прежде всего обратила на себя внимание Вега.

Эта главная звезда в созвездии Лиры является ярчайшей звездой северного полушария неба. Она удалена от нас на 26 световых лет и потому считается близкой звездой. Вега — горячая голубовато-белая звезда с температурой поверхности около 10 000 кельвинов. Для нее легко вычислить и нарисовать соответствующую этой температуре кривую Планка. К удивлению астрономов оказалось, что в инфракрасном диапазоне излучение Веги не подчиняется закону Планка, а почти в 20 раз мощнее, чем положено по этому закону. Источник инфракрасного излучения оказался протяженным, имеющим поперечник 80 а. е., что близко к поперечнику нашей планетной системы (100 а. е.). Температура этого источника близка к 90 К, и излучение от него наблюдается в основном в инфракрасной части спектра.

Специалисты пришли к выводу, что источником излучения служит облако твердой пыли, со всех сторон окутывающее Вегу. Частицы пыли не могут быть очень мелкими — в противном случае они были бы «сдуты» в пространство световым давлением лучей Веги. Немного более крупные частицы также просуществовали бы недолго. На них весьма заметно действовало бы боковое световое давление (эффект Пойнтинга — Робертсона). Тормозя полет частиц, оно заставляло бы частицы по спирали падать на звезду. Значит, пылевая оболочка Веги состоит из частиц, поперечник которых не меньше нескольких миллиметров. Вполне возможно, что спутниками Веги могут быть и гораздо более крупные твердые тела планетного типа.

Вега — звезда молодая. Ее возраст вряд ли превышает 300 миллионов лет, тогда как возраст Солнца оценивается в 5 миллиардов лет. Естественно поэтому предположить, что около Веги открыта молодая планетная система, находящаяся пока в процессе своего формирования.

Вега не единственная звезда, по-видимому, окруженная планетной системой. Вскоре пришло сообщение об открытии пылевого облака вокруг Фомальгаута — главной звезды из созвездия Южной Рыбы. Она почти на 4 световых года ближе Веги и также представляет собой горячую бело-голубую звезду.

За последние годы японские астрономы радиометодами обнаружили газовые диски, окружающие ряд звезд в созвездиях Тельца и Ориона. Их поперечники весьма внушительны — десятки тысяч астрономических единиц. Не исключено, что из внутренних частей этих дисков в будущем сформируются пла-

нетные системы. Рядом с молодой звездой типа Т Тельца американские астрономы недавно нашли точечный инфракрасный источник, очень похожий на зарождающуюся протопланету.

Все эти открытия заставляют оптимистически расценивать распространенность планетных систем во Вселенной. Еще совсем недавно звезды типа Веги и Фомальгаута исключались из числа тех, которые могут иметь такие системы. Они очень горячи, быстро вращаются вокруг оси и, как считалось, не отделили от себя планеты. Но если образование планет не связано с отделением от центральной звезды, ее быстрое вращение не может служить аргументом против наличия у звезды каких-либо планет. В то же время не исключено, что в природе планетные системы в разных ситуациях возникают по-разному. Одно ныне бесспорно — наша планетная система далеко не уникальна во Вселенной.

ЗВЕЗДА СОЛНЦЕ

Люди и все твари земные являются поистине «детьми Солнца».

А. Л. Чижевский

ВСЕ ПОЗНАЕТСЯ В СРАВНЕНИИ

То, что вся наша жизнь прямо и косвенно обусловлена близостью к одной из звезд, давно уже стало азбучной истиной. Эта истина была бы, наверное, еще более очевидной, если бы Солнце сияло на фоне звездного неба так, как это всегда имеет место на Луне. Но подобная картина возможна лишь при отсутствии атмосферы. Поэтому приходится мириться с той видимой, кажущейся, противоположностью между Солнцем и звездами, которой нас обманывает природа, — днем исчезают звезды, ночью не видно Солнца.

Несмотря на весь этот маскарад, современная астрономия вполне осознает, что ослепительно яркое дневное светило является типичным представителем населения космоса. Типичным потому, что основной, наиболее распространенной формой существования материи, по крайней мере в наблюдаемой нами части Вселенной, являются звезды. Разумеется, это обстоятельство повышает наш интерес к Солнцу, который, впрочем, вызван главным образом той исключительно важной ролью, которую играет Солнце в жизни Земли.

Говорят, что все познается в сравнении. Попробуем применить этот метод к Солнцу. Сравнив его с другими звездами, мы сможем затем сделать определенные выводы о качествах Солнца как звезды.

Попробуем воображаемым экспериментом сделать наглядными некоторые истины, которые утаивает от нас природа. Для начала представим себе, как выглядело бы Солнце на звездном небе, если бы мы заменили им некоторые из хорошо знакомых нам звезд.

Украшением зимнего звездного неба является Сириус. Это самая яркая из наблюдаемых нами на небе звезд. Однако видимый блеск звезды еще вовсе не характеризует ее действительную мощность как излучателя света. Прожектор с расстояния в несколько километров может казаться менее ярким, чем

электрический фонарик, который вы держите в руке. Поэтому для характеристики излучательной способности звезд астрономы вычисляют их светимость, т. е. величину, которая показывает, во сколько раз данная звезда излучает света больше (или меньше), чем Солнце. В последующих воображаемых заменах мы и воспользуемся таблицей светимости звезд.

Итак, Сириус подменим Солнцем. Как изменится тогда вид этого участка звездного неба?

При всем уважении к нашей звезде мы должны будем согласиться, что произведенная замена не принадлежит к числу удачных. Зная светимость Сириуса, равную 23 (Сириус излучает в 23 раза больше энергии, чем Солнце), мы без труда можем представить себе ту картину, которая получилась бы... Исчезло блестящее украшение зимнего неба, а на его месте появилась скромная желтоватая звезда 2-й звездной величины, почти такого же блеска, как звезды «пояса Ориона».

Замена Сириуса Солнцем делает зимнее небо менее красивым, хотя наша звезда на новом месте все же выглядела бы достаточно яркой. В других случаях результаты подмены звезд будут гораздо более разительными.

Заменим Солнцем звезду Бетельгейзе — главную из созвездия Ориона. Этим мы резко изменим знакомый блеск этого созвездия. Солнце на месте Бетельгейзе просто не будет видно невооруженным глазом. Светимость Бетельгейзе равна 13 000, а это означает, что с того места, которое занимает в пространстве эта звезда, Солнце будет выглядеть слабо светящейся звездочкой 11-й звездной величины, различимой только в телескоп!

Становится обидно за наше Солнце. Неужели природа так «унизила» Солнечную систему, что в центре ее поместила самую плохонькую, самую тусклую звезду? К счастью для нашего уязвленного самолюбия, дело обстоит не так уж плохо. Можно отыскать на небе звезды, одни из которых как две капли воды похожи на наше Солнце, а другие весьма сильно уступают ему в светимости.

Так, например, если ближайшую к нам звезду Альфа Центавра мы заменим Солнцем, никто и не заметит этой подмены. Обе звезды похожи друг на друга не меньше, чем две одинаковые по мощности электрические лампочки.

Вблизи Альфы Центавра находится звезда Проксима Центавра. Строго говоря, именно она является самой близкой к Земле звездой, так как расстояние до нее от Земли на 2400 астрономических единиц меньше, чем до Альфы Центавра. Если все же Проксиму обычно забывают, то это вызвано лишь одной причиной — крайне низкой ее светимостью. Проксима испускает света в 20 000 раз меньше, чем Солнце. С Земли при

наблюдениях в телескоп она выглядит звездочкой 11-й звездной величины.

Нетрудно сообразить, как выиграло бы в своей красоте южное звездное небо, если бы мы Проксиму заменили Солнцем. Рядом с Альфой Центавра, на расстоянии четырех лунных поперечников от нее, сияла бы вторая такая же яркая звезда. Из всех двойных звезд эта пара была бы, пожалуй, самой эффектной.

Подобным образом мы могли бы приукрасить и северное звездное небо. В созвездии Лебедя под номером 61 значится замечательная пара звезд. В 1838 г. Фридрих Бессель измерил их удаленность от Земли, и это было одним из первых определений реальных масштабов звездного мира. Даже соединив свои усилия, обе звезды дают света в 12 раз меньше, чем наша звезда. Может быть, наблюдая Солнце, жители системы 61 Лебедя (если они есть) мечтают о замене их солнц двумя такими солнцами, как наше. Такая замена выразилась бы в изменении фигуры созвездия Лебедя. Его довольно правильная фигура креста была бы нарушена яркой звездой 2-й величины, при наблюдениях, в телескоп распадающейся на звездную пару.

Если из всех этих подмен вы сделали вывод, что Солнце по своей светимости является заурядной звездой, то можно считать, что примененный нами метод сравнения дал желаемые результаты.

Попробуем теперь представить себе, как изменится окружающая нас природа, если мы наше Солнце заменим какой-нибудь другой звездой. Заранее известно, что результат будет зависеть от выбора звезды. И если, помещая Солнце на место некоторых звезд, мы в сущности лишь незначительно изменяли вид звездного неба, то обратная замена, будь она реальной, могла бы коренным образом изменить природу нашего земного мира.

Итак, что произошло бы, если бы на месте Солнца оказался уже знакомый нам Сириус?

Светимость Сириуса всего в 23 раза превышает светимость Солнца. Но эта разница вполне достаточна для того, чтобы произвести на Земле непоправимую катастрофу. Появившись в центре Солнечной системы, Сириус представлялся бы жителям Земли огромным, нестерпимо ярким голубоватым Солнцем. На поверхности Земли наступила бы такая жара, по сравнению с которой зной Сахары показался бы жестоким морозом. Новое Солнце быстро испепелило бы жизнь на Земле. Более того, за короткий промежуток времени температура земной поверхности возросла бы настолько, что все реки, моря и океаны, включая и ледяные массивы околополярных стран,

быстро выкипели бы, и вся земная поверхность превратилась бы в выжженную Сириусом пустыню. И все эти истребительные действия произвела звезда, по светимости почти сравнимая с Солнцем!

В созвездии Ориона, в его нижнем правом углу, сияет очень яркая голубоватая звезда Ригель, превосходящая своим блеском даже Бетельгейзе. Наше уважение к этой звезде несравненно возрастет, если мы узнаем, что светимость Ригеля в 23 000 раз больше светимости Солнца и в тысячу раз превышает светимость Сириуса. По силе света наше Солнце в сравнении с Ригелем выглядит так же, как крохотный светлячок рядом с мощным прожектором!

Вы, наверное, догадываетесь, к каким гибельным результатам привела бы замена Солнца звездой Ригель. Эта чудовищная по мощности излучения звезда превратила бы Землю в облако раскаленного газа. Наш земной мир исчез бы в лучах Ригеля с такой же легкостью, как мошка, случайно залетевшая в доменную печь!

Теперь допустим другую крайность и заменим Солнце Проксимой Центавра, которая по яркости почти во столько же раз уступает Солнцу, во сколько Солнце — Ригелю.

Каким мрачным стало дневное небо! Вместо ласкающего земную природу света Солнца, одно появление которого пробуждает в живых существах радость жизни, все небо залито теперь тусклым красноватым сиянием Проксимы Центавра. Ее крошечный диск в 14 раз по диаметру меньше Солнца, хотя Проксима освещает земной ландшафт все же в 16 раз ярче полной Луны. Эта плохонькая звездочка не смогла бы поддерживать жизнь на Земле. Холод мирового пространства почти мгновенно сковал бы земной мир. Не только реки, моря и океаны промерзли бы до самого дна, даже земная атмосфера из газообразного состояния перешла бы в жидкое, а затем и вовсе замерзла, окутав земную поверхность сплошным ледяным саваном.

Может быть, сейчас, после этих примеров, нам легче будет осознать, как различны светимости звезд. Ни в одном магазине, где продаются лампы всех типов, вы не найдете такого разнообразия источников света, какое являет нам мир звезд.

СОЛНЦЕ КАК ПЕРЕМЕННАЯ ЗВЕЗДА

Солнце не всегда кажется нам одинаково ярким. В безоблачный день, когда воздух чист и прозрачен, Солнце светит так ярко, что смотреть на него без риска ослепнуть невозможно. Другое дело — в густой туман или сквозь тонкий слой

облаков. Солнце выглядит в этом случае сравнительно тусклым диском, на котором иногда удается разглядеть даже солнечные пятна.

Все это, конечно, проделки атмосферы. У нас есть полная уверенность в том, что за пределами земной атмосферы никакой заметной изменчивости в излучении Солнца нет. Удивительно ровен и постоянен его ослепительный блеск.

Для характеристики солнечного излучения астрономы еще в 1837 г. ввели солнечную постоянную. Так они назвали то количество энергии, которое получает от Солнца за 1 минуту площадка в 1 кв. сантиметр, поставленная перпендикулярно к солнечным лучам на внешней границе земной атмосферы.

Значение солнечной постоянной находят в результате весьма сложных вычислений, в основу которых кладут данные о количестве солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Последняя может быть измерена разными путями, в частности особым прибором, называемым пиргелиометром. Недавно начаты измерения солнечного излучения с ракет, поднимающихся выше 100 км, и с искусственных спутников Земли. Не углубляясь в технику подобных измерений, отметим их результаты. Оказалось (и в этом сейчас нет сомнений), что солнечная постоянная непостоянна. Она непрерывно и очень сложным образом меняется. Правда, масштабы изменений солнечной постоянной невелики, они никогда не превышают одного процента ее значения (которая в среднем равна $1,94 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$).

Заметим, что, зная солнечную постоянную, нетрудно подсчитать общее количество энергии, поступающее от Солнца на Землю. Оно оказывается вполне достаточным для того, чтобы за год растопить слой льда толщиной в 62 м, если бы такой слой покрывал земной шар.

В причудливой кривой изменения солнечной постоянной, похожей на силуэт леса, покрывающего гористую местность, трудно усмотреть какие-нибудь четкие закономерности. Замечаются и кратковременные колебания, и какой-то общий волнообразный ход всей кривой.

Можно спорить о том, насколько точно соответствует действительности эта кривая. Но сам факт изменчивости солнечной постоянной несомненен. А это значит, что Солнце, строго говоря, является переменной звездой.

В современных каталогах переменных звезд можно найти десятки тысяч солнц с очень изменчивым излучением. В одних случаях причиной переменности звезд служит их пульсация, в других — временное помутнение звездных атмосфер. Возможны, конечно, и сочетания этих процессов.

По характеру изменения блеска Солнце наиболее похоже на так называемые полуправильные переменные звезды. Но только амплитуда колебаний блеска Солнца очень мала.

Если бы Солнце очутилось где-нибудь среди ближайших звезд, обнаружить его переменность было бы очень трудно. Можно подсчитать, что если излучение звезды меняется в пределах 1%, то амплитуда изменения ее блеска не превосходит 0,01 звездной величины. Только с помощью самых чувствительных фотоэлектрических фотометров нам удалось бы убедиться в том, что Солнце принадлежит к числу переменных звезд.

На самом же деле, благодаря близости к Солнцу, задача оказалась куда более легкой.

ВРАЩЕНИЕ СОЛНЦА

Еще одной чертой, роднящей Солнце со звездами, является их вращение вокруг оси. У Солнца оно может быть замечено непосредственно. Если, например, вы сегодня увидели солнечное пятно где-нибудь на западном краю солнечного диска, то завтра есть риск, что оно исчезнет: осевое вращение Солнца уведет пятно в невидимое для нас его полушарие.

Вращение звезд обнаружить гораздо сложнее. Диски их неразличимы даже в мощнейшие из телескопов. Тем более невозможно рассмотреть на звездах «звездные» пятна.

Можно, однако, поступить иначе. Представьте себе, что мы смотрим с Земли на вращающуюся звезду (рис. 20). Точки поверхности звезды на ее левом краю приближаются к наблюдателю, а на правом краю, наоборот, удаляются, тогда как, проходя через центральное сечение звезды (ее так называемый центральный меридиан), точки поверхности звезды движутся перпендикулярно к лучу зрения.

Все эти детали наблюдаемой картины может зафиксировать спектрограф. По принципу Доплера, приближающиеся к нам светящиеся точки диска звезды вызовут смещение линий в ее спектре к фиолетовому концу, а удаляющиеся — к красному. Конечно, линии одновременно сместятся в противоположных направлениях не могут. В действительности часть линии сместится к одному концу спектра, часть к другому, в результате чего линия растянется, расширится. Именно по этому расширению и можно узнать, вращаются ли звезды вокруг осей, причем с возрастанием скорости вращения увеличивается и ширина линий в спектре звезды.

Такова идея того метода, который применяют астрономы для изучения вращения звезд.

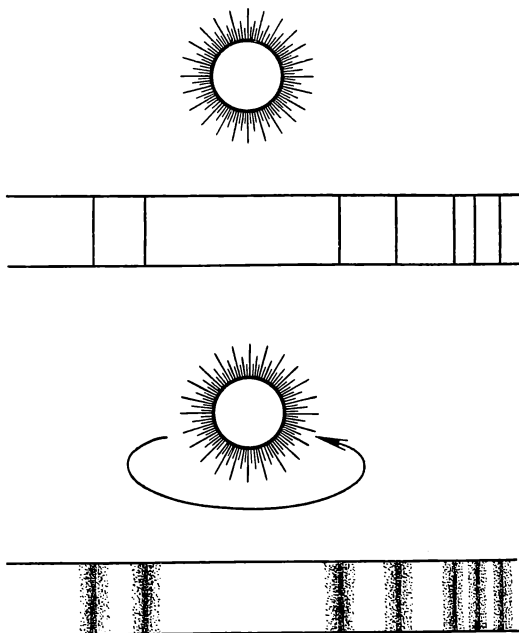


Рис. 20. Спектры неподвижной и вращающейся звезд

А вот результаты. Чем горячее звезда, тем (как правило) быстрее вращается она вокруг своей оси. Например, Спика, самая яркая горячая голубовато-белая звезда из созвездия Девы, вертится так быстро, что точки на ее экваторе несутся со скоростью 250 км/с, т. е. в 200 с лишним раз быстрее пули. Между тем на экваторе желтой, сравнительно холодной звезды — Солнца любая точка обращается со скоростью 2 км/с. У самых холодных, красных звезд осевое вращение происходит так медленно, что заметного расширения линий оно не вызывает.

Вращение деформирует звезду: при большой его скорости звезда сплющивается у полюсов, как Земля или Юпитер. В исключительных случаях она может даже принять форму трехосного эллипсоида, внешне сильно напоминающего дыню. Такова, например, звезда π^5 Ориона. Поворачиваясь к нам разными сторонами, то более широкой, то узкой, она меняет свой видимый блеск.

Что касается Солнца, то оно, по крайней мере для современных астрономов, представляется идеальным шаром — так медленно его вращение.

Хорошо известно, что Солнце вращается не как твердое тело: его экваториальные зоны движутся быстрее околополярных. Каким же хаотичным, необычным должно быть движение различных слоев какой-нибудь горячей звезды, которая не за 27 суток, а за несколько часов успевает обернуться вокруг оси!

Чем быстрее вращается звезда, тем энергичнее «взбалтываются», перемешиваются ее недра. Рассматривая коллекцию звездных «волчков» от самых горячих и быстрых до самых холодных и медлительных, мы приходим к естественному выводу, что вращение звезд каким-то образом связано с их эволюцией.

СРЕДИ САМЫХ РАЗНЫХ ЗВЕЗД

Открылась бездна, звезд полна,
Звездам числа нет, бездне — дно.
М. В. Ломоносов

ТРИ СОСЕДА

Примерно 150 лет назад русскому астроному В. Я. Струве, немецкому ученому Ф. В. Бесселю и английскому астроному Т. Гендерсону удалось измерить расстояния некоторых звезд. Расстояние до Альфы Центавра оказалось наименьшим. Гендерсон вел свои наблюдения на обсерватории мыса Доброй Надежды, так как созвездие Центавра находится в южном полушарии неба и в большей части Европы главная звезда этого созвездия вовсе не видна. Позже результаты измерений Гендерсона уточнялись, но главный их вывод остался неизменным — Альфа Центавра действительно оказалась ближайшей из звезд.

Южное полушарие неба с его яркими звездами издавна привлекало внимание астрономов. Еще очень давно, в 1689 г., французский астроном Ришо обнаружил, что Альфа Центавра — двойная звезда. Две почти одинаковые желтые звездочки различимы в отдельности в самые небольшие телескопы, и по мнению многих наблюдателей эта пара звезд — одна из самых красивых на звездном небе. Знаменитый древнегреческий астроном Евдокс Книдский около 370 г. до н. э. составил древнейшую звездную карту, в которой многие названия созвездий были им заимствованы из бытовавших в ту пору мифов. Среди них мы находим и Кентавра — странное существо, причудливым образом сочетавшее в себе коня и человека.

Древние греки называли кентаврами (или центаврами) кочевой народ, живший в окрестности горы Оссы. Кентавры приручали диких лошадей, были отличными наездниками, и так как они почти всегда ездили верхом, человеческая фантазия постепенно начала их представлять в виде получеловека-полулошадки. Об одном из кентавров по имени Хирон сложилась легенда, что он был астроном и медик, изобрел небесную сферу (древнее астрономическое пособие) и был наставником знаменитого бегуна Ахиллеса. Считалось, что именно кентавра Хирона Евдокс и решил запечатлеть среди 48 древнейших созвездий.

Уже давно выяснилось, что Альфа Центавра не просто двойная, а тройная, то есть, как говорят, кратная звезда. Третий компонент этой системы, получивший название Проксима (т. е. Ближайшая) на небе отстоит от двух главных звезд на $2,2^\circ$, что превышает четыре видимых поперечника Луны. Вот эти три звезды с полным основанием можно назвать нашими соседями. Знакомство с ними покажет, какими могут быть ничем особенно не выделяющиеся звезды.

Луч света от Альфы Центавра доходит до нас за 4,3 года. При современном состоянии космонавтики такое расстояние можно преодолеть не быстрее, чем за 1,1 миллиона лет. Преодолев его, мы окажемся в сообществе двух солнц, главных компонентов системы, мало отличающихся от нашего животворного светила. Компонент А имеет массу, равную 1,08 (в долях массы Солнца). Стало быть, он немного массивнее Солнца, и потому его лучеиспускательная способность также чуть выше солнечной.

Компонент В меньше и холоднее Солнца. По массе он на 12% уступает Солнцу, а температура его поверхности близка к 4500 К. С расстояния в 10 парсек он выглядел бы еле различимой звездочкой 6-й звездной величины, и для наблюдения ее потребовался бы бинокль. Если звезду α Центавра А считать неподвижной, то тогда α Центавра В будет обращаться вокруг нее по вытянутому эллипсу (эксцентриситет 0,52), завершая полный оборот за 80 лет. Среднее расстояние между звездами равно 23 а. е. (т. е. в 23 раза превосходит расстояние Земли от Солнца). Однако при наибольшем сближении расстояние между ними сокращается до 11,2 а. е., а при наибольшем удалении увеличивается до 35,3 а. е.

Американский астроном С. Доул провел любопытное исследование*). Он рассчитал для многих звезд радиусы так называемых экосфер, то есть таких областей, в которых могут существовать планеты, где человек смог бы жить без специальных приспособлений типа скафандров. Так вот для α Центавра А радиус экосферы равен 2,68 а. е., для α Центавра В — 2,34 а. е. По подсчетам Доула существует один шанс против десяти, что около главных компонентов Альфы Центавра могут в принципе существовать землеподобные планеты, на которых человек чувствовал бы себя, как на Земле. Таким образом, даже ближайшая из звезд может в своих окрестностях поддерживать жизнь, похожую на земную.

К сожалению, этого нельзя утверждать о Проксиме Центавра. Будучи к нам несколько ближе, чем главные звезды си-

*) См. Доул С. Планеты для людей. — М.: Наука, 1974.

стемы, она обращается вокруг них за огромный период времени порядка миллиона лет. Проксима Центавра принадлежит к типу красных карликовых звезд. Время от времени она испытывает вспышки типа солнечных, но гораздо большей мощности. Это обстоятельство, а также то, что светимость и температура Проксимы очень малы, исключают возможность существования в ее окрестностях землеподобных планет.

В 1975 г. Проксима дала очередную вспышку. Она оказалась необычно яркой, причем в рентгеновском диапазоне выделилось в десятки раз больше энергии, чем в видимой области спектра. Позже установили, что Проксима является постоянным источником рентгеновского излучения с мощностью $1,5 \cdot 10^{20}$ Вт. Этим источником, по-видимому, служит плазма с температурой 4 млн. градусов. Во время вспышки даже эта трудно представимая температура увеличилась еще в 6 раз. Все это плохо увязывалось с тем фактом, что Проксима вдвое холоднее Солнца и гораздо меньше его по размерам. В то же время Проксима оказалась вдесятеро более мощным источником рентгеновского излучения, чем Солнце в спокойном состоянии. Причина этих странностей до сих пор не выяснена.

Две обычных, очень похожих на Солнце звезды и странный вспыхивающий красный карлик — таковы три соседа, которых мы встречаем на пороге безграничного!

ЗВЕЗДА БАРНАРДА

Еще в 1916 г. известный американский астроном Э. Барнард в созвездии Змееносца открыл удивительную звезду. Внешне она ничем не выделялась — слабосветящийся красный карлик почти 10-й звездной величины. Как мы теперь знаем, эта звездочка по поперечнику в 6 раз меньше Солнца, а ее масса составляет лишь 15% солнечной массы. Но она поразила Барнарда своим необычным собственным движением — за год звезда перемещалась на небе на 10,27 секунды дуги, что значительно превосходило собственные скорости других звезд. За 188 лет звезда Барнарда перемещается на величину поперечника лунного диска и потому не случайно получила наименование «Летящей».

Замечательно, что после Альфы Центавра звезда Барнарда, или «Летящая», — самая близкая к Земле — от нас ее отделяет всего 6 св. лет. В отличие от Альфы Центавра, звезда Барнарда — одиночная и в принципе могла бы обладать обитаемыми планетами, хотя малая светимость звезды (в 2500 раз меньше солнечной) и может быть тому препятствием. Тем не менее она привлекает к себе пристальное внимание многих астрономов.

На протяжении четверти века американский астроном П. ван де Камп весьма тщательно изучил движение звезды Барнарда в пространстве и в конце концов пришел к выводу, что на ее полет влияют своим тяготением три невидимых спутника с массами 1,26, 0,63 и 0,89 (в долях массы Юпитера). Иначе говоря, если верить вычислениям ван де Кампа, звезда Барнарда окружена планетами, массы которых близки к массам планет Солнечной системы. Расстояние невидимых спутников звезды Барнарда от своей центральной звезды соответственно равны 1,8; 2,9 и 4,5 а. е.

В начале 70-х годов нынешнего столетия результат ван де Кампа подвергся сомнению. Однако более поздние и совершенные исследования Летящей звезды подтвердили наличие вокруг нее планетной системы. Правда, в этих новейших работах, выполненных с помощью ЭВМ, говорится о двух спутниках с массами 0,8 и 0,4 массы Юпитера, причем оба спутника имеют почти круговые орбиты, лежащие в одной плоскости. Аналогичные результаты получены и для двух других близких звезд, одна из которых находится в созвездии Эридана.

Эти открытия, наряду с открытием невидимых инфракрасных «колец» вокруг Веги и других звезд, доказывают, что планетные системы весьма распространены во Вселенной. Энтузиазм некоторых ученых оказался столь велик, что в Британском межпланетном обществе в конце 70-х годов был разработан обстоятельный проект зонда «Дедал», который предполагается послать к звезде Барнарда. Приведем некоторые характеристики этого проекта.

Аппарат «Дедал» — двухступенчатый, автоматический. Его общая масса 53 000 т, из которых 50 000 т отводится горючему, 2500 т конструкции и оборудованию и лишь 450 т — полезной нагрузке. Эта последняя включает в себя исследовательскую аппаратуру и 18 субзондов, которые должны исследовать планетную систему звезды Барнарда. Двигатели основного зонда должны работать на термоядерном горючем — гелии-3 и дейтерии. Они разгоняют зонд до скорости 36 000 км/с. Старт предполагается осуществить с орбиты спутника Юпитера, а весь полет до звезды Барнарда займет 50 лет.

За несколько лет до достижения цели основной зонд отделит субзонды, которые должны полететь к планетам звезды Барнарда и исследовать их. Основной же зонд пролетит мимо звезды на огромной скорости. Всю информацию о планетной системе Летящей звезды мы получим с помощью радиоволн от исследовательских субзондов. Вполне естественно, что стоимость этого циклопического проекта огромна и близка к триллиону (10^{12}) долларов!

Реальна ли эта затея? Ответить на подобные вопросы трудно. Возможно, что в XXI веке таким способом и будут изучены некоторые из ближайших звезд. Характерно другое — проект «Дедал» не требует какой-то принципиально новой техники. Значит, современному человечеству по плечу беспилотные полеты к ближайшим звездам.

ЗВЕЗДЫ-РЕКОРДСМЕНЫ

Крайности всегда привлекают наше внимание. В мире звезд они нередко отмечают те пределы возможного, с которыми приходится считаться даже природе. На их примере легче осознаются закономерности объективного мира.

Те необыкновенные звезды, о которых пойдет рассказ, могут считаться в известном смысле рекордсменами. Они по тем или иным характеристикам (размерам, температуре, светимости и т. п.) являются крайностями среди известных звезд. Правда, почти каждую из них ожидает обычная участь рекордсмена: рано или поздно приходится уступать первенство объекту с еще большими крайностями.

Но в отличие от спортивных рекордов, которые могут несколько раз побиваться одним и тем же рекордсменом, рекорды в мире звезд определяются уровнем наших знаний. С открытием нового рекордсмена прежний рекордсмен навсегда уступает ему пальму первенства.

Итак, познакомьтесь с первым рекордсменом — самой большой из известных нам звезд (рис. 21). Эта звезда принадлежит к числу так называемых двойных звезд. Иначе говоря, она «предпочитает» странствовать не в одиночку, а вдвоем. Рядом с ней, на расстоянии, почти в 8 раз превышающем расстояние от Земли до Солнца, несется в пространстве вторая звезда. Обе звезды, кружась, как в вальсе, вокруг общего центра масс, одновременно вместе с другими звездами движутся вокруг центра нашей звездной системы — Галактики.

Описываемые звезды с Земли мы наблюдаем как одну звезду 3-й величины в созвездии Возничего. Поверхность меньшей из них имеет температуру 6300 К. Она в 190 раз по диаметру превышает Солнце, и потому неудивительно, что только сорок тысяч солнц могли бы излучать такое же количество света, как эта звезда. Астрономы обозначают ее греческой буквой «эпсилон» (ϵ), и потому в дальнейшем мы будем указанную пару звезд обозначать символами «Эпсилон А» (горячую, меньшую звезду) и «Эпсилон В» (ее исполинского соседа).

Как ни внушительны размеры Эпсилон А из созвездия Возничего, но они бледнеют в сравнении с величайшей из из-

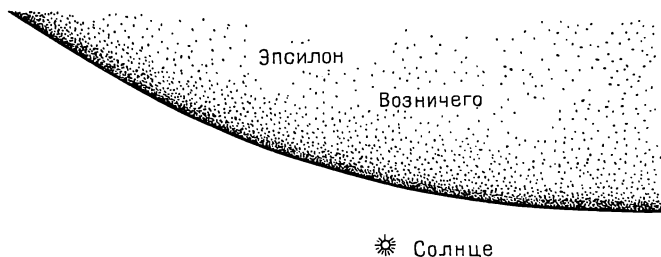


Рис. 21. Крупнейшая из известных звезд

вестных звезд — Эпсилон В. Диаметр этого исполина в 2700 раз превышает поперечник Солнца. Может быть, отношение их размеров станет более ощутимым, если мы скажем, что в сравнении с Солнцем Эпсилон В выглядит так же, как огромный шар диаметром около трех метров рядом с булавочной головкой!

Если бы величайшую из звезд можно было поместить в центр Солнечной системы, то внутри нее (кроме Урана, Нептуна и Плутона) оказались бы все остальные планеты. На реактивном самолете облететь экватор этой звезды нам удалось бы только за несколько тысяч лет!

При всей своей необъятности величайшая из звезд всего в 25 раз массивнее Солнца. Нетрудно подсчитать, что средняя плотность ее вещества в миллиарды раз меньше плотности воздуха, которым вы сейчас дышите. Эпсилон В является сравнительно очень холодной звездой. Температура ее поверхности близка к 1300 К, что для Земли весьма «горячо», а для звезды холодновато.

В отличие от своего горячего соседа, который прекрасно виден невооруженным глазом, Эпсилон В нельзя увидеть даже в телескоп. Она испускает главным образом невидимое инфракрасное излучение, которое человеческий глаз не воспринимает. Много ухищрений применили астрономы, чтобы разгадать все секреты этой удивительной звезды. Им помогла специальная аппаратура, восполняющая недостатки нашего зрения. И в итоге в коллекции необыкновенных, уникальных объектов космоса звезда Эпсилон В Возничего заняла одно из первых мест.

А теперь от одной крайности перейдем к другой. Перед нами — одна из самых маленьких звезд. Ее поперечник почти втрое меньше земного, и по размерам она мало отличается от Луны. Но как велико различие в физической природе этих тел! Луна — скованный холодом мирового пространства безжизненный темный шар, масса которого так мала, что больше, чем на роль спутника Земли, Луна и претендовать не может. Звез-

да-карлик, несмотря на размеры, обладает всеми качествами обычной звезды. Она даже горячее Солнца — температура на ее поверхности близка к 10 000 К.

Может быть, кто-нибудь из читателей подумает, что было бы неплохо заменить Луну этой звездой — как хорошо иметь по соседству второе Солнце! Но, к счастью, такой эксперимент возможен лишь в воображении. Совершись он в действительности — и наша легкомысленная подмена привела бы, вероятно, к непоправимой катастрофе. Карликовая звезда хотя и мала, но вещества в ней почти столько же, как и в Солнце, т. е. ее масса в сотни тысяч раз больше массы земного шара. Поэтому не звезда-карлик станет кружиться вокруг Земли, а, наоборот, Земля поспешит превратиться в услужливого спутника нового властелина. Карликовая звезда заставила бы обращаться вокруг себя не только Землю, но и все другие планеты, если бы в этом ей не препятствовало Солнце.

Единоборство между двумя звездами — Солнцем и «карликом» — было бы плачевным для Солнечной системы. Ее стройность нарушится. Как уже говорилось, под влиянием совместного притяжения двух солнц планеты приобрели бы такие сложные, замысловатые орбиты, при которых их поверхности будут подвергаться то испепеляющему жару, то ледяному холоду. Вряд ли при всех этих катаклизмах на Земле мог бы сохраниться органический мир.

Звезда-карлик, способная на такие проделки, в каталоге астронома Вольфа обозначена номером 457. По диаметру она уступает звезде Эпсилон В Возничего в 800 000 раз!

А совсем недавно была открыта еще меньшая звезда, вошедшая в звездные каталоги под обозначением LP 768.500. Этот карлик звездного мира имеет поперечник, в 10 раз меньший земного. Мельчайшая пылинка в здании Московского университета и само это здание иллюстрируют то соотношение размеров, которое существует между самой большой и самой маленькой из звезд. Плотность же наименьшей из известных звезд столь велика, что наперсток, наполненный ее веществом, имел бы на Земле массу в тысячу тонн!

Перебирая звезды разной массы, мы вынуждены признать, что в этом отношении звезды сравнительно однообразны. Самая легкая из звезд примерно в 20 раз легче Солнца, самая тяжелая — раз в 80 тяжелее его.

Назвать какого-нибудь конкретного рекордсмена в области масс не всегда легко. Современные методы определения масс одиночных звезд (а среди них и встречаются самые «тяжелые»), к сожалению, недостаточно точны для уверенного определения самой массивной звезды. Неточность результатов позволяет

говорить скорее только о «командном» рекорде, принадлежащем сразу группе звезд.

Не менее трудно указать самую «легкую» из звезд. Возможно, что ее следует искать среди невидимых спутников некоторых звезд. Притягивая наблюдаемые нами звезды и влияя на их движение, они тем самым обнаруживают свое существование. Чем массивнее спутник, тем заметнее изменяет он наблюдаемую нами траекторию звезды. Среди невидимых спутников звезд, вероятно, есть не только планеты, но и крайне слабосветящиеся солнца. Масса некоторых из этих «легчайших» солнц, возможно, в несколько десятков раз меньше массы нашего Солнца.

Если одно и то же количество вещества распределяется в разных объемах, то и средние плотности должны при этом получаться различными. Мы убедились, что при колоссальных различиях в размерах звезды по массе более или менее сходны друг с другом. Вполне естественно ожидать, что крайности в плотностях звезд будут весьма значительными.

Так оно и есть. Самая большая из звезд является одновременно и наименее плотной. Зато горячие карликовые звезды типа звезды «Вольф 457» способны удивить нас своей необычной плотностью.

Массы звезд тесно связаны с их светимостью. Чем массивнее звезда, тем больше вещества она содержит и тем ярче светит. Самые массивные звезды являются одновременно и самыми яркими.

Назовем одну из самых ярких звезд. Это Дзета (ζ) Скорпиона, имеющая видимый блеск 3-й звездной величины. Отыскав на небе Дзету Скорпиона, не сразу поверишь, что светимость ее на самом деле исключительно велика. Но только сотни тысяч солнц смогли бы сравниться по светимости с этой действительно ослепительной звездой.

И наряду с этим Проксима Центавра являет собой другую крайность. Проксима — одна из самых «тусклых» звезд. Есть, однако, звезда, которая светит еще слабее, чем Проксима Центавра. Ее светимость составляет 0,000031 светимости Солнца. Заменяв ею Солнце, мы бы день превратили в ночь: звезда «Лаланд 212558В» (таково ее обозначение) освещала бы Землю слабее полной Луны!

Наш обзор звезд-рекордсменов был бы неполным, если бы мы не указали на самую горячую и самую холодную из звезд. Здесь, как и для масс, целесообразнее говорить о групповом, «командном» рекорде.

Самые горячие из звезд находятся в центрах так называемых планетарных газовых туманностей, являясь как бы их

сердцевиной. Поверхности таких звезд имеют температуру от 50 до 100 тысяч кельвинов! Среди наиболее холодных звезд известна хорошо изученная звезда Хи (χ) Лебеда, температура поверхности которой равна 1600 К.

Опять уместно вспомнить звезду Эпсилон В Возничего, которая является одновременно самой большой, самой разреженной и, по-видимому, самой холодной из известных звезд. Обладание тремя рекордами заставляет нас признать эту звезду одним из самых замечательных объектов звездного мира.

КАКИМИ НЕ МОГУТ БЫТЬ ЗВЕЗДЫ?

Как ни разнообразны звезды по своим физическим характеристикам, все же и для них есть границы возможного. Не всякая звезда, какую способна создать человеческая фантазия, могла бы реально существовать. Звездами могут быть космические тела, обладающие только такой массой, которая заключена в определенных пределах.

Если масса небесного тела не превышает 0,02 массы Солнца, оно не может стать самосветящимся. При большей массе тела давление и температура в недрах достигают такой величины, при которой ядерная энергия начинает выделяться из вещества почти с такой же легкостью, как пар из кипящей воды.

Отсюда можно сделать вывод, что звезд с массой, равной, например, массе Земли или даже массе Юпитера, существовать не может. Из таких рассуждений и устанавливается нижний предел для возможных масс звезд.

Самые «легкие» из звезд, по-видимому, можно встретить среди так называемых невидимых спутников звезд.

В настоящее время насчитывается несколько десятков звезд, полет которых в пространстве совершается по слегка извилистой, волнообразной кривой. Объяснить столь сложный характер движения можно только тем, что рядом со звездой движется невидимый спутник (или спутники), притяжение которого отклоняет звезду от прямолинейного пути. Точнее говоря, наблюдаемая нами волнообразная траектория полета звезды есть результат сложения двух движений, в которых она одновременно участвует, — движения вокруг центра Галактики и обращения вместе со своим невидимым спутником вокруг общего центра масс.

По характеру траектории звезды можно вычислить массу и орбиту ее невидимого спутника. Интересные результаты в этом отношении получены для звезды 61 Лебеда, той самой, до которой еще в 1838 г. Бессель определил расстояние, близкое к 11 световым годам.

Звезда 61 Лебеда — двойная. Иначе говоря, она представляет собой систему из двух солнц, оранжевого и красного цвета, из которых вторая, красная звезда по блеску вдвое уступает первой. Движение в пространстве обеих звезд явно указывает на существование в этой системе еще третьего компонента. Определением его массы и орбиты занимались несколько астрономов, в том числе пулковский астроном А. Н. Дейч. Оказалось, что невидимый спутник в системе 61 Лебеда обращается вокруг одной из звезд по весьма вытянутой эллиптической орбите с периодом около 5 лет на среднем расстоянии, в 3 раза превышающем расстояние от Земли до Солнца. Считать это невидимое небесное тело планетой нельзя. Его масса составляет 0,024 массы Солнца, т. е. она больше той минимальной массы, при которой тело неизбежно становится звездой. Поэтому можно быть уверенным в том, что система 61 Лебеда состоит из трех звезд, причем третий, невидимый ее компонент есть одна из наименее массивных звезд.

Светимость звезды, как уже говорилось, тесно связана с ее массой. Чем больше вещества заключено в звезде, тем более ярко она светит. Отсюда становится понятно, почему третий компонент системы 61 Лебеда остается пока невидимым. Эта звезда содержит так мало вещества, что ее весьма слабое излучение не может быть обнаружено с помощью современных телескопов.

Природа ограничивает звезды и со стороны очень больших масс. Чтобы понять, чем вызвано это ограничение, попробуем представить себе обстановку в недрах какой-нибудь звезды.

Всякая обычная звезда — это чрезвычайно раскаленный газовый шар. В каждой точке звезды действуют три силы. Во-первых, сила тяжести, влекущая частицу звезды к ее центру. Во-вторых, давление газа, который, стремясь расшириться, выталкивает ту же частицу в обратном направлении, к поверхности звезды. И, наконец, в-третьих, давление света, пробивающееся из недр звезды наружу и потому присоединяющее свои усилия к давлению газа.

В каждой точке звезды борьба трех сил оканчивается, в сущности, ничем. Все они уравниваются, и поэтому звезда представляет собой устойчивое образование. Решительное преобладание какой-либо из трех сил над остальными оказалось бы для звезды катастрофическим. Если бы, например, давление света или газа внезапно резко возросло, распираемая изнутри звезда «развалилась бы» на части. Перестань звезда излучать свет или потеряй внезапно газ свою упругость — звезда сильно сжалась бы, перейдя в иное, «незвездное» состояние.

На самом деле в наблюдаемых нами звездах господствуют устойчивость и равновесие. Но так может быть не всегда. С возрастанием массы звезды увеличивается ее светимость, т. е. количество света, излучаемое недрами звезды. При очень большой массе, например в тысячи раз превышающей массу Солнца, равновесие трех сил непременно нарушится. Световое давление станет настолько мощным, что оно изнутри подорвет устойчивость звезды.

Среди известных звезд самой массивной считается звезда Пласкетта. Она двойная, причем период обращения в этой системе близок к 14 суткам. Определить массу звезды можно, если известно отношение ускорения одного компонента системы по отношению к другому, который предполагается неподвижным. В системе звезды Пласкетта оба компонента примерно одинаково массивны, и в этом своем качестве они превосходят Солнце в 50–60 раз.

Вопрос о существовании «сверхзвезд», то есть звездобразных объектов, масса которых может превосходить солнечную в миллионы и даже миллиарды раз, пока остается открытым.

ИХ БУРНАЯ МОЛОДОСТЬ

Прежде чем вступить на путь спокойного развития, звезды переживают бурную молодость. Противоборство сил, определяющих структуру звезды, проходит с переменным успехом. Еще не найден компромисс, на котором можно было бы остановиться и успокоиться. Взрывообразные процессы будоражат звезду, и земной наблюдатель даже с межзвездных расстояний замечает, что со звездой творится что-то неладное.

В 1948 г. одна из красных, холодных, карликовых звезд из созвездия Кита привлекла внимание астрономов. Время от времени она вспыхивает, причем иногда светимость звезды возрастает в 100 раз. Обычно средний интервал между вспышками близок к 30 часам. Разгораясь в течение нескольких секунд, звезда затем на протяжении немногих минут возвращается в прежнее состояние. Вместе с видимым излучением синхронно увеличивается и поток радиоволн, посылаемых в пространство звездой.

Такие сверхбыстрые изменения в мире звезд казались поначалу уникальными — ведь на протяжении веков звездное небо считалось образцом стабильности и спокойствия. Необычную звезду обозначили буквами UV и стали тщательно изучать.

Она близка к Земле — нас разделяет всего $8\frac{1}{2}$ световых лет.

Звезда UV Кита — двойная, но вспыхивает лишь один из компонентов этой системы. Вслед за UV Кита вскоре открыли еще около восьми десятков подобных «вспышечных» звезд. Общее же их количество в нашей звездной системе должно быть очень большим, но из-за малой светимости этих красных карликов наблюдать их трудно.

Вспышки звезд типа UV Кита имеют ту же природу, что и хромосферные вспышки на Солнце, но только масштаб звездных вспышек несравнимо больше. Судя по спектру вспышечных звезд, извержения раскаленных газов с их поверхности в атмосферу происходят постоянно, однако в период вспышки они усиливаются во много раз. По-видимому, вспышечные звезды обладают мощными коронами, и очень может быть, что их активность, как и у Солнца, подчинена определенным ритмам. У некоторых из звезд вспышки длятся не минуты, а десятки минут и более. На небе известны участки, где вспышечных звезд особенно много. К таким неустойчивым молодым звездам относятся, например, те, которые входят в хорошо известное звездное скопление Плеяды.

Зимой в ясные морозные ночи высоко в небе в созвездии Тельца сияет крошечная группа звезд. В русских деревнях их называют Стожарами, а среди астрономов они известны под названием Плеяд.

Плеяды были описаны еще древними китайскими астрономами свыше четырех тысяч лет тому назад. Во времена Евдокса и Эратосфена (III в. до н. э.) их считали отдельным созвездием. Древние греки, склонные связывать со звездами мифологические истории, полагали, что звезды Плеяд олицетворяют собой дочерей могущественного мифического героя Атласа.

Тот, кто хотя бы однажды наблюдал Плеяды, согласится, что на небе эта плотная кучка слабо светящихся звездочек занимает очень мало места, во всяком случае гораздо меньше, чем полная Луна. На самом деле зрение нас обманывает. Когда Луна, передвигаясь на фоне звезд, оказывается вблизи Плеяд, обман становится очевидным. Полная Луна гораздо меньше Плеяд. Она не в состоянии закрыть даже половину этого звездного скопления. Наши представления о видимых размерах лунного диска терпят полный крах.

Все становится, разумеется, ясным, если измерить с помощью особых микрометров диаметр Луны и наибольший поперечник Плеяд. Первый оказывается в два с лишним раза меньше второго! В среднем диаметр Луны виден с Земли под углом, близким к 0,5 градуса. Почти под таким же углом вы видите букву «О» в печатном тексте этой страницы (книгу нуж-

но для этого держать на расстоянии 25 см). Не правда ли, Луна на небе кажется нам несравненно большей?

При изучении фотографий Плеяд оказалось, что почти каждая из слабых звезд этого скопления принадлежит к типу вспышечных звезд. В 1982 г. установлено, что очень многие из звезд Плеяд периодически меняют свой блеск с амплитудой около 0,01 звездной величины и периодами менее суток. Естественно думать, что эти колебания блеска вызваны вращением звезд, при котором к Земле поворачиваются то светлое, то темное полушария. Темным же полушарием будет то, где возникают пятна, подобные солнечным, но более обширные и постоянные.

У Солнца наиболее устойчивые группы пятен сохраняются несколько оборотов. В Плеядах кривые блеска переменных звезд сохраняются неизменными в течение многих сотен их оборотов. В то же время магнитные поля звезд также остаются постоянными, что вряд ли наблюдалось, если бы причиной колебания блеска на самом деле были «звездные пятна». Более вероятно, что очень быстрое вращение звезд Плеяд заставило их принять сплюснутую, а может быть, даже грушевидную форму, при которой площадь видимой земным наблюдателем поверхности звезды будет все время меняться. В общем, загадки Плеяд пока не решены.

В том, что у молодых звезд должны образовываться огромные устойчивые пятна, убеждают нас (независимо от Плеяд) наблюдения других переменных звезд типа звезды Т Тельца и им подобных. Можно думать, что теперешняя солнечная активность есть слабый пережиток той бурной пятнообразовательной деятельности, которая была присуща молодому Солнцу.

Колебания блеска молодых звезд иногда настолько странны, что пока астрономы не находят им объяснения. Так, в 1936 г. слабенькая звездочка 16-й звездной величины за несколько месяцев плавно увеличила свой блеск в 150 раз и с тех пор осталась неизменной, постоянной звездой 10-й звездной величины. Эта звезда, получившая название FU Ориона, при своей вспышке осветила находящуюся вблизи газопылевую туманность, которую до 1936 г. никто не видел.

За полвека открыто только еще два фуора — так теперь называют звезды, похожие на FU Ориона. Известный советский исследователь переменных звезд В. П. Цесевич еще в 1925 г. обратил внимание на звезду CQ Тельца, которая до этого года была звездой 9-й величины, а потом плавно ослабела на две звездных величины, да такой и осталась до сих пор. Естественно, что эту странную звезду называли антифуором. Другие антифуоры пока неизвестны.

Мы еще далеки от понимания всех процессов, сопровождающих молодость звезды. Одно несомненно — прежде чем приобрести стабильность, характерную для зрелых звезд типа Солнца, звезды неизбежно переживают стадию беспокойной, а иногда и бурной молодости.

В РОЛИ ВАМПИРОВ

В звездные каталоги занесены десятки тысяч двойных звезд. Судя по всему, двойные, тройные и вообще кратные звезды — весьма частое явление во Вселенной, и наша одиночная звезда Солнце скорее исключение, нежели правило. Компоненты в двойных звездных системах обращаются вокруг общего центра тяжести на самых различных удалениях друг от друга. Но особенно интересен случай тесных двойных систем, когда расстояния между компонентами сравнимы с их размерами.

Представим себе систему Земля — Луна (рис. 22). На рисунке отмечены пять точек Лагранжа L_1 , L_2 , L_3 , L_4 и L_5 . Так в небесной механике называются точки, в которых третье тело (если бы оно туда попало) находилось бы в равновесии. Заметим, что в точках L_1 , L_2 , L_3 это равновесие было бы неустойчивым и любое бесконечно малое воздействие на третье тело нарушило бы его. Наоборот, в точках L_4 и L_5 равновесие устойчиво. Здесь требуются сравнительно значительные силы, чтобы заставить третье тело покинуть систему.

В системе двойной звезды есть аналогичные точки либрации, и там постоянно идет «игра» гравитационных и центробежных сил, вызванных орбитальным движением звезд. В этой «игре» точка L_1 отмечает место неустойчивого равновесия.

Здесь все силы уравниваются, и любое тело, помещенное в точку L_1 без всяких внешних воздействий, теоретически

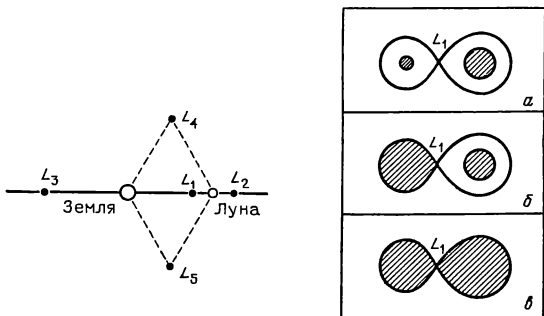


Рис. 22. Точки либрации в системе Земля—Луна и тесные системы двойных звезд

находилось бы там как угодно долго. Но на рисунке изображены еще три кривые, напоминающие лежащие восьмерки. Это показанные в разрезе три из бесчисленного множества особых так называемых эквипотенциальных поверхностей, на которых любая частица может двигаться без затраты энергии. Так происходит потому, что во всех точках эквипотенциальной поверхности потенциал действующего поля одинаков.

Если бы звезда была одиночной, эквипотенциальными поверхностями были бы концентрические сферы, центры которых совпадают с центром звезды. В тесной двойной системе эти поверхности принимают грушевидную форму (на рисунке вы видите их сечения плоскостью чертежа). Те две замкнутые области, которые соприкасаются в точке L_1 , называются полостями Роша. Любая частица, скользя по одной из них, через точку L_1 без всяких затруднений может перейти из одной полости Роша в другую.

Астрономы различают три случая, изображенных на рис. 22. В случае *a* компоненты двойной звезды по своим размерам не заполняют своих полостей Роша, и потому такая система называется разделенной. Может случиться и так, что одна из звезд заполнила целиком свою полость Роша, и такую пару звезд (*б*) называют полуразделенной.

Встречается вариант, когда обе звезды разрослись до границ своих полостей Роша, приобрели грушевидную форму и коснулись друг друга в точке L_1 (*в*). Тогда говорят о контактной системе двойной звезды.

На чертеже все это выглядит сухо, схематично. В реальном мире каждому случаю соответствуют свои сложные, подчас весьма бурные процессы. Самая спокойная обстановка наблюдается в разделенных системах. Тут взаимодействие звезд осуществляется главным образом через их поля тяготения. Иную картину мы наблюдаем в полуразделенных двойных системах.

В созвездии Лиры давно известна сравнительно яркая двойная звезда, обозначенная греческой буквой бета (β). Обе звезды близки друг к другу настолько, что приняли форму дынь, или, точнее говоря, трехосных эллипсоидов (рис. 23). Большая из звезд — голубой гигант с температурой поверхности 15000 К. Он заполнил до предела свою полость Роша, и потому по ее поверхности к меньшей и вдвое более холодной звезде через точку L_1 постоянно перетекают потоки газов. Скорость их весьма велика — от 80 до 360 километров в секунду. Обогнув звезду-спутник, газовые потоки образуют вокруг системы огромное газовое кольцо. По ряду причин оно постепенно рассеивается в межзвездное пространство, в результате чего система Беты Лиры непрерывно теряет свою массу. Компоненты мед-

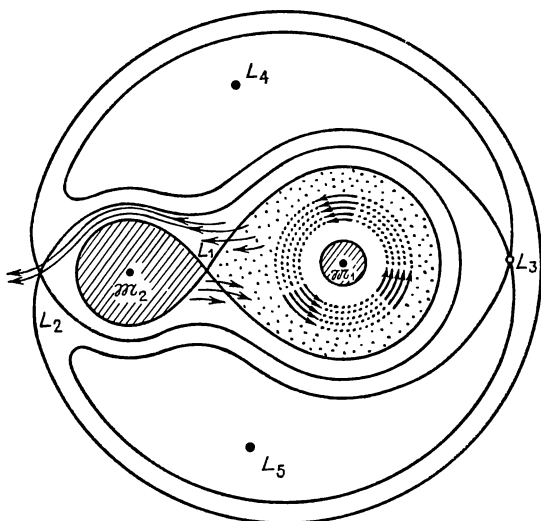


Рис. 23. Система двойной звезды Беты Леры

ленно отходят друг от друга, и их периоды обращения вокруг общего центра тяжести увеличиваются на 19 секунд за год.

Бывает и так, что вместо газового кольца в полуразделенных двойных системах возникает плоский газовый диск. Из-за внутреннего трения он разогревается, теряет энергию на излучение, и вещество диска падает на поверхность звезды-спутника. Тогда этот спутник превращается в своеобразного вампира, «сосущего» вещество главной звезды. Складывается любопытная ситуация, внешне напоминающая своеобразное противоборство звезд.

У многих двойных звезд один из компонентов принадлежит к гигантским звездам, а другой к типу звезд, сходных с Солнцем. В ходе эволюции звезды-гиганта по мере «выгорания» водорода в ее недрах ядро звезды сжимается, а внешние оболочки распухают. Звезда заполняет свою полость Роша, и ее вещество начинает интенсивно перетекать к звезде-спутнику. Спутник растет, пухнет за счет главной звезды, которая постепенно «худеет», но продолжает светить достаточно ярко, так как внешние слои звезды, содержащие повышенное количество гелия, становятся все более и более прозрачными. Наконец роли меняются. Звезда-вампир, «насосавшись» веществом своей соседки, становится главной в системе и распухает до пределов своей полости Роша. Теперь реванш берет вторая звезда и обмен массами повторяется, но в обратном порядке.

Так может повторяться много раз с интервалами в десятки и сотни тысяч лет, пока неизбежные потери вещества и другие причины не приведут к тому, что звезды, наконец, успокоятся внутри своих полостей Роша.

Обмен массами может объяснить такое давно известное явление, как вспышки новых звезд. Установлено, что это звезды двойные, причем одним из компонентов является белый карлик — горячая сверхплотная звезда, по размерам сравнимая с Землей. При падении на поверхность белого карлика вещества (главным образом водорода) от главной звезды происходит его накопление, сжатие и разогрев. Когда накопится масса, примерно в тысячу раз уступающая массе Солнца, в веществе начинаются термоядерные реакции и происходит сильнейший термоядерный взрыв, при котором внешние оболочки звезды срываются ударной волной. Такие взрывы, наблюдаемые с Земли как вспышки новых звезд, могут повторяться неоднократно.

Бывают случаи, что один из компонентов в тесной двойной системе принадлежит к классу нейтронных звезд. Так астрономы именуют очень маленькие (поперечник порядка 10 км) сверхплотные звезды, вещество которых имеет плотность 10^{14} г/см³, сравнимую с плотностью атомных ядер, а масса сравнима с массой Солнца. Так как тяготение нейтронной звезды в ближайших ее окрестностях очень велико, потоки газа, которые она засасывает, разгоняются до невообразимо огромных скоростей в 100 000 км/с. При падении одного грамма вещества на поверхность нейтронной звезды выделяется энергия в 10^{13} Дж. Эта энергия выделяется главным образом в форме рентгеновского излучения, и потому подобные двойные системы становятся мощными «рентгеновскими звездами». Одной из подобных звезд является двойная система, обозначаемая Центавр Х-3. Расшифровывается это так: источник рентгеновского излучения находится в созвездии Центавра, по порядку открытия он третий, а буква Х напоминает о тех «ИКС-лучах», которые когда-то открыл Рентген. Один из компонентов этой системы — звезда-гигант, радиус которой более чем в 7 раз превосходит радиус Солнца, а масса в 15 раз больше солнечной. Второй же компонент — типичная нейтронная звезда — по массе сравнима с Солнцем.

Теперь — о так называемых черных дырах. Хотя существование черных дыр было предсказано еще в 1796 г. Лапласом, особенно популярными эти пока гипотетические объекты стали в последние десятилетия*). Суть дела сравнительно проста.

*) См. Николсон И. Н. Тяготение, черные дыры и Вселенная. — М.: Мир, 1983; Новиков И. Д. Черные дыры и Вселенная. — М.: Молодая гвардия, 1985.

Как известно, существует понятие второй космической скорости. Так называют ту скорость (11,2 км/с), которую должен приобрести космический летательный аппарат, чтобы отправиться с поверхности Земли в межпланетное путешествие. Представьте себе теперь, что радиус Земли уменьшается, а ее масса остается неизменной. Тогда отлет в космос по мере уменьшения Земли становится все труднее и труднее — ускорение силы тяжести на Земле и соответственно вторая космическая скорость монотонно растут. Когда, наконец, радиус Земли станет равным 0,44 см и таким образом земной шар уменьшится до размеров вишни, вторая космическая скорость станет равной ... скорости света, то есть 300 000 км/с! Это означает, что не только космонавты, но и что угодно, в том числе и свет, не сможет «оторваться» от поверхности Земли. Ее радиус в этот момент называется гравитационным радиусом Земли. Для разных тел он различен. Для Солнца, например, он равен 3 км. Если Солнце приобретет такой радиус или меньший, оно перестанет излучать и превратится в то, что физики называют черной дырой.

Так вот представьте теперь, что одним из компонентов тесной двойной системы является черная дыра, то есть бывшая звезда, по каким-то причинам «ушедшая под гравитационный радиус», или, иначе говоря, ставшая такой маленькой, что вторая космическая скорость на ее поверхности сравнялась со скоростью света. Черная дыра невидима, но масса у нее осталась прежней, и потому она будет засасывать вещество звезды-спутника. Расчеты показывают, что черные дыры — самые прожорливые вампиры. Разогрев газового диска вокруг черной дыры столь велик, что температура газов достигает десятков миллионов кельвинов. При этом черная дыра, а точнее, газовый диск вокруг нее, становится источником мощнейшего рентгеновского излучения.

Достоверного открытия черных дыр пока не произошло. Но кандидатов в эти экзотические объекты немало. Среди них самым вероятным считается источник Лебедь X-1. Это двойная звезда с периодом обращения 6 суток. Главный компонент — горячая звезда-гигант с массой, в 20 раз превышающей солнечную. Спутник невидим, хотя его масса вдесятеро превосходит массу Солнца. Именно он скорее всего и есть черная дыра, потому что масса белых карликов не превосходит 1,5 массы Солнца, а масса нейтронных звезд самое большое втрое больше солнечной. Так что, судя по всему, в созвездии Лебедя есть черная дыра. Общее же количество черных дыр во Вселенной должно быть очень большим. В одной нашей звездной системе Галактике их может быть сотни миллионов.

Мы познакомились с обменом масс между звездами, с засасыванием вещества одной звездой за счет ее соседа. Этот процесс называется аккрецией, и с его помощью удастся объяснить многие космические явления, раньше казавшиеся загадочными.

ЗАГАДКИ БАРСТЕРОВ

Прогресс астрофизики рождает новые термины, и это вполне естественно для всех наук. Неизвестные ранее явления требуют для себя какого-то наименования. Слово «барстеры» появилось так.

В 1962 г. в созвездии Скорпиона был открыт первый рентгеновский источник, находящийся далеко за пределами Солнечной системы. Его обозначили Скорпион X-1. Пять лет спустя выяснилось, что кроме спокойного рентгеновского излучения Скорпион X-1 дает иногда вспышки, продолжающиеся всего несколько минут. Еще спустя три года количество открытых космических источников рентгеновского излучения возросло до 200. Их отличительной чертой оказалась переменность излучения, причем у некоторых источников эти перемены весьма быстрые. Так, скажем, яркий источник Лебедь X-1 заметно меняет интенсивность излучения за время, меньшее тысячной доли секунды! Такие вспыхивающие (в рентгеновском диапазоне!) источники и были названы барстерами, что в вольном переводе с английского как раз и означает «вспышечники».

Кстати, по продолжительности вспышек можно оценить линейные размеры барстеров. Например, Лебедь X-1 должен в поперечнике быть меньше 0,01 световой секунды, то есть меньше 300 км. У других барстеров подмечены пульсирующие колебания излучения. У Центавра X-3 эти пульсации имеют период 4,84239 секунды, а сам источник отождествлен с тесной парой звезд, из которых главный компонент массивнее Солнца в 15 раз. Эта звезда заполняет свою полость Роша, и ее вещество образует вокруг меньшего компонента газовый диск.

Казалось бы, аккреция способна объяснить все странности барстеров. Но проблема рентгеновских вспышек оказалась сложнее, чем думали поначалу.

Между вспышками барстеры спокойно излучают рентгеновское излучение, причем энергия такого излучения в 100 раз превосходит энергию вспышек. Можно предположить, что аккреция происходит на нейтронную звезду, и когда вещество накопится на ее поверхности в достаточном количестве, происходит термоядерный взрыв, который мы и регистрируем как вспышку. Как видит читатель, аналогия с новыми звездами по-

льная, но у новых звезд «вампиром» служит белый карлик, а у барстеров — нейтронная звезда. Но такое объяснение встречает трудности.

Примерно треть барстеров входит в состав шаровых скоплений — так астрономы называют шаровидные скопища из десятков и сотен тысяч звезд. Самое крупное из шаровых скоплений находится в созвездии Центавра. Его диаметр превосходит 180 световых лет, и оно включает в себя миллионы звезд. Хотя известно более 130 шаровых звездных скоплений, ни в одном из них до сих пор не найдено ни одной двойной звезды. С другой стороны, открыт уникальный барстер, вспышки которого объяснить аккрецией не удастся. Этот странный барстер называли быстрым. Его вспышки следовали друг за другом через каждые несколько десятков секунд, а продолжительность самих вспышек не превышала 20 секунд. Быстрый барстер был открыт 1 марта 1976 г., но в конце апреля того же года его вспышки неожиданно прекратились. Прошло несколько месяцев, и, к удивлению астрономов, вспышки снова возобновились с прежней регулярностью. Но так продолжалось всего два месяца, а затем быстрый барстер опять исчез. С тех пор история повторяется — периоды бездействия сменяются регулярными вспышками до 1000 раз ежедневно.

В 1979 г. быстрый барстер преподнес еще один сюрприз. Он дал шесть вспышек в инфракрасном диапазоне. При этом за секунду излучалось 10^{31} Дж. Если источником таких вспышек была бы нейтронная звезда, то температура ее должна достигать $4 \cdot 10^{18}$ К, что, конечно, невероятно. Значит, инфракрасное излучение быстрого барстера нетепловое, то есть вызывалось оно не нагретостью нейтронной звезды, а какими-то иными, пока совершенно непонятными причинами.

С большим трудом обнаружили, что быстрый барстер находится в очень плохо видимом весьма разреженном шаровом скоплении, что еще больше усложнило задачу. Наконец, весной 1980 г. зарегистрированы радиовспышки быстрого барстера, причем связаны ли они со вспышками в других диапазонах, пока неясно. Удивительна, наконец, и трапецевидная форма «обычных» рентгеновских вспышек быстрого барстера — за резким возрастанием потока рентгеновского излучения следует десятиминутная пауза постоянного излучения, после чего поток рентгеновского излучения возвращается к норме.

В конце концов ничего удивительного во всем этом нет. Рентгеновская астрономия*) еще так молода, что открытия в этой области естествознания, вероятно, только начинаются.

*) См. Амнуэль П. Р. Небо в рентгеновских лучах. — М.: Наука, 1984.

ИСТОРИЯ ОДНОГО ВЗРЫВА

Шел 1572 год. Из поездки по Германии на родину возвращался мало кому известный в ту пору датский астроном Тихо Браге. В ноябре 11-го числа с ним произошла история, о которой он повествует так:

«Я остановился в одном старом монастыре Гаррицвальде, имеющем замечательно красивое местоположение. Однажды вечером, когда я по обыкновению осматривал небесный свод, к неописуемому моему удивлению я увидел близ зенита в Кассиопее яркую звезду необыкновенной величины. Чтобы убедиться, что это была не иллюзия, я призвал рабочих, находившихся в моей лаборатории, и спросил их, как и прохожих, видят ли они звезду. Позже я узнал, что в Германии извозчики и другие люди предупредили астрономов, открыв это великое явление на небе».

Вспыхнувшая звезда по блеску не уступала Венере в период ее наилучшей видимости. Люди с хорошим зрением видели ее даже днем, а иногда и ночью сквозь довольно плотные облака. Начиная с декабря звезда начала постепенно меркнуть, а спустя 17 месяцев и вовсе исчезла.

Тихо Браге пытался найти расстояние до звезды, используя смещение наблюдателя при суточном вращении Земли. Неподвижность звезды доказала, что звезда заведомо дальше Луны и находится в области, как в ту пору говорили, неподвижных звезд. Открытие Тихо опровергало общепризнанное учение Аристотеля о неизменности небес, а также мнение современных ему ученых, считавших, что подобные явления происходят в земной атмосфере.

По совету друзей Тихо Браге написал специальный трактат «О новой звезде». Хотя в этом трактате есть и астрологические заблуждения и ряд неверных мыслей, в жизни Тихо Браге он сыграл громадную роль. Популярность Тихо сразу возросла, и спустя четыре года датский король, считавший себя покровителем наук и искусств, пожаловал Тихо большую сумму денег, на которую тот на острове Вен построил Ураниборг — свою знаменитую обсерваторию. По словам великого ученика Тихо Иоганна Кеплера «если звезда ничего не предсказала, то по крайней мере она возвестила и создала великого астронома».

Ни Кеплер, ни Тихо Браге, конечно, и не подозревали, какой необычный по мощности взрыв породил вспышку странной звезды. Мало что по этому поводу могли сказать и астрономы последующих веков. Лишь в последние десятилетия секреты так называемых сверхновых звезд (а к ним принадлежит и звезда Тихо Браге) начали постепенно раскрываться.

В ходе эволюции звезд равновесие или устойчивость этих тел обеспечивается компромиссом между гравитацией и газовым давлением в каждой точке звезды. Однако иногда эта устойчивость может быть нарушена. Пока недра звезды богаты водородом, ее энергия освобождается благодаря ядерным реакциям превращения водорода в гелий. С «выгоранием» водорода ядро звезды сжимается, сама же звезда превращается в красного гиганта и в ее недрах начинается новый цикл ядерных реакций — синтез ядер углерода из ядер гелия. С выгоранием гелия недра звезды снова сжимаются, разогреваясь при этом, и наступает очередь для термоядерного синтеза более тяжелых элементов. Эта цепь различных термоядерных реакций завершается образованием ядер железа, которое накапливается в центре звезды.

Дальнейшее сжатие звезды повысит температуру ядра до миллиардов кельвинов, и при этом начнется распад ядер железа на ядра гелия, протоны и нейтроны. При этом более 50% энергии идет на «высвечивание», выброс нейтрино.

Все это требует громадных энергетических затрат, при которых недра звезды сильно охлаждаются. Звезда начинает катастрофически сжиматься. На каком-то этапе сжатие прекращается. При этом образуется мощная ударная волна, которая сбрасывает со звезды ее внешние газовые оболочки. Возникновению ударной волны помогает также образование большого количества нейтрино, уносящих энергию из центра звезды на ее периферию.

Если масса звезды сравнима с массой Солнца, звезда после взрыва превращается в белого карлика. При большей массе (но не превышающей 2,5 массы Солнца), сверхновая звезда превращается в нейтронную звезду.

Наконец для очень массивных звезд, например с массой, в 5—10 раз больше солнечной, коллапс (сжатие) проявляется еще сильнее и на месте прежней звезды возникает черная дыра соответствующей массы.

Вспышки сверхновых звезд сопровождаются образованием вокруг них расширяющихся и очень горячих газовых туманностей с мощным излучением во всех диапазонах электромагнитного спектра, в частности в радиоволнах.

Лишь в 1952 г., то есть спустя 380 лет после вспышки, замеченной Тихо Браге, в том месте неба, где она произошла, астрономы обнаружили источник радиоизлучения, а позже нашли очень слабые тонковолокнистые следы газовой туманности, выброшенные звездой. Радиоисточник оказался тонким кольцом, в четыре с лишним раза меньше, чем видимый поперечник Луны. Иначе говоря, радиоволны излучаются какими-то

фрагментами туманности. Из той же области пространства исходит и рентгеновское излучение. Расстояние до бывшей звезды Тихо Браге превышает 16 000 световых лет.

Ее взрыв, вероятно, закончился образованием нейтронной звезды.

МИЛЛИСЕКУНДНЫЙ ПУЛЬСАР

Нейтронные звезды — одно из самых впечатляющих открытий современной астрофизики. Хотя возможность их существования была предсказана еще в 30-х годах текущего столетия, лишь в последнее время природа нейтронных звезд стала достаточно ясной.

Нейтронизация вещества, то есть превращение протонов и электронов в нейтроны с образованием нейтрино, происходит при чудовищно огромных плотностях, больших 10^{10} г/см³. Так и бывает при гравитационном коллапсе, когда обычная звезда с массой в 1—3 массы Солнца сжимается до размеров шара поперечником 10 км. В этом случае образуется нейтронная звезда, поверхностные слои которой «упакованы» до плотности 10^4 г/см³, а центральные — до 10^{14} г/см³. В таком состоянии нейтронная звезда напоминает исполинское атомное ядро, причем температура ее поверхности достигает сотни миллионов кельвинов.

Нейтронная звезда состоит не только из нейтронов. Есть в ней и протоны, и электроны в качестве «примеси». В наружных слоях нейтронной звезды при сравнительно небольших плотностях сохраняются очень плотно упакованные ядра железа, которые образуют кристаллическую решетку, так что каждая нейтронная звезда имеет твердую кору толщиной в несколько сотен метров! В самых же ее центральных областях кроме нейтронов можно встретить сверхтяжелые элементарные частицы гипероны, которые в земных условиях крайне нестабильны. Некоторые явления указывают на то, что в коре нейтронной звезды иногда происходят «звездотрясения» — странный аналог землетрясений.

При некоторых условиях быстро вращающаяся нейтронная звезда может стать источником импульсного радиоизлучения. Это бывает тогда, когда какая-то часть поверхности нейтронной звезды особенно сильно излучает радиоволны. Излучение из этого «радиопятна» может (при удачной ориентации) иногда попадать на Землю. Естественно, что такая ситуация будет повторяться при каждом обороте звезды, то есть множество раз. Обычно «радиопятна» соответствуют магнитным полюсам нейтронной звезды, откуда исходят особенно мощные радио-

волны. В описанном случае земной радиоастроном зафиксировал слабое периодическое радиоизлучение из глубин космического пространства.

Так и произошло в 1967 г., когда открыли пульсары, поначалу принятые за радиосигналы внеземных цивилизаций. В настоящее время известно около 350 пульсаров. Нейтронные звезды, как неоднократно говорилось, очень быстро вращаются вокруг оси, и потому у самого медлительного пульсара период колебаний радиоизлучения равен 4,8 секунды! Из-за расхода энергии на излучение нейтронные звезды замедляют свое вращение, периоды пульсаров возрастают у каждой звезды по-своему. Для некоторых из них периоды удваиваются за тысячи лет. Это означает, что пульсары — кратковременная стадия конечной эволюции некоторых звезд, которая растягивается не более, чем на десятки миллионов лет.

Пульсары находятся от нас на расстояниях от 100 до 25 000 световых лет и потому заведомо принадлежат к нашей звездной системе — Галактике. До последнего времени самый короткопериодический пульсар имел период 0,033 секунды. Теперь «рекорд» пришлось пересмотреть.

В сентябре 1982 г. в созвездии Лисички огромный 300-метровый (диаметр неподвижного зеркала!) радиотелескоп обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико) зафиксировал пульсар с периодом в 1,558 миллисекунды, то есть в 20 раз меньше, чем у предыдущего рекордсмена. Удален он от нас на расстояние восьми с четвертью тысяч световых лет. В окрестности уникального пульсара замечены остатки очень горячей туманности и подсчитано, что породивший ее взрыв произошел не менее 7500 лет назад. Именно тогда в этой области Галактики наступил заключительный эпилог в жизни какой-то взорвавшейся звезды. Пульсар, от нее оставшийся, имеет магнитное поле напряженностью в 500 млн. эрстед и будет существовать еще 300 миллионов лет. Исследования миллисекундного пульсара продолжаются.

ОБЪЕКТ SS 433

Среди необычных объектов, открытых в космосе в последние годы, выделяется тот, который в каталоге американских астрономов Б. Стефенсона и Н. Сандулека (отсюда две буквы SS) числится под номером 433. Внешне он похож на обычную звездочку 13-й звездной величины. Вероятно, ее еще долго считали бы такой, если бы не занялись изучением ее спектра.

Вопреки ожиданиям, спектр этого объекта оказался необычным — в нем выделялись яркие линии водорода, гелия и неко-

торых других элементов. Конечно, звезды с яркими линиями в спектре и прежде были известны. Но на этот раз имелись три системы линий. Одна из них находилась на «обычном» месте и никаких вопросов не вызывала. Назовем линии этой системы основными. Зато две другие системы вели себя непонятно: одна из них была смещена к фиолетовому концу спектра, другая — к красному.

Если эти смещения истолковывать как результат известного эффекта Доплера, получается, что в странном объекте «основная» его часть неподвижна относительно наблюдателя, а две других разлетаются в противоположные стороны.

Объект SS433 обратил на себя внимание еще в 1977 г., и последующие годы ушли на истолкование наблюдаемой картины. Ситуация осложнялась еще и тем, что объект интенсивно излучал электромагнитные волны не только в оптическом диапазоне, но также и рентгеновское излучение, и радиоволны. Его спектр показывал, что при этом газы извергаются со скоростями, сравнимыми со скоростью света (около 80 000 километров в секунду!). Удалось выяснить, что странный объект хотя и далек, но все же принадлежит к нашей Галактике.

В конце концов астрономы пришли к заключению, что объект SS433 — тесная двойная система. Один из ее компонентов — громадная бело-голубая звезда с массой, в 10–20 раз превосходящей солнечную. Близкий к ней второй компонент скорее всего — черная дыра, в которую превратилась когда-то вторая звезда системы с массой, в 4–5 раз большей солнечной. Предполагается, что вещество с белой звезды перетекает в черную дыру и при этом закручивается, образуя быстро вращающийся газовый диск. Из центра этого диска перпендикулярно его плоскости и выбрасываются две узкие газовые струи.

Что разгоняет в них газ до околосветовых скоростей, почему струи такие узкие, да еще периодически слегка меняют свой наклон к плоскости диска, — об этом пока мы ничего не знаем. Также неизвестно, превратится ли когда-нибудь белая звезда в сверхновую и не образуется ли при этом двойная система из черных дыр. Во всем, что мы знаем пока об объекте SS433, поражает энергетическая мощь происходящих в нем процессов.

Вряд ли странный объект из созвездия Орла уникален. Еще в 30-х годах текущего столетия астрономы обратили внимание на двойные звезды, в которых один компонент — гигантская красная звезда, а второй, наоборот, компактная горячая звезда, которая почти касается своего спутника. Такие двойные звезды были названы симбиотическими. В них наблюдается перетекание газового вещества с большей звезды на меньшую. Иногда может образоваться даже вращающийся газовый диск с мень-

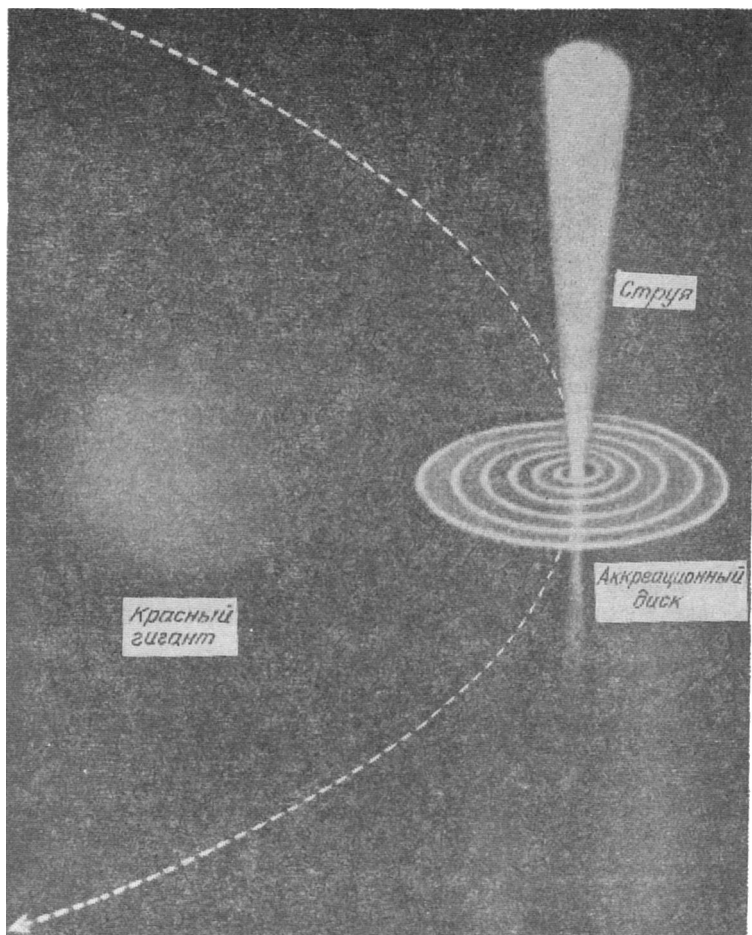


Рис. 24. Звезда R Водолея

шей горячей звездой в его центре. Известны случаи, когда из центра диска бьют в разные стороны перпендикулярные ему газовые струи. Такова, скажем, звезда R Водолея (рис. 24). Раз в 44 года горячая звезда максимально сближается со своим холодным спутником. Именно в такие периоды из газового диска начинают бить струи, которые, расширившись, образуют газовые сгустки, различимые на фотографиях.

Звездный мир полон тайн, и нередко под обычной скромной внешностью скрываются объекты, которым надлежит открыть новую главу в истории астрофизики.

В МЕЖЗВЕЗДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Разлитая в пространстве материя занимает очень обширные местности.

Франсуа Араго

ЕСТЬ ЛИ В ПРИРОДЕ ПУСТОТА?

В созвездии Ориона темными зимними ночами можно рассмотреть слабо светящееся туманное пятнышко. Его впервые заметили еще в 1618 г.; и с тех пор на протяжении трех с половиной веков туманность Ориона служит предметом тщательного исследования.

Невооруженному глазу туманность Ориона кажется величиной с Луну. На фотоснимках, полученных с помощью мощных телескопов, она занимает почти все созвездие! Это невообразимо большое и очень сложное по своей структуре межзвездное облако космических газов находится от Земли на расстоянии 1800 световых лет.

Туманность Ориона — типичный представитель первой группы межзвездных объектов — газовых туманностей.

Вторая, не менее многочисленная группа межзвездных образований представлена в том же созвездии. Это знаменитая темная туманность, благодаря своим причудливым внешним очертаниям названная Конской головой (рис. 25). Ее исполинские размеры станут более ощутимыми, если читатель узнает, что наибольшей поперечник «головы» в 20 000 раз превышает расстояние от Земли до Солнца.

Конская голова состоит из мельчайшей твердой космической пыли, которую, пожалуй, вполне уместно называть космическим дымом. Облако пыли задерживает свет расположенных за ним звезд, и поэтому на фоне звездного неба некоторые из пылевых туманностей имеют вид зловещих черных пятен. Из образований подобного рода наиболее заметна знаменитая развилка Млечного Пути. В темные августовские ночи, когда созвездие Лебедя в наших широтах близко к зениту, Млечный Путь, начиная с Денеба — самой яркой звезды в Лебеде, двумя сверкающими потоками ниспадает к горизонту. Раздвоение Млечного Пути только кажущееся. Оно вызвано колоссальными и сравнительно близкими к нам облаками космического дыма, который и создает эффект развилки.



Рис. 25. Туманность Конская Голова

Темные и светлые туманности, подобные описанным выше, легко доступны для наблюдения. Гораздо труднее обнаружить необычайно разреженную и почти совершенно прозрачную газовую среду, которая получила название межзвездного газа.

Известно, что межзвездный газ на самом деле представляет собой смесь разнообразных химических элементов — водорода, кальция и др. Непрерывно заполняют они межзвездное пространство нашей Галактики, и нет направления, в котором бы спектрограф не обнаружил присутствия разреженной межзвездной среды.

Газ и пыль заполняют межзвездное пространство. Но есть и другие формы вещества, которые совсем не оставляют места для пустоты.

Солнце и звезды, а также, возможно, и некоторые другие, пока неизвестные нам источники выбрасывают в пространство великое множество мельчайших частиц — корпускул. Среди них преобладают протоны и альфа-частицы, представляющие собой ядра наиболее легких химических элементов — водорода и гелия. Нет сомнения в том, что межзвездное пространство пронизывается корпускулярными потоками, или, как говорят,

корпускулярным излучением звезд. По существу это тоже газ, но движется он с околосветовыми скоростями.

К этому добавляются потоки электромагнитного излучения, испускаемого не только звездами, но и самой межзвездной средой. Часть этого излучения человеческий глаз воспринимает в форме света, другие электромагнитные волны, например радиоволны, могут быть уловлены с помощью тех или иных приемников. Вся эта лучистая энергия сплошь заполняет космос. Нельзя указать ни одной точки пространства, куда бы не доходило в той или иной форме электромагнитное излучение.

Есть, наконец, еще свойство материи, повсеместное распространение которого не вызывает сомнений. Это — тяготение. Оно обнаруживает себя повсюду, в любом уголке изучаемого нами мира.

В самом деле, из закона всемирного тяготения следует, что любой предмет может обнаружить свою притягательную силу на любом, сколь угодно большом расстоянии. Область пространства, в которой обнаруживается действие каких-нибудь сил, называется полем этих сил. Следовательно, поле тяготения любого тела, строго говоря, беспредельно. Оно, если угодно, может считаться своеобразным продолжением данного тела.

Поле хотя и невещественно (т. е. не состоит из элементарных частиц вещества — электронов, протонов, нейтронов и т. п.), тем не менее вполне материально. Ведь под материей понимается любая объективная реальность, т. е. все то, что существует независимо от нас и, воздействуя на наши органы чувств, порождает в нас ощущения. Кто не верит в реальность полей, тому достаточно при ходьбе споткнуться о какой-нибудь предмет, и он получит возможность убедиться в объективном существовании по крайней мере одного поля — гравитационного.

Два тела, состоящие из вещества, не могут одновременно занимать один и тот же объем пространства. Для полей тяготения такого ограничения нет. Они совершенно беспрепятственно перекрывают друг друга, и в данном объеме пространства могут действовать совместно много полей.

Все сказанное о гравитационном поле в полной мере относится и к полям электромагнитным, наличие которых в космосе также можно считать твердо установленным.

Наконец, межзвездное пространство пронизывается во всех направлениях космическими лучами — потоками протонов, электронов, ядер атомов, летящих в пространстве со скоростью более 100 000 км/с.

Пустоты в природе нет. Всюду мы наблюдаем вечно движущуюся и изменяющуюся материю в различных ее формах.

ВИДИМОЕ НИЧТО

В окружающей нас земной обстановке нет ничего, что хотя бы в отдаленной степени напоминало сверхразреженную межзвездную среду. Самым легким веществом обычно принято считать воздух. Однако по сравнению с любой межзвездной туманностью воздух выглядит образованием необычно плотным.

Судите сами: кубический сантиметр комнатного воздуха имеет массу, близкую к одному миллиграмму; масса туманности Ориона в том же объеме в 100 000 000 000 000 000 (10^{17}) раз меньше. Прочитать это число нелегко. Но еще труднее наглядно представить себе столь большую степень разреженности вещества.

Плотность межзвездных газовых туманностей (10^{-20} г/см³) так ничтожна мала, что массой в один миллиграмм будет обладать газовое облако объемом в 100 кубических километров!

В технике стремятся в некоторых случаях получить вакуум — весьма разреженное состояние газов. Путем довольно сложных ухищрений удастся уменьшить плотность комнатного воздуха в 10 миллиардов раз. Но и такая «техническая пустота» все же оказывается в миллион раз более плотной, чем любая газовая туманность!

В комнатном воздухе молекул так много, что им приходится непрерывно сталкиваться друг с другом. Ни одной из них не удастся пролететь более чем тысячную долю сантиметра, чтобы не столкнуться с какой-нибудь из своих соседок. В газовых туманностях простора куда больше. Каждый из атомов может здесь спокойно лететь миллионы километров, не опасаясь столкновения с другим атомом.

Не только на Земле, но и в пределах Солнечной системы мы не знаем образований, которые по своей разреженности могли бы соперничать с газовыми туманностями. Даже кометы выглядят рядом с туманностями столь же плотными, как сталь по сравнению с воздухом. Плотность газов в головах комет в тысячи раз больше плотности межзвездных туманностей.

Может показаться странным, почему столь разреженная среда на фотографиях кажется сплошным и даже плотным светящимся облаком, тогда как воздух настолько прозрачен, что почти не искажает наблюдаемую сквозь него картину Вселенной. Причина заключается, конечно, в размерах туманностей. Они так грандиозны, что представить себе объем, ими занимаемый, нисколько не легче, чем ничтожную их плотность.

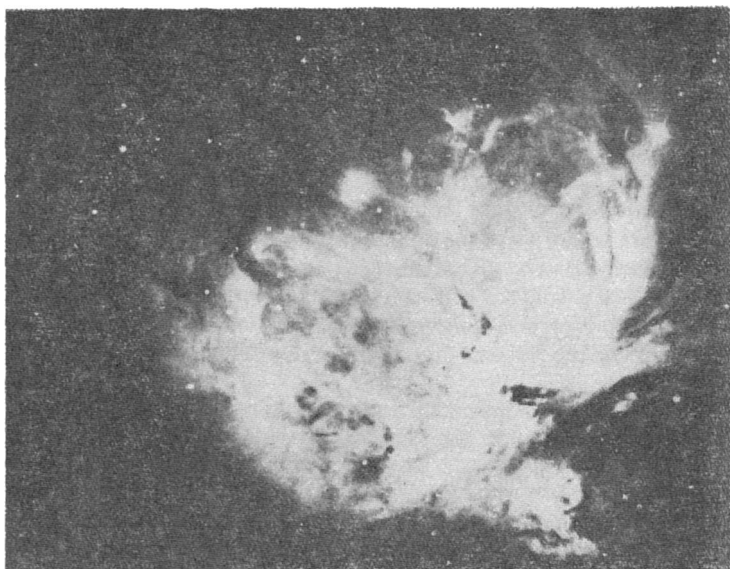


Рис. 26. Туманность Ориона

В среднем туманности имеют поперечники, измеряемые световыми годами или даже десятками световых лет. Это означает, что если Землю уменьшить до размеров булавочной головки, то в таком масштабе туманность Ориона (рис. 26) должна быть изображена облаком величиной с земной шар! Поэтому, несмотря на ничтожную плотность составляющих ее газов, вещества туманности Ориона все же вполне хватило бы на «изготовление» нескольких сотен таких звезд, как наше Солнце.

Мы находимся от туманности Ориона на расстоянии, которое свет преодолевает за 1800 лет. Благодаря этому мы видим ее всю целиком. Если же в будущем при межзвездных перелетах путешественники окажутся внутри туманности Ориона, то заметить это будет нелегко — рассматриваемая «изнутри» эта замечательная туманность покажется почти идеально прозрачной.

Свечение газовых туманностей может быть вызвано разными причинами. В тех случаях, когда соседняя с туманностью звезда весьма горяча (с температурой поверхности, большей 20 000 К), атомы туманности переизлучают энергию, получаемую от звезды, и процесс свечения носит характер люминесценции. С другой стороны, постоянно движущиеся газовые облака иногда сталкиваются друг с другом и энергия столкно-

вения частично преобразуется в излучение. Разумеется, эти причины могут действовать и совместно.

Как ни эфемерны по своей плотности газовые туманности, межзвездная среда еще в десять тысяч раз более разрежена. Согласитесь, что межзвездной газовой среде название «видимое ничто» подходит в гораздо большей степени, чем кометам.

ЛЕДЕНЯЩАЯ ЖАРА

В тех книгах по астрономии, где подробно описывается межзвездное вещество, можно встретить утверждение, что температура газовых туманностей измеряется многими тысячами кельвинов. Прочитав это, можно подумать, что в межзвездном пространстве господствует жара не меньшая, чем на поверхности звезд. Тем самым широко распространенное мнение об ужасающем холоде мирового пространства оказывается как будто совершенно ложным.

Между тем суть данного парадокса заключается в многообразном значении слова «температура». Кажущееся простым и очевидным, это понятие на самом деле весьма сложно. Одним и тем же словом «температура» астрофизики в разных случаях именуют совершенно разные вещи.

В астрофизике температурой называют физическую величину, которая характеризует распределение энергии между движущимися частицами вещества. Попробуем сделать это определение более понятным.

В житейской практике под температурой понимают некоторую величину, которая характеризует среднюю кинетическую энергию (т.е. энергию движения) молекул данного тела. Для измерения такого рода температуры можно воспользоваться, например, обычным градусником.

Опуская градусник в теплую ванну, мы видим, как ртутный столбик термометра, медленно поднимаясь, наконец останавливается на определенном делении. Что же при этом происходит?

Если вода в ванне нагрета сильнее, чем воздух и термометр, это значит, что молекулы воды движутся в среднем быстрее, чем частицы термометра. Когда термометр опущен в воду, энергия движения молекул воды постепенно передается через стеклянную оболочку термометра заключенной в нем ртути. Механизм передачи состоит в сущности в том, что энергичные молекулы воды, ударяясь о медлительные частицы стеклянной трубки термометра, «расталкивают» и «тормозят» последние настолько, что в конце концов все усиливающаяся толчея частиц охватывает и ртуть. Только тогда, когда частицы ртути

термометра начнут двигаться с такой же средней кинетической энергией, как и молекулы нагретой воды, процесс передачи тепла от горячего к холодному прекратится. Равенство энергии и выразится в равенстве температуры воды и термометра, столбик которого застынет на определенном делении.

Подобным образом измерить температуру газовой туманности нельзя. Дело здесь, конечно, не только в невозможности погрузить термометр в туманность. Само понятие температуры в этом случае, очевидно, должно быть сформулировано иначе.

Газовые туманности — это фактически смесь огромного количества атомов, ионов, электронов, да и молекул (например молекул H_2).

Обо всем этом нам рассказывает свет, излучаемый туманностью. Исследуя их, можно сказать, насколько сильно ионизованы атомы туманности и как быстро (в среднем) движутся в ней свободные электроны. В первом случае астрофизики употребляют величину, называемую ими ионизационной температурой, во втором — электронной температурой. Ионизационная температура характеризует степень ионизации атомов туманности. Электронная температура есть мера энергии движения находящихся в туманности электронов.

Именно эти температуры имеют в виду астрофизики, когда говорят, что туманность «накалена» до нескольких тысяч градусов.

Впрочем, слово «накалена» мы вставили от себя. В курсах астрофизики так не пишут. И не пишут потому, что понятие накаленности связано с некоторым вполне определенным физиологическим ощущением, которое для характеристики состояния туманности вряд ли уместно.

Если бы возможно было поместить внутри туманности самый обыкновенный градусник, то он отнюдь не испарился бы. Наоборот, его температура быстро упала бы почти до абсолютного нуля. Как же согласовать между собой это странное явление и высокую температуру туманности?

«Жара» туманности никак не отразится на градуснике. Концентрация частиц в туманности очень мала, поэтому их столкновения с градусником будут происходить крайне редко. Не почувствовали бы никакой жары и мы, если бы вдруг очутились внутри туманности. Физиологическое ощущение тепла связано с энергией движения молекул нашего тела, но редкие удары атомов и электронов туманности практически никак не изменяют кинетическую энергию молекул тела. Наоборот, непрерывно излучая тепло, мы быстро охладимся, как и термометр, и вместо жары почувствуем невообразимый холод меж-

звездных пространств. «Леденящая жара» оказывается совсем не таким бессмысленным выражением, как, например, «деревянное железо».

Так какова же все-таки температура межзвездного пространства? Господствуют ли там холода, по сравнению с которыми морозы Антарктиды покажутся тропической жарой, или нагреваемый излучением звезд космический корабль будущего будет странствовать при вполне приемлемом температурном режиме?

Пространство само по себе не может иметь какую-либо температуру. Последняя есть мера энергии движущихся частиц некоторого тела. Понятие «температура межзвездного пространства» употребляется астрономами в некотором условном смысле. Так называют температуру, до которой нагрелся бы небольшой черный шарик, поглощающий все падающие на него лучи, если бы мы поместили его где-нибудь посреди звезд на примерно одинаковом удалении от них. Расчеты показывают, что, «впитывая» в себя все излучение звезд, такой шарик смог бы нагреться до температуры, всего на два кельвина большей абсолютного нуля. Это и есть «температура мирового пространства».

И если придерживаться обычного, житейского понимания температуры и опираться на физиологические ощущения горячего и холодного, то в таком случае приходится считать газовую межзвездную среду весьма холодной, несмотря на те тысячи градусов, о которых говорят астрофизики.

КОСМИЧЕСКИЙ ДЫМ

Фотография, изображающая туманность Конская голова, убеждает нас в том, что космическое пространство нельзя считать прозрачным. То, что звезд сверху от туманности видно гораздо больше, чем снизу, вызвано маскирующим действием туманности. Подобно облаку дыма, она частично поглощает свет лежащих за нею звезд.

В других областях неба экранирующее действие темной межзвездной материи проявляется с меньшей откровенностью. А вот вблизи знаменитого созвездия Южного Креста на сверкающем фоне Млечного Пути выделяется черная «дыра», образно прозванная Угольным Мешком. Лет полтора ста тому назад казалось несомненным, что этот зияющий своею чернотой Угольный Мешок и на самом деле является отверстием в Млечном Пути. В действительности же, как мы теперь знаем, чернота Угольного Мешка весьма относительна. В нем фотопластинка, соединенная с мощными современными телескопа-

ми, открывает множество слабосветящихся звезд. Их приходится на одну и ту же площадь примерно в три раза меньше, чем в окружающих Мешок участках Млечного Пути. А в 1938 г. удалось заметить в этой области крохотную яркую газовую туманность. Все это заставляет считать Угольный Мешок темной туманностью, расположенной между нами и основной массой звезд Млечного Пути.

«Зияющие отверстия» можно отыскать и в других участках неба. Было бы, конечно, в высшей степени странным и практически невероятным, если бы все они представляли собой реальные «окна прозрачности», т. е. нечто вроде труб, пронизывающих толщу Млечного Пути и почему-то неизменно направленных именно на нас. На самом деле в данном случае мы наблюдаем сравнительно близкие к нам темные облака поглощающей свет материи.

Есть полная уверенность в том, что темные туманности не могут состоять из тел крупных размеров, например, сравнимых с планетами или даже с крупными метеоритами. В этом случае массы темных туманностей были бы так велики, что притяжение ими звезд тотчас и в очень сильной степени отразилось бы на движении последних. Между тем звезды движутся так, как если бы эти области пространства были совершенно прозрачными. Значит, темные туманности могут состоять только из очень мелкой твердой пыли.

В пользу такого заключения говорит и еще одно обстоятельство. Если бы темные туманности состояли из крупных твердых тел, они бы просто ослабляли свет звезд, не изменяя его окраски. Между тем известно, что очень многие звезды кажутся гораздо краснее, чем им положено быть при их температуре и спектрах. Здесь невольно напрашивается аналогия с дымом костра, сквозь который Солнце выглядит не только более тусклым, но и красноватым.

Доказано, что покраснение света звезд (а не только его общее ослабление) вызывается облаком частиц с поперечниками, не превышающими 0,02 мм. Примерно таковы же реальные размеры межзвездных пылинок. Скорее всего в темных туманностях преобладают частички с поперечниками в тысячные и десятитысячные доли миллиметра. Как раз из таких же по размерам частиц состоит и обычный «земной» дым, например от костра. Вот почему название «космический дым» для темных туманностей весьма подходяще. Оно образно, доступно нашим земным представлениям и в то же время достаточно точно характеризует физическую природу темных туманностей.

Космический дым — серьезная помеха при изучении звездного мира. Ослабляя свет дальних звезд (общее поглощение)

и изменяя их видимый цвет (селективное или избирательное поглощение), он искажает картину Вселенной. Нужны большое искусство наблюдателя и, конечно, соответствующая теория, которые позволяли бы уверенно учитывать поглощение света и вносить необходимые поправки в измерения. В настоящее время астрономы научились это делать так хорошо, что досадная помеха в виде «дымовой завесы» не мешает нам, в конечном счете, правильно представлять себе строение звездного мира.

Размеры темных туманностей различны. Темная туманность, именуемая нами Угольным Мешком, отстоит от нас на 300 световых лет. Это значит, что поперечник туманности, когда-то считавшейся «дыркой в небе», близок к 27 световым годам. Большинство темных туманностей имеет подобные же поперечники.

Несмотря на весьма внушительные размеры, облака космического дыма заключают в себе крайне мало вещества. Например, из пылинок Угольного мешка можно было бы слепить всего 13 шаров, равных по массе Солнцу. Размазанное в объеме туманности все ее пылевое вещество имеет среднюю плотность порядка 10^{-25} г/см³! Сравнив эту величину с плотностью газовых туманностей, мы убеждаемся, что космический дым разреженнее последних в десятки тысяч раз! Если бы таким дымом и с той же плотностью была наполнена земная атмосфера, она нисколько бы не потеряла в своей прозрачности. Только поистине космические размеры межзвездных «дымовых завес» делают их заметными для нашего глаза.

Частички космического дыма, вероятно, разнообразны по химическому составу. Очень может быть, что они похожи в этом отношении на ту космическую метеорную пыль, которая непрерывно оседает на нашу планету.

Облучаемые светом звезд, пылинки межзвездного вещества нагреваются. По современным оценкам частички космического дыма имеют температуру в несколько десятков градусов выше абсолютного нуля, что соответствует температуре около -200°C .

Трудно поверить, что мельчайшая, крайне разреженная и очень холодная межзвездная пыль может когда-нибудь и при каких-нибудь обстоятельствах сгуститься в звезды. Между тем открыты объекты, которые некоторые астрономы склонны рассматривать как «протозвезды», зарождающиеся из пыли. Речь идет о так называемых глобулах.

Впервые глобулы были обнаружены в 1947 г. как крохотные темные круглые пятнышки, выделяющиеся на фоне некоторых ярких газовых туманностей. Самые большие из них имеют по-

перечник более трех световых лет. Наименьшие из глобул в десять раз меньше самых крупных.

Глобулы представляют собой шарообразные сгустки космического дыма, более плотные, чем обычные темные туманности. Легко заметить, что чем меньше глобула, тем она чернее, а следовательно, и плотнее. Похоже на то, что мы наблюдаем глобулы на различных этапах сжатия.

Силы, заставляющие глобулы сжиматься, возможно, вызваны общим излучением всех звезд Галактики. Представьте себе две пылинки, находящиеся где-то между звездами, достаточно далеко от поверхностей последних. Мировое пространство во всех направлениях пронизано светом звезд, который оказывает давление на все освещаемые предметы. Нетрудно сообразить, что между пылинками, там, где одна из пылинок отбрасывает тень на другую, плотность излучения будет несколько меньше, чем в окружающем пространстве. Избыточное световое давление заставит пылинки сближаться друг с другом. Подсчитано, что для некоторых легких пылинок описанное «световое притяжение» будет действовать в десять тысяч раз сильнее, чем их обычное взаимное тяготение. Отсюда естественно сделать вывод, что свет рано или поздно заставит пыль где-то вдалеке от звезд сгущаться в глобулы. Вблизи звезд этот процесс вряд ли возможен, так как потоки света от ближайшей звезды будут просто, подобно ветру, отгонять космический дым как можно дальше. Только вдалеке от звезд, в областях, где излучение всех звезд более или менее равноценно, описанный выше механизм может начать эффективно действовать.

Кроме того, глобулы сжимает и межзвездный газ, который обтекает туманность. Массы глобул сравнительно невелики и в среднем в десятки раз уступают по массе нашему Солнцу. Подсчитано, однако, что если глобула имеет массу, в десять раз превышающую массу Солнца, то такая глобула за несколько десятков миллионов лет должна испытать сильное сжатие и, возможно, превратиться в звезду.

Газ и пыль, заполняющие межзвездные пространства, находятся в постоянном взаимодействии. Собственно говоря, существует единая и непрерывная газопылевая межзвездная среда с отдельными уплотнениями в виде облаков, которые мы называем туманностями.

Между темными и светлыми туманностями различие совсем не такое большое, как может показаться с первого взгляда. В тех областях мирового пространства, где нет поблизости звезд, мы видим (или можем обнаружить) только темные туманности. По соседству со звездами туманности выступают из

мрака. Пыль и газ освещаются звездами и благодаря этому становятся светлыми туманностями. Если звезда очень горяча, ее излучение заставит газы люминесцировать и к отраженному пылью свету добавится собственное излучение газовой туманности. Наблюдению доступна примерно одна двухтысячная доля всех туманностей Галактики, т. е. около 0,05 процента. Остальные туманности погружены до поры до времени во мрак. Но так как звезды непрерывно движутся в пространстве и, кроме того, межзвездные газопылевые облака, подобно земному дыму, обладают и некоторым собственным движением, роли светлых и темных туманностей распределены не навечно. Подобно фарам автомобилей, движущихся в тумане, звезды последовательно вдоль своего пути освещают то одни, то другие участки межзвездной газопылевой среды. И освещая, позволяют астрономам Земли разобраться в природе туманностей.

ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ

Наблюдатели XVIII в., разыскивая в бездне ночного неба интересные объекты, иногда обнаруживали крохотные зеленоватые слабосветящиеся круглые пятнышки, внешне несколько напоминающие диски планет. Однако их неподвижность по отношению к звездам показывала, что эти объекты находятся далеко за пределами Солнечной системы. Тем не менее за свой внешний вид они были названы планетарными туманностями.

В настоящее время известно около тысячи этих необычных объектов. Большинство из них так далеки от нас, что на фотоснимках почти неотличимы от звезд. Только призма, поставленная перед объективом телескопа, выявляет различие: спектры планетарных туманностей не похожи на спектры звезд. В них на темном фоне выделяются яркие линии излучения, принадлежащие газам — водороду, гелию и атомам ионизованного кислорода.

Планетарные туманности не всегда похожи на диски планет. В большие телескопы ни одна из них не кажется равномерно освещенным правильным диском. Только в самых общих чертах и в немногих случаях можно говорить о кругообразной форме некоторых из туманностей. В большинстве же своем это неправильные по форме и неравномерные по яркости газовые облака, в центре которых, по-видимому, всегда имеется очень горячая звезда — ядро планетарной туманности.

Некоторые из планетарных туманностей сравнительно близки к Земле, и потому даже в небольшие телескопы можно рассмотреть подробности их строения.

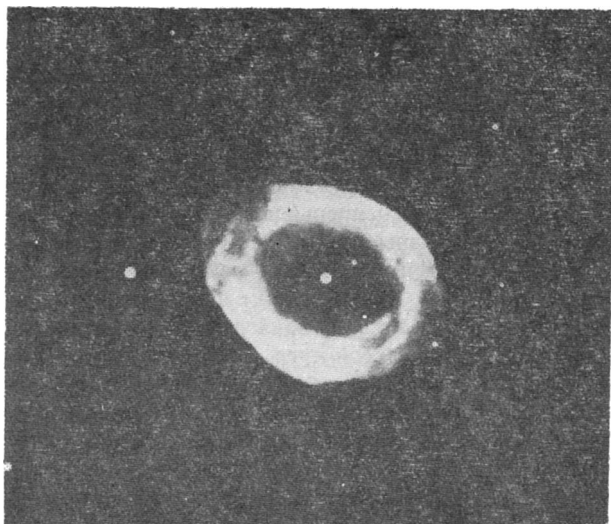


Рис. 27. Планетарная туманность в созвездии Лиры

Вот, например, классическая планетарная туманность, видимая почти посредине между звездами Гамма (γ) и Бета (β) из созвездия Лиры (рис. 27). Она находится от нас на расстоянии две тысячи двести световых лет, то есть почти в сто раз дальше Веги — главной звезды того же созвездия. Внешне туманность напоминает собой колечко дыма от папиросы, которое могут пускать искусные курильщики. Однако масштабы этих двух явлений, конечно, несоизмеримы. Светящееся зеленоватое «колечко» из созвездия Лиры имеет поперечник около 70 тысяч а. е., то есть в семьсот раз больший, чем диаметр нашей планетной системы. В центре кольцеобразной туманности из созвездия Лиры видна сравнительно яркая звездочка — ядро туманности.

Около трети всех известных планетарных туманностей принадлежит к числу кольцеобразных. Думать, что все эти газовые кольца случайно повернуты к нам «плашмя», а не ребром, — значит верить в невозможное. Теория вероятностей совершенно исключает такое практически невероятное сочетание стольких случайностей. Кольцеобразные туманности повернуты к земному наблюдателю по-разному. Но если при этом они всегда сохраняют форму кольца, то, следовательно, на самом деле кольцеобразная туманность является огромным газовым шаром с очень толстой стенкой и почти полым внутри.

Когда мы смотрим на края такой туманности, наш взгляд проникает через бóльшую толщу ее газовой «скорлупы», чем при наблюдении ее центральных областей. А чем бóльшую толщу газа мы видим, тем более яркой эта масса газа нам кажется. Так и возникает иллюзия газового кольца.

Может быть, конечно, и другой случай. Представьте себе, что пространство между газовой оболочкой («скорлупой») планетарной туманности и ее ядром сплошь заполнено газом. Такая туманность уже не будет казаться кольцеобразной. Если к тому же внутри этой шарообразной газовой массы газы распределены неравномерно, а внешние, «поверхностные» слои туманности имеют сложную, нешарообразную форму, то планетарная туманность при наблюдении в телескоп может удивить астронома сложностью своей структуры.

К числу таких некольцеобразных планетарных туманностей принадлежит широко известная туманность из созвездия Лисички. Легко различимая на черном фоне ночного неба даже в сильный бинокль, она кажется еле светящимся прозрачным облаком неправильной формы. На рисунках наблюдателей прошлого века эта туманность по своей форме напоминает спортивный снаряд — гантель. Современные фотографии, сделанные с помощью крупных телескопов, обнаруживают ее в общем кругообразную форму с очень неоднородным распределением газов. Кстати сказать, по своему поперечнику туманность в созвездии Лисички почти втрое превышает кольцеобразную туманность в Лире.

При всем многообразии форм планетарных туманностей их объединяет нечто общее: сходство химического состава и наличие центральной звезды — ядра.

Нет сомнений, что каждая планетарная туманность тесно связана со своим ядром. Звезда-ядро не случайно находится в центре туманности. Другое дело — те звезды, которые на снимках кажутся окружающими туманность. Хотя по размерам планетарные туманности несравнимо больше нашей планетной системы, массы их очень малы и составляют десятые и даже сотые доли массы Солнца. По современным представлениям планетарная туманность — закономерный этап в эволюции звезд, массы которых близки к солнечной или меньше ее.

Когда водород в недрах таких звезд исчерпается, ядро звезды начинает сжиматься. За несколько десятков тысяч лет оно уменьшается до размеров, сравнимых с Землей, но зато его плотность возрастает до нескольких сотен килограммов в одном кубическом сантиметре. Иначе говоря, ядро звезды становится белым карликом, тогда как внешние оболочки звезды раздуваются до поперечника, в десятки раз больше со-

лнечного, и сама звезда становится красным гигантом. Вскоре и эта картина меняется. Оболочка отделяется от ядра и образует планетарную туманность. Расширение планетарных туманностей происходит так быстро, что за несколько тысяч лет от нее не остается и следа, но белый карлик — ядро бывшего красного гиганта — в течение еще сотен миллионов лет остается самосветящимся телом. Возможно, что через 5 миллиардов лет нечто подобное случится и с Солнцем. Оно сначала превратится в красного гиганта, после чего его раздувающаяся оболочка пройдет через земную орбиту, а на месте бывшего Солнца окажется белый карлик. Поэтому сначала температура на Земле возрастет примерно до тысячи градусов Цельсия, а потом постепенно уменьшится до абсолютного нуля. Так что, наблюдая планетарные туманности, мы видим будущее нашего Солнца.

ЗВЕЗДНАЯ СПИРАЛЬ

Звезды, весьма малые и весьма многочисленные, не будут различаться одна от другой, а породят смутный, однообразный беловатый свет, который мы и видим в Млечном Пути.

Иммануил Кант

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ МЕНЯЕТ ВИД

На рис. 28 изображена первая схема Галактики, опубликованная свыше двух веков тому назад, в 1750 г., английским любителем астрономии Томасом Райтом. Галактика, по мнению Райта, похожа на исполинское колесо или, выражаясь его словами, «жернов». Солнце в этом колесе находится недалеко от его втулки. Поэтому с Земли в разных направлениях мы видим различное количество звезд — больше всего, когда смотрим в сторону обода колеса, и гораздо меньше, если обратим наш взор в направлении, перпендикулярном плоскости обода.

Действительная картина звездного неба в общих чертах соответствует схеме Райта. Мы наблюдаем обод «звездного колеса» в виде опоясывающей все небо серебристой полосы Млечного Пути, вне которой звезд встречается несравненно меньше.

За два века астрономия внесла существенные коррективы в схему Райта. Выяснилось, что Солнечная система совсем не так близка к втулке «звездного колеса», как считал Райт. На самом деле она находится между втулкой и ободом, ближе к последнему. Кроме того, и Галактика только в самом грубом приближении может быть сравнена с колесом. Весьма сложной оказалась ее спиралеобразная структура, да и вращение Галак-

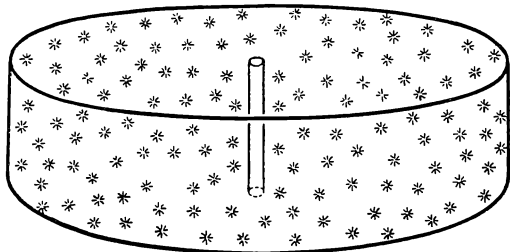


Рис. 28. Схема Галактики по Т. Райту

тики не похоже на вращение твердого тела. Но главная идея Райта, которая заключается в том, что видимое распределение звезд на небе отражает как строение звездной системы, так и наше расположение в ней, лежит в основе современной звездной астрономии.

Руководствуясь этой идеей, попробуем теперь представить себе, как выглядело бы небо, если бы мы заняли в Галактике иное место. Из тех областей пространства, где мы фактически находимся и которые могут считаться окраинами (но не краем!) Галактики, перенесемся медленно в ее центр.

Здесь нет, как одно время думали, какой-то массивной «сверхзвезды», которая своим тяготением заставляет все звезды Галактики обращаться вокруг себя. Центральные области нашей звездной системы, или ее ядро, представляют собой огромное и весьма густое скопление звезд, среди которых преобладают красные гиганты. О средних расстояниях между этими звездами судить трудно, так как ядро Галактики скрыто от нас темными облаками космического дыма. Но по аналогии с другими галактиками можно думать, что в ядре нашей Галактики звезды расположены в несколько раз более густо, чем в окрестностях Солнца.

Звездный мир, рассматриваемый из центра Галактики, выглядел бы, пожалуй, более эффектным, нежели мы его наблюдаем. Великое множество очень ярких красноватых звезд усеивало бы небосклон. От Млечного Пути не осталось бы и следа. Во-первых, потому, что как раз в направлении на обод «звездного колеса» расположены те темные туманности, которые обволакивают галактическое ядро. И во-вторых, будь мировое пространство совсем прозрачным, и в этом случае слабосветящаяся полоса Млечного Пути совсем терялась бы за бриллиантовой россыпью ярких звезд «переднего фона».

Удалимся теперь на самый край нашей Галактики, кстати сказать, выраженный, как и у других галактик, весьма нечетко. Строго говоря, в направлении к своим краям галактики типа нашей постепенно сходят «на нет» и о радиусе обода «звездного колеса» можно говорить только условно. Будем считать на минуту, что от центра Галактики нас отделяют 50000 световых лет, и, следовательно, мы находимся в тех областях нашей звездной системы, где звезды становятся большой редкостью.

Небо отсюда имеет вид необычный. Оно резко делится на две совсем неравноценные половины. Одна из них занята странным дискообразным звездным облаком, напоминающим те галактики, которые мы видим с ребра. Переливающееся искорками ближайших звезд, оно со всех сторон окружено мрач-

ной черной бездной, где удастся заметить только несколько слабосветящихся туманных пятнышек.

Впрочем, вооружившись телескопом, легко убедиться, что черная бездна совсем не так уж пуста, какой она кажется невооруженному глазу. Всюду в поле зрения телескопа виднеются крошечные пятнышки галактик. Их видно не меньше, а гораздо больше, чем звезд на нашем небе. Отсюда, с границ нашей звездной системы, становится особенно ощутимой необъятность космоса.

Небо приобрело бы еще более эффектный вид, если бы из центра Галактики мы отправились не к ободу «звездного колеса», а вдоль его втулки. Поднявшись на высоту, равную радиусу Галактики, мы могли бы оттуда беспрепятственно обозревать всю нашу исполинскую звездную спираль или, точнее, две спирали, два спиральных рукава, выходящих из центра звездной системы.

Дивное, величественное зрелище раскрылось бы перед нашими глазами. Разве может сравниться с Млечным Путем вся Галактика, видимая «плашмя»? Извне наша звездная система выглядит куда более эффектно, чем изнутри.

А теперь сделаем другой мысленный эксперимент. Останемся там, где мы фактически и находимся, но допустим, что сама Галактика изменила свою форму. Вместо сплюснутой спирали она превратилась в одну из эллиптических галактик, т. е. почти шаровое и одинаково густое во всех своих частях скопление звезд.

Картина сразу изменилась. Млечный Путь исчез. Все небо почти равномерно заполнилось звездами. Только из-за эксцентricности нашего расположения в Галактике, в направлении на ее центр звезд видно больше, чем в противоположной стороне.

Можно представить себе и другой случай. Допустим, что наша звездная система сильно сплюснулась по сравнению с действительным состоянием. Это тотчас отразилось бы и на виде звездного неба. Млечный Путь стал бы уже, но зато намного ярче, и вместо неба, всюду усеянного звездами, мы увидели бы ярко светящийся обруч, опоясывающий все небо, вне которого виднелось бы лишь несколько ярких звезд.

Все эти воображаемые эксперименты наглядно иллюстрируют ту мысль, что вид неба определяется формой звездной системы и положением в ней наблюдателя.

По современным представлениям 98% массы Галактики составляют звезды, на долю газа и пыли приходится менее 2%, а все остальное (сотые доли процента!) — твердое вещество, к которому относятся планеты, в том числе и Земля с ее обитателями.

В Галактике различают три главные части. Центральное сгущение звезд (балдж) имеет в поперечнике около 33 000 световых лет. Его центр совпадает с центром звездного диска, поперечник которого вдвое больше диаметра балджа. В диске проявляется спиральная структура Галактики — две звездных спирали выходят из ее ядра. Наконец, и балдж и диск окутывает сферическое гало, внешняя часть которого называется короной. Поперечник короны значительно превосходит диаметр диска.

Примерно такое же строение имеют и другие спиральные звездные системы.

ШТУРМ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ЯДРА

Млечный Путь не всюду одинаков. В созвездии Стрельца он гораздо шире и ярче, чем, например, в созвездиях Ориона или Возничего. Здесь видна необозримая звездная россыпь, распадающаяся на облака, которые внешне имеют некоторое сходство с хорошо знакомыми нам атмосферными образованиями. Очень трудно заставить себя не только понять, но и почувствовать величие картины, где любая светящаяся точка с меньшим правом может быть названа миром, чем, скажем, Солнце или Земля.

Есть много фактов, неоспоримо свидетельствующих о том, что центр нашей звездной системы должен быть виден в направлении созвездия Стрельца. Именно в этом направлении находится область пространства, к которой концентрируются звезды, некоторые туманности и шаровые звездные скопления. Особенно убедительным кажется тот факт, что скорости звезд (в том числе и Солнца) образуют в целом почти прямой угол с направлением на созвездие Стрельца. Они тем самым указывают центр, вокруг которого звезды совершают свой полет.

Можно, воспользовавшись перечисленными фактами, подсчитать, в каком именно месте созвездия Стрельца должен быть виден галактический центр. Все это давно уже было сделано, место указано, но, увы, природа как будто не пожелала подчиниться расчетам. В том месте, где должен быть виден центр Галактики, звездное небо совершенно обычно и ничем не примечательно. Здесь звезд даже меньше, чем в других местах созвездия Стрельца.

Одни факты противоречили другим. Судя по иным галактикам, центральное ядро нашей звездной системы должно было бы наблюдаться как огромное, очень яркое кругообразное скопление звезд, по видимой площади во много раз больше

полной Луны. Вместо этого — своеобразный темный «провал» в Млечном Пути, сравнительно бедный звездами.

Выход из противоречия мог быть только в одном — ядро Галактики существует, но оно скрыто от наших глаз густыми облаками космического дыма. Задача заключалась в том, чтобы подтвердить прямыми наблюдениями эту версию.

Как и дым от костра, темные межзвездные туманности относятся к излучению разного цвета по-разному. Сильно задерживая излучение в синем и голубом диапазонах спектра, они несколько свободнее пропускают оранжевый и красный свет.

Невидимое инфракрасное излучение обладает еще большей «пробивной» способностью, чем оранжевое и красное. Оно сравнительно легко проникает сквозь значительную толщу дыма, независимо от того, является ли этот дым космическим или земным. Отсюда и родилась идея «увидеть» ядро Галактики в инфракрасном свете или, точнее, уловить то его длинноволновое излучение, которое должно достигать Земли.

Успешный штурм галактического ядра был проведен еще в 1948 г. советскими астрономами В. Б. Никоновым, А. А. Калининком и В. И. Красовским, а несколько ранее с меньшим успехом — американскими. Советские ученые сконструировали особый прибор — электроннооптический преобразователь.

Основной частью прибора служит полупрозрачный кислородно-цезиевый фотокатод. Его укрепляют в фокусе телескопа и с помощью светофильтра «освещают» инфракрасным светом от исследуемого объекта. Когда кванты *) инфракрасных лучей ударяются о фотокатод, они вышибают из него электроны. Последние с помощью особого устройства направляются на экран, покрытый тонким слоем сернистого цинка. По принципу действия этот экран ничем не отличается от экранов обычных телевизоров. Ударившись об экран, электроны вызывают его холодное свечение — люминесценцию. В результате на экране появляется видимое глазом изображение объекта.

Недаром описанный прибор называется преобразователем. Он действительно преобразует невидимое в видимое, служа как бы связующим звеном между ними.

Метод, примененный советскими учеными, позволял сфотографировать невидимое глазом — для этого надо было только снять его изображение на экране преобразователя. Результат показан на рис. 29. Слева — обычная фотография того участка созвездия Стрельца, где должно наблюдаться галактическое ядро. Справа — фотоснимок той же области в инфракрасном свете. Кроме знакомого левого звездного облака, рядом виден

*) Кванты — мельчайшие порции энергии излучения.

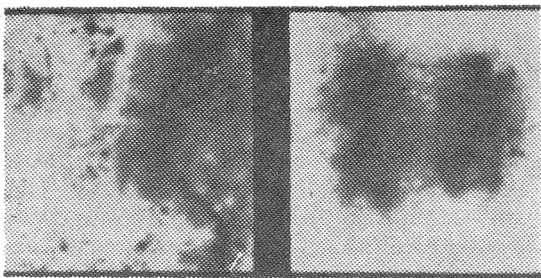


Рис. 29. Галактическое ядро (слева — обычная фотография, справа — та же область в инфракрасном свете)

еще один объект такой же природы. Это и есть кусок невидимого галактического ядра, которое лишь частично высовывается из-за темного пылевого облака (звездное облако слева). Так удалось разрешить противоречие, мучившее астрономов более двух десятилетий.

За последние десятилетия выяснились интереснейшие подробности строения центральных областей Галактики. Структура их весьма сложна. Главное центральное сгущение звезд по форме напоминает сплюснутый шар (эллипсоид вращения), причем наибольший его диаметр лежит в экваториальной плоскости Галактики. Это скопище по массе примерно в 10 миллиардов раз превосходит Солнце. От этого скопления звезд отходят два спиральных звездных рукава. Протяженность каждого из них близка к 15 000 световых лет.

На расстоянии 2300 световых лет от геометрического центра Галактики проходит граница газового водородного диска, масса которого достигает 100 миллионов масс Солнца. Внутри диска различимо вращающееся водородное кольцо гораздо меньших размеров, пылевое облако, несколько десятков огромных молодых звезд и, наконец, некоторый сверхкомпактный загадочный объект, по размерам сравнимый с нашей планетной системой. Любопытно, что размеры эти меняются (от 10 до 150 а. е.), причина чего пока не известна.

Центр Галактики излучает во всех диапазонах электромагнитные волны. Оттуда же исходит поток электронов, позитронов и других частиц. Советские исследователи Н. С. Кардашев, И. Д. Новиков и другие высказали предложение, что в центре Галактики есть одна или две сверхмассивных черных дыры, каждая из которых в 100 миллионов раз массивнее Солнца. Вращение этих дыр, а также аккреция (захват) ими близлежащего вещества, по мнению советских ученых, может объяснить все излучения ядра Галактики. Так ли это, покажет будущее.

Попробуем теперь представить себе то, чего нас лишила природа. Допустим на мгновение, что какой-то фантастический пылесос очистил нашу Галактику от всего ее межзвездного со-
ра — пыли и газа. Что бы мы тогда увидели в созвездии Стрельца?

Ядро Галактики не имеет определенных, резко обозначенных границ. К своим краям оно постепенно «редеет», переходя в окружающий его звездный костяк Галактики. Поэтому и оценки размеров ядра Галактики выполнены пока неуверенно, и в будущем в них, вероятно, придется внести коррективы.

Наибольший видимый диаметр ядра Галактики близок к 28° . Отсюда легко подсчитать, что на небе ядро должно занимать площадь, в сотни раз большую, чем видимая площадь полной Луны. Действительные же размеры ядра Галактики колоссальны: 15 тысяч лет требуется свету для того, чтобы пересечь его наибольший диаметр.

Трудно сказать, сколько именно звезд содержится в этом ядре. Скорее всего, их там по меньшей мере миллиарды. Земные предметы, освещенные ядром Галактики, должны были бы отбрасывать четкие тени.

Вот теперь и попробуем представить себе необыкновенное светило — ядро Галактики. После Солнца и Луны оно могло бы быть самым ярким светилом нашего неба. Огромное, причудливого вида галактическое «Солнце» освещало бы зеленовато-желтым светом земной ландшафт. В наших широтах оно было бы особенно хорошо видно в июльские и августовские ночи сравнительно низко над горизонтом. В экваториальном поясе Земли ядро светило бы с околоразенитных высот. Только в местностях, близких к Северному полюсу, начиная с широты 60° , необыкновенное светило никогда не поднималось бы над горизонтом.

ПУТИ ЗВЕЗД

Когда говорят о вращении Галактики вокруг ее центра, знакомый всем термин «вращение» употребляют здесь в особом, условном смысле. Очевидно всякому, что вращение колеса или патефонной пластинки и вращение Галактики — разные вещи. Колесо или пластинка — тела твердые, и поэтому все их точки при вращении имеют одинаковые угловые скорости, а значит, Галактику считать твердым телом никак нельзя. Каждая из составляющих ее звезд движется самостоятельно со своей особой угловой скоростью. В этом отношении Галактика,

с первого взгляда, аналогична Солнечной системе, причем роль планет играют звезды, а роль Солнца — ядро Галактики. Если бы аналогия была полной, выражение «вращение Галактики» имело бы в сущности тот же смысл, как и никогда не употребляющееся выражение «вращение Солнечной системы». На самом деле нет ни того, ни другого. Вращение Галактики по своему характеру занимает промежуточное положение между вращением твердого тела и совокупным движением планет Солнечной системы, что это так — показывают наблюдения.

Наглядное представление о вращении Галактики можно составить, если вспомнить, как выглядит большой каток в праздничный день. В центре катка сгущение конькобежцев, напоминающее ядро Галактики. Вокруг него с разными скоростями в одном направлении движутся «звезды» — конькобежцы. Каждый из них обладает своей особой скоростью, не всегда направленной в сторону общего движения. Но, несмотря на это, движение конькобежцев, как и движение звезд, напоминает движение планет вокруг Солнца.

Аналогия между катком и Галактикой имеет и слабые стороны. Прежде всего заметим, что скорость конькобежцев в общем всюду почти одинакова. В Галактике скорости звезд в зависимости от расстояния звезды до центра звездной системы меняются по сложному закону. На катке нередко происходят столкновения конькобежцев, заканчивающиеся, как правило, вполне благополучно. В Галактике столкновения звезд, практически говоря, невозможны. Расстояния между звездами так велики по сравнению с их размерами, что если бы в примере с катком выдержать относительный масштаб, пришлось бы удалить одного конькобежца от другого на несколько тысяч километров. Вот почему нас совершенно не пугает перспектива столкновения с другой звездой, хотя наше Солнце и несется в пространстве со скоростью 250 км/с. Подсчеты показывают, что одна звезда Галактики может столкнуться с другой не чаще, чем один раз за 600 000 триллионов лет.

Заметим, что при изучении движения звезд астрономы учитывают гравитационное взаимодействие между ними, а не только то действие, которое оказывает вся Галактика на данную звезду. При этом, разумеется, надо учитывать не только общую массу Галактики, но и распределение в ней вещества, т. е., иначе говоря, строение нашей звездной системы.

Опуская, естественно, все расчеты, связанные с определением орбит звезд в нашей Галактике, укажем на некоторые полученные в этом направлении любопытные результаты.

Движение звезд вокруг центра Галактики оказывается мало похожим на движение планет вокруг Солнца. Те из звезд, ко-

торые движутся вблизи экваториальной плоскости Галактики, имеют «волнистые» орбиты, по форме мало отличающиеся от окружностей. Наоборот, звезды, удаляющиеся от экваториальной плоскости Галактики далеко «вверх» или «вниз», обладают настолько вытянутыми орбитами, что любая из таких звезд в максимальном сближении с центром Галактики пролетает от него не ближе, чем на расстоянии 3000 световых лет.

Весьма возможно, что различие в движениях звезд вызвано различием их возраста и условиями происхождения.

ГАЛАКТИЧЕСКИЙ СВЕТ

Если вас когда-нибудь заставляла ясная зимняя темная ночь не в городе, а где-нибудь в пустынной степи или в открытом море, вы, наверное, вспомните, что полной темноты тогда не было. Кое-какой очень слабый свет освещает Землю даже в самую темную ночь.

Причины, порождающие этот тихий «звездный свет», различны. Во-первых, слабо светятся возбужденные за день солнечной радиацией верхние разреженные слои земной атмосферы. К ним добавляется тот свет, который посылает от Солнца во все стороны мельчайшая космическая пыль, окутывающая всю Солнечную систему, — та самая, которая порождает явление Зодиакального света. И наконец, светят яркие, заметные глазу звезды и планеты. Среди последних особенно усердствует Венера. Освещение, создаваемое ею в период наибольшего блеска, так велико, что земные предметы, освещенные Венерой, отбрасывают вполне различимые тени.

Но если учесть все эти источники света, то все-таки останется некоторый избыток, требующий объяснения. Его-то и называют галактическим светом.

Происхождение галактического света сложное. Он вызывается отчасти, по-видимому, светом всех, даже невидимых глазом в телескоп звезд нашей Галактики. К этому прибавляется свечение межзвездного галактического вещества — пыли и газа. И наконец, часть галактического света порождается великим множеством галактик, как видимых, так и невидимых, короче говоря, всем остальным необъятным космосом.

Галактический свет сильнее всего исходит из той области неба, по которой проходит Млечный Путь. Но даже и здесь интенсивность его очень невелика — с одного квадратного градуса небосвода галактический свет создает на Земле такую же освещенность, как 57 звезд 10-й звездной величины.

Этот еле уловимый тихий свет как бы ощутимо связывает нашу Землю со всей Вселенной.

ОБЪЕКТЫ МЕГАМИРА

Таинству Вселенной не причинит ущерба наше проникновение в какие-то ее тайны, ибо правда более поразительна, нежели все то, что было нарисовано воображением художников прошлого.

Р. Фейнман

ПОПЫТКИ КЛАССИФИКАЦИИ

В современной науке принято делить доступную нашему изучению область сущего на три ступени, три «мира». То, что изучает атомная физика, — удивительный мир микрочастиц и их превращений — называют микромиром. Все, что нас окружает на Земле и в ее ближайших окрестностях, — это макромир. И, наконец, та область Мироздания, о которой сейчас пойдет речь, мир самых больших из доступных нам объектов, получила наименование мегамира.

Когда-то в начале текущего века многие физики полагали, что атом похож на Солнечную систему, и то, что мы видим в Космосе, в уменьшенном или увеличенном подобии существует на всех уровнях материального бытия. Но это было глубочайшее заблуждение. Количественные изменения на некотором этапе рано или поздно непременно сопровождаются резкими качественными различиями. И в самом деле, то, что мы сейчас знаем о микромире, не находит себе аналогов в нашей житейской практике, и попытки осмыслить явления в микромире средствами привычных понятий, языка, логики привели к тому, что квантовая механика давно потеряла всякую наглядность, и по словам известного современного физика Ричарда Фейнмана, «хотя квантовая механика существует уже более полувека, ее до сих пор не понимает ни один человек в мире» *). Все эти трудности вызваны единственной причиной — микромир подчинен совсем другим законам, чем окружающие нас явления.

Заранее можно ожидать, что в мегамире мы можем встретить факты и события, не укладывающиеся в рамки известных нам физических законов. Природа неисчерпаема не только на уровне явлений, но и на уровне законов. Наши научные успехи не должны создавать у нас ложного убеждения, что почти все

*) Барашенков В. Понимаем ли мы квантовую механику? — Знание — Сила, 1983, № 4.

о Мироздании уже известно и предстоит лишь уточнить детали. Реальность говорит об обратном — каждая решенная проблема порождает десяток новых и так будет всегда, на всех этапах познания.

Переходя к галактикам, их скоплениям и еще более крупным материальным системам, мы вправе ожидать, что не все факты будут нам понятны и многие из них, возможно, приведут к открытию новых законов природы. «Принимая во внимание масштабы Вселенной, — пишет Б. А. Воронцов-Вельяминов *), — мы замечаем, что прыжок от масштаба человека с его лабораторией (т. е. от макромира к мегамиру) несравненно больше, чем скачок в масштабе, который был сделан при переходе от макромира к микромиру. Можно ожидать, что и в области мегамира возможны еще открытия новых физических законов, в том числе и фундаментальных». Но когда-то всего этого не понимали и пытались всю Вселенную представить себе на земной лад.

Первую перепись галактик опубликовал в 1771 г. французский астроном Шарль Мессье. В ту пору понятие «галактика» еще не существовало, а список Мессье попросту содержал перечисление помех — слабосветящихся туманных пятен непонятной природы, которые постоянно мешали его поискам новых комет. Тем не менее обозначения, введенные Мессье, сохранились до сих пор, и одним из реликтов подобного рода является знаменитая «туманность Андромеды», числившаяся у Мессье под номером 31. И сегодня любой астроном, когда говорит М 31 или Мессье 31 хорошо понимает о чем идет речь.

Лишь более века спустя в 1888 г. «туманными пятнами» занялся английский астроном Й. Дрейер. Его Новый Генеральный Каталог (NGC) с дополнениями содержал 13223 объекта, среди которых кроме галактик встречаются газопылевые туманности и звездные скопления. Тем не менее каталогом Дрейера пользуются до сих пор, и в нем галактики имеют индекс NGC. Таким образом, туманность Андромеды с конца прошлого века имеет двойное обозначение — кроме М 31 еще NGC224.

Совершенно новым этапом в переписи галактик явился «Морфологический каталог галактик», составленный за многие годы известным советским исследователем звездной Вселенной Б. А. Воронцовым-Вельяминовым и его сотрудниками. В основу работы был положен Паломарский атлас неба, содержащий

*) Воронцов-Вельяминов Б. А. Некоторые методологические вопросы астрофизики. Сб. «Астрономия, методология, мировоззрение». — М.: Наука, 1979, с. 92.

множество фотографий галактик, снятых с помощью крупнейшего тогда 5-метрового американского рефлектора.

Трудно даже представить себе трудоемкость проведенного исследования. Воронцов-Вельяминов подробно и подолгу изучал в лупу, а иногда и в слабый микроскоп крошечные черные негативные изображения далеких звездных систем. Напрягая зрение, он рассмотрел структуру и особенности 50 000 галактик, из которых 32 000 составили новый каталог. В нем указаны положение, размеры, цвет и многие другие характеристики галактик. Ряд неизвестных ранее и примечательных в ряде отношений галактик получил индекс «VV». Не будет преувеличением сказать, что «Морфологический каталог галактик» открыл новую эру во внегалактической астрономии. Труд советских исследователей в полной мере вознагражден теми многочисленными, принципиально важными открытиями, которыми была увенчана их работа. Перед человечеством раскрылся поразительный мегамир с его необычными объектами, так непохожими на изрядно надоевшие, переходящие из книги в книгу фотографии туманности Андромеды или галактики из созвездия Гончих Псов.

Зарубежные каталоги галактик (например, каталоги Цвикки, Вокулера, Нильсона), опубликованные после «Морфологического каталога галактик», уступают ему, как по численности объектов, так и по информативности. Новые исследования галактик на крупнейшем в мире советском шестиметровом рефлекторе лишь подтвердили загадочность многих явлений, наблюдаемых в мегамире.

Всего лет 15–20 назад мегамир казался в общем очень простым. Господствовало убеждение, что все многообразие галактик легко укладывается в несколько типов и эта классификация имеет эволюционное истолкование. Знаменитый Эдвин Хаббл, впервые в 1924 г. различивший звездную природу туманности Андромеды (чем было положено начало внегалактической астрономии), считал, что есть лишь три типа галактик:

I. Эллиптические, внешне похожие на круглые или эллиптические светлые пятна без признаков внутренней структуры;

II. Спиральные, вроде туманности Андромеды. Некоторые такие галактики имеют перемычку (или бар), из концов которой выходят спиральные звездные ветви;

III. Неправильные, характерные неправильной, клочковатой формой и не имеющие центрального ядра.

Была популярна и «камертонная» эволюционная модель Хаббла. По его мнению самыми молодыми являются шаровые галактики, которые сжимаясь, ускоряют свое вращение, сплюсциваются и превращаются сначала в эллиптические, а затем

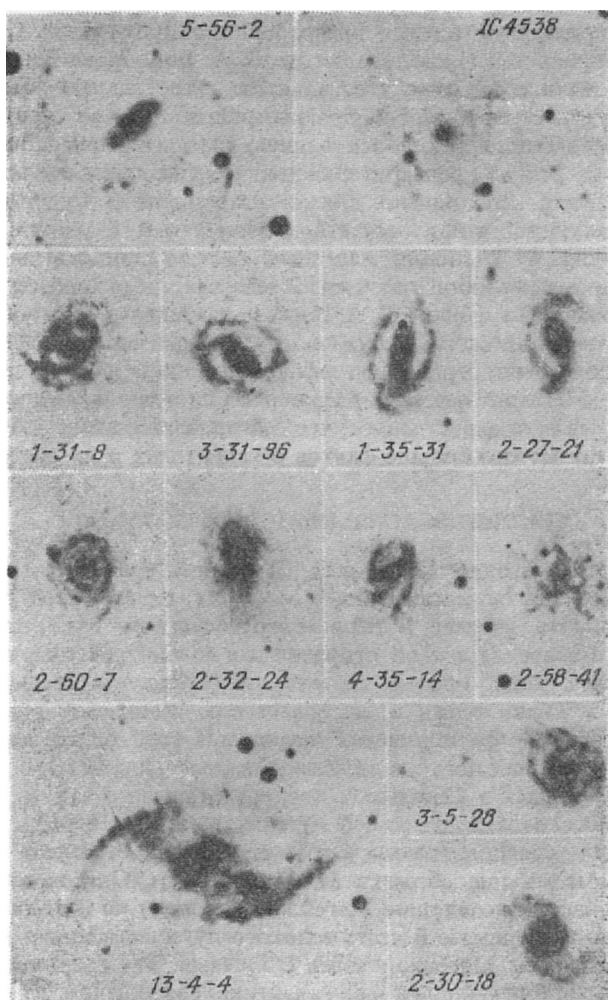


Рис 30. Разнообразные формы галактик (по Б. А. Воронцову-Вельяминову)

и в спиральные галактики двух типов. Их ветви возникают примерно так же, как струи воды во вращающемся сегнеровом колесе. Постепенно спиральные галактики превращаются в неправильные, которые и представляют собой заключительный этап в жизни звездных систем. Все ясно, просто и, увы, ... неверно.

Последующие классификации галактик (Берга, Вокулера и других) уточняли и расширяли схему Хаббла, сохраняя, одна-

ко, его предвзятую идею о превращении эллиптических галактик в спиральные. Исследования же Б. А. Воронцова-Вельяминова убедили его в том, что галактики, эти главные объекты мегамира, настолько многообразны (рис. 30), что составить их полную и эволюционно обоснованную классификацию пока невозможно. Всякая предварительная классификация главных типов галактик, необходимая для их исследователя, будет неизбежно неполной, и при отсутствии общепринятой теории происхождения и эволюции звездных систем придать эволюционный смысл любой такой «рабочей» классификации сегодня невозможно. По словам Б. А. Воронцова-Вельяминова «время для составления столь же удачной классификации, какой для своей эпохи была первая классификация Хаббла, еще не наступило» *). Мегамир оказался несравнимо сложнее и богаче, чем о нем думали, и единственное, что сейчас необходимо, — это накопить как можно больше фактов о галактиках и их системах.

ДИКОВИНЫ МАГЕЛЛАНОВЫХ ОБЛАКОВ

Франческо Антонио Пигафетта, 28-летний уроженец города Винченцы, знаток математики и морского дела, в 1519 г. решил принять участие в первом кругосветном путешествии. Вместе с Магелланом он отправился в южное полушарие Земли, через узкий пролив на юге американского континента проник в Тихий океан и, переплыв его, участвовал в битве с аборигенами Филиппинских островов. В этой битве, как известно, Магеллан погиб, а тяжело раненный Пигафетта осенью 1522 г. вернулся в Севилью и подробно описал все, что видел во время своего длительного путешествия. Ему особенно запомнились стоящие высоко в небе странные светящиеся облака, напоминающие обрывки Млечного Пути. Они неуклонно сопровождали экспедицию Магеллана и совсем не походили на обычную облачность. В честь великого путешественника Пигафетта назвал их Магеллановыми Облаками. Так впервые европеец увидел ближайшие к нам галактики, совершенно, впрочем, не отдавая себе отчет, что это такое.

В 1899 г. на русском языке была опубликована знаменитая книга Камилла Фламмарiona «Звездное небо и его чудеса». Про Магеллановы Облака он писал:

«Магеллановы Облака представляют две громадные туманности, видимые простым глазом и напоминающие своим видом Млечный Путь. Большое Облако почти в двести раз боль-

*) Воронцов-Вельяминов Б. А. Внегалактическая астрономия. — М.: Наука, 1978, с. 45.

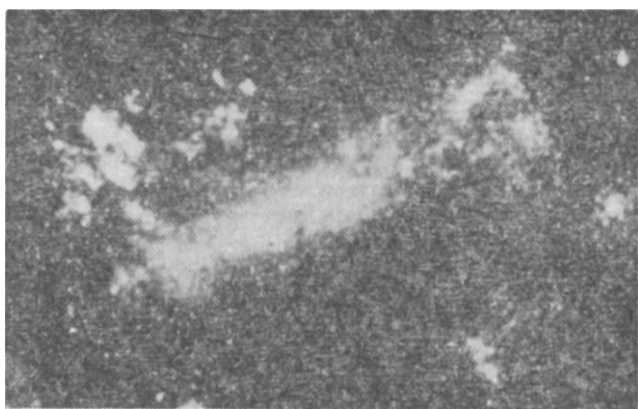


Рис. 31. Магеллановы Облака (вверху Малое, внизу — Большое)

ше видимой поверхности лунного диска. Малое Облако занимает почти десять квадратных градусов. То и другое представляет собой неистожимые сокровища, истинные звездные россыпи для наблюдателей южного полушария».

В конце прошлого века наши знания о Магеллановых Облаках были очень скудны, и даже Фламарион при его весьма богатом воображении не мог представить себе, какие диковины откроет в этих звездных облаках современная астрономия.

Магеллановы Облака (рис. 31) сравнительно близки к нам. Большое отстоит от центра нашей Галактики на расстояние 182 тысячи световых лет, Малое чуть ближе (165 000 световых лет). Поперечник Большого Облака около 33 000 световых лет,

Малого Облака — примерно втрое меньше. В сущности, это громадные звездные системы, из которых большая объединяет 6 миллиардов звезд, меньшая — около полумиллиарда. В Магеллановых Облаках видны двойные и переменные звезды, звездные скопления и туманности разных типов. Примечательно, что в Большом Облаке очень много голубых сверхгигантских звезд, каждая из которых по светимости в десятки тысяч раз ярче Солнца.

Оба облака принадлежат к типу неправильных галактик, но в Большом Облаке наблюдатели еще давно заметили четкие следы перемычки или бара. Не исключено, что оба облака когда-то были спиральными галактиками, как и наша звездная система. Ныне они погружены в разреженную газовую вуаль, которая тянется в сторону Галактики, и таким образом оба облака и наша звездная спираль представляют собой тройную галактику.

В Большом Магеллановом Облаке давно известна звезда S из созвездия Золотая Рыба. Это белая горячая гигантская звезда необычайной яркости. Она испускает свет, в миллион раз интенсивнее Солнца. Если бы S Золотой Рыбы поместить на месте Альфы Центавра, она светила бы ночью впятеро ярче полной Луны. Светляк и мощнейший прожектор — таково примерно соотношение в яркости между Солнцем и S Золотой Рыбы. Если бы эту удивительную звезду удалось поместить на место Солнца, она заняла бы пространство почти до орбиты Марса, и Земля очутилась бы внутри звезды!

Но этим звездным исполином не ограничиваются чудеса Магеллановых Облаков. В том же созвездии Золотой Рыбы, где видно Большое Магелланово Облако, блесит «странная туманность, представляющаяся в каком-то разбросанном и растерзанном виде», — как писал когда-то Фламарион. Вероятно, из-за этого облика газовая туманность названа Тарантулом. Она достигает в поперечнике 660 световых лет, и из вещества Тарантула можно было бы изготовить 5 миллионов Солнц. Ничего похожего в нашей Галактике нет, и самая большая в ней газопылевая туманность во много раз меньше Тарантула. Если бы Тарантул оказался на месте известной туманности Ориона, то он занял бы все созвездие и свет от него был бы так ярък, что по ночам земные предметы отбрасывали бы тень!

Несколько лет назад внимание астрономов привлек странный звездообразный объект в центре Тарантула. Одно время думали, что это очень плотное шаровое звездное скопление. Но потом по ряду причин пришлось признать, что перед нами сверхзвезда, излучающая свет, в 100 миллионов раз сильнее Солнца. По поперечнику она в 90 раз превосходит наше

дневное светило, а вещества в ней хватило бы на изготовление 3200 Солнц.

Сверхзвезда R 136a (таково ее обозначение) задала сложную загадку астрономам. До сих пор считалось, что самые массивные звезды не могут по массе превосходить Солнце более, чем в 100 раз. В противном случае равновесие между гравитацией, газовым и световым давлением в звезде нарушается и световое давление буквально сдувает со звезды избыток ее массы. Так говорит современная теория внутреннего строения звезд. Но факты, как видите, свидетельствуют об ином, и по справедливому замечанию одного крупного современного физика Д. Эллиса «смелость наших гипотез не должна заслонять от нас скромность наших достижений в познании Мира».

В пользу звездной природы R 136a говорит тот факт, что этот объект порождает сильнейший «звездный ветер», намного превосходящий тот поток протонов и других частиц, который непрерывно извергается Солнцем. Объект R 136a каждые 3000 лет выбрасывает «на ветер» одну солнечную массу в виде газа, непрерывно извергающегося из объекта со скоростью 3500 км/с. Скорость этого «звездного ветра» в 10 раз, а плотность — в миллиарды раз превосходит «солнечный ветер». Такой «ветер» оказал бы самое губительное действие на обитателей планет, если бы они были в окрестностях R 136a.

Магеллановы Облака таят в себе еще множество загадок. Недавно в них открыто много источников рентгеновского излучения. Некоторые из них скорее всего связаны с пульсарами — нейтронными звездами — остатками когда-то вспыхнувших сверхновых звезд. Но вот 5 марта 1979 г. в Большом Магеллановом Облаке несколько спутников зафиксировали необычную рентгеновскую вспышку. За сотые доли секунды она достигла максимума, а спустя минуту вовсе исчезла. В течение этой минуты наблюдались четкие пульсации излучения с периодом 8 секунд. Если это пульсар, тогда получается, что за 0,2 секунды он выделил энергию в $3 \cdot 10^{36}$ джоулей, то есть в десятки тысяч раз большую, чем известные до сих пор вспыхивающие источники рентгеновского излучения. Природа этой сверхмощной вспышки остается невыясненной.

КРАЙНОСТИ В МЕСТНОЙ СИСТЕМЕ

Магеллановы Облака, как и наша Галактика, принадлежат к так называемой Местной системе галактик, объединяющей ближайшие к нам несколько десятков звездных систем. Пока что обнаружены и изучены 34 самые яркие галактики, но есть основания полагать, что большинство небольших и плохо раз-

личимых звездных систем гораздо многочисленнее и Местная система объединяет около 90 галактик. Все они умещаются в объеме сферы поперечником 6,6 млн. световых лет, причем рекорсменом по размерам является не наша Галактика, а знаменитая туманность Андромеды.

Ее впервые в виде «маленького небесного облачка» описал арабский астроном Х в Ас-Суфи.

Современник Галилея астроном Симон Мариус в декабре 1612 г. впервые направил телескоп на эту странную небесную туманность. «Яркость ее, — писал Мариус, — возрастает по мере приближения к середине. Она похожа на зажженную свечу, если на нее смотреть сквозь прозрачную роговую пластинку».

Это образное описание подчеркивает важный факт — границы галактик и на небе, и в пространстве четко не очерчены. Они всегда «размазаны», постепенно сходят на нет, и потому размеры галактик всегда оцениваются не вполне точно. Невооруженному глазу Туманность Андромеды кажется светящейся овальным пятнышком с наибольшим поперечником в четверть градуса. Но это только ее главная, самая яркая часть. На хороших фотографиях с помощью телескопов Туманность Андромеды по площади в 7 раз больше лунного диска, а чувствительные фотометры фиксируют ее звезды на площади неба, в 70 раз большей полной Луны! Если бы глаз видел эту картину, Туманность Андромеды занимала бы на небе площадь в треть Ковша Большой Медведицы.

Эти разные оценки видимых размеров неизбежно влекут за собой и разные величины действительного поперечника Туманности Андромеды. По максимальным оценкам ее поперечник близок к 300 000 световых лет, то есть она втрое больше Галактики. Наиболее сдержанные оценки утверждают, что Туманность Андромеды всего лишь вдвое крупнее нашей звездной системы. Неоспоримо, однако, одно: в Местной системе М 31 — самая большая галактика.

Триста сорок миллиардов звезд составляют эту звездную спираль. Такое великое множество солнц поражает наше воображение, хотя известна галактика NGC 4486, еще втрое более массивная. Туманность Андромеды слегка наклонена к нам, и это дает возможность изучить детали ее строения. Центральное сгущение (балдж) Туманности Андромеды имеет в середине ядрышко или kern поперечником всего около 15 световых лет. Kern вращается вокруг оси с периодом примерно 300 000 лет и, возможно, представляет собой в основном плотное скопление звезд.

Туманность Андромеды гораздо больше Магеллановых Облаков, и расстояние до нее близко к 2,3 миллионам световых



Рис. 32. Туманность Андромеды (М 31)

лет. Это затрудняет, естественно, ее изучение, но тем не менее о Туманности Андромеды написаны монографии, и мы знаем о ней, пожалуй, не меньше, чем о нашей Галактике.

Обе звездные системы принадлежат к типу спиральных, причем у Туманности Андромеды ее спирали изучать в некоторых отношениях даже легче, чем у Галактики, когда наблюдатель «прощупывает» их присутствие «изнутри». Из центральных областей Туманности Андромеды выходит две спиральных звездных ветви.

Туманность Андромеды похожа на Галактику. Там есть и новые, и переменные звезды, а в 1885 г. в ней вспыхнула

сверхновая звезда, в максимуме блеска не уступавшая суммарному блеску миллиардов звезд. Имеются в Туманности Андромеды и шаровые и рассеянные звездные скопления, а также многочисленные газовые и пылевые облака. Словом, если бы мы очутились внутри М 31 примерно на таком же расстоянии от ее центра, как и в Галактике, звездное небо показалось бы нам сходным с тем, каким оно видно с Земли. Разумеется, созвездия были бы другими, но какой-то «Млечный Путь» виден и там.

В областях, близких к ядру, вращение звезд Туманности Андромеды «твердотельное», то есть угловые скорости звезд одинаковы. По мере приближения к краям, как и у нас в Галактике, угловая скорость вращения убывает, но это убывание происходит медленнее, чем полагается по законам Кеплера.

Если легко назвать наибольшую галактику в Местной системе, то наименьшую из звездных систем указать пока трудно, потому что самые маленькие из них еще не открыты. Примером карликовой звездной системы может, например, служить галактика в южном созвездии Скульптора.

На небе она имеет поперечник в $1^{\circ}15'$, т. е. в два с половиной раза больше видимого поперечника Луны. Галактика содержит около 10 000 звезд ярче 19-й звездной величины, которые в сумме посылают на Землю столько же света, сколько одна звезда 9-й величины.

Однако для того чтобы получить изображение галактики, необходимо было при съемке, даже с помощью наиболее светосильных фотокамер, применить экспозицию в несколько часов! Любопытно заметить, что пластинка, на которой была обнаружена галактика из созвездия Скульптора, случайно имела ненормально высокую чувствительность. В ином случае открытие было бы, возможно, отсрочено на много лет. Впоследствии оказалось, что на одном из негативов, полученных еще в 1908 г., также имеется смутное изображение нашего соседа. Но ни один исследователь не обратил на него внимания, считая мутное пятнышко дефектом пластинки.

Расстояние до галактики из созвездия Скульптора было определено по переменным звездам, оказавшимся в этой звездной системе. Выяснилось, что туманность Скульптора почти в шесть раз ближе туманности Андромеды. При этом ее истинный поперечник сравнительно мал — в 50 раз меньше, чем у нашей Галактики.

Представьте себе волейбольный мяч и горошину — примерно столь же различны по размерам наша Галактика и туманность Скульптора. Естественно поэтому считать последнюю карликовой среди обычных звездных систем.

По своему строению и форме галактика из созвездия Скульптора напоминает шаровые звездные скопления. В ней отсутствуют сверхгигантские звезды, столь обильные в Магеллановых Облаках. Нет там и туманностей, как газовых, так и пылевых. Находясь внутри подобной галактики, мы без труда изучили бы ее строение.

Внутри Местной системы четко выделяются две группы галактик. Одни группируются возле нашей звездной системы, другие — около Туманности Андромеды, причем ко второй группе принадлежит и спиральная галактика из созвездия Треугольника, лишь в несколько раз уступающая по размерам и количеству звезд нашей Галактике.

Большинство карликовых галактик Местной системы принадлежит к типу неправильных. Хотя крайности в размерах членов Местной системы весьма значительны, мы не встречаем в этой области пространства каких-либо необычных, поражающих наше воображение звездных систем.

ЗАГАДКА СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ГАЛАКТИК

Несмотря на разнообразие галактик, спиральные звездные системы встречаются среди них достаточно часто. Во всяком случае среди не очень далеких звездных систем спирали составляют до 70% от их общего количества. Казалось бы, такая характерная черта, как спиральность, должна была уже давно найти общепринятое объяснение. Однако на самом деле все оказалось не таким простым, как поначалу казалось.

При первом взгляде на звездные спирали создается впечатление, что мы видим какой-то застывший вихрь. Напрашивается аналогия и со знаменитым сегнеровым колесом, из которого при вращении вылетают спиральные струи фонтана. По своей форме спирали галактик больше всего сходны с логарифмическими спиралями — хорошо известными математическими кривыми.

Джейм Джинс, известный английский астроном, в 30-х годах текущего века высказал гипотезу, что галактики состоят из газа и при их вращении газ с экватора галактики истекает в виде спиральных струй, причем эти струи затем конденсируются в скопища звезд.

Так как доказано, что галактики в основном состоят не из газа, а из звезд, гипотеза Джинса была оставлена и пришлось искать иные объяснения. Трудность проблемы заключается в том, что процесс образования спиральных ветвей мы непосредственно не видим, все в галактиках (кроме сверхновых звезд) выглядит застывшим, как пейзаж, освещенный блеском

молнии. Остается лишь предполагать, как сложилась наблюдаемая структура галактик.

Галактики вращаются, но не как твердые тела, и не так, как обращаются планеты вокруг Солнца. От центра и до некоторого расстояния вращение это твердотельное, то есть все звезды обращаются вокруг центра с одинаковой угловой скоростью. Далее от центра угловые скорости звезд убывают, и движение напоминает обращение планет вокруг Солнца. Это, как его называют, дифференциальное вращение должно полностью «размывать» спиральные узоры галактик. Хотя периоды вращения галактик (имеется в виду зона твердотельного вращения) измеряются сотнями миллионов лет, возраст звездных систем считается значительно большим и для нашей галактики оценивается примерно в 15 миллиардов лет. Значит, или спиральная структура галактик — кратковременное явление, или существует какой-то другой особый механизм, при котором спиральная структура сохраняется, несмотря на дифференциальное вращение.

Еще в 30-х годах текущего столетия шведский астроном Б. Линдблад, а много позже (в 1964 г.) американские астрономы М. Лин и Ф. Шу предложили считать спиральный узор галактик волнами плотности, с постоянными угловыми скоростями пробегающими по звездному диску галактик. Поясним, что это значит. Если бросить камень в пруд, от места падения во все стороны побегут круговые «волны плотности». Заметьте — частицы воды не движутся вслед за волной. Любой поплавок при этом будет подниматься и опускаться на одном месте, и именно там, где пробегает волна.

Если подобный опыт проделать не в естественном пруде, а в каком-нибудь вращающемся круглом сосуде, то получится полная аналогия с галактикой — волны плотности из круговых станут спиральными.

Таким образом, спиральные ветви галактик — не постоянные детали структуры галактик, а следы «волны плотности», постоянно бегущей по галактическому диску. Хотя эта гипотеза приобретает большую популярность, в ней не все «гладко». Неясно, где возбуждается «волна плотности» — в центре галактик или на их периферии. Непонятно также, какие процессы ее порождают. Некоторые астрономы, например Б. А. Воронцов-Вельяминов, считают, что твердотельное вращение охватывает всю область ясно различимых спиральных ветвей. Именно твердотельное вращение, по его мнению, есть условие длительного существования спирального узора галактик. В то же время существуют десятки галактик, которые лишены спиральной структуры в области, близкой к их центру.

Есть, наконец, множество галактик, у которых никакой спиральной структуры вообще не наблюдается. Предлагаются и иные гипотезы, объясняющие спиральную структуру галактик. По В. А. Амбарцумяну спиральные ветви формируются из дозвездного вещества, которое составляет сердцевину галактик и при взрывах выбрасывает спиральные ветви. В дальнейшем в самих ветвях при продолжающемся распаде сверхплотного вещества образуются звезды и туманности. Эта гипотеза мало разработана, так как природа дозвездного вещества остается неясной. Есть и другие гипотезы *).

Звездные спирали ждут окончательного, общепризнанного объяснения.

ПАНОПТИКУМ ГАЛАКТИК

Существование Местной системы доказывает, что у галактик есть тенденция к сгущиванию, к образованию более крупных систем. Часто они образуют своеобразные «гнезда» галактик, внутри которых звездные системы столь близки, что между ними наблюдаются явные следы взаимодействия. Именно в таких ситуациях мы прежде всего встречаем непонятные факты.

Известна пара галактик, связанных друг с другом тонким звездным «мостом» длиной 230 000 световых лет при толщине 6000 световых лет. У одной из этих галактик есть еще один звездный «хвост», постепенно сходящий на нет. Не думайте, что такой случай — редчайшее исключение. «Мосты» и «перемычки» между галактиками встречаются часто. Широко известная галактика М 51 из созвездия Гончих Псов (рис. 33) — это, по существу, две галактики, соединенные перемычкой. Таких, очень похожих на М 51 галактик, уже обнаружено более 160.

Столь же удивительна пара галактик VV 224, названная «Мышками» (рис. 34). Обе они имеют хвосты, причем больший из них достигает в длину 9000 световых лет при ширине не менее 800 световых лет.

Менее всего эти хвосты похожи на типичные приливные выступы. Наоборот, создается впечатление, что между галактиками действуют какие-то неизвестные и очень мощные силы отталкивания.

В 1977 г. Б. А. Воронцов-Вельяминов опубликовал «Атлас взаимодействующих галактик», где приведено свыше 700 фотографий диковинных по форме звездных систем. У многих из них заметны выступы и придатки — самой причудливой

*) См. Агекян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика. — М.: Наука, 1981.



Рис. 33. Галактика М 51

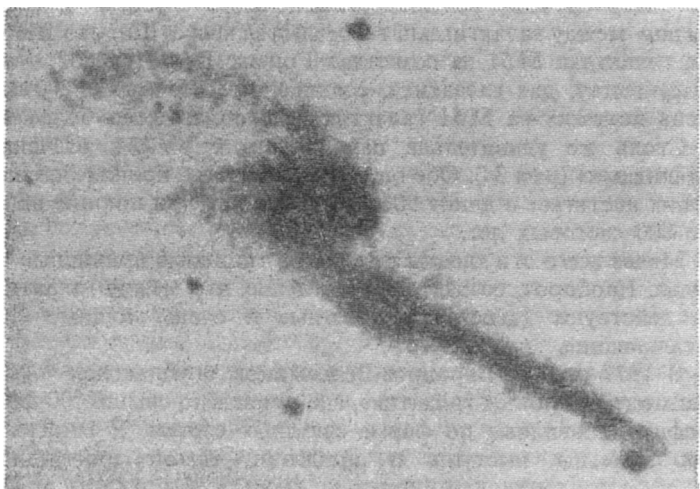


Рис. 34. Галактики «Мышки»

формы. Некоторые похожи на греческую букву «гамма». Совершенно неправдоподобными выглядят кольцевые галактики без всякого ядра, что никак не вяжется с известными законами звездной динамики. У некоторых из кольцевых галактик видны четыре кольца!

В галактике «Оса» непонятны поперечные темные полосы, придающие ей сходство с назойливым насекомым. В галактике NGC 2685 главная сигарообразная ее часть вращается вокруг длинной оси! Наконец, в клочковатой галактике М 82 из созвездия Большой Медведицы каждый увидит следы какого-то грандиозного взрыва, потрясшего эту звездную систему. И в самом деле, спектральный анализ показал, что из ядра галактики газы истекают со скоростью 1500 км/с. Подсчитано, что взрыв с энергией 10^{57} эрг произошел полтора миллиона лет назад, а то, что мы видим, напоминает мгновенную застывшую экспозицию этого не столь уж давнего для галактик события.

Долгое время среди астрономов шел спор, закручиваются или раскручиваются ветви у спиральных галактик. Спор этот утерял всякий смысл после того, как Б. А. Воронцов-Вельяминов открыл ряд спиральных галактик с ветвями, направленными (или «закрученными») в противоположные стороны.

Трудно себе представить масштаб тех исполинских процессов, которые нам удалось запечатлеть на фотографиях. Часть из них, вероятно, вызвана известными нам приливными взаимодействиями. Но экзотичность очень многих звездных систем, вероятно, порождена неизвестными нам законами природы, действующими в мегамире.

ЧУДИЩА КОСМОСА

Внешность иногда действительно оказывается обманчивой. Ну кто бы мог подумать, что слабенькие, доступные лишь достаточно крупным телескопам звездочки окажутся ярчайшими светильниками Вселенной?

Их бы и считали обычными звездами, если бы они не излучали относительно интенсивные радиоволны. К 1963 г. стали известны пять точечных источников космического радиоизлучения, сначала получивших название «радиозвезды». Однако вскоре этот термин был признан неудачным, и таинственные радиоизлучатели стали называть квазизвездными радиоисточниками, или, сокращенно, квазарами.

Исследуя спектр квазаров, астрономы убедились, что они очень далеки от Земли и принадлежат к миру галактик. Более того — постепенно выяснилось, что квазары вообще самые

далекие из доступных сегодня человеку космических объектов. Так, уже на первых порах оказалось, что расстояние до квазара 3С 273 равно двум миллиардам световых лет, причем квазар удаляется от Земли со скоростью 50 000 км/сек! Ныне известно около 1500 квазаров, причем самый далекий из них удален от нас примерно на 15 миллиардов световых лет! Заметим, что этот квазар одновременно и самый быстрый — он «убегает» от нас со скоростью, близкой к скорости света!

Когда стала очевидной почти невообразимая удаленность квазаров, возник вопрос, что это за тела (или системы тел) и почему они так ярко светят? Даже рядовой квазар излучает свет, в десятки и сотни раз сильнее, чем самые крупные галактики, состоящие из сотен миллиардов звезд. А есть и квазары, еще в десятки раз более яркие. Характерно, что квазары излучают во всем электромагнитном диапазоне от рентгеновских волн до радиоволн, причем у многих из них инфракрасное («тепловое») излучение особенно мощно. Даже средний квазар ярче 300 миллиардов солнц!

При всех этих свойствах совершенно неожиданно оказалось, что блеск квазаров испытывает заметные колебания, как у переменных звезд. Самым удивительным было то, что периоды таких колебаний подчас чрезвычайно малы — недели, дни и даже меньше. Недавно открыт квазар с периодом изменения блеска всего около 200 секунд!

Этот факт неоспоримо свидетельствовал о том, что размеры квазаров относительно невелики. В природе нет ничего быстрее света. Поэтому взаимодействие внутри любой материальной системы не может происходить быстрее 300 000 км/с. Значит, если квазар меняет как целое свой блеск, то его размеры не превышают соответствующее число световых лет, дней или часов. Говоря более ясно, любой объект, меняющий блеск с периодом в « t » лет, имеет поперечник не более « t » световых лет.

Из этого следует, что размеры квазаров очень малы и их диаметры, как правило, не превосходят несколько сотен астрономических единиц (а. е.). Напомним читателю, что поперечник нашей планетной системы равен 100 а. е., а значит, по размерам квазары сравнимы с планетной системой. Квазар с периодом в 200 секунд имеет поперечник $6 \cdot 10^{10}$ м, что вдвое меньше радиуса земной орбиты. Откуда же в таком малом объеме космического пространства берутся чудовищно большие запасы энергии?

Выяснено, что квазары могут существовать не более нескольких миллионов лет и за время своей жизни они излучают фантастическую энергию 10^{55} Дж. Однако спектр квазаров по

химическому составу мало чем отличается от спектра обычных звезд. В отдельных случаях удается различить двойственность квазаров, неоднородности их структуры. Так, вблизи квазара 3С 273 обнаружено волокно, выброшенное из квазара в результате какого-то мощнейшего взрыва. Все это свидетельствует о мощнейших взрывных процессах, и квазары предстают современным астрофизикам как объекты, «переполненные» энергией, от которой они всячески стараются освободиться.

Так что же такое квазары? Увы, определенного ответа на этот вопрос сегодня нет. Зато имеется несколько гипотез, пытающихся объяснить это «чудо» космоса. Кстати, слова «чудо» и «чудище» происходят от глагола «чудиться», т. е. удивляться. Поэтому мы и позволили себе употреблять эти несколько архаичные термины, так как вряд ли еще есть в космосе объекты, заслуживающие большего удивления, чем квазары.

По мнению одних астрономов квазары — это сверхзвезды с массой, в миллиард раз больше солнечной. В такой сверхзвезде в ходе термоядерных реакций превращения водорода в гелий могла бы за миллионы лет выделиться энергия в 10^{55} Дж. Беда в том, что по современным теоретическим представлениям, о чем уже говорилось, звезды с массой, более чем в 100 раз большей, чем у Солнца, неустойчивы.

Другие полагают, что квазары — это сверхмассивные черные дыры с массой в миллиарды солнц. Засасывание в дыру громадных масс газа могло бы, по их мнению, привести к наблюдаемому мощному энерговыделению. Многие считают квазары активными ядрами очень далеких галактик.

Следует помнить, что, наблюдая квазары, мы видим прошлое, удаленное от нашей эпохи на миллиарды лет. Любопытно, что по мере нашего продвижения в глубины мирового пространства количество открываемых квазаров сначала увеличивается, а потом уменьшается. Этот факт доказывает, что квазары — кратковременная форма существования материи. Возможно, что квазары — это фрагменты, осколки того напоенного энергией сверхплотного тела, из которого при взрыве 15–20 миллиардов лет назад образовалась наблюдаемая часть Вселенной. Так ли это на самом деле, станет ясно в будущем.

СТРУКТУРА МЕТАГАЛАКТИКИ

Метагалактикой принято называть всю наблюдаемую нами область Вселенной. До сих пор неясно, представляет ли собой Метагалактика какую-то единую материальную систему типа галактики. Зато бесспорно, что внутри нее составляющие ее звездные системы стремятся к объединению, сгущиванию. Дав-

но известны скопления или облака из галактик, состоящие из сотен, тысяч и большего числа звездных систем*). Крупнейшим телескопам уже доступны звезды до 24-й звездной величины. Отсюда следует, что с их помощью можно зарегистрировать около полутора миллиардов галактик. Подумайте только — галактик, каждая из которых, в свою очередь, состоит из миллиардов звезд!

Сегодня известно около 4000 скоплений галактик. В среднем поперечник каждого из них близок к 24 миллионам световых лет. Таким «средним» поперечником обладает ближайшее из облаков галактик, которое видно в созвездии Девы. Расстояние до него составляет почти 40 миллионов световых лет. На земном небе оно занимает весьма значительную площадь ($40 \times 40^\circ$) и в него, кроме 203 сравнительно ярких галактик, входят еще тысячи гораздо более слабых. Среди них есть и спиральные, и эллиптические, но главным образом — неправильные звездные системы.

Другое огромное облако галактик из созвездия Волосы Вероники включает в себя более 30 000 звездных систем. Есть участки неба, где на площади в 36 квадратных градусов сосредоточено 113 облаков галактик, в которых различимо более 120 000 звездных систем! В других местах неба замечены облака галактик, имеющие плотность 220 032 галактики на один квадратный градус! Попробуйте, если сможете, представить себе это множество миров и оценить по достоинству эту картину.

Давно замечено, что яркие галактики образуют на небе полосу вроде Млечного Пути, которая, кстати, и получила наименование «Млечный Путь галактик». Как считает французский астроном Ж. Вокулер, это явление вызвано существованием Галактики галактик, то есть колоссальной материальной системы, гораздо большей, чем любое из облаков галактик. По его подсчетам Галактика галактик или Сверхгалактика по форме напоминает сплюснутую чечевицу диаметром около 100 миллионов световых лет. Ее центр находится в созвездии Девы и отстоит от Местной системы почти на 30 миллионов световых лет. Общая масса Сверхгалактики составляет тысячу триллионов (10^{15}) масс Солнца, причем наша Галактика совершает облет центра Сверхгалактики за 100 миллиардов лет!

Не все астрономы разделяют выводы Вокулера, хотя уже найдено около 50 сверхскоплений, каждое из которых состоит из несколько десятков крупных облаков галактик!

При таком множестве галактик, казалось бы, мы вправе ожидать, что они встречаются повсеместно и мировое про-

*) См. Агеян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика. — М.: Наука, 1981.

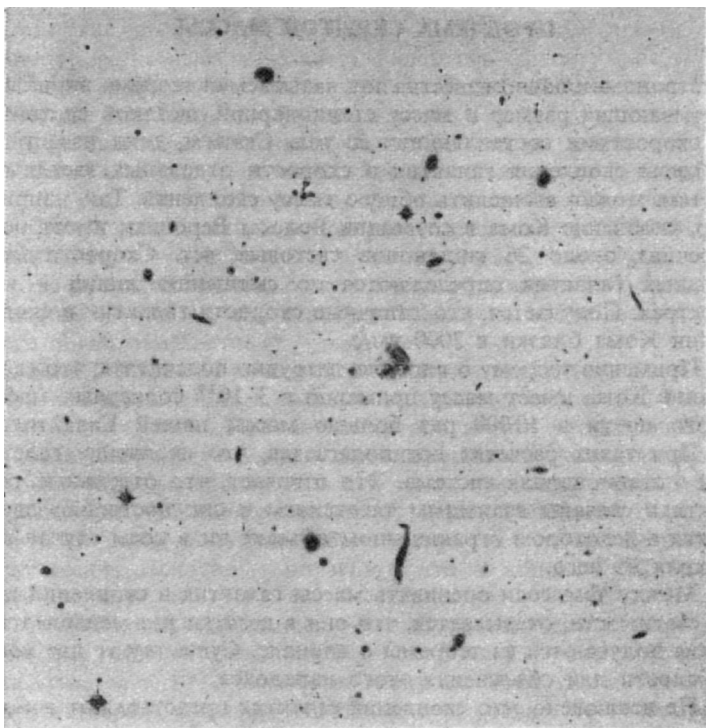


Рис. 35. Скопление галактик в созвездии Геркулеса

странство в пределах Метагалактики равномерно заполнено ими. На самом деле это не так. В последние годы выяснилось, что крупномасштабная структура Метагалактики ячеистая. Группы, скопления и сверхскопления галактик расположены главным образом в сравнительно тонких слоях или цепочках. Слои и цепочки пересекаются, соединяются друг с другом и образуют колоссальные ячейки неправильной формы, внутри которых галактик практически нет.

Размеры ячеек трудно представимы. Их стороны тянутся на сотни миллионов световых лет. Внешне картина несколько напоминает пчелиные соты, если, конечно, позабыть о масштабах: стенки этих «сот» состоят из сверхскоплений галактик. Предпринимаются попытки объяснить происхождение ячеистой структуры Метагалактики. К чему они приведут, сказать пока трудно. Бесспорно одно: вещество в Метагалактике распределено далеко не равномерно и о ее «однородности» можно говорить только в среднем.

ПРОБЛЕМА СКРЫТОЙ МАССЫ

В астрономии давно известна так называемая теорема вириала, связывающая размер и массу стационарной звездной системы со скоростями составляющих ее тел. Скажем, если известны размеры скопления галактик и скорости отдельных звездных систем, можно вычислить общую массу скопления. Так, например, скопление Кома в созвездии Волосы Вероники имеет поперечник около 26 миллионов световых лет. Скорости отдельных галактик определяются по смещению линий в их спектрах. Получается, что типичные скорости галактик в скоплении Кома близки к 2000 км/с.

Применив теорему о вириале, нетрудно подсчитать, что скопление Кома имеет массу примерно в $3 \cdot 10^{15}$ солнечных масс, а это почти в 10 000 раз больше массы нашей Галактики.

При таких расчетах предполагается, что скопление галактик — стационарная система. Это означает, что отдельные галактики связаны взаимным тяготением и они постоянно движутся в некотором ограниченном объеме, ни в коем случае не выходя из него.

Между тем, если оценивать массы галактик в скоплении по их светимости, оказывается, что они в десятки раз меньше тех, какие получаются из теоремы о вириале. Существуют две возможности для объяснения этого парадокса.

Не исключено, что скопления галактик представляют собой нестационарные, распадающиеся системы; тогда теорема вириала к ним неприменима и, следовательно, завышенные оценки масс просто неверны.

Вторая возможность состоит в том, что система галактик устойчива, стационарна. Тогда в них должна находиться «скрытая масса», составляющая примерно 90 % общей массы скоплений, но пока непосредственно не наблюдаемая. Первая точка зрения была высказана акад. В. А. Амбарцумяном и его коллегами еще в 50-е годы. Она вполне соответствует его общей концепции — мы живем в нестационарной, взрывающейся Вселенной, где повсюду наблюдаются взрывы, распад разной мощности — от вулканических извержений на планетах и их спутниках — до взрывов в ядрах галактик.

Не исключено, что все эти взрывы связаны с взрывом всей Метагалактики, который 15—20 миллиардов лет назад положил начало расширению и разлету всей наблюдаемой системы галактик.

Наша Галактика, как известно, — одна из звездных систем, образующих Местную систему. Если к Местной системе применить теорему о вириале, получается, что и наша Галактика

имеет исполинскую корону, в десятки раз по массе превосходящую ту давно известную часть Галактики, которую мы знаем по непосредственным наблюдениям. Такие же массивные короны должны быть и у других галактик. По оценкам сторонников предлагаемой гипотезы «скрытой массы», масса короны нашей Галактики превышает массу Солнца в триллионы (10^{12}) раз. Эта сферическая корона якобы простирается от центра галактики во все стороны примерно до 300 000 световых лет.

Но при всей грандиозности таких образований короны галактик, мы повторяем, непосредственно не наблюдаются. Из чего тогда они состоят?

Если бы короны состояли из обычных звезд, хотя бы в тысячи раз уступающих в светимости Солнцу, их удалось бы заметить в телескоп. Некоторые предполагают, что короны состоят из множества очень маленьких и почти погасших звезд. Однако прямые доказательства такого утверждения отсутствуют. Если бы невидимая корона нашей Галактики была газовой, ее, вероятно, удалось бы обнаружить с помощью радиотелескопов. Некоторые полагают, что в короне есть много черных дыр.

В 70-х годах выяснилось, что скопление Кома сплошь заполнено горячим межгалактическим газом. Его температура оценивается в 100 миллионов градусов. Этот газ интенсивно испускает рентгеновское излучение, и его масса по некоторым оценкам близка к $3 \cdot 10^{15}$ солнечных масс. Как, вероятно, заметил читатель, эта оценка массы близка к той, которая получается из теоремы о вириале. Может быть, в других случаях удастся так же успешно непосредственно найти «скрытую массу»?

В 1980 г. группа советских физиков во главе с В. А. Любимовым нашла, что элементарная частица нейтрино имеет массу, примерно в 30 000 раз меньшую массы электрона. Результаты эти пока не подтверждены и не общеприняты. Но если и в самом деле нейтрино «весомо», это очень существенно изменит наши представления о Вселенной. В таком случае «скрытые массы» могут состоять из нейтрино, и получается, что мы живем в нейтринном «океане», составляющем примерно 90% от всей массы Вселенной.

Другое решение проблемы — распадающиеся системы галактик, которые произошли в результате взрывов гипотетического, начиненного энергией «дозвездного вещества». При любом решении проблемы «скрытой массы» наши представления о Вселенной претерпят коренные изменения.

АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

В окружающем нас мире «все течет, все изменяется». Это касается и громадных, порой трудно представимых космических тел и их систем. Подчиняются общей участи и микрочастицы, большинство которых распадается за ничтожные доли секунды. Следы изменения, рождения и смерти мы видим повсюду и в обычной земной обстановке, и в самих себе. Неумолимому бегу времени, казалось бы, подчиняется все сущее. Но это не так.

Физикам давно известны величины, именуемые физическими константами или постоянными. К ним, например, принадлежит гравитационная постоянная — коэффициент пропорциональности в общеизвестном законе всемирного тяготения. В 1795 г. английский физик Кавендиш в эксперименте определил ее численное значение. От величины этой постоянной зависит взаимодействие всех космических тел и многое другое.

Существенное значение имеют и другие «мировые константы». К ним, в частности, относятся масса протона, заряд электрона, постоянная Планка и другие. Все их можно, кстати сказать, сделать безразмерными, о чем подробно рассказано в интересной книге И. Л. Розенталя «Элементарные частицы и структура Вселенной» (М.: Наука, 1984). В ней же рассказано, что подробнейший анализ роли мировых констант в последнее время привел к поразительному выводу: структура Вселенной весьма чувствительна к численным значениям этих постоянных. Стоит их изменить всего в несколько раз, и Вселенная изменится настолько, что существование человека (да и вообще жизни) станет невозможным. В некоторых случаях «чувствительность» Вселенной к изменению констант просто поразительна. Так, например, достаточно изменить так называемую константу сильного взаимодействия всего на несколько процентов, чтобы Вселенная состояла только из гелия, а более тяжелых элементов в ней попросту не было бы.

Таким образом, факты говорят о том, что Вселенная устроена удивительно удобно для человека. При несколько ином наборе констант наблюдатель не мог бы и возникнуть. В этом заключается так называемый «антропный принцип», впервые сформулированный четверть века назад.

Почему же Вселенная так «удобна» для человека?

Вероятно, у читателя возник и другой вопрос: если Вселенная так чувствительна к численным значениям мировых констант, то не могут ли эти константы вдруг (или постепенно) измениться и Вселенная станет неприемлемой для жизни человека?

Были проведены самые тщательные исследования постоянства постоянных, и сегодня с полной определенностью можно утверждать: в пределах самой высокой точности измерений ни одна из мировых констант не обнаружила признаков каких-либо перемен. Они действительно оказались эталонами неизменности и постоянства в быстротекущей реке времен.

Было бы, конечно, по меньшей мере наивным предполагать, что природа «выбрала» мировые константы специально для нас. Гораздо естественнее думать, что возможны и иные «вселенные» с набором других констант, причем, быть может, большинство из этих «вселенных» не содержат «наблюдателей».

В современной науке все шире распространяется идея о множественности Вселенных. Конкретно это можно, например, представить так.

Большинство современных астрофизиков разделяют идею Фридмана — Эйнштейна о замкнутой и расширяющейся Вселенной *). Она мыслится как некий аналог поверхности шара, аналог четырехмерный, так как замкнутая Вселенная — гиперсфера, то есть сфера в четвертом измерении. Нам, трехмерным существам, представить это себе невозможно, но понять, о чем идет речь, по аналогии с обычным шаром, каждый в состоянии.

Так вот, ничто не мешает нам мыслить, что в четырехмерном пространстве существует множество не связанных между собой гиперсфер, каждая из которых (как и наша) с полным основанием может быть названа Вселенной. Иногда все эти гиперсферы называют Метагалактиками, а под Вселенной понимают вообще все существующее (так поступает, например, И. Л. Розенталь). Терминология тут пока не установилась, и вслед за другими авторами мы все сущее будем обозначать словом Мир.

Итак, Мир может быть набором множества гиперсфер с разными константами в бесконечном евклидовом четырехмерном пространстве. Неким подобием могло бы служить множество обычных пузырей на гладкой поверхности воды.

Вполне мыслимы и иные, более усложненные варианты множества «вселенных». В одной из них живем и мы, и называем эту Вселенную нашей. О том, есть ли другие населенные вселенные, и связаны ли они каким-либо образом с нашей, можно лишь гадать. Одно бесспорно — на авансцену современной астрономии в последние годы вышла проблема возникнове-

*) См. Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. — М.: Наука, 1983.

ния нашей Вселенной. Тем самым получила признание древняя идея множественности вселенных, и необъятный материальный мир предстал перед современным человечеством во всей своей неисчерпаемости. Но есть и определенные издержки бесконечности.

В тридцатых годах текущего века большой популярностью пользовался у нас в стране журнал «Хочу все знать». В ту пору многим это желание казалось вполне исполнимым. Сейчас более уместен, вероятно, был бы журнал «Не хочу все знать».

В самом деле — громадный поток всевозможной информации обрушивается на современное человечество. Чтобы от нее был толк, информацию надо осмыслить, обработать и направить в русло практического использования. А это далеко не просто.

Одно время многие ученые думали (а некоторые разделяют эту точку зрения и теперь), что основные законы природы известны, главное о Мире мы знаем и остается уточнить детали.

Грандиозная картина множественности вселенных убеждает в обратном. Мир поистине неисчерпаем, и не только на уровне явлений, но и на уровне законов. По этой причине наука никогда не «окончится» и человечеству предстоит бесконечный путь познания неисчерпаемо сложной реальности.

Общеизвестно, что каждая решенная проблема рождает десяток новых. И это понятно — чем больше круг знания, тем длиннее его окружность, то есть граница соприкосновения с неизвестным. Поэтому отбор информации, подлежащей исследованию, уже сегодня является самой насущной необходимостью.

Давно уже существует нелепая ситуация, при которой ученые и инженеры предпочитают сами решать проблемы вместо того, чтобы в океане научной информации отыскивать, может быть, уже готовые ее решения. Из-за этого только в США убытки от повторных открытий составляют миллиарды долларов в год.

С другой стороны, в сегодняшнем мире ежегодно издаются миллионы статей и препринтов. В библиотеке им. В. И. Ленина есть множество книг, никогда не востребованных ни одним читателем. Подробно вся эта ситуация рассмотрена в прекрасной книге В. С. Барашенкова «Существуют ли границы науки?» (М.: Мысль, 1982).

Ясно, что в ближайшее время, чтобы не захлебнуться в избытке знаний, надо изменить сам способ научного познания. Для этого, кроме широкого применения ЭВМ, предлагается,

как об этом пишет В. С. Барашенков, и ряд других мер. Вероятно, развитие цивилизации пойдет путем качественного самоизменения, а не чреватой бедами неограниченной экспансии «вширь».

Познание Мира никогда не прекратится. Еще 2500 лет назад древнегреческий философ Анаксагор утверждал, что целью жизни человека является теоретическое познание и происходящая отсюда свобода. Неисчерпаемости материального мира соответствует принципиальная возможность его познания человеком. И на этом пути можно преодолеть все «издержки бесконечности».

Феликс Юрьевич Зигель
АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
МОЗАИКА

Редакторы *И. Е. Рахлин и М. Ю. Шевченко*
Художник *Т. Ф. Константинова*
Художественный редактор *Г. М. Коровина*
Технический редактор *Е. В. Морозова*
Корректор *Т. С. Вайсберг*

ИБ № 12590

Сдано в набор 18.03.86. Подписано к печати 23.01.87. Т-05226.
Формат 84 × 108/32. Бумага кн. журн. офс. Гарнитура таймс.
Печать высокая. Усл. печ. л. 9,24. Усл. кр.-отт. 9,66. Уч.-изд. л. 10,18.
Тираж 172 000 экз. Заказ № 343. Цена 30 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного
Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение
«Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136,
Чкаловский пр., 15

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

СЕРИЯ «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО
ПРОГРЕССА»

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

Амнуэль П. Р. Небо в рентгеновских лучах. — 224 с., 80 к., 42 000 экз., 1984.

Вильковиский Э. Я. Квазары и активность ядер галактик. — 174 с. — 65 к. 36 000 экз., 1985.

Гребеников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет. — 2-е изд., перераб. и доп. — 224 с. — 80 к., 100 000 экз., 1984.

Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной. — 3-е изд., перераб. и доп. — 224 с — 80 коп., 100 000 экз., 1984.

Климишин И. А. Астрономия наших дней. — 3-е изд., перераб. и доп. — 556 с. — 2 р. 30 к., 55 400 экз., 1986.

Маров М. Я. Планеты Солнечной системы. — 2-е изд., перераб. и доп. — 320 с., 1 р. 20 к., 50 000 экз., 1986.

Псковский Ю. П. Новые и сверхновые звезды. — 2-е изд., перераб. и доп. — 208 с. — 70 к., 46 000 экз., 1985.

Симоненко А. Н. Астероиды. — 208 с. — 65 к., 31 000 экз., 1985

Книги можно приобрести в магазинах Книготорга и Академ-
книги, распространяющих научно-техническую литературу.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас. — 2-е изд., перераб. и доп. — 286 с. — 60 к. 192 000 экз., 1985.

Популярный рассказ о жизни и научной деятельности одного из крупнейших ученых XVIII—XIX веков Пьера Симона Лапласа, предложившего широко известную гипотезу происхождения Земли и планет. Образ Лапласа воссоздан на широком историческом фоне бурной эпохи Франции того времени.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей естествознания.

Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. — 3-е изд., перераб. — 384 с. — 2 р., 100 000 экз., 1984.

Посвящена центральной проблеме астрономии — физике звезд. Автор увлекательно рассказывает о процессе образования звезд, их развитии и заключительном этапе эволюции, связанной с такими интереснейшими объектами как пульсары, рентгеновские звезды и черные дыры.

Для старшеклассников, студентов вузов, любителей астрономии, лекторов, специалистов в области смежных наук.

Книги можно приобрести в магазинах Книготорга и Академкниги, распространяющих научно-техническую литературу.

30 коп.