

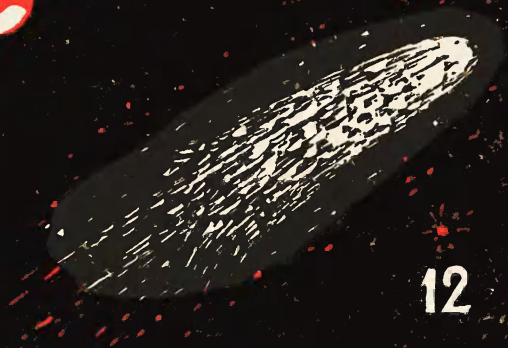


**В С Е Л Е Н**

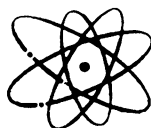
**Н А Я**

**В О К Р У Г**

**Н А С**



# ВСЕЛЕННАЯ ВОКРУГ НАС



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»,  
МОСКВА  
1965

**НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР —  
ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК,  
ПРОФЕССОР К. А. КУЛИКОВ**

*О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИГЕ*

Солнце — центр нашей планетной системы — канд. физ.-мат. наук <i>Э. В. Кононович</i> . . . . .	5
Планета Земля — канд. пед. наук <i>Ф. Ю. Зигель</i> . . . . .	22
Движение полюсов Земли по ее поверхности — докт. физ.-мат. наук <i>К. А. Куликов</i> . . . . .	35
Луна — докт. физ.-мат. наук <i>К. А. Куликов</i> . . . . .	41
Планеты солнечной системы — докт. физ.-мат. наук <i>В. В. Шаронов</i> . . . . .	52
Спутники планет — канд. пед. наук <i>Ф. Ю. Зигель</i> . . . . .	66
Малые тела солнечной системы — канд. пед. наук <i>Ф. Ю. Зигель</i> . . . . .	72
Межзвездная среда — <i>Л. М. Озерной</i> . . . . .	79
Мир звезд — докт. физ.-мат. наук <i>А. Г. Масевич</i> . . . . .	90
Галактика — докт. физ.-мат. наук <i>Т. И. Агекян</i> . . . . .	107
Вселенная за пределами Галактики — докт. физ.-мат. наук <i>Б. А. Воронцов-Вельяминов</i> . . . . .	123
Жизнь во Вселенной — <i>Л. П. Голосницкий</i> . . . . .	133

Редактор *И. Б. Шустова*  
Худож. редактор *Т. И. Добровольнова*  
Техн. редактор *А. С. Ковалевская*  
Корректор *В. Н. Никитина*  
Обложка *А. И. Олевского*

---

Сдано в набор 17.IX 1965 г. Подписано к печати 16.XI 1965 г. Изд. № 100.  
Формат бум. 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 4,75. Печ. л. 9,5. Уч.-изд л. 8,78.  
А01556. Цена 29 коп. Тираж 10 600 экз. Заказ 3203.

Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

---

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

---

**В** ОКРУЖАЮЩЕЙ НАС Вселенной, именуемой иначе космосом, материя существует в самых разнообразных формах.

Чаще всего встречаются звезды, то есть колоссальные самосветящиеся раскаленные газовые шары, подобные Солнцу. Массы звезд огромны — они в сотни тысяч раз превышают массу земного шара. Именно благодаря огромным массам звезды и являются почти неисчерпаемыми источниками энергии.

В солнечной системе есть тела промежуточной природы, которые совмещают в себе качества звезды и планеты. Это планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Они в основном состоят из легких элементов (преимущественно водорода). Однако для того чтобы быть звездами, им не хватает массы — даже у Юпитера масса в тысячу раз меньше массы Солнца. Хотя в центре этих планет и давления, и температуры должны быть высокими, все же стать самосветящимися они не могут. Тем более не может быть звездой тело, по массе близкое к Земле.

От планет типа Земля имеется непрерывный переход к малым планетам, а через них к метеоритам и мельчайшей твердой космической пыли, рассеянной в межпланетном пространстве.

Исполинские по масштабам облака твердой космической пыли наблюдаются и в межзвездном пространстве, где они возникают, возможно, при конденсации не менее огромных облаков межзвездного газа и газовых туманностей.

Вселенную пронизывает излучение звезд и других небесных тел. Потоки света (видимого и невидимого) наполняют космос. Это тоже материя, но материя, отличная по природе, например от межзвездного газа. Потоки электромагнитных волн самой различной длины, составляющие излучение, переносят энергию от одного небесного тела к другому.

Со всех сторон приходят на Землю космические лучи — потоки чрезвычайно быстрых частиц, главным образом протонов. Ни происхождение, ни свойства их окончательно еще не выяс-

нены. В космосе проявляются не только силы тяготения, но также электрические и магнитные силы.

Материя в процессе саморазвития иногда порождает жизнь — высшую форму своего существования. Нет сомнений, что наша Земля — не единственное космическое тело, на котором существует жизнь. Есть все основания полагать, что во Вселенной великое множество обитаемых миров, а среди них достаточное количество инопланетных цивилизаций.

Вселенная бесконечно многообразна. Проникая все дальше в ее бездонные глубины, астрономия открывает не только новые небесные тела, но, по-видимому (например, в мире галактик), и новые, ранее не известные законы природы. Такой прогресс знаний, особенно быстро идущий в наше время, безграничен, как безгранична и сама Вселенная.

---

## СОЛНЦЕ — ЦЕНТР НАШЕЙ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ

**П**РЕДСТАВЬТЕ СЕБЕ группу людей, скажем, жителей какого-нибудь города. Среди них обязательно найдутся люди высокие и низкие. Однако большинство окажется среднего роста. Так же точно мы встретим много стариков, детей, но большая часть людей будет среднего возраста и в расцвете своих творческих сил. Нечто подобное происходит и среди звезд. В нашем «звездном городе» — Галактике свыше 100 миллиардов «жителей», среди которых Солнце — типичная звезда среднего «роста» и среднего возраста.

Из какой-нибудь другой галактики наш Млечный Путь выглядит примерно так, как нам представляется туманность Андромеды. Расстояние до этой туманности настолько велико, что даже в самые мощные телескопы нельзя в ней различить звезды, похожие на Солнце. Так же точно при наблюдении нашей Галактики из какой-нибудь другой звездной системы удалось бы различить только самые яркие звезды, подобно тому, как в толпе легче заметить наиболее высоких людей. Излучение же всех остальных звезд сольется в слабое туманное сияние.

Солнце «живет» не в центре и не на окраине Галактики, а где-то в середине, примерно вдвое дальше от центра, чем от края.

Наблюдатель, находящийся на краю нашей Галактики, смог бы увидеть Солнце только в мощный телескоп. Но с ближайшей к нам звезды оно уже казалось бы таким же ярким объектом, как, например, Бега или более похожая на него по цвету Капелла.

В пределах нашей планетной системы Солнце не только самое яркое светило, но и самое крупное тело. Его масса примерно в тысячу раз больше массы всех планет, вместе взятых. По этой причине Солнце оказывает исключительное влияние на

движение всех тел нашей планетной системы. Своим притяжением оно заставляет планеты, метеоритные частицы и даже отдельные атомы обращаться вокруг себя.

Планеты стремятся «уйти» от Солнца по прямой. Но вследствие взаимного притяжения они вынуждены непрерывно «падать» на него. В результате получается движение по замкнутому пути (орбите), очень близкому к окружности. Для самой далекой планеты — Плутона в каждую секунду падение на Солнце составляет всего лишь 2 микрона! Однако этого оказывается достаточным, чтобы Плутон обращался вокруг Солнца, совершал полный оборот почти за 250 лет.

Плутон в 40 раз дальше от Солнца, чем Земля. Можно считать, что это уже окраина нашей планетной системы. Отсюда Солнце покажется таких же размеров, как Венера при наблюдении с Земли, то есть в виде яркой точки — звезды. Только после того как мы в 2—3 раза приблизимся к Солнцу, можно будет заметить невооруженным глазом, что оно не точка и обладает заметным диаметром.

Однако количество света, приходящее к Плутону от этой «точки», в миллион раз больше, чем попадает на Землю от Венеры. Поэтому с Плутона, так же как и с Земли, нельзя смотреть на Солнце незащищенным глазом, не рискуя испортить зрение. Солнце освещает поверхность этой наиболее удаленной планеты примерно в 250 раз сильнее, чем Луна освещает Землю в полнолуние.

### **Что мы видим на Солнце**

Разумеется, все хорошо знают, как выглядит Солнце с Земли. Однако скажите, каков его видимый диаметр, цвет, бывают ли заметны на его поверхности какие-нибудь подробности?

Когда вы попытаетесь ответить на эти вопросы, то совершенно неожиданно для себя обнаружите, что хотя часто бывают солнечные дни, по-настоящему Солнца вы почти никогда



Рис. 1. Солнце находится не в центре и не на краю, а где-то в средней части нашей Галактики, приблизительно в два раза дальше от центра, чем от края. Его примерное место в Галактике отмечено крестиком.

не видели. Нам удастся смотреть на Солнце только во время заката или восхода, когда оно вблизи горизонта. Тогда Солнце кажется нам ярко-красным, потому что голубые и синие лучи очень сильно поглощаются земной атмосферой.

Однако, если внимательно наблюдать отражение Солнца в спокойной воде, когда оно проглядывает сквозь легкие облака, можно заметить, что Солнце белого цвета и примерно такого же размера, как полная Луна. Очень редко невооруженным глазом удастся увидеть на нем едва заметные темные точки — пятна.

Когда на Солнце особенно много таких пятен, что более или менее регулярно повторяется в среднем через каждые 11 лет, на Земле происходит много неожиданных явлений. Внезапно нарушается радиосвязь на коротких и

средних волнах, возникают так называемые магнитные бури, во время которых стрелка компаса начинает колебаться, в полярных широтах появляются причудливой формы разноцветные сияния, порой напоминающие занавеси, драпри или просто похожие на светящиеся облака.

С помощью телескопа можно обнаружить, что каждое пятно представляет собой сложное образование: темное округлое ядро, окруженное менее темной полутенью, состоящей из множества радиально вытянутых волокон. Иногда пятна образуют целые группы, в которых, как правило, выделяются своими размерами два главных пятна: одно — на восточной, другое — на западной стороне группы. Кроме того, в телескоп видно, что поверхность Солнца покрыта сетью мелких ячеек — гранул, похожих на рассыпанные рисовые зерна.

В редкие моменты полных солнечных затмений наше дневное светило выглядит совсем иначе. Когда Луна целиком закрывает диск Солнца, совершенно неожиданно вокруг ее черного диска вдруг вспыхивает серебристо-жемчужное сияние самых верхних слоев солнечной атмосферы — солнечная корона.

Внешний вид короны бывает различен. Иногда она округлая, иногда вытянутая. Часто в ней наблюдаются отдельные прямые или изогнутые лучи, простирающиеся на расстояние в несколько солнечных радиусов. Непосредственно вблизи само-

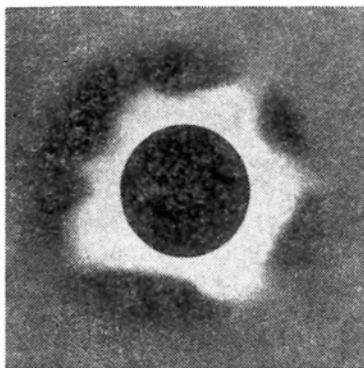


Рис. 2. Полное солнечное затмение.



го края Луны видно блестящее розовое кольцо — хромосфера. Это также один из слоев солнечной атмосферы.

Над хромосферой иногда наблюдаются яркие выступы — протуберанцы. Как только кончается полная фаза затмения, корона, хромосфера и протуберанцы сразу же перестают быть видимыми. Они светятся слишком слабо, чтобы их можно было заметить на ярком фоне дневного неба.

Особенно интересную картину увидит наблюдатель, находящийся на Луне. На нашем естественном спутнике, по-видимому, совсем нет сколько-нибудь ощутимой атмосферы. Поэтому днем небо там совсем черное. С Луны даже вблизи Солнца видны яркие немерцающие разноцветные звезды. Конечно, наблюдателю на Луне Солнце покажется еще ослепительнее, чем с Земли. Однако если чем-нибудь заслонить яркий диск Солнца или зайти в тень от скалы, вокруг него можно заметить далеко простирающуюся корону. Она постепенно переходит в длинное вытянутое вдоль эклиптики<sup>1</sup> пирамидальное свечение.

Это свечение можно наблюдать и на Земле в низких южных широтах вскоре после захода или незадолго до восхода Солнца.

### **Солнце — источник жизни**

Для живых существ на Земле особенно важно огромное количество энергии, получаемой от Солнца. Мощность этой энергии, приходящаяся на каждый квадратный метр освещенной Солнцем земной поверхности, около 1,3 киловатта, что составляет почти 2 лошадиные силы. Вся освещенная Солнцем половина земного шара получает в миллион раз больше энергии, чем могли бы производить все электростанции мира, работающие на полную мощность.

Отсюда видно, какую пользу могло бы принести человечеству использование солнечной энергии. Этой проблемой заняты многие научно-исследовательские институты. Постоянно происходящее расширение производства и рост промышленности требуют все больших энергетических ресурсов. Вместе с тем, за исключением гидростанций и незначительного количества установок, использующих энергию ветра, всюду сжигается ценное ископаемое горючее — каменный уголь и нефть. По сути дела, при этом используется законсервированная в древние времена солнечная энергия. Растения первобытных лесов, из которых образовался каменный уголь, микроскопические организмы, из которых получилась нефть, ассимилировали (усвоили) энергию солнечного света, которая выделяется теперь в топках электростанций и в цилиндрах автомобилей.

<sup>1</sup> Эклиптика называется путь среди звезд, который в течение года совершает на небе Солнце.

Солнечная энергия усваивается зелеными листьями растений, где в зернах особого вещества — хлорофилла — происходит фотосинтез — превращение углекислого газа и воды в органические вещества. Для нормальной жизни животных также необходима солнечная энергия, которую они получают как непосредственно, так и усваивая энергию, накопленную в пище.

Но, пожалуй, самое важное то, что состояние земной атмосферы, столь благоприятное для развития жизни, всецело определяется солнечным излучением.

Воздух атмосферы Земли в среднем поглощает около 20 процентов проходящего через него солнечного излучения. За счет этой поглощенной энергии в атмосфере устанавливается определенный, меняющийся с высотой тепловой режим и возникают различные движения воздушных масс (ветры).

Нижняя атмосфера до высоты примерно 30—70 километров условно разделяется на две части. Примыкающий к земной поверхности слой толщиной около 10 километров называется тропосферой. Здесь происходят явления, от которых зависит погода на Земле: конденсация водяных паров, образование облаков, возникновение ветров. Воздействие Солнца на тропосферу в основном сказывается в нагревании воздуха, воды и суши. Вода под действием солнечных лучей испаряется. От нагревающейся твердой поверхности Земли поднимаются струи теплого воздуха, на место которых опускаются холодные воздушные массы. Это явление называется конвекцией. Кроме таких вертикальных течений, из-за неравномерности нагревания воздуха в различных местах Земли возникают значительно более массивные воздушные течения — ветры.

Таким образом, энергия ветра, используемая в ветродвигателях, фактически тоже преобразованное солнечное излучение.

В тропосфере, по мере подъема вверх, температура быстро падает, примерно на 6,5 градуса на каждый километр. Но это происходит только до высоты около 10 километров. На высотах от 10 до 70 километров температура постоянна (примерно минус 50 градусов). Здесь отсутствуют вертикальные течения. Этот слой называется стратосферой. Здесь, примерно на высоте от 20 до 30 километров, содержится очень много озона — особого видоизмененного состояния кислорода. В отличие от обычного кислорода, молекула которого содержит два атома кислорода, молекула озона состоит из трех атомов кислорода.

Присутствие в воздухе озона создает приятное ощущение свежести после грозы. Обычно на уровне моря озона очень мало: на каждые 100 миллионов молекул воздуха приходится приблизительно две молекулы озона. На высоте 20 километров, где содержание озона максимально, его примерно в 10 раз больше. Выше концентрация озона медленно убывает, уменьшаясь на высоте 30 километров в 4 раза.

Общее количество содержащегося в атмосфере озона очень мало. Если бы его удалось сконцентрировать у поверхности Земли, то получился бы слой толщиной в 2—3 миллиметра! Однако, несмотря на столь ничтожное количество, озон играет исключительно важную роль в создании условий, благоприятных для жизни на Земле.

Дело в том, что Солнце наряду с видимыми лучами испускает не воспринимаемые человеческим глазом ультрафиолетовые лучи. Каждый квант («порция») этих лучей обладает очень большой энергией. Озон обладает свойством сильно поглощать ультрафиолетовые солнечные лучи. Если бы эти «энергичные» лучи достигли поверхности Земли, они сожгли бы все живое. Даже ничтожная их доля, которой все же удается пройти через земную атмосферу, вызывает загар и может привести к сильным ожогам, если неосторожно принимать слишком много солнечных ванн.

Озон «спасает» все живое на Земле. Благодаря ему энергия солнечных ультрафиолетовых лучей идет на нагревание верхних слоев земной атмосферы, а также на образование самого защитного слоя озона. Солнечная энергия, поглощаемая озоном, в основном идет на увеличение тепловых движений молекул. В результате на высоте от 30 до 50 — 60 километров температура стратосферы возрастает, достигая примерно нуля градусов Цельсия. Под действием наиболее энергичных ультрафиолетовых лучей молекулы кислорода распадаются на отдельные атомы. Образующийся при этом атомарный кислород очень быстро соединяется с оставшимися молекулами кислорода и создает озон. В самых верхних слоях стратосферы температура снова резко падает, примерно до минус 70 градусов.

С высоты 70 километров температура воздуха снова растет; здесь интенсивно идет процесс распада молекул кислорода и азота на отдельные атомы. Воздух постепенно переходит в ионизованное состояние, образуя так называемую ионосферу. На высотах примерно от 70 до 320 километров степень ионизации земной атмосферы постепенно увеличивается также за счет поглощения жесткого ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца.

Наконец, на расстоянии 500—1000 и 20—30 тысяч километров от поверхности Земли с помощью ракет и искусственных спутников обнаружены два так называемых радиационных пояса. Это области повышенной концентрации частиц с очень большой энергией. По-видимому, здесь магнитное поле Земли ускоряет частицы, образующиеся в результате особых явлений, происходящих на Солнце.

Не будь Солнца, наша Земля выглядела бы совсем по-другому, и ныне существующая форма жизни оказалась бы абсо-

лютно невозможной. Земля была бы окутана мраком, и на ней царил бы сильный холод. Воздух был бы в жидком или даже в твердом состоянии.

### **Солнечные лучи видимые и невидимые**

Кроме видимых, а также поглощаемых земной атмосферой невидимых ультрафиолетовых лучей, Солнце излучает много невидимых инфракрасных (тепловых) лучей. Они тоже частично поглощаются атмосферой, а частично проходят через нее и нагревают поверхность Земли.

Если измерить полное количество энергии, проходящей за 1 минуту через перпендикулярную к солнечным лучам площадку в 1 квадратный сантиметр, расположенную на границе земной атмосферы, то получится величина, которую принято называть солнечной постоянной. Она равна почти 2 калориям. Если учесть расстояние до Солнца (почти 150 миллионов километров) и его диаметр (немногим менее 1400 тысяч километров), то легко рассчитать, что поверхность Солнца имеет температуру около 6 тысяч градусов.

Однако видимые, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи — это не все, что приходит к нам от Солнца, являющегося также мощным источником радиоизлучения, которое можно зарегистрировать специальными приборами — радиотелескопами (об этом подробно говорилось в статье «Что такое радиоастрономия» в № 11 «Как изучают Вселенную» нашей серии).

Исследования с помощью таких приборов показали, что особенно много радиоволн Солнце излучает в метровом и сантиметровом диапазонах. Самое любопытное, что в радиолучах видимые размеры Солнца оказываются больше его размеров в обычных лучах. Это означает, что приходящее к нам солнечное радиоизлучение исходит от короны.

Если бы наш глаз вместо обычных видимых лучей воспринимал метровые радиоволны, то вместо Солнца мы видели бы только окружающую его корону — весьма неоднородное образование клочковатой структуры, часто и сильно меняющее свою яркость. Оно занимало бы на небе площадь, в несколько сот раз большую, чем видимое Солнце. Это образование не имело бы резких очертаний и кончалось бы длинными лучами, доходящими иногда до горизонта.

Самое поразительное, что если для радиоизлучения выполнить точно такие же расчеты, которые для видимого излучения приводят к температуре Солнца около 6 тысяч градусов, то в результате мы получим температуру в миллион градусов, а в некоторых особых случаях и во много раз больше.

Это означает, что хотя температура на «поверхности»

Солнца не превышает 6 тысяч градусов, самые высокие слои его атмосферы почти в 200 раз «горячее».

Мы совершили мысленно путешествие из далеких пределов пространства вне нашей Галактики по направлению к Солнцу и, стараясь как можно меньше пользоваться приборами, наблюдали, как выглядит наше дневное светило. Особенно длительной была наша остановка на Земле.

Однако этот беглый обзор скорее увеличил количество неясного, чем составил представление о Солнце. Действительно, откуда берется мощная энергия Солнца? Что за пятна на его поверхности? Почему энергия радиоволн так сильно не соответствует энергии видимых лучей? Что за таинственные причины приводят к внезапному возникновению полярных сияний и магнитных бурь, почему иногда так резко меняются свойства ионосферы, какова природа каких-то выступов на краю Солнца, жемчужной короны, зодиакального света? Все эти вопросы составляют предмет современной науки о Солнце, требующей усилий многих ученых, применения сложнейших приборов.

Но, вместо того чтобы расшифровывать показания приборов, мы продолжим наше мысленное путешествие к Солнцу и постараемся посмотреть, что же на самом деле оно собой представляет.

### **Солнечная корона**

Непосредственный выход за пределы воздушной оболочки Земли уже позволяет обнаружить следы солнечной атмосферы. Оказывается, она простирается вплоть до орбиты Земли, а может быть, и дальше. Это очень разреженный газ, в основном водород, частицы которого хаотически движутся со скоростями, соответствующими температуре около тысячи градусов. Вблизи Земли таких частиц очень мало — десятки или сотни в 1 кубическом сантиметре. Но с приближением к Солнцу это число медленно возрастает и в короне уже достигает 100 миллионов. При этом постепенно возрастают и скорости движения отдельных частиц. Как показывает радиоизлучение, температура в короне достигает миллиона градусов. Это означает, что атомы в ней хаотически движутся с такими же скоростями, как и частицы газа с температурой миллион градусов. Однако напрасно бы мы пытались измерить эту температуру с помощью специального прибора, работающего на том же принципе, что и обычный термометр. Ничего, кроме увеличения температуры из-за большей близости к раскаленному Солнцу, нам бы обнаружить не удалось. Следовательно, термометр покажет меньше 6 тысяч градусов. И лишь «погрузив» его в вещество поверхности Солнца, мы получим значение, близкое к 6 тысячам градусов.

Почему же нельзя измерить температуру более горячей короны? Причина этого в чрезвычайно низкой плотности вещества. Во всей короне, простирающейся на огромное расстояние вокруг Солнца, столько же вещества, сколько в небольшом горном хребте километров 10 длиной. Если бы всю корону, простирающуюся на расстояние до 10 солнечных радиусов, сжать так, чтобы ее плотность стала равной плотности воздуха на уровне моря, то она превратилась бы в ничтожный слой, толщиной в несколько миллиметров, окружающий Солнце.

Из-за такой необычайной разреженности корона излучает очень мало энергии, да и то лишь в виде радиоволн и очень жестких рентгеновских лучей. Только для этих двух типов излучения она непрозрачна. Для всех же остальных лучей она полностью прозрачна. Поэтому в видимом свете мы наблюдаем Солнце сквозь корону, совсем не замечая ее.

Между Землей и солнечной короной попадают не только отдельные атомы, ионы или свободные электроны. В межпланетном пространстве имеется еще много мелких пылинок, сильно концентрирующихся к плоскостям планетных орбит. У них самые различные размеры, но диаметр большинства из них — от миллиметра до нескольких сотысячных долей миллиметра. Эти пылинки обладают интересным свойством рассеивать большую часть падающего на них света в первоначальном направлении. Поэтому даже ничтожного их количества в пространстве между Землей и Солнцем оказывается достаточно, чтобы создать вокруг Солнца слабое вытянутое свечение пирамидальной формы — зодиакальный свет, о котором мы упоминали выше.

Часть свечения самых внешних слоев солнечной короны, наблюдаемой во время затмений, — это рассеяние на пылинках, как бы ложная корона, не имеющая отношения к солнечной атмосфере.

Остальное излучение не что иное, как солнечный свет, рассеянный на свободных электронах. Эти электроны отрываются от атомов в результате столкновений частиц газа, обладающих при температуре миллион градусов огромной энергией. Образно говоря, атомы сталкиваются с такой силой, что от них «щепки летят». В результате оказывается, что легкие элементы, например водород, гелий и другие, полностью теряют все свои электроны, а более тяжелые сохраняют их лишь в небольшом количестве. Так, от атомов железа в короне оторвано по 10—15 электронов. Таким образом, вещество короны представляет собой плазму, то есть газ, состоящий из сильно ионизированных атомов и электронов.

В плазме в тысячи раз более легкие электроны значительно подвижнее ионов. Поэтому главным образом они определяют происходящие в короне атомные процессы. В связи с

этим часто говорят, что корона представляет собой электронный газ с температурой около миллиона градусов.

Каждая частица газа, обладающего такой температурой, имеет огромную энергию. При температуре миллион градусов наиболее быстрые электроны движутся со скоростями 10—20 тысяч километров в секунду. Откуда же берутся столь большие энергии частиц в короне?

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо приблизиться к более глубокому слою солнечной атмосферы. Эти слои, называемые хромосферой, в виде блестящей тонкой каймы видны вокруг Солнца во время полных солнечных затмений.

### **В глубь солнечной атмосферы**

Если корона простирается на миллионы километров, то толщина хромосферы составляет всего 10—20 тысяч километров. Она состоит из отдельных струек, мелких волокон и небольших образований размером около тысячи километров, называемых спикулами. Эта тонкая структура находится в постоянном движении и изменении.

Спикулы поднимаются из нижних слоев хромосферы в корону со скоростями 20—30 километров в секунду. Достигнув через 5—10 минут нижних слоев короны, спикулы как бы «растворяются» в ее веществе. Некоторые из них успевают начать опускаться снова в хромосферу.

Скорость 20—30 километров в секунду, с которой движутся спикулы, близка к скорости распространения звуковой волны в хромосфере. Это значит, что хромосфера как бы передает звуки шумящего «океана», каким является поверхность Солнца. Поднимаясь в корону, волны этих шумов передают свою энергию отдельным частицам вещества и тем самым нагревают корону до огромной температуры в миллион градусов. По той же самой причине газы хромосферы также весьма горячи, хотя они и холоднее вещества короны.

Однако очень трудно назвать точную температуру хромосферы. Внизу она переходит в «поверхность» Солнца, то есть имеет температуру около 6 тысяч градусов, а вверх сливается с короной, то есть нагревается почти до миллиона градусов. Из-за постоянных изменений и движений в хромосфере перемешаны «горячие» и «холодные», а также более и менее плотные области газа. Но в среднем температура хромосферы несколько десятков тысяч градусов, а плотность ее примерно в 1000 раз больше, чем в короне.

Из-за большей плотности хромосфера излучает значительно больше энергии, чем корона. В основном это излучение состоит из ультрафиолетовых лучей, тех самых, которые приводят к образованию слоя озона и ионосферы в земной

атмосфере. Кроме того, в хромосфере возникает излучение, характерное для определенных состояний ряда атомов. Наибольшее излучение создают атомы водорода, гелия, а также кальция и других металлов.

Хромосфера довольно резко переходит в самые плотные слои солнечной атмосферы — фотосферу, которую часто условно называют «поверхностью» Солнца. Однако эта поверхность не имеет ничего общего с твердой поверхностью. Скорее

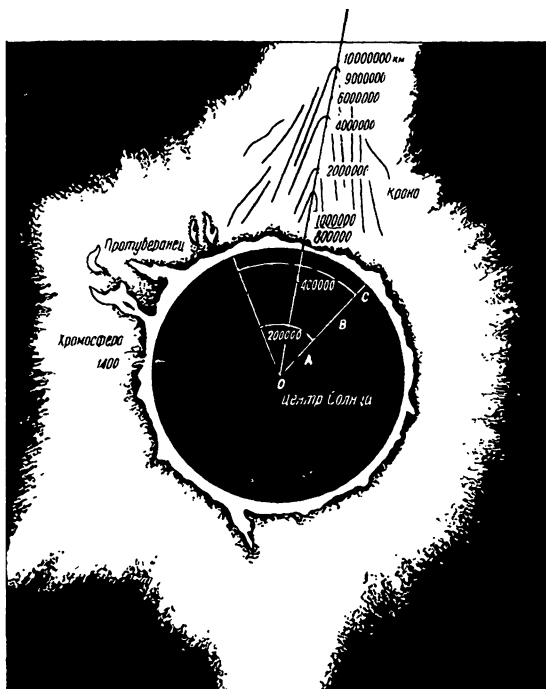


Рис. 3. Схематический разрез Солнца и его атмосферы. В недрах Солнца (область А) происходит выделение ядерной энергии. Через слой В эта энергия переносится наружу. Область С — конвективная зона. Здесь энергия переносится самим веществом. Выше располагается атмосфера Солнца.

всего ее можно представить себе как волнующийся океан, состоящий из тумана, в сотни раз более разреженного, чем воздух на уровне моря. Несмотря на столь сильную разреженность, газы фотосферы чрезвычайно непрозрачны. Если их сжать до плотности воздуха на уровне моря, то получится густой туман, сквозь который на расстоянии нескольких десятков метров ничего не видно.



Чем больше горячий газ поглощает излучение, тем сильнее он излучает. Поэтому от фотосферы приходит главная доля энергии, излучаемой Солнцем. В основном она состоит из лучей видимого света. Отсюда и название «фотосфера», что по-гречески означает «сфера света».

Толщина фотосферы составляет около 200—300 километров; более глубоких слоев мы уже совсем не видим, потому что свет от них полностью поглощается фотосферой.

Солнце в основном состоит из самого легкого элемента — водорода. Атомов газа гелия уже в 5—10 раз меньше, в то время как атомов всех остальных элементов, вместе взятых, во много сотен раз меньше, чем водорода. Поэтому вполне естественно, что необычайная непрозрачность — «туман», из которого состоит фотосфера, связана с поглощением водорода.

Особенно важно, что на каждый миллион атомов водорода в фотосфере приходится один атом практически неизвестного на Земле газа, состоящего из атомов водорода, к каждому из которых присоединено еще по одному электрону. Эти так называемые отрицательные ионы водорода, которые, несмотря на свою относительную малочисленность, в основном-то и определяют непрозрачность фотосферы. Если бы можно было продемонстрировать небольшое количество вещества с поверхности Солнца, то оказалось бы, что оно имеет замечательную зеленовато-желтоватую окраску. Лучи таких цветов больше всего поглощают и излучают отрицательные ионы водорода.

Отрицательные ионы водорода имеются только в фотосфере. В хромосфере их во много раз меньше, а в короне и во внутренних слоях Солнца совсем нет, так как из-за значительно большей температуры водород там практически полностью ионизирован и нет нейтральных атомов, из которых могут образоваться отрицательные ионы.

### **Что происходит в недрах Солнца**

Чем ближе к солнечному ядру, тем выше температура. Она увеличивается вплоть до центра Солнца, где ее значение превышает 10 миллионов градусов. При такой температуре и огромном давлении вышележащих слоев создаются условия для самопроизвольного течения ядерных реакций. По сути дела, Солнце — гигантский естественный ядерный реактор, в недрах которого идет постепенное превращение водорода в гелий. Энергия, выделяющаяся благодаря такому превращению, постепенно передается во внешние слои и, достигнув поверхности, излучается в мировое пространство (подробнее о ядерных реакциях в недрах Солнца и других звезд рассказано в статье «Мир звезд»).

Энергия в основном передается через излучение; более горячие слои отдают наружу избыток энергии, который поглощается более внешними и несколько более холодными слоями. Эти слои, в свою очередь, отдают избыток излучения, направленный к поверхности Солнца, и так далее.

Вся энергия, которая выделяется в недрах Солнца, рано или поздно достигает его поверхности. Однако в самых внешних слоях, непосредственно под фотосферой, температура значительно ниже, чем в центре Солнца, а главное, она очень медленно меняется. Это приводит к тому, что излучение не может вынести в фотосферу всей энергии, которая поступает изнутри. Поэтому под самой поверхностью на протяжении примерно одной десятой солнечного радиуса в переносе энергии начинает участвовать вещество. Возникает конвекция — горячие массы газа поднимаются вверх, холодные опускаются вниз.

Сквозь фотосферу видны верхние слои конвективной зоны

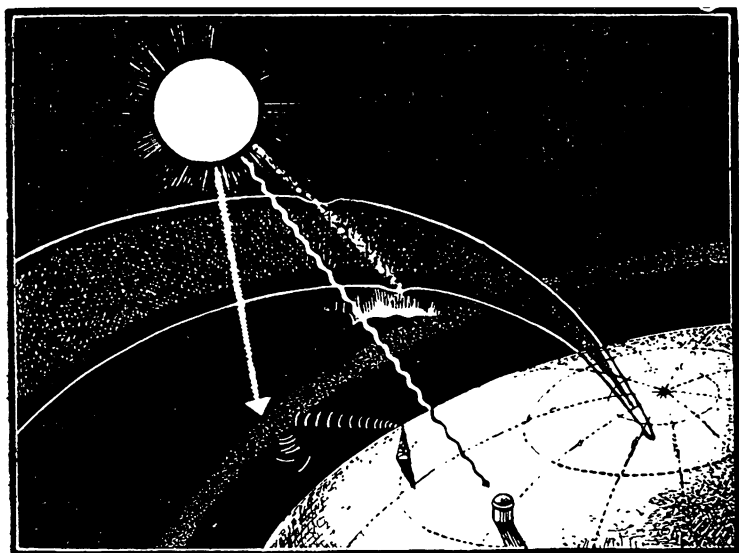


Рис 4. Влияние Солнца на жизнь Земли и солнечного излучения, сопровождающего вспышку, на геофизические явления. Три стрелки, идущие от Солнца, условно обозначают рентгеновское излучение (левая), видимое излучение (средняя) и корпускулярное излучение вспышки (правая). Последнее взаимодействует с радиационным поясом Земли, условно обозначенным точками между двумя силовыми линиями земного магнитного поля, и приводит к появлению полярных сияний и магнитных бурь. Рентгеновское излучение вызывает дополнительную ионизацию ионосферы, влияющую на распространение радиоволн.

в виде грануляции — характерной структуры фотосферы, похожей на рассыпанные рисовые зерна.

Выход энергии Солнца из внутренних слоев наружу, обусловленный конвекцией, играет очень важную роль во многих явлениях, происходящих на Солнце.

### **Солнечные магнитные поля**

На Солнце огромную роль играют магнитные поля. Оказывается, что движение ионизированного газа (плазмы), из которого состоит атмосфера Солнца, тесно связано с магнитными полями.

Эти поля принято изображать особыми силовыми линиями, причем густота их показывает интенсивность магнитного поля, а направление совпадает с направлением действия магнитных сил. Связь вещества и поля проявляется в том, что силовые линии магнитного поля как бы «вморожены» в вещество, а вещество «приклеено» к силовым линиям. Однако при этом оно свободно может двигаться вдоль силовых линий. Поэтому мощная струя газа, направленная поперек поля, вытягивает магнитные силовые линии, образуя их изгиб или петлю. Сильное сжатие линий поля приводит к такому же сжатию вещества.

Чтобы лучше понять, как это происходит, вспомним обычный электромотор. Его статор, питаемый переменным током, образует вращающееся магнитное поле. Это поле увлекает ротор, заставляя его также вращаться. Ротор состоит из проводников с током, поведение которых в этом примере вполне аналогично движению плазмы в магнитном поле.

На Солнце часто наблюдаются как слабые, так и сильные магнитные поля. Когда поле слабо, соответствующее место фотосферы ярче, и возникает так называемый факел. Это увеличение яркости связано с характером конвективных движений, которые играют существенную роль в переносе энергии. Поднимаясь, отдельные элементы горячих газов совершают мелкие неправильные колебания (турбулентция). Ячейки газа как бы «бегут», толкаясь. Естественно, что при этом они движутся медленно и достигают небольшой высоты. Когда же появляется слабое магнитное поле, оно, хотя и не может вследствие своей слабости влиять на подъем сравнительно крупных ячеек газа, все же не позволяет им «толкаться», как бы подавляет мелкие турбулентные движения. Теперь уже элементам конвекции значительно легче двигаться, и они поднимаются быстрее и выше. Магнитное поле как бы прокладывает рельсы для движения каждого элемента конвекции и тем самым увеличивает выход переносимой ею энергии.

Усиление конвекции приводит к увеличению энергии, выходящей из недр Солнца, и объясняет появление факела.

В области, где поле очень сильное, подавляется не только турбулентия, но и конвекция. Выход энергии, переносимой конвекцией, прекращается, и в несколько раз уменьшается яркость соответствующего места фотосферы. Из-за резкого контраста это место кажется нам черным пятном.

Магнитные поля на Солнце, по-видимому, вследствие неодинаковой скорости вращения различных его слоев периодически усиливаются. Грубо говоря, это происходит подобно колебаниям крутильного маятника: грузик, подвешенный на сильно закрученной длинной нити, долго будет раскручиваться и снова закручиваться в противоположную сторону. Закручивание нити аналогично усилению магнитного поля на Солнце. В это время на нем образуется много пятен и факелов, наступает, как говорят, максимум солнечной активности. Момент, когда нить раскрутилась, соответствует эпохе минимума, когда на Солнце мало магнитных полей и активных образований. Закручивание нити в противоположную сторону — это следующий цикл солнечной активности, наступающий примерно через 11 лет после предыдущего и отличающийся от него изменением полярности последовательных пятен в обоих полушариях Солнца (то есть изменением направления магнитных полей).

Магнитные поля пятен настолько велики, что, проникая в хромосферу и корону, заставляют «приклеенные» к ним газы принимать сложные очертания, придавая короне ее своеобразную форму.

Эти же поля, по-видимому, приводят к образованию протуберанцев, светящихся облаков более плотного и более холодного, чем окружающая их корона, газа. Протуберанцы, следуя силовым линиям магнитного поля, движутся по изогнутым траекториям, иногда «выпадая дождем» из короны в хромосферу, иногда выбрасываясь в корону из активных областей вблизи пятен и факелов.

Протуберанцы бывают самых различных форм и очертаний. Но почти всегда это грандиозные и величественные явления, иногда долго остающиеся без видимых движений, иногда внезапно и быстро изменяющиеся.

Порой в особой точке хромосферы, одинаково удаленной от нескольких пятен различной полярности, магнитные поля как бы нейтрализуются, однако с удалением от этой точки их напряженность сильно увеличивается. Оказывается, что такие области неустойчивы.

Легко может получиться, что силовые линии магнитных полей вблизи такой особой точки быстро начнут сближаться. Это приводит к тому, что столь же быстро начинает сжиматься и газ, внезапно и сильно уплотняясь. Все явление внешне похоже на взрыв, хотя по своей природе оно сильно отличается от взрыва. Это так называемая хромосферная вспышка — одно

из наиболее кратковременных и быстро меняющихся явлений на Солнце. Как правило, она протекает за 10—20 минут. Первые несколько минут, а иногда и меньше чем за минуту, интенсивность какого-то участка хромосферы возрастает во много раз. Это увеличение настолько сильно, что в особых случаях становится заметным на фоне ослепительной фотосферы.

После возгорания яркость начинает относительно медленно спадать. Иногда в одном и том же месте возникает подряд несколько вспышек. Температура плазмы во вспышках достигает нескольких десятков тысяч градусов, но главная причина мощного их излучения — внезапное увеличение плотности в сотни тысяч раз по сравнению с окружающей хромосферой.

Вспышки являются источником рентгеновских, а также, по-видимому, и космических лучей.

Заряженные частицы и космические лучи, образующиеся во вспышке, с большой скоростью «пытаются прорваться» через солнечную корону. Этому препятствует магнитное поле, имеющееся в активной области. Поток частиц (корпускул) увлекает за собой магнитные силовые линии, вытягивая их и образуя характерные для структуры короны лучи. Сама плазма короны также мешает корпускулярному потоку выйти из короны. Поэтому быстро движущиеся заряженные частицы, подобно гигантскому смычку, увлекают с собой частицы короны, которые, как струны скрипки, приходят в колебание.

Эти мощные колебания плазмы, совершающиеся по мере выхода из короны корпускулярного потока, на несколько минут внезапно усиливают радиоизлучение Солнца на метровых волнах в миллионы, а иногда и в десятки миллионов раз.

Излучение, возникающее во время вспышек, наиболее активно влияет на верхние слои земной атмосферы.

Прежде всего, оно резко увеличивает ионизацию ионосферы. Это сопровождается усилением электрических токов, постоянно текущих в ионосфере, что приводит к возмущению общего магнитного поля Земли, напряженность которого за несколько минут резко падает. Затем поле постепенно восстанавливается — это занимает около часа времени.

Дополнительная ионизация нижних слоев ионосферы, вызванная ультрафиолетовым и рентгеновским излучениями вспышки, приводит к замиранию слышимости радиопередач на коротких волнах, сильно поглощаемых ионизованным газом. Одновременно эти же слои ионосферы начинают хорошо отражать длинные волны, и неожиданно во время вспышки можно обнаружить, что слышимость далекой радиостанции на километровых волнах усилилась.

Корпускулярный поток, возникший в месте вспышки, движется со скоростью около тысячи километров в секунду и достигает Земли немного быстрее, чем за сутки. Встречая на своем пути магнитное поле Земли, он прежде всего сжимает

силовые линии, резко усиливая напряженность магнитного поля. Так начинается магнитная буря — сложные и большие изменения земного магнитного поля. Через несколько часов усиление поля сменяется значительно более сильным и неправильным ослаблением. Это корпускулярный поток останавливается земным магнитным полем на расстоянии 8—10 радиусов Земли. При этом он взаимодействует с радиационными поясами Земли, имеющими форму опоясывающего ее гигантского бублика. Отсюда «быстрые» частицы проникают в более глубокие слои атмосферы, вызывая причудливые, поразительные по красоте, богатству форм и разнообразию оттенков полярные сияния.

Так Солнце, неиссякаемый источник света и тепла, дающий энергию всем видам жизни на Земле, постоянно оказывает свое могучее влияние на самые различные явления, происходящие на Земле, а также, наверно, и на других планетах.

## ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

**В** СПРАВОЧНИКАХ приводятся основные данные о нашей планете:

Масса —  $5,975 \cdot 10^{27}$  г

Экваториальный радиус — 6378,388 км

Полярный радиус — 6356,912 км

Средняя плотность —  $5,517 \text{ г/см}^3$ .

Рассматривая их, прежде всего отмечаешь, что собственную планету мы изучили с большой степенью точности, например, размеры ее известны с точностью до одного метра. Но все же эти данные характеризуют Землю скорее как физическое тело, нежели как планету.

Наша Земля возглавляет группу планет земного типа. В нее, кроме Земли, входят Меркурий, Венера и Марс. Можно ли присоединить сюда Плутон, пока неясно. Наши сведения об этой самой далекой из планет весьма не полны, но то, что мы знаем, заставляет думать, что Плутон обладает аномальными особенностями, выделяющими его среди всех остальных планет (например, его средняя плотность составляет 50 граммов на кубический сантиметр, что вшестеро превышает плотность железа!).

Для планет земной группы характерны небольшие массы, значительное содержание тяжелых элементов в твердом теле планеты, сравнительно разреженные атмосферы (в особенности у Меркурия). Близость к Солнцу (но не чрезмерная, как у Меркурия) создает на планетах земного типа условия, благоприятные для органической жизни.

Планеты-гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — по своей физической природе резко отличаются от планет земного типа. Они состоят в основном из водорода с небольшой примесью более тяжелых элементов. Вполне возможно, что они целиком газообразны и, обладая в центральных своих областях чрезвычайно высокой температурой (порядка сотни ты-

сяч градусов), скорее могут быть названы полув звездами, чем планетами в «земном» смысле слова.

Со словом «планета» обычно связывается представление о некотором небесном звездообразном светиле. Нашу Землю в таком виде еще никто пока не наблюдал; но, опережая будущее, мы вполне можем себе представить, как выглядит Земля с других тел солнечной системы.

Когда рисуют фантастический лунный ландшафт, обычно изображают Землю висящей в лунном небе наподобие глобуса. Но на самом деле Земля с Луны вовсе не будет напоминать глобус. Земная атмосфера очень сильно рассеивает солнечные лучи, создавая для нас, обитателей Земли, голубой фон чистого дневного неба. С Луны это «голубое небо» будет видно так же, как голубая вуаль, затягивающая земные ландшафты. Очертания деталей земной поверхности будут сильно «замазаны» атмосферой, и к тому же многочисленные облака создадут дополнительные помехи для наблюдений. Зато снежные покровы, резко контрастирующие с непокрытой снегом почвой, с Луны будут заметны отлично.

В земных океанах Солнце будет создавать очень яркий блик, посылающий на Луну столько же света, сколько полная Луна на Землю! При сильных штормах «зеркальность» океана нарушается, и солнечный блик, «размазываясь», становится менее заметным.

Любопытно, что невооруженным глазом обнаружить с Луны на Земле какие-нибудь следы разумной деятельности человека вряд ли возможно. Ни города, ни другие подобные искусственные сооружения из-за малых размеров просто не будут видимы. Только появление обширных искусственных водохранилищ или лесонасаждений могло бы служить аргументом (правда, довольно спорным) в пользу обитаемости Земли.

С Венеры (если бы ее атмосфера была совершенно прозрачна) Земля казалась бы изумительной по красоте голубой звездой, имеющей рядом яркого желтого спутника — Луну. На небе Венеры планета Земля в шесть раз ярче, чем планета Венера на небе Земли, а Луна кажется звездой, в четыре раза более яркой, чем Сириус. При обращении Луны вокруг Земли их взаимное расстояние для наблюдателя с Венеры все время меняется, что еще более усиливает эффект зрелища.

Несколько менее яркой двойной звездой кажется наша планета и на ночном небе Меркурия. Зато обитателям Марса (если они существуют) планета Земля известна, как утренняя или вечерняя звезда примерно такой же яркости, как для нас Юпитер. Луна бы оттуда казалась желтой звездочкой, не уступающей в блеске Сириусу, и таким образом составила бы с Землей двойную звезду, или, правильнее сказать, двойную планету.



С Юпитера и более далеких планет наша Земля совершенно теряется (для невооруженного глаза) в лучах Солнца, и обнаружить существование нашего мира было бы нелегкой задачей.

Стоит ли говорить, что обитатели иных планетных систем и вовсе не подозревают о существовании того крошечного по космическим масштабам небесного тела, на котором мы живем!

Это обстоятельство, однако, ни в какой мере не умаляет могущества человеческого Разума. Ведь за какие-то несколько тысяч лет существования астрономической науки человеческое познание проникло в такие глубины Вселенной, до которых луч света может долетать только за миллиарды лет!

Обитатели Земли уже вышли за пределы своей скромной планетарной колыбели, и вряд ли можно сомневаться, что недалеко то время, когда они прославят перед обитателями иных миров породившую их скромную планету.

### **Какую форму имеет Земля**

Какую форму имеет Земля? Не спешите с ответом. Дать его совсем не так просто, как может показаться с первого взгляда.

Как и всякое тело, Земля, строго говоря, имеет бесконечно сложную форму, если учитывать все, даже самые мельчайшие, неровности ее поверхности. Однако при астрономических исследованиях эти детали не имеют существенного значения. Астрономы рассматривают земной шар в целом, как одну из планет солнечной системы. Но и при этом знание истинной формы Земли подчас бывает совершенно необходимым.

Наука, которая ищет ответ на поставленный выше вопрос, называется геодезией. Изучение формы и размеров Земли она ведет методом последовательных приближений к истине. И вот только в самом грубом, первом приближении нашу Землю можно назвать шаром.

Удалившись от Земли на расстояние в несколько десятков тысяч километров, мы бы действительно увидели свободно движущийся в пространстве огромный шар. Высочайшие горные хребты и глубокие океанские впадины были бы с такого расстояния неощутимы для глаза. Поверхность Земли, просматриваемая сквозь прорывы в облачных слоях ее атмосферы, казалась бы идеально гладкой.

Отдельные «куски» шарообразной Земли уже наблюдали первые космонавты. На полученных Германом Титовым фотографиях искривленность «края Земли» заметна с первого взгляда. Это новейшее доказательство шарообразности Земли, пожалуй, убедительнее всех прежних.

Учение о шарообразности Земли (а вместе с ним и геодезия) имеет многовековую историю. Еще в VI веке до нашей эры знаменитый древнегреческий ученый Пифагор, много путешествовавший в своей жизни, приводил веские аргументы в пользу шарообразности Земли. Его соотечественник Аристотель (384—322 до н. э.) обратил внимание на то, что во время лунных затмений тень от Земли, падающая на Луну, всегда имеет форму круга. Очевидно, что из всевозможных тел только шар способен всегда отбрасывать именно такую тень. Приверженцем учения о шарообразности Земли был и знаменитый Архимед (287—212 до н. э.).

Первая попытка определить величину радиуса земного шара была предпринята alexсандрийским ученым Эратосфеном в 250 году до нашей эры. Идея его метода очень проста.

Эратосфен знал, что в городе Сиене в день летнего солнцестояния Солнце в полдень находится в зените. В тот же момент в Александрии, находящейся к северу от Сиены, Солнце отстоит от зенита на угловом расстоянии 7 градусов 2 минуты.

Солнце находится так далеко от Земли, что из Сиены и Александрии оно видно по почти параллельным направлениям. Поэтому угол между радиусами Земли, проведенными из ее центра к Сиене и Александрии, также равен почти 7 градусам. Расстояние между обоими городами Эратосфен считал равным 5 тысячам «стадий» — древних единиц длины (одна стадия равна 160 метрам).

Из всех этих данных легко найти длину окружности земного меридиана. Для этого составляем пропорцию:

$$\frac{2\pi R}{5000} = \frac{360^\circ}{7^\circ},$$

где  $R$  — радиус Земли, и находим  $R$  в современных единицах длины равным почти 6400 километрам.

Этот результат был для того времени замечательным достижением науки. Пользуясь грубыми угломерными инструментами и неточными данными о расстоянии между Александрией и Сиеной, пренебрегая, наконец, тем, что города эти находятся на разных меридианах, Эратосфен получил для земного радиуса величину, весьма близкую к действительности (6370 километров). Тем самым впервые были определены реальные размеры Земли, что сыграло огромную роль в дальнейшем развитии астрономии и географии.

В конце XVII века Исаак Ньютон теоретическими рассуждениями пришел к выводу, что Земля должна быть как бы сплюснута у полюсов и иметь форму не шара, а так называемого сфероида.

Причина сплюснутости Земли заключается в ее вращении

вокруг оси. В школьных физических кабинетах есть нехитрый прибор, называемый центробежной машиной. Если с ее помощью привести во вращение пружинные кольца, то при быстром вращении под действием центробежной силы кольца сплющатся. Земля не является абсолютно твердой и неподдающейся деформациям. Поэтому центробежные силы, увеличивающиеся к экватору и ослабевающие к полюсам Земли, придали нашей планете форму сплюснутого шара, или сфероида.

Уточним, что сфероидом называется геометрическое тело, образованное вращением эллипса вокруг его малой оси. Поэтому если Земля имеет форму сфероида, то все ее меридианы должны быть одинаковыми эллипсами, а экватор — окружностью.

Теоретические выводы Ньютона были подтверждены измерениями, которые проделали французские ученые в 1735 году. Суть их работы заключалась в следующем.

Возьмем два случая. В первом из них Земля — идеальный шар, а ее меридианы — окружности. Тогда длина дуги меридиана, стягивающего центральный угол в один градус на всех участках меридиана, естественно, одна и та же.

А теперь возьмем другой случай — Земля сжата с полюсов и представляет собой сильно сплюснутый сфероид. Тогда дуги эллиптического меридиана, стягивающие углы в один градус, в районе полюсов Земли значительно длиннее, чем в районе ее экватора. Значит, продвигаясь вдоль меридиана с севера на юг, мы заметим, что угловые высоты светил над горизонтом изменяются неравномерно — сначала медленнее, а затем, с приближением к экватору, быстрее.

Таким образом, из астрономических наблюдений (например, измерений высоты Полярной звезды над горизонтом) можно установить длину одного градуса (точнее, дуги, ему соответствующей) в разных участках меридиана, и, следовательно, выяснить, какую же форму имеет Земля.

Подобные градусные измерения составляют основу геодезии. Проведя их, французские геодезисты пришли к выводу, что парижский меридиан представляет собой не круг, а эллипс. Длина градуса оказалась наименьшей у экватора (110,6 километра), а с продвижением на север она заметно возрастала, достигая у полюсов, по современным данным, 111,7 километра.

С тех пор стали считать, что во втором, более точном приближении к истине Земля имеет форму сфероида. Сплюснутость Земли составляет 0,3 процента, тогда как у более сплюснутого Юпитера она достигает 8 процентов.

Заметим, что разность между экваториальными и полярными радиусами Земли почти вдвое больше высоты Эвереста

и глубины наиболее глубокой из океанских впадин. Тем не менее, с далекого расстояния сжатие Земли так же неощутимо для глаза, как и неровности ее поверхности.

Если бы обычный школьный глобус диаметром в 30 сантиметров был сжат, как Земля, то разница между его экваториальным и полярным радиусами составила бы всего 1 миллиметр, что «на глазок» заметить, конечно, невозможно. Таким образом, Земля так же похожа на шар, как и любой географический глобус.

В годы Советской власти по всей огромной территории Советского Союза были проведены невиданные по масштабам геодезические измерения. Совершенная техника исследования, правильно продуманная методика геодезических работ привели к новым успехам геодезии.

Работами крупнейшего советского геодезиста Ф. Н. Краковского (1878—1948) и его сотрудников было получено третье приближение к истинной форме Земли. Оказалось, что земной экватор, как и меридианы, не окружность, а эллипс. Правда, сплюснутость его невелика и сильно уступает сплюснутости земных меридианов. Наибольший экваториальный радиус Земли отличается от ее наименьшего экваториального радиуса всего на 212 метров! Но разница эта существует, ее удалось уловить, и поэтому в третьем приближении Землю следует считать трехосным эллипсоидом. Именно так в математике называется дынеобразное тело, у которого и меридианы и экватор эллипсы.

Чем объяснить эту, с первого взгляда странную, выпуклость экваториального пояса Земли?

Представьте себе жидкий шар, который начинает вращаться вокруг оси. Вначале, как показывают теоретические исследования, он примет форму сфероида. Затем, с увеличением скорости вращения, наступит момент, когда тело, сжимаясь, превращается в трехосный эллипсоид. Наконец, при дальнейшем возрастании скорости, тело деформируется настолько, что станет напоминать собой вытянутую грушу (апионид). Еще небольшое увеличение скорости — и равновесие тела может нарушиться: апионид разделится на две части, которые начнут обращаться вокруг общего центра тяжести.

Во всех случаях форма тела была для каждой данной скорости вполне устойчивой. Поэтому и шар, и сфероид, и даже трехосный эллипсоид называют фигурами равновесия вращающегося тела, подчеркивая тем их устойчивость.

Таким образом, Земля приняла форму трехосного эллипсоида благодаря очень сложному взаимодействию центробежных сил и взаимному притяжению составляющих ее частиц. Значит, и в данном случае причина такой формы Земли — ее вращение.

В настоящее время изучается четвертое приближение к ис-

тинной форме Земли, называемое геоидом. Попробуем уяснить, что понимают геодезисты под этим словом.

Представьте себе, что наступил «всемирный потоп» и вся поверхность Земли оказалась сплошь залитой единым Мировым океаном. В этом случае, как в любом реально существующем море, поверхность воды во всех своих точках будет перпендикулярна к силе тяжести. Форму, которую примет поверхность Земли во время этого воображаемого «потопа», и называют геоидом. (Заметим, что определение геоида дано здесь не вполне строго).

Геоид — очень сложная поверхность. Она отличается и от шара, и от сфероида, и от трехосного эллипсоида. Правда, отклонения эти невелики — геоид отклоняется от соответствующего ему по размерам трехосного эллипсоида не более чем на 100 метров. Но для высокоточных современных геодезических работ приходится учитывать и эту, казалось бы, незначительную разницу.

Отыскание все более и более точных приближений к истинной форме Земли — это не праздная задача, волнующая только узких специалистов-теоретиков. Геодезия имеет практическое применение прежде всего в области картографии.

Задумывались ли вы когда-нибудь над тем, как составляются географические карты?

Допустим, что вы решили составить карту вашего двора. Пусть на этой карте должно быть изображено только три дерева из всех тех, которые растут во дворе. Как же решить задачу?

Во-первых, вы должны измерить расстояние между деревьями  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Для этого можно, воспользовавшись рулеткой, найти все три расстояния —  $AB$ ,  $BC$  и  $AC$ . Но можно поступить и иначе. Измерив рулеткой  $AB$ , находим затем с помощью теодолита или другого угломерного инструмента углы  $A$  и  $B$ . Затем, пользуясь формулами тригонометрии, решаем, как говорят математики, треугольник  $ABC$ , то есть вычисляем все его углы и стороны.

Именно так и поступают геодезисты при измерениях на земной поверхности. Разбив участок земной поверхности на сеть треугольников, они выбирают в одном из них базис — основную сторону, длину которой измеряют возможно более точно. А затем, измеряя соответствующие углы и решая один за другим все треугольники, они, наконец, наносят эту сеть треугольников в определенном масштабе на какой-нибудь чертеж. Весь этот процесс построения и решения треугольников называется триангуляцией.

Вот и вы, решив треугольник  $ABC$ , произвели триангуляцию и можете теперь нанести данный треугольник на любой лист бумаги.

Но чертеж треугольника  $ABC$ , выполненный в некотором

масштабе, это еще не карта. Надо еще узнать, как расположен данный треугольник на поверхности Земли. Вот тут-то и вмешивается астрономия.

По наблюдениям небесных светил можно узнать географические координаты вершин треугольника — их широту и долготу. А затем нанести эти точки на поверхность... но на какую же, собственно, поверхность наносить вершины — на поверхность шара, сфероида, эллипсоида или геоида? И как затем искривленный кусок поверхности, например эллипсоида, со всеми ее деталями изобразить на плоской карте?

Вероятно, вы почувствовали, что задача эта совсем не простая. Недаром занимается ею особая наука — картография. Чем точнее известна форма Земли, тем более точные географические карты можно составить. А карты нужны повсюду. В них нуждаются не только моряки и летчики, но и инженеры, прокладывающие новые магистрали, и геологи, отправляющиеся на розыски полезных ископаемых.

Без карт немыслима жизнь современного человечества. А карты, как мы в этом убедились, составляются на основе геодезических и астрономических измерений. В этом заключается одно из важнейших практических применений астрономии и геодезии.

Геодезия не единственная наука, изучающая форму Земли. Ей помогает в этом гравиметрия — наука об измерении силы тяжести. Гравиметристы при своих работах пользуются сложными маятниковыми приборами, а также особыми измерителями силы тяжести — гравиметрами.

Попутно заметим, что если под поверхностью Земли находятся плотные породы, например залежи железной руды, то маятник может их обнаружить. Сила тяжести в этом районе будет больше обычной, маятник поэтому начнет колебаться быстрее, и «аномалия» силы тяжести будет найдена. Гравиметрия таким образом помогает отыскивать залежи полезных ископаемых.

Заметим, что геодезия позволяет определить форму Земли и ее размеры, тогда как гравиметрические исследования могут решить вопрос только о форме нашей планеты.

Итак, на вопрос, поставленный в начале этой главы, можно дать следующий ответ: Земля, как и всякое тело, имеет, строго говоря, бесконечно сложную, изменчивую форму. Современная наука изучила четыре приближения к истинной форме Земли — шар, сфероид, трехосный эллипсоид и геоид. Все они имеют применение как в решении чисто земных, например картографических, задач, так и при изучении Вселенной. Однако во многих случаях астрономы ограничиваются только первым приближением — шаром, лишь иногда учитывая сплюснутость Земли.

## Четырнадцать движений Земли

Опорой для всех земных предметов служит сама Земля. Обладая огромной массой почти в 6 000 000 000 000 000 000 тонн, земной шар, естественно, кажется прочной и неподвижной опорой. Поэтому многие века всякие идеи о движении Земли казались абсурдными, противоречащими житейскому опыту. Религии всех времен и народов, считающие Землю центром мироздания, провозглашали учение о неподвижности Земли непреложной истиной. Жестокая расправа ожидала тех, кто осмеливался сомневаться в этом.

Однако ни костры, ни пытки не смогли остановить развитие науки. Движение Земли стало твердо доказанным фактом. Более того, выяснилось, что Земля удивительно подвижна. Открыто и изучено четырнадцать движений, в которых одновременно участвует земной шар.

Познакомимся кратко с каждым из них.

Первое и всем известное движение Земли — это ее вращение вокруг оси. Оно совершается настолько равномерно, плавно, без каких-либо заметных толчков, что его мы вовсе не ощущаем. У нас создается впечатление, что Солнце, Луна и звезды медленно перемещаются по небосводу. Впрочем, убедиться во вращении Земли достаточно просто. Есть много явлений, вызванных движением Земли вокруг оси. Таковы, например, отклонения падающих тел к востоку, одностороннее размывание берегов тех рек, которые текут в меридиональном направлении, опыты с маятником Фуко и др.

Вращение Земли, совершающееся почти идеально равномерно, используется астрономами для измерения времени. За основную мерку времени принимаются так называемые звездные сутки, то есть время, за которое Земля совершает вокруг своей оси один оборот. До последних лет Земля считалась лучшими часами — ее вращение гораздо равномернее хода обыкновенного часового механизма.

Развитие техники, нужды производства привели к изобретению так называемых кварцевых часов, даже более точных, чем Земля. В кварцевых часах нет обычного часового механизма, пружин или гирь. Их роль выполняет пластинка минерала кварца, помещаемая в пространство между пластинами конденсатора. Под действием переменного электрического поля пластинка кварца начинает быстро колебаться: она делает до 100 тысяч колебаний в секунду. Замечательно, что эти колебания происходят с удивительным постоянством — за сутки кварцевые часы уходят вперед или отстают не более чем на 0,0005 секунды!

С помощью кварцевых часов удалось выяснить, что вращение Земли, строго говоря, неравномерно. Перемещение воз-

душных масс в атмосфере, движение воды в реках, колебания температуры почвы, сезонные изменения растительного покрова Земли и другие явления отзываются на вращении Земли, делая его слегка порывистым, неравномерным.

В настоящее время созданы еще более точные «атомные» часы, в которых используются колебания молекул. Несомненно, что, сравнивая вращение Земли с ходом «атомных» часов, астрономы обнаружат еще большие неравномерности этого вращения.

Окружающий нас мир бесконечно сложен и многообразен. В природе, строго говоря, нет и не может быть идеально равномерного движения. Всякое движение в какой-то степени неравномерно.

Неравномерно и второе движение Земли — ее обращение вокруг Солнца. Как известно, орбита Земли представляет собой слабо вытянутый эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Расстояние от Солнца до наиболее близкой к нему точки земной орбиты — перигелия равно 147 миллионам километров. Когда же Земля бывает в афелии, то есть в наиболее далекой от Солнца точке, ее удаленность от Солнца достигает 152 миллионов километров.

Мы уже знаем, что чем ближе планета к Солнцу, тем она быстрее движется. Поэтому наибольшей скорости Земля достигает 3 января — в момент прохождения через перигелий. Наоборот, в афелии скорость Земли становится минимальной.

Неравномерность движения Земли по орбите отражается и на продолжительности времен года. От осеннего равноденствия (23 сентября) до весеннего равноденствия (21 марта) проходит 179 суток, тогда как остальная часть года содержит 186 суток.

Постоянные изменения расстояния от Земли до Солнца практически совершенно не влияют на смену времен года, так как разница перигелийного и афелийного расстояния Земли (5 миллионов километров) составляет всего лишь около 3 процентов ее среднего расстояния от Солнца. Причина смены времен года — в наклоне земной оси к плоскости земной орбиты и в постоянстве сохранения этого наклона.

Вращающаяся Земля напоминает волчок. Сходство с волчком оказывается, однако, глубже, чем многие думают.

Попробуйте раскрутить волчок, а затем слегка толкнуть его ось. Она начнет описывать конус, причем значительно медленнее, чем вращается волчок. Такое движение волчка называется прецессией. Существует прецессия и у земного шара — это его третье движение.

Земная ось не остается постоянно направленной на Полярную звезду. Она медленно поворачивается, описывая в пространстве исполинский конус, причем снова вернется в нынешнее положение только через 26 тысяч лет — таков период пре-



цессии. Благодаря прецессии непрерывно перемещаются по небу и «полюсы мира», то есть неподвижные точки неба, вокруг которых, как нам кажется, вращается весь небосвод.

В настоящую эпоху северный полюс мира весьма близок к Полярной звезде — он отстоит от нее всего на один градус. За 2700 лет до нашей эры роль Полярной звезды выполняла другая звезда — альфа Дракона; об этом упоминается в древних китайских летописях.

Свою роль путеводной звезды и указателя Севера Полярная звезда сохранит примерно до 3500 года, а к 10 000 году полюс мира подойдет к Денебу — главной звезде созвездия Лебедь. К 13 600 году «Полярной звездой» станет самая яркая звезда северного полушария неба — Вега, а через 26 тысяч лет северный полюс мира снова вернется к Полярной звезде.

Чем же вызвана прецессия земного шара, что «толкает» невидимую, воображаемую земную ось?

Земля слегка сплюснута у полюсов, а земная ось наклонена к плоскости как земной, так и лунной орбиты. Солнце и Луна притягивают экваториальные выпуклости Земли, стремясь «выпрямить» Землю, то есть сделать ее ось перпендикулярной к плоскости указанных орбит. Но им это не удастся, так как Земля вращается вокруг оси. Вот это «выпрямляющее» действие Солнца и Луны в сочетании с осевым вращением Земли и создает прецессию.

Прецессионное перемещение земной оси осложняется еще одним, четвертым движением нашей планеты — так называемой нутацией.

Оказывается, если бы было возможно остановить прецессию, земная ось не осталась бы неподвижной. Так же из-за воздействия Луны на различные точки сплюснутой Земли она стала бы описывать маленький конус с периодом в 18,6 года. При этом полюсы мира выписывали бы на небе крошечные эллипсы, большие оси которых близки к 18 секундам дуги, а малые — к 14 секундам.

В действительности прецессия и нутация совершаются одновременно. В результате сочетания этих движений небесные полюсы странствуют по сложным, извилистым кривым.

В прецессионном и нутационном движении Земля поворачивается вместе с осью вращения как одно целое. Но, кроме этого, Земля испытывает еще одно движение, присущее только ей: она слегка смещается относительно оси вращения, следствием чего является движение географических полюсов по поверхности Земли. Этому важному в практическом отношении пятому движению Земли посвящена отдельная статья («Движение полюсов Земли по ее поверхности»).

Земля притягивается не только Луной и Солнцем, но и другими членами солнечной системы, главным образом планетами. Их совместное исключительно сложное воздействие за-

ставляет Землю совершать еще несколько крайне медленных движений.

Так, земной шар немного «покачивается» — наклон земной оси к плоскости орбиты Земли изменяется. Правда, размах, амплитуда этих колебаний невелик и составляет 1 градус 37 минут, причем за год наклон земной оси меняется в среднем не более чем на полсекунды. Из-за этого шестого движения Земли движение небесных полюсов еще более усложняется.

Форма и расположение земной орбиты также не остаются неизменными. Вытянутость земного эллипса то слегка увеличивается, то уменьшается, причем, разумеется, и это седьмое движение Земли происходит крайне медленно, вовсе не отражаясь ни на климате Земли, ни на смене времен года.

Форма эллипса характеризуется так называемым эксцентриситетом — величиной, равной отношению расстояния между фокусами эллипса к его наибольшему диаметру — большой оси.

Эксцентриситет земной орбиты в настоящую эпоху близок к 0,017. Около 100 тысяч лет назад он был втрое больше, а к 240-му столетию достигнет минимального значения (около 0,003). Так медленно совершаются эти незначительные изменения!

Отрезок, соединяющий перигелий и афелий земной орбиты, называется линией апсид. В его медленном, непрерывном повороте выражается восьмое движение Земли. Полный оборот линия апсид завершает почти за 21 тысячу лет.

Девятым движением Земли считается ее обращение вместе с Луной вокруг общего центра тяжести. Так как Луна по массе в 81 раз меньше Земли, центр тяжести системы Земля — Луна лежит в 81 раз ближе к Земле, чем к Луне. Иначе говоря, он отстоит на 4664 километра от центра Земли в сторону Луны, то есть находится внутри земного шара. Поэтому и создается впечатление, что Луна обращается вокруг Земли. На самом же деле оба тела движутся вокруг их общего центра тяжести.

Если бы вокруг Солнца обращалась только одна Земля, оба тела описывали бы неподвижные эллипсы вокруг общего центра тяжести. Однако в действительности на положение Солнца влияет притяжение других планет. В результате центр тяжести солнечной системы перемещается по очень сложной кривой. Движение Земли вокруг этого центра и есть его десятое движение.

Положение Земли в пространстве определяется притяжением не только Солнца и Луны, но и планет. В результате непосредственного воздействия планет в движении Земли появляются те сложные отклонения, которые астрономы называют возмущениями. Суммарный, общий результат всех пла-

нетных возмущений можно рассматривать как одиннадцатое движение земного шара.

Еще в конце XVIII века было открыто, что вся солнечная система движется в направлении к звездам созвездия Геркулеса. Постепенно выяснилось, что и эти и остальные звезды не остаются в покое. Все звезды, в том числе и наше Солнце — рядовая звезда, перемещаются в мировом пространстве с огромными скоростями, достигающими иногда сотен километров в секунду. Звезды обращаются вокруг центра той звездной системы — Галактики, внутри которой находится Солнце с Землей и планетами.

Поперечник Галактики настолько велик, что луч света при скорости в 300 тысяч километров в секунду мчится от одного края Галактики до другого около 80 тысяч лет. В центре этой великой звездной системы, включающей в себя около 150 миллиардов звезд, находится галактическое ядро — шарообразное, сравнительно плотное и массивное скопище звезд.

Солнце вместе с другими звездами обращается вокруг центрального ядра нашей Галактики. Так как расстояние от Солнца до центра Галактики колоссально (луч света преодолевает его за 23 тысячи лет), период обращения солнечной системы вокруг галактического ядра близок к 200 миллионам лет. Участвуя в этом двенадцатом для нее движении, Земля летит в пространстве со скоростью около 250 километров в секунду.

Кроме того, каждая звезда обладает некоторой собственной, или, как ее называют, «пекулярной» скоростью. Пекулярное перемещение Солнца в направлении к созвездию Геркулеса создает тринадцатое движение Земли, совершающееся со скоростью около 20 километров в секунду.

За пределами нашей Галактики простирается бесконечная Вселенная. Она наполнена бесчисленным множеством других звездных систем, других галактик. Установлено, что, подобно звездам, галактики участвуют в непрерывном движении. Уже исследовано движение нашей звездной системы по отношению к ближайшим галактикам — движение, в котором участвует и наша Земля.

Таков тот, очевидно неожиданный для читателя, результат, который мы получим, если детально исследуем все движения нашей Земли, которая представляется нам обычно столь массивной и неподвижной.

---

## ДВИЖЕНИЕ ПОЛЮСОВ ЗЕМЛИ ПО ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ

**Х** ОРОШО ИЗВЕСТНО, что наша планета Земля вращается около своей воображаемой оси, делая один оборот в сутки. Вследствие этого вращения происходит смена дня и ночи. Точки пересечения оси вращения Земли с ее поверхностью называются географическими полюсами — Северным и Южным. Северный полюс расположен в срединной части Северного Ледовитого океана, Южный — недалеко от центральной части Антарктиды.

При всех научных и практических исследованиях долгое время допускалась гипотеза, согласно которой полюсы Земли не изменяют своего положения на ее поверхности. Созданная в конце XVIII века теория вращательного движения Земли и проведенные в XIX столетии точнейшие астрономические наблюдения заставили отказаться от этой точки зрения. Было установлено, что Северный полюс Земли не занимает неизменного положения на ее поверхности, а в небольших пределах перемещается.

Расскажем кратко, как это было установлено. Наблюдать непосредственно движение полюсов невозможно, так как на поверхности суши или океана полюс никак не отмечен. Однако в конце прошлого века было сделано важное открытие.

Суть его состоит в следующем. Географической широтой места называется расстояние по меридиану от экватора до этого места. Представим себе, что широта места изменилась, например уменьшилась. Это значит, что экватор Земли приблизился к данному месту. А так как угловое расстояние по меридиану от экватора до полюса всегда равно 90 градусам, то значит, что полюс Земли удалился от этого места. Поэтому, если систематически наблюдать за изменением широты в нескольких местах земного шара, то можно установить точно,

как движется, например, Северный полюс Земли по ее поверхности.

В 1898 году для изучения движения Северного полюса Земли была создана специальная организация, получившая название Международной службы широты. На параллели 39 градусов 8 минут в северном полушарии Земли были построены четыре специальные обсерватории — так называемые «широтные станции»: две в Америке, одна в Японии и одна в Италии. Чтобы получить более точные результаты измерения широт мест, для этих станций были изготовлены специальные одинаковые астрономические инструменты — так называемые зенит-телескопы, была выработана программа наблюдений одних и тех же звезд на всех широтных станциях.

В это же время Россия изъявила желание принять участие в этой работе; была построена такая же широтная станция на этой же параллели в Средней Азии, в местечке Чарджоу. Одновременно включилась в работу по изучению изменения широты места американская обсерватория в городе Цинциннати, находящаяся на этой же широте.

Таким образом, Международную службу широты составили шесть широтных станций, а именно: Мидзусава — в Японии, Чарджоу — в России, Карлофорте — в Италии, Гейтерсберг — в восточной части Северной Америки, Цинциннати — в средней части Северной Америки, Юкайа — в западной части Северной Америки.

Эти широтные станции опоясали земной шар чуть выше 39-й параллели, что дало возможность изучить движение Северного полюса Земли по ее поверхности. Международная служба широты приступила к наблюдениям в 1899 году и ведет эту работу более 60 лет. По наблюдениям звезд на этих станциях определяются их широты и по изменениям широт станций выводится кривая движения полюса по поверхности Земли.

За этот период времени в работе некоторых широтных станций, по различным обстоятельствам, были перерывы: так, наша Чарджоуская широтная станция во время гражданской войны в 1919 году была разрушена. Взамен ее на этой же параллели в поселке Китаб Кашка-Дарьинской области была построена новая широтная станция. Она приступила к работе в 1930 году и ведет ее непрерывно до сих пор. Были перерывы в работе на всех американских широтных станциях, а также и на итальянской — Карлофорте. В 1958 году на этой же параллели построена широтная станция в Тяньцзине (КНР), которая, однако, пока не участвует в общей программе работ.

Кроме станций Международной службы широты, этой научной проблемой, имеющей большое практическое значение, заинтересовались первоклассные обсерватории мира. Так, в Пулковской обсерватории для изучения изменения ее ши-

роты еще в 1904 году был установлен зенит-телескоп, который работает (с перерывом во время войны) и в настоящее время. В разное время широтные наблюдения велись в Москве, Казани, Ташкенте и в некоторых обсерваториях зарубежных стран. Сейчас, кроме Пулкова, широты наблюдаются на обсерваториях Полтавы, Казани, Вашингтона, Гринвича, Москвы, Иркутска, Благовещенска, Горького и некоторых других городов мира.

Используя наблюдения на всех широтных станциях Международной службы широты Пулкова, Полтавы, Вашингтона и Гринвича, советский ученый, член-корреспондент Академии наук СССР А. Я. Орлов вычислил по своему методу движение полюса по поверхности Земли за 60 с лишним лет (наблюдения за последние пять лет обработаны сотрудниками Полтавской обсерватории). Оно невелико. Северный полюс Земли движется против часовой стрелки около своего среднего положения, описывая на поверхности Земли сложную кривую; которая то закручивается, то раскручивается, не выходя из квадрата со сторонами в 26 метров.

Изменение широты места есть результат действия ряда физических явлений, происходящих внутри Земли, на ее поверхности и в ее атмосфере. Каждое физическое явление, взятое в отдельности, давало бы свою кривую изменения широты; действуя все вместе одновременно, они складываются и дают сложную кривую изменения широты места наблюдения. В настоящее время установлено, что изменение широты места весьма сложно. Оно складывается из трех изменений, происходящих с разными периодами.

Одно изменение широты происходит с периодом в 14 месяцев; другое — с периодом в один год; третье, малозаметное, — с периодом в полгода. В соответствии с этими изменениями Северный полюс Земли движется по ее поверхности, описывая сложную кривую.

Кроме этого, так называемого периодического, повторяющегося движения, полюс Земли имеет очень медленное непериодическое движение. Это медленное, так называемое вековое движение полюса установлено в 1953 году А. Я. Орловым. На основании обработки очень большого числа наблюдений, произведенных в течение 51 года на Международных широтных станциях в Мидзусаве, Карлофорте и Юкайе, найдено, что Северный полюс Земли непрерывно смещается на 12,5 сантиметра ежегодно в направлении меридиана, имеющего западную долготу 69 градусов. Сходные результаты в исследованиях этого вопроса получаются и в более поздних работах.

Полученные данные, хотя они и имеют большое научное значение, нельзя считать окончательными. Ученым еще не раз придется возвращаться к этому вопросу. Нужно получить новые длительные ряды однородных наблюдений и разработать

новые методы пересчета старых рядов наблюдений. Все это, вместе взятое, даст возможность надежно установить, как ведет себя полюс Земли в длительные интервалы времени.

Основная задача широтных наблюдений — изучать движение полюсов Земли, исследовать вопросы, связанные с движением оси вращения. Кроме того, широтные наблюдения дают материал для разного рода других астрономических исследований.

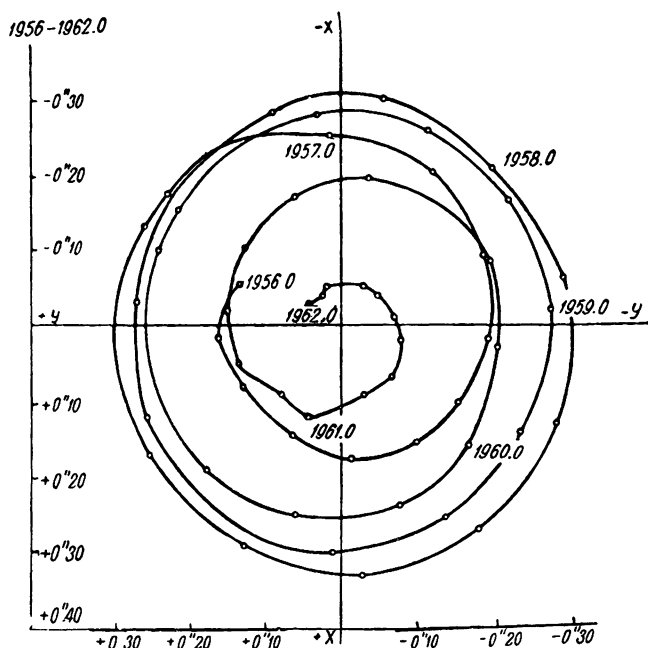


Рис. 5 Кривая движения Северного полюса по поверхности Земли. Полюс меняет свое положение, не выходя из квадрата со стороной 0,8 секунды, что соответствует 25 метрам на земной поверхности.

Со всесторонним изучением Земли связана не только астрономия, но и другие науки, например геодезия, геофизика, картография. Составить карту земной поверхности или части ее с указанием взаимного расположения населенных пунктов можно только при условии, что известны широта и долгота каждого пункта, наносимого на карту. Если бы полюс Земли не перемещался по ее поверхности, то полученные широты и долготы не менялись бы со временем. Но как только полюс Земли переместится, изменится и положение экватора, координаты всех пунктов станут уже другими, карта не будет точной.

Поэтому и приходится учитывать поправки на движение полюса. Кроме того, изучение движения полюсов Земли дает нам очень серьезные данные о внутреннем строении Земли, что необычайно важно для геофизики и космогонии.

В течение всей первой половины нашего столетия советские астрономы и геодезисты пользовались материалами о движении полюсов Земли, полученными Международной службой широты. К сожалению, за весь период своей деятельности она обслуживала нас неудовлетворительно. Результаты своей работы Международная служба широты давала иногда спустя годы после времени наблюдений. Нашим геодезистам и астрономам нужно было, чтобы результаты о движении полюсов получались как можно быстрее. Поэтому советские ученые задумали организовать свою, советскую службу широты, которая могла бы своевременно удовлетворять наши запросы.

Организация советской службы широты, начатая более 30 лет назад, завершена. Основной пункт ее работы — Полтавская обсерватория. Широтные наблюдения ведутся в Пулкове, Полтаве, Москве, Иркутске, Благовещенске, Китабе, Горьком, Казани. По этим широтным наблюдениям и определяется движение полюсов. Организовано также быстрое вычисление приближенных координат полюсов, что очень важно для геодезии и службы времени.

Выясним, по каким причинам полюсы движутся по поверхности Земли.

Если бы Земля имела форму шара, была однородной и абсолютно твердой, то ее ось занимала бы в теле Земли неизменное положение и никакого движения полюсов по ее поверхности не было бы. В действительности этого нет: Земля, хотя и незначительно, но непрерывно меняет свою форму, потому что на нее действуют Луна и Солнце. По закону всемирного тяготения сила, действующая между небесными телами, пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Поэтому притяжение Луны сильнее действует на более близкую к Луне часть Земли, чем на противоположную, более далекую.

Это действие (сила) несколько вытягивает Землю в направлении к Луне. Но так как Луна по отношению к Земле меняет свое положение на небе, то и направление вытягивания Земли Луной меняется. Аналогично, но меньше действует на Землю Солнце. Во время новолуния действие Луны и Солнца складывается и дает наибольший эффект. Поэтому форма Земли непрерывно меняется, что вызывает изменение положения оси вращения в теле Земли.

Вторая причина изменения положения оси вращения в теле Земли — перемещение земных масс. На Земле массы непрерывно перемещаются как внутри нее, так и в атмосфере, которая составляет с Землей одно целое. Извержения вулканов,



выбрасывающих из недр Земли тысячи тонн раскаленных масс, землетрясения, происходящие часто в некоторых местах Земли, непрерывные перемещения воздушных масс (это очень важный фактор), выпадание и таяние снега, образование и отмирание листовного и травяного покрова и т. д.— все это перемещение масс в Земле и на ее поверхности, и все это, вместе взятое, влияет на положение оси вращения в теле Земли.

Значит, можно сказать так: движение полюсов Земли по ее поверхности есть результат действия ряда физических причин, связанных с внутренним строением Земли, с ее формой, с перемещением масс по поверхности Земли и внутри нее. Вследствие этих причин ось Земли все время непрерывно меняет свое положение в теле Земли, что и вызывает движение полюсов по ее поверхности.

## ЛУНА

**П**РИ ПОДГОТОВКЕ полета на Луну будут учтены и использованы все те научные астрономические данные и факты, которые накопило человечество за всю историю изучения ее как небесного тела. Коротко они сводятся к следующему.

Луна светится только отраженным солнечным светом. Фазы ее — это следствие взаимного расположения трех небесных тел: Солнца, Земли и Луны. Когда Луна, двигаясь вокруг Земли, становится между Солнцем и Землей, происходит новолуние. В это время половина Луны, обращенная к нашей планете, освещена лишь очень слабыми, отраженными от Земли лучами Солнца и на ярком небе не видна.

Движения Солнца, Земли и Луны изменяют относительные положения этих тел. Солнце и Луна, кроме кажущегося суточного вращения вместе с небесным сводом, которое является следствием вращения Земли вокруг своей оси, перемещаются и среди звезд с запада на восток. Солнце делает полный оборот по небесному своду за 365,25 суток (отраженное движение Земли на орбите), Луна — в течение 27,32 суток. Во время новолуния Луна и Солнце находятся в одном и том же участке неба, по одну сторону от Земли, почти на одной прямой. Но так как Луна движется по небу в 13 раз быстрее Солнца, то уже через два дня после новолуния она отойдет от Солнца на угол в 26 градусов, и ее можно будет видеть сразу после захода Солнца над горизонтом на западе в виде очень узкого серпа. Через 7,4 суток после новолуния наступит следующая фаза — первая четверть, когда бывает освещена половина видимого с Земли полушария Луны с западной стороны. Через 14,8 суток произойдет полнолуние. Затем, через 22,1 суток, — последняя четверть, после чего снова будет новолуние. Этот период смены лунных фаз (например, от одного новолуния до другого) называется синодическим месяцем; его продолжительность равна 29,53 суток.

Луна всегда повернута к Земле одной и той же стороной. По отношению к Солнцу она делает один оборот вокруг своей оси за один синодический месяц. Следовательно, продолжительность дня на Луне 14,76 суток; такова же продолжительность и лунной ночи. Поэтому любая область на поверхности Луны, попавшая в солнечный свет, нагревается непрерывно в течение полумесяца. Так, температура на лунном экваторе к середине лунного дня поднимется до 120 градусов. Температура же поверхности обратной стороны Луны, на которой непрерывно тянется полумесячная лунная ночь, падает до 160 градусов холода.

Наблюдения, выполненные различными методами, показывают, что на Луне почти нет атмосферы. Это вполне естественно.

На поверхности каждой планеты существует определенная, так называемая критическая скорость молекул расположенного над ней газа, которая определяет возможность сохранения планетой этого газа. Для Земли эта критическая скорость составляет около 11 километров в секунду. Если молекула газа имеет скорость больше критической, она навсегда покинет планету и уйдет из ее атмосферы в межпланетное пространство. Однако «улетучивание» молекул газа с планеты происходит не только в том случае, если средняя скорость молекул газа больше «критической». При средней квадратичной скорости, равной 0,5 критической скорости, атмосфера такого газа покинет планету в течение нескольких часов.

Если скорость молекул составляет треть, четверть и пятую часть критической скорости, то период времени для улетучивания будет значительно больше, а именно — порядка нескольких недель, десятков тысяч и миллиардов лет. При средней скорости молекул в 0,2 критической скорости атмосфера из газа на планете может сохраняться очень долго. Скорость молекул значительно возрастает с увеличением температуры газа. Однако в пределах температур до плюс 400 градусов средняя скорость молекул водорода, гелия, водяного пара, азота, кислорода и углекислого газа не превышает 2,89 километра в секунду. Поскольку критическая скорость на Земле составляет 11 километров в секунду, Земля способна удерживать в своей атмосфере все газы, в том числе и самый легкий — водород. Скорость движения молекул в атмосфере Земли не более 2,5 километра в секунду.

Луна в 50 раз меньше Земли по объему, а ее средняя плотность составляет 0,6 средней плотности Земли, поэтому сила притяжения на Луне в 6,1 раза меньше силы тяжести на Земле. Человек весом 80 килограммов будет весить там всего 13,3 килограмма. Чтобы преодолеть силу притяжения Луны, достаточно иметь скорость 2,37 километра в секунду. Такова критическая скорость на Луне.

Если на Луне когда-нибудь и была атмосфера, то на дневной стороне вследствие высокой температуры молекулы составляющих ее газов получали скорости, близкие к 2,37 километра в секунду, и, отрываясь от Луны, рассеивались в мировом пространстве. На Луне нет и воды. В противном случае испарение воды образовало бы вокруг Луны атмосферу из водяного пара, которая также быстро рассеялась бы в мировом пространстве. На Луне нет атмосферы, поэтому нет там и атмосферных явлений: не слышно раскатов грома, не видно прорезывающих небо метеоров, различного рода сияний, блеска молний и переливов семицветных радуг.

Как показывают наблюдения, на поверхности Луны есть горы — образования, имеющие форму цирков и кратеров. Кратеров на Луне огромное количество. Поперечник некоторых цирков достигает 200 километров, а наиболее высокие горы поднимаются до высоты 8 километров. Рельеф лунной поверхности остается неизменным; там нет процессов вымывания и выветривания.

Большинство исследователей, занимающихся изучением Луны, склоняются ныне к мнению, что лунная поверхность покрыта раздробленными вулканическими туфообразными породами (пемзообразный шлак, каменная губка, застывшая пена), которые, как известно, плохо проводят тепло. Поэтому, несмотря на сильные колебания температуры на поверхности Луны, на глубине 0,5—1 метра температура должна быть довольно постоянной.

Основываясь на изложенных, еще далеко не полных научных данных о Луне, можно заключить, что благоприятных условий для жизни на ней нет. И первым космонавтам нужно серьезно подготовиться к тем условиям, в которых они окажутся, высадившись на Луну.

### **Посадка на Луну, рельеф Луны**

Предположим, что космический корабль с космонавтами, стартовавший с Земли перед одним из новолуний, сделал посадку на поверхность Луны — прилунился — в центре видимого диска Луны, в районе центрального залива.

Космонавты, одетые в специальные костюмы — скафандры, предназначенные для предохранения человека от чрезвычайно слабого, почти нулевого давления атмосферы, снабженные кислородными приборами и специальными терморегулирующими устройствами для поддержания в скафандре необходимой температуры, покинули салон космического корабля. Фантастическая, величественная картина открылась их взору. Будучи знакомы с рельефной картой Луны, они убедились, что находятся в окружении кратеров Паллас, Тринскер, Шретер, Зоммеринг, Местинг, Реомюр и Гиппарх. Чем больше присматривались они к окружающей местности, тем больше обна-

руживали особенностей, не замеченных при первом взгляде. Они видели нагромождение гор, трещины, глубокие овраги, избородившие всю поверхность и уходившие настолько далеко, что проследить их длину не представлялось возможным. Словом, рельеф Луны очень отличается от рельефа Земли.

На Луне, как мы уже говорили, почти нет атмосферы, то есть нет звукопередающей среды. Поэтому космонавты не смогут слышать друг друга или какие-нибудь другие звуки. Там вечное безмолвие. Для того чтобы разговаривать, космонавтам пришлось бы включить миниатюрные радиопередатчики и приемники, вмонтированные в шлемах их скафандров. Неймоверный холод. Термометр показывает 160 градусов ниже нуля. Нужно позаботиться о поддержании на корабле нормальной температуры, чтобы предохранить от замерзания аппаратуру, медикаменты, воду, продукты и т. д.

### **Вид ночного неба**

Корабль прилунился в центре не освещенной лучами Солнца половины Луны, обращенной к Земле. На Луне небо совершенно темное даже днем. В самом деле, дневная яркость неба на Земле создается ее атмосферой. Тот голубой фон неба, который виден с Земли днем, это освещенная земная атмосфера. Она состоит из мельчайших частичек — молекул, микроскопических пылинок и водяных капель в виде пара. Попадая в атмосферу, солнечные лучи разных цветов рассеиваются по-разному. Рэлей доказал, что при рассеивании существенную роль играют размеры частиц, и при тех размерах, которые имеют молекулы и частицы воздуха, больше других рассеиваются голубые лучи, создающие картину сплошного голубого фона. Освещение атмосферы Земли настолько сильно, что мешает нам видеть звезды днем. Если бы кругом Земли не было атмосферы, небо было бы совершенно темным и звезды мы бы видели во всякое время суток. На Луне звезды видны и днем, даже в непосредственной близости к Солнцу.

### **Земля с Луны**

Но не только звезды привлекают внимание наших космонавтов. Среди звезд расположился яркий голубоватый диск нашей планеты. Угловые размеры Луны, наблюдаемой с Земли, составляют 0,5 градуса. Угловые размеры Земли, наблюдаемой с Луны, около 2 градусов, поэтому Земля будет казаться значительно большим диском, занимающим в 13,7 раза большую площадь на небе, чем Луна на нашем земном небе. Земля на 72 процента покрыта водой, ее отражательная способность в 6—7 раз больше отражательной способности Луны, отчего и яркость Земли значительно выше. Земля освещает темную поверхность Луны настолько ярким светом, что при нем легко можно читать.

Вид звездного неба на Земле зависит от времени года. Если вообразить, что космонавты начали свой полет перед весенним равноденствием, то Земля для них в это время будет находиться в созвездии Девы, в окружении созвездий Льва, Волопаса, Волос Вероники, Весов и др. Эти созвездия будут выглядеть, как и с Земли. Расстояние между Луной и Землей ничтожно по сравнению с расстояниями до звезд, поэтому перемещение наблюдателя с Земли на Луну не отражается на видимом расстоянии между звездами.

### **Движения звезд, видимые с Луны**

Спустя некоторое время космонавты заметят, что созвездия на небе Луны перемещаются. Сначала, как уже говорилось, Земля находилась в созвездии Девы, через двое земных суток она окажется на фоне созвездия Весов, в созвездии Скорпиона, оставаясь, однако, все время в зените. Через 27,3 суток все зодиакальные созвездия (Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак и Лев) пройдут мимо Земли, после чего она опять будет в созвездии Девы. Произойдет это потому, что Луна движется вокруг Земли в течение 27,3 суток.

Присматриваясь, космонавты заметят, что одни звезды движутся сравнительно быстро, другие медленно. Так, звезды, близкие к звезде Омега в созвездии Дракона, движутся медленно, а сама звезда Омега как будто стоит на месте. Внимательное изучение видимого с Луны движения звезд дает возможность установить одну из неподвижных точек небесной сферы — северный полюс мира с Луны, находящийся в созвездии Дракона вблизи звезды Омега этого созвездия. Другая неподвижная точка — южный полюс Луны должен находиться в диаметрально противоположной точке небесной сферы, где расположено созвездие Золотой рыбы.

Прямая, проходящая через эти точки, является осью мира для Луны. Вокруг этой оси и происходит вращение Луны с периодом в 27,3 земных суток.

### **Вращение Земли**

Находясь на Луне, космонавты ясно увидят невооруженным глазом вращение Земли вокруг своей оси. Отчетливо можно наблюдать перемещение облаков вместе с Землей и смещение их по отношению к объектам на Земле. Облака будут закрывать или открывать ту или другую часть поверхности Земли. В экваториальном поясе, во многих местах земного шара в течение ряда месяцев в году облаков вообще не бывает. Возможно, здесь будут видны материки со знакомыми нам

очертаниями, окрашенные в разнообразные цвета, среди которых будут преобладать темно- и бледно-зеленоватые, желтоватые оттенки. Они увидят моря, а в зрительную трубу даже с небольшим увеличением — озера, извилистые полосы больших рек, полярные льды, а при пристальном наблюдении и их перемещение, вызванное вращением Земли вокруг своей оси.

### **Дни и ночи на Луне**

Высадившись во время новолуния в центре обращенной к Земле половины Луны, космонавты окажутся на Луне ночью, то есть Солнце для них будет под лунным горизонтом. Пройдут одни земные сутки, вторые и т. д., а Солнце все еще не взойдет. И только через семь с половиной суток самые высокие вершины гор вспыхнут, как огоньки. Это их в первую очередь осветит Солнце, поднимающееся над горизонтом. Затем покажется и диск Солнца — наступит лунный день. Он наступит сразу, без всяких сумеречных явлений. Возникнет совершенно фантастическая картина. Пейзаж Луны как бы разделится на две части: места освещенные и темные — тени от гор, кратеров и других образований.

Появление Солнца совершенно не повлияет на яркость фона неба, которое останется таким же темным, каким было лунной ночью. Вокруг Солнца отчетливо выделятся созвездия, и звезды будут сиять так же ярко, как и лунной ночью. Солнце светит ослепительно ярко, и космонавты смогут устроить искусственное «солнечное затмение». Поместив между своим глазом и Солнцем черный кружок и меняя расстояние до него, они, возможно, увидят очень тонкий красный ободок — хромосферу Солнца, которая с Земли видна только во время полных солнечных затмений или при помощи специальных приборов. Над хромосферой Солнца могут быть видны высоко вздымающиеся огненные выступы — протуберанцы. Вокруг хромосферы будет сиять серебристая солнечная корона.

Солнце станет подниматься все выше и выше над лунным горизонтом и через 7,5 наших суток достигнет своего наивысшего положения на небе. Температура лунной почвы приблизится к 120 градусам. Жара. Космонавтам придется включить вместо подогревательных охлаждающие приспособления. После своей кульминации Солнце так же в течение 7,5 суток опустится к горизонту и зайдет за него; сразу наступит лунная ночь.

### **Фазы Земли**

Земля, наблюдаемая с Луны, будет иметь фазы. Фазы эти будут противоположны лунным и сдвинуты на половину синодического месяца. Так, новолунию для наблюдателя с Земли

будет соответствовать полноземлию для наблюдателя с Луны. Первая фаза, которую увидят космонавты, — полноземие, то есть Земля засияет на темном фоне неба в виде громадного яркого диска, по площади, как уже говорилось, в 13,7 раза большей, чем Луна, видимая с Земли. Затем день за днем Земля начнет убывать с запада, и через 7,4 земных суток наступит последняя четверть — видима будет только восточная половина диска Земли. Еще через 7,4 суток наступит новоземлие — обращенная к Луне сторона Земли видна как чрезвычайно тонкий, светящийся серебристо-голубоватым цветом ободок, расположенный недалеко от Солнца. Это атмосфера Земли, освещенная солнечными лучами, которая, если так можно выразиться, явится своеобразной короной Земли. Еще через 7,4 суток наступит первая четверть — видимой станет половина диска Земли с западной стороны. Затем Солнце скроется за горизонт, освещенная часть Земли с западной стороны начнет увеличиваться, и через 7,4 суток после первой четверти снова наступит полноземие, и так бесконечно...

### **Затмение Солнца, видимое с Луны**

На следующие лунные сутки, когда Солнце будет подходить к зениту, космонавты смогут наблюдать очень интересное явление. Солнце в своем суточном движении начинает заходить за Землю. Это начало солнечного затмения на Луне. Выясним причину солнечного затмения, видимого с Луны.

Солнечные лучи, упавшие на Землю, задерживаются ею, и в пространстве, по другую сторону Земли, образуется конус тени, окруженный усеченным конусом полутени. Луна, двигаясь вокруг Земли, попадает в конус тени, вследствие чего и происходит затмение Солнца.

Если бы плоскость лунной орбиты совпадала с плоскостью эклиптики, солнечное затмение происходило бы каждый лунный день во время новоземлия. Но плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости эклиптики на 5 градусов 8 минут! Поэтому во время новоземлия Луна может находиться на таком расстоянии от угла своей орбиты, что затмения не будет: Солнце в этом случае пройдет севернее или южнее Земли.

Когда солнечное затмение происходит на Земле, Солнце закрывается Луной с западной стороны, Луна находит на Солнце и постепенно закрывает его. На Луне ход затмения совершенно иной. Солнце, двигаясь с востока на запад, в своем лунном суточном движении подходит все ближе и ближе к тому участку неба, в котором в это время находится Земля. Как только для наблюдателя, находящегося в определенной точке лунной поверхности, западный край Солнца коснется восточного края Земли (начало солнечного затмения), наступает ма-



лозаметное потемнение. Далее, Земля все более и более закрывает Солнце. Наконец, второй край Солнца (восточный) совпадает с восточным краем Земли. После этого резко падает освещенность — наступает та вишнево-красная темнота, которой мы любуемся, наблюдая лунное затмение с Земли. Термометр резко падает, и через 2 часа температура снижается с плюс 120 градусов до минус 90 градусов, то есть на 210 градусов по Цельсию.

Величественная картина откроется глазам космонавтов, когда восточные или западные края дисков Солнца и Земли совпадут — поверхность Луны окрасится в голубовато-зеленый, затем в фантастический темно-красный цвет. С восточной стороны Земли будет выступать ярко-красная хромосфера, за ней простирающаяся на несколько радиусов Солнца солнечная корона. Кроме того, на восток и запад от диска Земли раскинутся два громадных клинообразных выступа, окрашенных розоватым цветом. Это зодиакальный свет. Затем хромосфера с восточной стороны начнет уменьшаться, спрячется за Землю и снова появится с западной стороны.

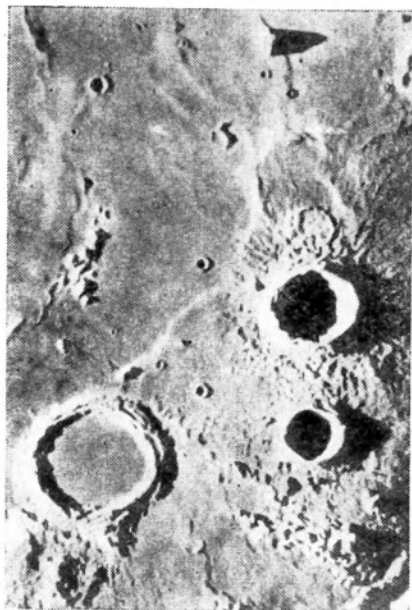


Рис. 6. Часть лунной поверхности с группой кратеров.

Если солнечное затмение происходит в момент, когда Луна находится в одном из углов своей орбиты, то при полном затмении в один из моментов центр Солнца совпадает с центром Земли. Тогда восточная и западная части видимой картины будут симметричны. Дальше с западной стороны корона станет увеличиваться до тех пор, пока луч Солнца появится из-за западного края Земли. На этой фазе полное затмение Солнца, длившееся около 2 часов, заканчивается; космонавты окажутся уже не в полной тени, а в полутени и будут там до полного выхода Солнца из-за диска Земли.

## Путешествие космонавтов на северный полюс Луны

Осмотревшись, космонавты при помощи портативного ракетолета, могущего вертикально подниматься и опускаться, двинутся к северному полюсу Луны и, преодолев путь по дуге круга в 2725 километров, прилунятся в районе Моря Холода.

Вид звездного неба на лунном полюсе будет совершенно иным, чем в центре видимого с Земли диска Луны, находящегося вблизи лунного экватора. Если бы плоскость орбиты нашего спутника совпадала с плоскостью эклиптики и ось вращения Луны была перпендикулярна к плоскости эклиптики, то для наблюдателя на полюсе движение Солнца и Земли происходило бы по видимому горизонту. Картина была бы тогда изумительная для наблюдателя, находящегося в определенной полосе. В течение каждого лунного дня во время новоземлия происходило бы полное солнечное затмение. Для наблюдателя на полюсе вследствие неровностей лунного рельефа оно было бы скрыто, но, поднявшись на какую-нибудь гору или гребень кратера, его можно было бы наблюдать.

Каким же представится наблюдателю солнечное затмение, когда оно произойдет у горизонта? Когда Солнце скроется, за диском Земли будут видны хромосфера и солнечная корона и на фоне последней резко выделятся причудливой формы огненные языки — протуберанцы. По горизонту влево и вправо раскинутся на большое расстояние, как крылья громадной птицы, два клина розоватого цвета — зодиакальный свет. Половина затмения, которую будут наблюдать космонавты, произойдет над горизонтом, другая — под горизонтом. Получится фантастическая картина: как будто громадное чудовище с черной головой (половина диска Земли), окаймленной розовым, а дальше жемчужно-серебристым венком, на котором местами видны огненные фонтаны, распластав свои крылья по горизонту, проглотило Солнце. Продлится затмение долго — примерно 2 часа.

Следствие несовпадения плоскости орбиты Луны с плоскостью эклиптики, как об этом уже говорилось, и неперпендикулярности оси вращения Луны к плоскости эклиптики (угол не прямой, а равен 99 градусам 28 минутам), Солнце и Земля половину своего пути будут находиться недалеко над горизонтом, другую половину низко над горизонтом, и затмения будут не при каждом новоземлии, а только при некоторых.

На промежуточных параллелях между полюсом и экватором Луны картина иная, так как Солнце и Земля там совершают свои движения на различной высоте над горизонтом и в зависимости от лунной широты, на которой будут находиться космонавты.

## Очередные задачи исследования Луны

В программе исследования космического пространства Луна занимает особое место. Ведь она сравнительно близка к Земле и будет первым небесным телом, освоенным человеком; кроме того, она, несомненно, будет трамплином (космодромом) для стартов на другие тела солнечной системы. Поэтому не случайно человечество, как говорят, пошло на последовательный «штурм Луны».

Многие века Луну изучали с помощью визуальных и фотографических наблюдений, ученые получили детальные сведения о видимой с Земли части лунной поверхности, об ее рельефе, о наиболее характерных образованиях на поверхностях и т. д. В последнем десятилетии физические свойства Луны стали изучать с помощью радиометодов. Получены данные о плотности, структуре, электромагнетизме верхних слоев Луны.

Усиленными темпами ведется изучение подходов к Луне и высадки на ее поверхность.

В сентябре 1959 года стартовала космическая ракета с автоматической станцией «Луна-2», которая впервые достигла поверхности Луны.

7 октября 1959 года автоматическая станция «Луна-3» впервые сфотографировала часть невидимой стороны Луны. Полученные и обработанные снимки доставили сведения огромной научной важности.

28 июля 1964 года в США был запущен космический корабль Рейнджер-7, который получил и передал на Землю 4 тысячи фотоснимков с близкого расстояния. Затем в космос вышли Рейнджер-8 и Рейнджер-9. При подходе к Луне Рейнджер-9 передал уже 5814 фото. Последние снимки сделаны с расстояния 1,2 километра. Все эти материалы значительно расширяют наши познания о лунной поверхности.

18 июля 1965 года в Советском Союзе была запущена автоматическая станция «Зонд-3». Дата пуска станции и траектория ее полета были рассчитаны так, чтобы при прохождении станции мимо Луны получить фотографии невидимой ее части, оставшейся неснятой в 1959 году. С расстояния около 10 000 километров станция передала весьма детальные и четкие снимки невидимой стороны Луны. Они намного приближают нас к разгадке вопросов о структуре поверхности Луны и о происхождении различных образований на ней. Ведется детальная обработка всех материалов.

4 октября 1965 года вышла в космос по направлению к Луне космическая станция «Луна-7». В назначенное время ракета достигла Луны.

Для окончательной отработки системы (с целью решения задачи подхода и посадки на поверхность Луны) программой

исследования космического пространства предусмотрены многократные запуски подобных станций.

О Луне мы знаем еще мало, и многое узнаем только когда на ее поверхность ступит нога человека. Непосредственное изучение поверхности и недр Луны, а затем Марса и Венеры будет иметь не только огромное практическое значение, но и глубокий теоретический смысл. Ведь многие научные проблемы получают более точные, а иногда и совсем новые данные. Так, удастся как-то решить одну из важнейших проблем — о формах жизни в нашей солнечной системе в условиях, резко отличных от земных.

Одной из первых задач в освоении космоса будет организация астрономических обсерваторий на искусственных спутниках Земли, на поверхности Луны, а потом и на Марсе. Это даст возможность изучать небесные тела новыми методами, недоступными для земного наблюдателя. Чрезвычайно обогатятся наши представления о физических процессах в недрах Солнца и звезд, газовых и пылевых туманностей и в других звездных системах. Все это приведет к дальнейшим успехам ядерной физики, к пониманию и освоению ядерных процессов и реакций, еще не известных человечеству.

---

## ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

**У**ЖЕ ОЧЕНЬ ДАВНО заметили, что среди множества «обыкновенных» звезд попадаются и светила другого типа. На вид это как бы звезда, но в отличие от настоящих звезд она не стоит на месте, а медленно перемещается по фону созвездий. Сегодня она видна около той яркой звезды, через месяц, глядишь, передвинулась и расположена среди соседних звезд, а через год перешла совсем в другое созвездие. Эти перемещающиеся звезды были названы «планетами», что значит «блуждающие». Каждой планете еще в старину было присвоено название. Это были имена древнеримских богов и богинь.

Мы уже рассказывали о том, как много столетий древние ученые трудились, стараясь установить законы и найти причину сложных передвижений планет. Но удалось это сделать, как уже знает читатель, лишь 400 с небольшим лет назад знаменитому польскому астроному Николаю Копернику.

Центр солнечной системы, ее основу составляет Солнце — огромный раскаленный газовый шар. Вокруг него в безвоздушном космическом пространстве движутся планеты, каждая по своему пути, или, как выражаются астрономы, по своей орбите. Вокруг многих планет обращаются космические тела меньшего размера — планетные спутники.

Наша Земля — одна из планет, поэтому она тоже летит в пространстве вокруг Солнца со скоростью 30 километров в секунду, делая полный оборот за один год. От этого ее движения получается смена сезонов, чередование холодной зимы и теплого лета. Кроме того, Земля вращается вокруг собственной оси, делая один оборот за сутки. От этого происходит смена дней и ночей, а также кажущееся вращение небесного свода вокруг Полярной звезды и как следствие этого — восход и заход светил.

Видимые передвижения планет по небесному своду сложны

оттого, что мы смотрим на летящую в пространстве планету с Земли, которая тоже движется с большой скоростью.

Все планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении, путь каждой из них близок к окружности, и потому расстояние от планеты до Солнца остается почти постоянным. Напротив, расстояния планет друг от друга непрерывно изменяются. Обходя свои орбиты за разное время, всякие две планеты то сходятся по одну сторону от Солнца, тогда расстояние между ними становится наименьшим (положение, называемое «противостоянием»), то расходятся и располагаются по разные от Солнца стороны, тогда они оказываются очень далеко одна от другой.

Теперь мы знаем, что в состав солнечной системы входят девять больших планет. В порядке последовательного удаления от Солнца это — Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.

Кроме того, в солнечной системе есть множество совсем маленьких планеток — астероидов. В настоящее время их зарегистрировано свыше 1600. Их пути лежат преимущественно между орбитами Марса и Юпитера.

Из числа больших планет шесть сами являются центрами, вокруг которых обращаются мелкие тела, стоящие, так сказать, рангом ниже. Такова, например, наша Земля, вокруг которой обращается Луна.

Природу планет изучает раздел астрономии, называемый планетоведением. Долгое время казалось, что его задачи чисто теоретического характера, что сообщаемые им сведения о планетах имеют лишь познавательную ценность. Однако в наше время положение резко изменилось.

В знаменательную дату 4 октября 1957 года Советский Союз открыл новую эру в истории человечества — эру завоевания космического пространства. В этот день был запущен первый искусственный спутник Земли.

И уже недалек день, когда снабженные автоматическим научным оборудованием ракеты достигнут Марса, Венеры и других планет. А потом наступит время, когда по космическим дорогам помчатся корабли-звездолеты с людьми, и первые космонавты ступят на поверхность далеких планет.

Что же они там найдут? Теперь это уже не абстрактная проблема из области астрономии, а вполне конкретный практический вопрос, и ответ на него должен быть получен еще до того, как первые экспедиции отправятся в свои межпланетные рейсы.

Те сведения, которыми мы сегодня располагаем о каждой из планет, хотя и не всегда обширны, но в общем достаточны и вполне могут служить для первой ориентировки при подготовке экспедиций на другие планеты. Главное здесь — это размеры и масса планеты, поскольку от них зависит сила тя-

жести, существование и состав атмосферы, возможность встретить воду, температура днем и ночью. Об этом мы и расскажем.

## **Меркурий**

Меркурий — ближайшая к Солнцу планета. Это самая маленькая из категории «больших» планет. Ее поперечник 4700 километров — лишь немного больше поперечника Луны, который равен примерно 3500 километрам. И по природе своей Меркурий похож на Луну. Там нет ни воды, ни воздуха, поверхность у него очень темная и сильно изрыта отчасти горами (хотя непосредственно их мы пока не видим), а отчасти мелкими и мельчайшими углублениями.

Но у Меркурия есть одна особенность, которой нет ни у одной другой планеты солнечной системы. Продолжительность его оборота вокруг оси в точности равна продолжительности оборота вокруг Солнца и составляет 88 суток. Поэтому одним полушарием Меркурий всегда повернут к Солнцу, а другим — прочь от него. На одной стороне там вечный день, а на другой непрерывная ночь. Кроме того, поскольку Меркурий гораздо ближе к Солнцу, чем Земля, оно там светит и греет в шесть раз сильнее, чем у нас. Не удивительно, что дневная половина Меркурия — царство ослепительного света и страшной жары. Скалы и камни там накалены до 400 градусов и выше. При такой температуре плавится свинец. Зато на обратной стороне — царство вечного мрака и сильнейшего мороза. Значит, Меркурий — это мир крайностей.

Есть, правда, на Меркурии узкая область поверхности, где температурные условия иные. Это зона, примыкающая к так называемому терминатору — границе дня и ночи. Она тянется примерно от одного полюса к другому, охватывая кольцом всю планету.

Благодаря особенностям движения Меркурия Солнце там то восходит, то заходит, но всегда остается близко у линии горизонта. Возможно, что будущие космонавты именно здесь станут искать место для высадки.

## **Венера**

Все иначе на следующей от Солнца планете — Венере. Это роскошное светило, вероятно, замечал каждый, потому что по интенсивности света оно занимает третье место на небе, уступая только Солнцу и Луне. В периоды наибольшего блеска Венера сияет на небе, как яркая электрическая лампа, подавляя своим сильным светом все звезды и планеты.

Венеру бывает видно либо с вечера, вскоре после заката Солнца, либо перед рассветом, а в середине ночи она не появляется. За эту особенность ее прозвали «вечерней» и «утрен-

ней» звездой. Это происходит оттого, что Венера ближе к Солнцу, чем Земля, и вся ее орбита лежит внутри той окружности, по которой Земля совершает свой годовой путь вокруг Солнца.

Иногда Венеру образно называют «сестрой Земли». Дело в том, что по размерам и массе она очень похожа на Землю, только чуть-чуть меньше.

Отчего же Венера светит так сильно?

Во-первых, она от нас близко, ближе всех светил после Луны. Во время наибольшего приближения к нам, а именно тогда, когда Венера проходит между Землей и Солнцем, расстояние до нее не превышает 40 миллионов километров. Во-вторых, поверхность Венеры очень светлая и отражает много солнечных лучей. Правда, тут кроется источник некоторого разочарования.

Если Венера так близка, можно было бы ожидать, что на ней в телескоп видно много всяких подробностей, и поэтому природа планеты изучена очень хорошо. Но в действительности все наоборот. В телескоп Венера похожа на крупный шар, с одной стороны темный (там, где ночь), а с другой — светлый (там, где день). Но поверхность ее повсюду имеет однообразную белую окраску, и никаких деталей на ней не видно.

Так получается потому, что Венера, подобно Земле, окружена плотной атмосферой, причем на ней везде и всегда пасмурно. Иными словами, толстый слой каких-то белых облаков постоянно окутывает планету. Эти «тучи» хорошо отражают солнечный свет, но скрывают от нашего зора поверхность планеты. Поэтому нам неизвестно, есть ли на Венере горы и долины, моря и суша, пустыни и области, покрытые растительностью.

Атмосферу Венеры открыл 26 мая 1761 года наш великий соотечественник М. В. Ломоносов. В этот день Венера проходила прямо перед солнечным диском, на фоне которого резко выделялась в виде черного кружка. Наблюдая в Петербурге это редкое явление при помощи небольшого телескопа, Ломоносов обнаружил такие детали, которые позволили ему сделать вывод, что «планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковую (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного».

Было потрачено много времени и труда на изучение этой атмосферы. На первых порах предполагалось, что по составу она должна иметь сходство с нашим, земным воздухом. В самом деле, раз есть облака, то должен быть и водяной пар, из которого они образуются. Естественно думать, что там имеется и кислород, которым мы дышим. Однако долгое время ни кислород, ни водяной пар, ни другие газы обнаружить на Венере не удавалось. Потом в атмосфере этой планеты нашли углекислый газ, причем его там оказалось много, гораздо



больше, чем в нашем земном воздухе. Но этот газ не мог составлять всю атмосферу целиком. Поэтому предположили, что основная составная часть атмосферы Венеры — азот, который, однако, наблюдениями с Земли обнаружить нельзя.

Лишь совсем недавно в изучении состава атмосферы Венеры достигли новых успехов. Наблюдения, проведенные американскими учеными с воздушных шаров, поднятых высоко над Землей, дают основание говорить о существовании на Венере очень небольшого количества водяного пара. Новейшие исследования, проведенные на Крымской астрофизической обсерватории, указывают, что там есть и кислород. Конечно, все эти данные относятся лишь к верхнему тонкому слою атмосферы, лежащему над облачным покровом Венеры. В скрытых от нашего взора глубоких слоях атмосферы водяного пара и кислорода может быть гораздо больше.

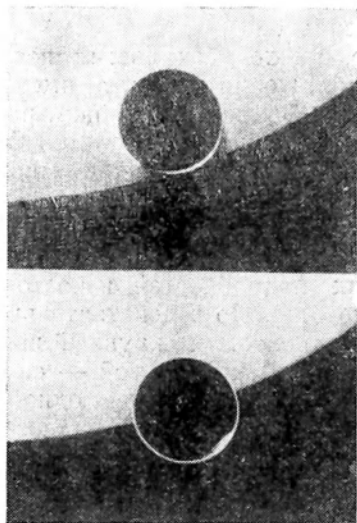


Рис. 7. Прохождение Венеры по диску Солнца. Отчетливо видна светлая полоска вокруг темного диска — это солнечные лучи рассеиваются в атмосфере планеты.

Очень интересные результаты определений температуры на Венере. Обычно применяемые в астрономии способы измерения температуры при помощи прибора, называемого термозащитным, дают как для

дневного, так и для ночного полушария Венеры одинаковое и притом очень низкое значение: около 40 градусов мороза. Это не удивительно, поскольку измерить удастся температуру лишь верхней границы облачного слоя, расположенного в атмосфере на большой высоте. Но как узнать что-нибудь о том, что делается на твердой поверхности планеты?

Некоторые сведения о температуре поверхности Венеры удалось получить только в последнее время благодаря успехам радиоастрономических методов наблюдения. Дело в том, что туман и облака для световых лучей непрозрачны, но радиоволны сквозь них проходят свободно. При помощи мощных радиотелескопов удалось зарегистрировать постоянное радиоизлучение, идущее к нам от Венеры. Возможно, что оно исходит от расположенной под облаками поверхности. Если это так, то температура этой поверхности должна быть высокой и составляет примерно 300 градусов. Если этот результат будет подтвержден, то придется признать, что на Венере повсюду

расстилается горячая сухая пустыня и нет ни морей, ни рек, ни вообще воды, а следовательно, нет жизни.

Есть, однако, другой способ изучения планеты при помощи радио, который называется радиолокационным. Земная радиостанция направляет в сторону светила мощный пучок радиоволн, который доходит до поверхности планеты, отражается от нее — и отраженные волны, образующие радиоэхо, улавливаются земными приемными станциями. Такой метод давно применяется в земных условиях для обнаружения судов, самолетов и т. п. Но там это просто, потому что наблюдаемый объект находится близко. А вот радиолокация другой планеты, удаленной на десятки миллионов километров, дело исключительной трудности.

Очень важные наблюдения этого рода удалось осуществить группе сотрудников нашей Академии наук во время сближения с Венерой в 1961 году. Они позволили точно измерить расстояние от Земли до Венеры, что, в свою очередь, позволило получить новое, уточненное значение расстояния Земля — Солнце. Получены указания, что скрытая облачным слоем поверхность Венеры неоднородна. А самое главное, они доказали, что Венера вращается медленно, так что сутки на ней длятся не менее 200 наших суток.

Тем не менее о Венере мы пока знаем очень мало, и только будущим исследователям, возможно, уже связанным с полетами к этой планете на космических кораблях, суждено раскрыть ее тайны.

Следующая за Венерой планета — наша Земля. Ее изучением занимаются география, геофизика, геология. (Подробнее о Земле смотри статью «Планета Земля».)

## **Марс**

За орбитой Земли располагается орбита планеты Марс — нашего соседа по солнечной системе со стороны, противоположной Солнцу. Правда, это «соседство», эта близость к Земле — понятие относительное. В условиях наибольшего приближения к нам, во время так называемых великих противостояний, Марс отстоит от Земли почти на 60 миллионов километров. В другое время его отделяют от нас сотни миллионов километров.

Для невооруженного глаза Марс имеет вид яркой звезды огненно-красного цвета. Наблюдениями в телескоп установлено, что он, подобно Земле, представляет собой шар, но меньшего размера. Его поперечник всего 6780 километров, то есть почти вдвое меньше земного. По весу (массе) Марс уступает Земле примерно в десять раз. С этим связана значительно меньшая сила тяжести на его поверхности, составляющая 38 процентов от той, в условиях которой мы живем на Земле.

В телескоп на Марсе различаются области трех оттенков. Основной фон составляют рыжие, оранжевого тона пространства, условно называемые «материками». Среди них расположены менее светлые и менее окрашенные коричневатые области, которым присвоено тоже условное наименование «моря». Зоны, примыкающие к полюсам планеты, очень светлые, почти белые. Они образуют так называемые «полярные шапки», как бы надетые на Марс с двух противоположных концов.

Наблюдая за видимым перемещением пятен по диску Марса, можно было весьма точно изучить его вращение. Оказалось, что продолжительность оборота вокруг оси, а значит, и суток для Марса почти такая же, что и для Земли; по нашему счету, она составляет 24 часа 37 минут. Наклон экватора Марса к плоскости его орбиты равен 25 градусам, что, в свою очередь, близко к наклону земного экватора, который, как известно, составляет 23 с половиной градуса. Это сходство наклонов очень важно: оно означает, что сезоны на Марсе сменяются так же, как и у нас.

Но Марс находится от Солнца дальше, чем Земля, и та орбита, по которой он совершает свое движение вокруг центрального светила, длиннее, а скорость движения меньше. Поэтому продолжительность оборота вокруг Солнца, то есть года, для Марса составляет 687 наших суток. В марсианском году содержится 669 марсианских суток, то есть примерно вдвое больше, чем в нашем.

Результаты смены сезонов на Марсе хорошо видны в телескоп. Когда в данном полушарии наступает весна, белый полярный покров начинает разрушаться, и его кромка постепенно отступает к полюсу. В конце лета он занимает совсем небольшую площадь, непосредственно примыкающую к полюсу. Но с приходом осени полярная шапка опять начинает расширяться, захватывая все большую часть поверхности планеты.

Все это очень похоже на то, что происходит у нас на Земле, где снеговой покров каждую весну тает, и граница его белой зоны, начиная от берегов Черного и Каспийского морей, понемногу отходит к северу. Летом белая окраска сохраняется только в ледяных просторах Арктики, а к осени она опять начинает свое наступление на юг.

Правда, на Марсе климатические условия отличаются от земных прежде всего потому, что, будучи дальше от Солнца, Марс получает вдвое меньше тепла и света. Однако измерения температуры, выполняемые при помощи термозлемента, показали, что, хотя на Марсе и холоднее, чем у нас, разница все же не столь велика. Например, на экваторе в полдень почва Марса нагревается до температуры плюс 20—30 градусов, а в зоне разрушающейся полярной шапки она близка к нулю. Правда, так обстоит дело только днем. Ночью в любом месте планеты, не исключая и ее экваториальной зоны, жестокий

мороз, доходящий до 40—50 градусов, всегда сковывает местность. Очень суровы условия на Марсе зимой. Морозы там даже днем доходят до 60—80 градусов и ниже.

Как бы то ни было, на Марсе бывает достаточно тепло, чтобы лед и снег там могли таять в определенную часть года. Это как будто подтверждает, что полярные шапки состоят из снега, льда или инея. Но полной уверенности в этом пока нет.

Однако если верно, что полярный покров на Марсе—настоящий снег, то там должна быть и атмосфера, по которой пар переносится с одного полюса на другой. Так оно и есть. Многие факты не только доказывают, что на Марсе существует газовая оболочка, но и позволяют оценить ее плотность. Оказывается, что атмосфера Марса очень разрежена. Количество газа над единицей поверхности там в четыре-пять раз меньше, чем на Земле.

Принимая во внимание, что и сила тяжести на Марсе значительно слабее, оказывается, что атмосферное давление там примерно в 10 раз меньше, чем на Земле. Выраженное в показании барометра-анероида, оно составляет всего 70—80 миллиметров, в то время как на Земле оно колеблется между 700 и 800 миллиметрами.

Тщательные спектроскопические исследования, имевшие целью обнаружить в атмосфере Марса кислород, привели к выводу, что сколько-нибудь заметного количества этого столь важного для жизни газа там нет. Не удалось обнаружить и водяной пар. Единственный газ, существование которого на Мар-

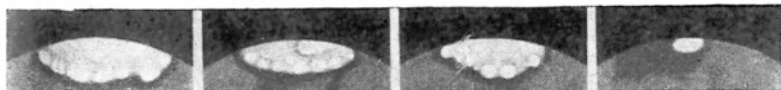


Рис. 8. Изменение полярных шапок Марса. Первый рисунок сделан в январе 1950 года, когда на северном полушарии Марса началась весна. Весной полярная шапка постепенно уменьшается, расчленяется на отдельные участки, вокруг нее появляется темная кайма. Второй рисунок сделан через две недели, третий еще через месяц. Видно, что полярная шапка уменьшается. Последнее наблюдение выполнено в начале марсианского лета. Иногда летом полярная шапка на Марсе исчезает совсем и появляется только в начале осени.

се установлено с полной достоверностью, — углекислый. Там его вдвое больше, чем на Земле. Предполагается, что основная составная часть атмосферы Марса, как и у нас, — азот, но проверить это наблюдениями, выполняемыми с Земли, невозможно.

Атмосфера Марса отнюдь не чистая: в ней плавают много частичек, создающих муть. Поэтому на снимках Марса, полученных в синих или фиолетовых лучах, «моря» и другие дета-

ли поверхности совсем не видны: их, как и при съемке далекой земной панорамы, скрывает голубая дымка, возникающая из-за рассеяния солнечных лучей на частицах тончайшей мути, всегда плавающей в атмосфере.

Возможно, что это мельчайшие ледяные пылинки, образующиеся в очень холодных слоях атмосферы. Иногда их становится особенно много, и тогда образуются обширные светлые пятна, своего рода «фиолетовые облака», невидимые для глаза, но хорошо различимые на снимках Марса, полученных в фиолетовых лучах.

Временами атмосфера Марса заволакивается туманами с оранжевой или красноватой окраской. Они появлялись особенно часто во время последнего великого противостояния Марса в 1956 году, когда красноватая пелена по неделям скрывала то обширные участки «морей», то полярную шапку. Своеобразный цвет таких туманов дает повод думать, что в данном случае это минеральные частицы мелкой пыли, поднятые ветром с сухих пространств «материков». Но какова их природа?

В свое время считали, что материки на Марсе сходны с песчаными пустынями на Земле, и поэтому желтые помутнения в атмосфере описывали как песчаные бури. Теперь точка зрения изменилась. Точные определения цвета показали, что песок земных пустынь по своей желтой или розоватой окраске совсем не похож на поверхность Марса, имеющую интенсивно-оранжевый или рыжий цвет, как кирпич или глиняный горшок. Из минералов таким цветом обладает порошкообразная разновидность бурого железняка, известная под названием охры. Вероятно, ею и покрыта поверхность Марса.

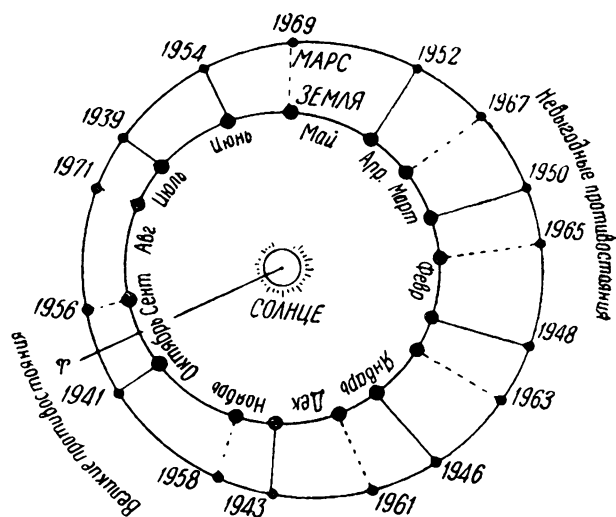


Рис. 9. Схема противостояний Марса.

Таким образом, можно думать, что обширные однообразные пространства материков на Марсе везде устилаются рыжим мучнистым материалом цвета ржавчины, то есть водных окислов железа. Ветры, дующие на Марсе, поднимают тучи этой сухой красноватой пыли, заволакивая огромные площади своеобразными ржавыми пылевыми туманами.

Из сказанного следует, что с нашей, человеческой, точки зрения, условия на Марсе крайне суровы. Атмосфера разрежена, суха, лишена столь необходимого для дыхания земных существ кислорода. Вода, если и есть, то лишь в самых ничтожных количествах, и притом в твердом, замерзшем виде. Каждую ночь на всей планете стоят сильнейшие морозы.

Марсом заканчивается последовательность планет среднего размера, которые в основном состоят из каменистого вещества. Что это именно так, вытекает из их высокой средней плотности, которая, считая плотность воды за единицу, заключается в пределах от 3,8 для Марса до 5,5 для Земли. Дальше идет зона самых маленьких планет — астероидов, а за ней начинается зона гигантских планет, которые составляют обособленную в солнечной системе «группу Юпитера».

### **Группа Юпитера**

Из числа этих планет первая по порядку от Солнца и первая по размеру — Юпитер. Это самая большая планета в солнечной системе. Поперечник ее 143 тысячи километров, что в 11 раз больше поперечника Земли. Из этого следует, что по объему Юпитер превосходит наш земной шар в 1300 раз. Однако по массе (весу) разница не столь велика — Юпитер больше Земли в 318 раз. Из этого следует, что Юпитер состоит из менее плотного вещества. Действительно, несложный подсчет показывает, что его средняя плотность составляет 1,4, то есть лишь немного больше плотности воды.

Как известно, Земля по форме — не точный шар: она немного сплюснута у полюсов. Но эта сплюснутость ничтожна, и если изготовить глобус, по форме точно воспроизводящий Землю, то на глаз заметить его отличие от шара было бы невозможно. Если же посмотреть на Юпитер в телескоп, то сплюснутость планеты бросается в глаза с первого взгляда: диск светила не круглый, а сжатый, он имеет форму эллипса. Сжатие Земли по линии ее оси — это следствие вращения, которое порождает центробежную силу и ведет к растяжению экватора. Чем быстрее вращение, тем сильнее сжатие.

Оказывается, что сильно сжатые планеты-гиганты вращаются гораздо быстрее, чем Земля. Быстрее всех вращается Юпитер: время его оборота, а следовательно, и продолжительность суток на экваторе составляет 9 часов 50 минут. Особенность этого вращения состоит в том, что его скорость для

разных частей планеты неодинакова и убывает с удалением от экватора. Так, на широте 20 градусов период оборота равен уже 9 часам 56 минутам, а у полюса он еще больше.

Однако одно быстрое вращение не могло бы породить столь сильного сжатия. Тут сказывается еще особое строение планеты, состоящее в том, что вся огромная масса Юпитера сосредоточена в его центральных частях, в сравнительно небольшом ядре, в то время как наружные слои состоят из какого-то вещества с очень небольшой плотностью, по-видимому, из газа.

В телескоп на Юпитере видно множество различных подробностей: параллельные экватору широкие темные и светлые полосы, узкие поперечные полосы, круглые и овальные пятна разной окраски и другие. Вся эта пестрая картина непостоянна, полосы и пятна постепенно разрушаются, исчезают, а на смену им возникают все новые и новые образования. Ясно, что перед нами изменчивый покров, состоящий из облаков и туч, скрывающий твердое тело планеты, расположенное где-то глубоко под видимой поверхностью.

Впрочем, на Юпитере есть одна подробность, отличающаяся сравнительным постоянством. Это так называемое красное пятно — образование овальной формы длиной в 50 тысяч километров, расположенное в южном полушарии на широте 20 градусов. Оно было открыто еще в прошлом столетии и с тех пор наблюдается непрерывно, из года в год, несколько меняясь по форме, окраске и положению.

На Сатурне тоже видны полосы и пятна, но гораздо более бледные, чем на Юпитере, так что их не всегда удается различить. На более далеких планетах — Уране и Нептуне — замечаются лишь неопределенные туманные образования.

Сатурн в некоторых отношениях — планета рекордов. По размеру она несколько уступает Юпитеру, но зато сжата значительно сильнее: это самая сплюснутая из всех планет. Плотность его вещества самая низкая — всего 0,7 от плотности воды. Если бы Сатурн можно было бросить в воду, то он плавал бы, как деревяшка. Наконец, Сатурн окружен знаменитым плоским кольцом (о нем мы еще расскажем).

При обсуждении природы планет-гигантов всегда надо иметь в виду, что они движутся в зоне солнечной системы, далекой от Солнца и потому слабо согреваемой и освещаемой лучами дневного светила. Так, на Юпитере, который находится от Солнца в пять раз дальше, чем Земля, Солнце светит и греет в 25 раз слабее, чем у нас, на Сатурне — почти в 100 раз, на Уране — в 300, а на далеком Нептуне — почти в 1000 раз. На Уране и Нептуне дневное солнечное освещение будет примерно таким, как у нас во время сумерек.

Итак, можно сделать вывод, что на планетах-гигантах должен царствовать жестокий холод. Измерения температуры, выполняемые при помощи термоэлемента, вполне подтвержда-

ют это. Так, температура в полдень на Юпитере составляет 140 градусов мороза, на Сатурне 155 градусов. На Уране и Нептуне мороз еще сильнее, и температура там ниже минус 200 градусов! Однако следует иметь в виду, что эти значения температуры относятся к верхней границе облачного покрова. Глубинные части планет могут быть гораздо теплее.

Очень интересные и вместе с тем неожиданные результаты дало изучение химического состава атмосферы Юпитера и трех других крупных планет. Среди газов, входящих в состав этих атмосфер, не оказалось ни кислорода, ни водяного пара, ни углекислоты, то есть всего того, что слагает нашу земную атмосферу. Зато на всех четырех планетах был обнаружен метан — газ, представляющий собой соединение водорода с углеродом и составляющий основу того горючего газа, который по трубам подается в наши кухонные плиты. На Юпитере и Сатурне был найден еще аммиак, всем знакомый по резкому запаху нашатырного спирта.

Количество метана в атмосферах гигантских планет довольно значительно. Если собрать весь этот газ в один сплошной однородный слой и поместить в условия, близкие к земным (температура 0 градусов, давление 1 атмосфера), то для Юпитера толщина такого воображаемого слоя составляет 150 метров. Видимое количество метана на Сатурне вдвое больше, на Уране оно соответствует воображаемому однородному слою в 1500 метров, на Нептуне даже в 2500 метров.

В действительности атмосфера каждой планеты состоит из смеси газов, и метан занимает в этой смеси далеко не первое место. По-видимому, основным газом тут должен быть водород (что для Урана и Нептуна недавно было подтверждено спектроскопическими наблюдениями), вероятно, с той или иной примесью другого легкого газа — гелия.

Количество аммиака в этих столь странных, с нашей точки зрения, атмосферах сравнительно невелико и даже для Юпитера (в атмосфере которого этот газ проявляет себя наиболее интенсивно) соответствует слою всего в 5—10 метров толщины. Однако, по-видимому, именно он порождает ту пеструю картину полос и пятен, которой мы любимся на Юпитере.

Дело в том, что уже при температуре 78 градусов мороза аммиак замерзает, превращаясь в белые, похожие на снежинки кристаллики. Следовательно, даже на наименее холодном Юпитере значительная часть аммиака должна быть в форме мелких твердых частиц — пылинок, которые плавают в атмосфере и образуют в ней плотные облака и туманы. Такие облака то образуются, то вновь испаряются под действием солнечных лучей или внутреннего тепла планеты. Они-то и влекут за собой наблюдаемую нами изменчивость полос и пятен.

На Сатурне значительно холоднее, и поэтому там почти весь аммиак уже находится в форме твердых частиц. Этим



объясняется значительно меньшая контрастность поясов и пятен на диске. Наконец, на двух самых далеких планетах — Уране и Нептуне — мороз настолько силен, что затвердевший аммиак уже не образует облаков, но оседает на поверхность. Поэтому на этих планетах лишенную деталей видимую поверхность образует толща водородно-метановой атмосферы.

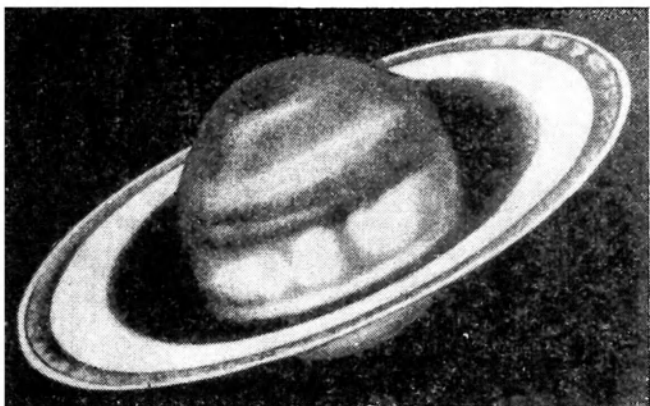


Рис. 10. Сатурн окружен плоским кольцом, которое состоит из мелких частиц, движущихся вокруг планеты.

Много существенного дали исследования Юпитера, выполненные методом радиоастрономии. Применение современных мощных радиотелескопов показало, что, кроме постоянного слабого радиоизлучения, от Юпитера на Землю время от времени поступают «радиовсплески», то есть мощные, но непродолжительные потоки радиоволн. Возникает вопрос: где находятся неведомые источники этих радиосигналов и как они действуют? Некоторые ученые предполагали, что источники их участвуют во вращении Юпитера и потому могут находиться на твердой поверхности этой планеты. Говорили и писали про вулканы или про очаги гроз, порождающие такие явления. Однако более вероятно, что радиовсплески зарождаются в верхних слоях атмосферы Юпитера, в так называемой ионосфере, где газ содержит много частиц, несущих электрические заряды (электроны, ионы).

Описывая планеты-гиганты, нельзя не вспомнить, что каждая из них — центр целой системы спутников. Планеты земной группы спутниками небогаты: у Меркурия и Венеры их нет совсем, у Земли только один спутник — Луна, у Марса два крошечных спутника. Планеты группы Юпитера, напротив, все имеют по нескольку спутников. У Юпитера их 12, у Сатурна 9, у Урана 5 и у Нептуна 2, причем здесь речь идет только об известных нам спутниках. Поскольку открытия новых спутни-

ков продолжают, можно утверждать, что их истинное количество, возможно, больше, особенно у далеких от нас Урана и Нептуна, наблюдать которые труднее.

К спутникам можно отнести и кольца Сатурна. Это очень своеобразное, единственное в солнечной системе образование было замечено еще при первых телескопических наблюдениях. Оно представляет собой три очень тонких (толщина не более 100 километров) совершенно плоских кольца, вложенных одно в другое и свободно вращающихся в плоскости экватора планеты. Первое, внутреннее кольцо полупрозрачно и потому называется «креповым». Его внутренний, самый близкий к Сатурну край имеет радиус 75 тысяч километров и отстоит от поверхности шара планеты на 15 тысяч километров. Второе, самое яркое кольцо отделено от третьего узким пустым промежутком, имеющим вид резкой черной линии раздела. Радиус внешнего края третьего крайнего кольца — 138 тысяч километров.

Что же представляют собой и из чего состоят эти удивительные кольцевидные образования? Теоретические исследования показали, что твердые сплошные кольца таких размеров существовать не могут, так как различие в силах притяжения должно их немедленно раздробить на отдельные небольшие куски. Поэтому кольца должны состоять из мелких телец — пылинок или камешков, — густым слоем обращающихся вокруг Сатурна и образующих как бы плотный пылевой туман. Каждая частичка такого тумана представляет собой миниатюрный спутник, под действием притяжения независимо обращающийся вокруг своей планеты точно так же, как это происходит со спутниками крупных размеров.

Несколько особняком стоит последняя планета солнечной системы — Плутон. Она скорее похожа на планеты группы Земли. Ее масса примерно такая же, как и у земного шара, а размеры, возможно, даже меньше. Мы мало что знаем об ее природе. Но, по-видимому, на поверхности Плутона есть обширные области с темной и светлой окраской. Вращаясь вокруг своей оси, Плутон поворачивается к нам то светлой стороной, то темной. От этого его свет становится то сильнее, то слабее. Изучая колебания блеска Плутона, удалось определить продолжительность суток на нем. Она составляет в нашем выражении 6 суток 9 часов 22 минуты.

Таким образом, условия на разных планетах очень различны. Так и должно быть, поскольку в солнечной системе нет и не может существовать двух вполне тождественных планет, ибо уже само различие расстояния от Солнца порождает различия в освещении, облучении и температуре. Однако нет сомнения, что техника быстро развивающейся космонавтики со временем позволит человеку побывать на каждой планете и на каждом спутнике.

## СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

**КОГДА** В ЯНВАРЕ 1610 года Галилей, направив телескоп на Юпитер, увидел рядом с планетой следовавшие за ней крошечные незнакомые звездочки, он не сразу понял значение своего открытия. Лишь в последующие ночи ему стало ясным, что таинственные спутники Юпитера — это его луны. Обращаясь вокруг Юпитера, они периодически появлялись то с одной, то с другой его стороны, воспроизводя тем самым в миниатюре движение планет вокруг Солнца.

Четыре спутника Юпитера, открытые Галилеем, сыграли важную роль в развитии науки. Прежде всего, наблюдая их движение, каждый мог убедиться, что меньшие тела обращаются вокруг большего. А этот бесспорный факт придавал учению Коперника большую убедительность, и поэтому Галилей использовал его как один из главных аргументов в пользу коперниканства.

Спустя 65 лет «галилеевские» спутники Юпитера оказали и другую важную услугу науке. Датский астроном Рёмер с их помощью впервые определил величину скорости света. Сделал он это так: Юпитер, освещаемый солнечными лучами, отбрасывает тень в мировое пространство. Обращаясь вокруг Юпитера, его спутники иногда попадают внутрь конуса этой тени и становятся на некоторое время невидимыми. Моменты начала подобных затмений спутников Юпитера можно заранее вычислить, зная периоды их обращения вокруг планеты.

Во времена Рёмера считалось, что лучи света распространяются мгновенно, и потому таблицы моментов затмений спутников Юпитера составлялись без учета взаимного расположения Солнца, Юпитера и Земли. В результате получалось так, что в момент наибольшего сближения Земли и Юпитера затмение его спутников наступало на 16,5 минуты раньше, чем в тот период, когда обе планеты максимально удалялись друг от друга.

Разница эта возникла по вполне понятным причинам — лучам света требовалось некоторое время для того, чтобы про-

бежать расстояние, равное диаметру земной орбиты. Деля поперечник земной орбиты (300 000 000 километров) на 16,5 минуты (или 990 секунд), получаем, что скорость света близка к 300 тысячам километров в секунду.

Таким образом, скорость света оказалась хотя и очень большой, но все же конечной величиной. Отсюда неизбежен вывод, что все небесные тела и явления мы наблюдаем не такими, какие они есть в момент наблюдения, а такими, какими они были в прошлом, тем более отдаленном, чем дальше от Земли находится наблюдаемый объект. При изучении небесных тел это обстоятельство, впрочем, не играет существенной роли. Небесные тела изменяются так медленно, что их наблюдаемое прошлое и их действительное настоящее почти не отличаются друг от друга.

Так, Солнце мы всегда видим таким, каким оно было за восемь минут до момента наблюдения. Но что значат эти восемь минут для Солнца, продолжительность жизни которого исчисляется, по-видимому, десятками миллиардов лет?

Почти то же можно сказать не только о близких к нам звездах, но и о тех из них, от которых лучи света доходят до Земли за сотни и тысячи лет. Наблюдаемое нами прошлое Вселенной, практически говоря, есть ее настоящее.

Одно время, до изобретения высокоточных хронометров, спутники Юпитера помогали мореплавателям. Наблюдая моменты их затмений, штурманы определяли географическую долготу корабля.

С развитием техники астрономических исследований, с постройкой все более мощных телескопов количество известных науке спутников планет непрерывно росло, и в настоящее время, кроме нашего спутника Луны, известно еще три десятка лун.

Самой большой свитой спутников обладает величайшая из планет Юпитер. Его двенадцать лун образуют систему, занимающую область пространства поперечником в 48 миллионов километров! Первым четверем, наиболее крупным, «галилеевским» спутникам Юпитера присвоены имена, почерпнутые из древнегреческой мифологии: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. Остальные луны Юпитера, не имея собственных имен, обозначаются римскими цифрами в порядке их открытия.

Восемь из двенадцати спутников Юпитера обращаются вокруг планеты в прямом направлении. Иначе говоря, рассматриваемые со стороны северного полюса Юпитера, они казались бы движущимися вокруг него против часовой стрелки. Остальные четыре спутника (VIII, IX, XI и XII) обращаются вокруг Юпитера в обратном направлении. В этом проявляется одна из особенностей систем спутников по сравнению с планетной системой, где все планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении.

По своим размерам спутники Юпитера резко разделяются на две группы — гигантов и карликов. Первую из них составляют «галилеевские» спутники Юпитера. Это действительно крупные небесные тела, сравнимые по размерам с некоторыми из планет.

Самая большая из известных лун солнечной системы — это третий спутник Юпитера, носящий имя Ганимед. Его поперечник равен 5550 километрам, что на 830 километров превосходит диаметр Меркурия. Будь Ганимед самостоятельным телом, обращающимся вокруг Солнца, мы считали бы его обычной, «вполне нормальной» планетой.

Лишь немногим уступает Ганимеду четвертый спутник Юпитера Каллисто, поперечник которого, равный 5050 километрам, превосходит диаметр Меркурия на 330 километров.

Два остальных спутника этой же группы — Ио и Европа — по размерам близки к Луне, причем Ио (диаметр 3550 километров) несколько превосходит Луну по своим размерам, а Европа (диаметр 3100 километров) почти настолько же ей уступает.

Совсем иные данные у остальных восьми спутников Юпитера. Два наибольших из них (V и VI) в диаметре достигают всего 160 километров, а другие и того меньше. Самый маленький из спутников Юпитера (X), имея поперечник всего в 24 километра, кажется карликом в сравнении с Ганимедом, превосходящим его по объему более чем в 10 миллионов раз!

Колоссальные различия в размерах спутников Юпитера отразились, естественно, и на их природе. Спутники-карлики имеют настолько ничтожную массу, что удержать вокруг себя атмосферу они, естественно, не в состоянии. Лишенные воздушных оболочек, карликовые спутники Юпитера представляют собой более или менее шарообразные глыбы, по составу, вероятно, схожие с падающими на Землю метеоритами.

Природа гигантских лун Юпитера совсем иная. Еще в прошлом веке на их поверхности в крупнейшие телескопы удавалось разглядеть какие-то пятна. В 1941—1944 годах их уверенно наблюдали во Франции на горной обсерватории Пик-дю-Миди. Расположение пятен на диске спутников заставляет думать, что главные из лун Юпитера, подобно нашей Луне, всегда обращены к планете одной и той же стороной. К такому же выводу приводят и наблюдаемые колебания их видимой яркости.

По своей массе Ганимед и Каллисто настолько велики, что могли бы иметь вокруг себя атмосферу. Однако прямых доказательств ее существования пока не найдено.

Три из четырех «галилеевских» спутников (кроме Каллисто) очень хорошо отражают солнечные лучи. Возможно, что это вызвано ледяным покровом из замерзших газов, который обволакивает поверхности Ио, Европы и Ганимеда. Что же ка-

сается Каллисто, то его очень малая средняя плотность (0,6 плотности воды) заставляет думать, что он целиком состоит из водорода, замерзшей воды и аммиака. Все эти гипотезы, впрочем, нуждаются еще в дальнейших подтверждениях.

Спутники планет — тела, лишенные органической жизни, во всяком случае вышших ее форм. Поэтому никто не любит-ся той изумительной картиной неба, которую можно наблю-дать с V спутника Юпитера.

Всего 111 тысяч километров отделяют этот ближайший к Юпитеру спутник от поверхности планеты. Это означает, что с поверхности V спутника диаметр величайшей из планет ви-ден под углом в 46 градусов! Поэтому, когда нижний край Юпитера при его заходе касается горизонта, верхний его край доходит почти до половины небосвода.

Строго говоря, самая богатая спутниками планета — Са-турн. Неисчислимо огромное количество крохотных лун — твердых глыб поперечником около метра — составляет его за-мечательные кольца. А «обычных» спутников у Сатурна де-вать.

Главный из них — Титан был впервые замечен еще в 1655 году знаменитым астрономом и физиком Христианом Гюй-генсом. Обладая блеском восьмой звездной величины, Титан легко доступен для наблюдения даже в небольшие современ-ные телескопы.

Поперечник Титана равен 4950 километрам, что на 230 ки-лометров больше диаметра Меркурия. В 1944 году, изучая спектр Титана, астрономы обнаружили в нем полосы, принад-лежащие метану. Метановая атмосфера вокруг Титана ока-залась достаточно плотной, что объясняется отчасти удаленно-стью Титана от Солнца — чем ниже температура небесного тела, тем легче сохраняется его атмосфера.

Из других спутников Сатурна любопытен Япет. К востоку от планеты он всегда кажется гораздо ярче, чем к западу от нее. Возможно, это связано с существованием на поверхности Япета каких-то темных и светлых пятен, периодически до-ступных для земных наблюдений.

Наблюдения яркости спутников Сатурна говорят в пользу того, что все они всегда обращены к Сатурну одной и той же стороной. Кроме Фебы, все спутники Сатурна обходят его в прямом направлении.

Система спутников Урана более однородна по своим физи-ческим качествам. Все его пять спутников сравнимы друг с другом по размерам, причем наибольший из спутников — Ти-тания имеет поперечник около 1600 километров. Главная осо-бенность этой системы заключается в том, что все спутники Урана обращаются вокруг планеты в обратном направлении.

Два спутника Нептуна поражают контрастом. Гигантская луна — Тритон имеет в поперечнике 5 тысяч километров, пре-

восходя таким образом Меркурий. А ее «коллега» — Нереида принадлежит к карликовым лунам, достигая в диаметре всего 320 километров.

Тритон — самая тяжелая, массивная луна солнечной системы. Из нее можно было бы сделать пять таких шаров, как наша Луна. Не удивительно поэтому, что Тритон окружен атмосферой, по составу и плотности сходной с атмосферой Титана.

Возвращаясь с окраин планетной системы к Земле, остановимся на двух спутниках Марса.

Эти самые маленькие из лун носят грозные имена Фобос и Деймос, что в переводе с греческого означает Страх и Ужас. Вполне естественно, что бог войны Марс имеет спутников с такими именами.

Поперечник Фобоса 16 километров, а Деймоса и того меньше — всего 8 километров. С поверхности Марса Фобос кажется крошечной луной, непрерывно и быстро меняющей свои фазы. Так как Фобос очень близок к Марсу (его отделяет от центра планеты лишь 9500 километров), период обращения Фобоса вокруг Марса составляет всего 7 часов 39 минут 27 секунд. Иначе говоря, за сутки, равные на Марсе 24 часам 37 минутам, Фобос дважды обегает вокруг планеты, восходя на западе и заходя на востоке.

Второй спутник, Деймос, менее эффектен. Он кажется лишь яркой звездой, перемещающейся на фоне звездного неба. Его период обращения вокруг Марса равен 30 часам 18 минутам.

Наша Земля — единственная из планет, обладающая одним естественным спутником. Правда, Луна — это крупный спутник, занимающий по размерам шестое место после Ганимеда, Каллисто, Тритона, Титана и Ио.

Любопытно, что из всех спутников солнечной системы больше всего на Луну похож первый спутник Юпитера — Ио. Однако при почти равных массах и размерах Ио отражает солнечный свет в шесть раз лучше, чем Луна. Возможная причина этого факта была указана — спутник Юпитера Ио, по-видимому, покрыт блестящей ледяной корой, тогда как у Луны, лишенной атмосферы, поверхность имеет в общем темно-серую окраску. Только по контрасту с темным ночным небом наша Луна кажется желтовато-серебристой и очень яркой.

Для поверхности Луны характерно большое количество кольцеобразных гор — лунных цирков и кратеров. Есть ли подобные формы рельефа на других лунах солнечной системы и наблюдаются ли какие-нибудь проявления вулканизма, пока неизвестно.

В будущем спутники планет сыграют немалую роль в освоении человечеством солнечной системы. Для высадки космических ракет на планеты и отлета с них потребуются ог-

ромные запасы топлива, так как массы планет очень велики. Другое дело — спутники. Посетить некоторые из них гораздо проще, чем управляющую ими планету. В особенности это относится к Марсу, освоение которого начнется скорее всего с его спутников.

Ученые рассчитали, что даже выгоднее всего (с точки зрения расхода топлива) будет так называемый «тройной прыжок»: полет по трассе Земля — искусственный спутник Земли — спутник Марса — Марс. В этом случае можно было бы заранее накопить топливо на тяжелом искусственном спутнике Земли, собрать на нем мощную ракету, стартовать на ней в сторону Марса, пройти вплотную к одному из спутников, оставить здесь тяжелую ракету, запасы топлива и все необходимое для обратного рейса, высадиться на небольшой ракете на поверхность Марса и после окончания исследовательских работ возвратиться на спутник. Здесь, погрузив все собранные коллекции на главную ракету, стартовать обратно в сторону Земли. Может быть, космонавты поступят и иначе: они станут временными жителями Фобоса. Отсюда они сумеют отлично изучить Марс. Только 6055 километров будет отделять их от поверхности загадочной планеты, диаметр которой будет виден под углом в 42 градуса. Несомненно, что с такой наблюдательной станции главнейшие из тайн Марса будут раскрыты.



---

## МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

**Г**ЛАВНУЮ ЧАСТЬ солнечной системы, ее, так сказать, «костяк», составляют Солнце и девять больших планет с их спутниками. Однако общее число тел, обращающихся вокруг Солнца и потому имеющих все основания считаться членами солнечной системы, очень велико. В настоящее время невозможно указать хотя бы приближенно количество спутников Солнца, но зато хорошо известно, что подавляющее большинство их это тела весьма малые по сравнению с Землей.

К малым телам солнечной системы в первую очередь относятся астероиды. Так астрономы называют карликовые планеты, обращающиеся вокруг Солнца в основном между орбитами Марса и Юпитера.

Слово «астероид» означает «звездopodobный». При наблюдениях в телескопы большинство карликовых планет из-за малых размеров кажутся звездочками, между тем как у больших планет заметны их диски. Правда, как и большие планеты, астероиды перемещаются на фоне звездного неба и тем обнаруживают свою принадлежность к солнечной системе.

Сейчас известно свыше полутора тысяч карликовых планет. Самые большие из них — Церера, Юнона, Паллада и Веста — открыты еще в начале прошлого столетия. Однако в сравнении с Землей они выглядят очень скромно. Остальные астероиды еще меньше.

Самый маленький из известных астероидов — Гермес, перечень которого близок к 1 километру. Только из-за того, что этот карлик среди планет иногда близко подходит к Земле, его удастся заметить в мощные современные телескопы.

Крупнейшие из астероидов имеют, возможно, шарообразную форму. Остальные напоминают собой какие-то исполинские обломки, несущиеся в пространстве «горы» или «скалы». Вращаясь вокруг оси, астероиды поворачиваются к нам то

более широкой, то более узкой своей частью. Поэтому меняется и количество солнечного света, отражаемого астероидом в направлении Земли. Иначе говоря, наблюдая астероиды, можно заметить колебания яркости многих из них.

В отличие от орбит больших планет, орбиты большинства астероидов сильно вытянуты и наклонены иногда под значительными углами к плоскости земной орбиты. Поэтому есть карликовые планеты, которые подходят к Солнцу ближе, чем Меркурий (астероид Икар), или, наоборот, удаляются от Солнца за орбиту Сатурна (астероид Гидальго).

Пересекая земную орбиту, некоторые из карликовых планет могут столкнуться с Землей. Именно такая катастрофа произошла 12 февраля 1947 года, когда на Дальнем Востоке в районе Сихотэ-Алиньского хребта упал крупный метеорит.

До столкновения с Землей он двигался по орбите, вполне сходной с орбитами некоторых карликовых планет. Если бы

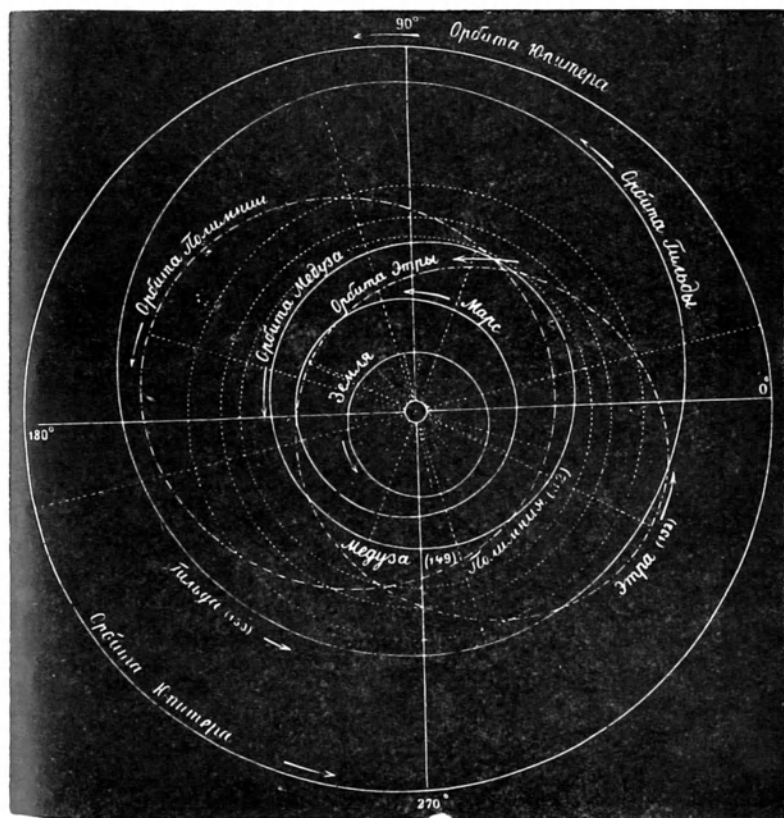


Рис. 11. Орбиты нескольких малых планет — астероидов.

метеорит не столкнулся с Землей, мы бы считали его обычным астероидом. Но произошла катастрофа — и Солнце потеряло одного из своих спутников, а Земля слегка прибавила в весе за счет врезавшейся в нее карликовой планетки.

До своего вторжения в земную атмосферу Сихотэ-Алинский метеорит имел массу свыше тысячи тонн. Встретив мощное сопротивление воздуха, он раскололся на множество осколков, которые в виде «метеоритного дождя» выпали в глухую Уссурийскую тайгу.

Сихотэ-Алинский метеорит оказался типичным железоникелевым метеоритом, по составу и структуре вполне похожим на другие известные метеориты того же класса. Но его падение и вычисленная по наблюдениям орбита окончательно доказали, что между астероидами и метеоритами нет принципиального различия. (Метеоритами мы называем те из астероидов, которые благодаря вытянутости своих орбит сталкиваются с Землей).

Каждые сутки на Землю падают в среднем тысячи тонн метеоритного вещества. В большинстве случаев его составляют мелкие метеориты весом в граммы или даже миллиграммы. Большинство из них заканчивает свои странствования на дне океанов или в пустынных районах Земли, и лишь ничтожно малому их числу удается попасть на витрины музеев.

Очень редко, примерно раз в тысячелетие, на Землю налетают сравнительно крупные астероиды весом в тысячи, а иногда и миллионы тонн. Земная поверхность до сих пор хранит следы подобных столкновений в виде воронкообразных углублений, называемых метеоритными кратерами.

Перед ударом о Землю метеорит, летящий со скоростью в десятки километров в секунду и весящий тысячи или миллионы тонн, обладает колоссальной кинетической энергией. В момент удара эта энергия, переходя в тепло и свет, буквально взрывает метеорит и окружающие его земные породы. В результате у некоторых крупных метеоритов большая часть их массы при ударе о Землю попросту испаряется. Метеориты с меньшей массой полностью затормаживаются земной атмосферой на высотах около 20 километров и поэтому падают на поверхность Земли со сравнительно небольшой скоростью.

Каждый найденный на Земле метеорит — огромная ценность для науки. Ведь метеориты — это пока единственные небесные тела, которые можно непосредственно исследовать в лабораториях.

Различают три основных типа метеоритов — железные, каменные и железо-каменные. В железных метеоритах преобладают железо и никель, в каменных — кремний и кислород. Железо-каменные метеориты обладают промежуточным составом и строением.

Несмотря на своеобразную структуру, отличающую метео-

риты от земных камней, в метеоритах не найдено никаких особых «небесных» веществ. В небесных камнях встречаются все те же химические элементы, что и в земных образованиях. Этот факт, опровергающий наивные религиозные представления о принципиальном различии «земного» и «небесного», доказывает материальное единство Земли и космоса.

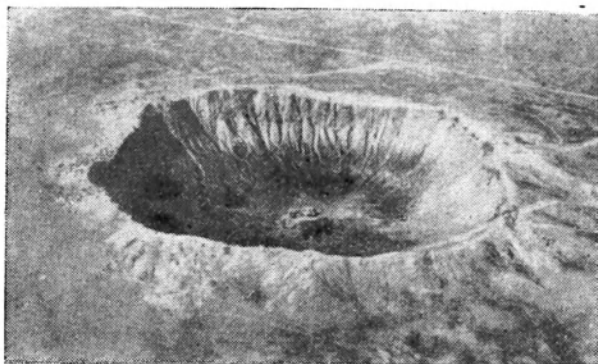


Рис. 12. В США в пустынной местности штата Аризона находится кратер, образовавшийся при падении огромного метеорита. Его поперечник достигает 1200 метров, глубина 174 метра, а высота вала, окружающего кратер, 40—50 метров.

От крупнейших астероидов существует непрерывный переход к тем мельчайшим частицам твердого космического вещества, которые, непрерывно влетая в атмосферу Земли, порождают знакомое явление «падающих звезд». Эти частицы, называемые метеорными телами, очень малы — весят они доли грамма.

В отличие от метеоритов, метеорные тела до поверхности Земли не долетают, а полностью разрушаются в атмосфере. Только мельчайшая метеорная пыль, остающаяся после частичного испарения метеорных тел, медленно оседает на земную поверхность.

Подчеркнем, однако, что между метеоритами и большинством метеорных тел разница только в размерах. Крошечная частичка, порождающая «падающую звезду», и Церера, приближающаяся по размерам к большим планетам, имеют сходную природу, являясь одинаково самостоятельными спутниками Солнца.

Многие из метеорных тел имеют иное происхождение. Они являются продуктами распада комет.

Трудно представить себе что-нибудь более грандиозное и вместе с тем эфемерное, чем комета. По своим размерам ко-

меты — самые большие из известных нам небесных тел. Их головы по поперечнику нередко превосходят Солнце, а хвосты тянутся на сотни миллионов километров! Обладай комета хотя бы такой же плотностью, как комнатный воздух, появление каждой из них произвело бы поистине катастрофические изменения в движении планет вокруг Солнца.

На самом же деле масса комет очень мала и в среднем составляет ничтожные доли массы земного шара. Поэтому кометы заслуженно называют «видимым ничто», и эти исполинские «призраки», в огромном множестве обращающиеся вокруг Солнца, совершенно не влияют на движение планет.

Главная часть кометы — ее ядро. Остальная часть — голова и хвост — не могли бы существовать без ядра. К тому же их средняя плотность в миллиарды раз меньше плотности комнатного воздуха.

Кометы известны со времен глубокой древности, но их природа до сих пор остается еще во многих отношениях неясной. Хотя безвозвратно отошли в прошлое суеверные страхи, связанные с появлением комет, изучение этих «хвостатых светил» — одна из важных задач современной астрономии.

Что же представляют собою кометы по новейшим данным?

В головах комет иногда удается различить светящийся сгусток, напоминающий туманную звездочку. Это так называемое видимое ядро кометы. Его не следует путать с настоящим твердым ядром кометы. Такие ядра имеют поперечники диаметром всего в сотни метров, и поэтому наблюдать их, как правило, нельзя.

В последнее время найдено много доводов в пользу того, что ядра комет — это своеобразная твердая смесь (конгломерат) твердых метеорных частиц и затвердевших газов.

Что газы могут быть превращены в твердые тела, известно всякому, кто видел кусочки «искусственного льда» — затвердевшей углекислоты. В кометных ядрах, кроме обычного «водяного» льда, присутствуют «льды» таких, например, веществ, как метан или аммиак. В эти ледяные сгустки вкраплены твердые частицы, по-видимому, сходные по составу и строению с метеорными телами.

Представьте себе, что кометное ядро, обращающееся вокруг Солнца по сильно вытянутой эллиптической орбите, приближается к Солнцу. Ядро постепенно нагревается все сильнее, и затвердевшие газы снова возвращаются в газообразное состояние (ученые говорят — возгоняются или сублимируют). Из-за слабого притяжения со стороны небольшого ядра молекулы газов легко покидают его поверхность и улетают в окружающее ядро мировое пространство. Из этих молекул формируются голова и газовые хвосты комет.

На поверхности «ледяного ядра» всегда имеется в некотором количестве твердая метеорная пыль. Она образуется из

тех твердых частиц ядра, которые оказываются на его поверхности после очередного «оттаивания».

Удары о ядро встречных метеоритов, а также струи выделяющихся из ядра газов увлекают метеорные частицы с поверхности ядра. При этом возникают пылевые хвосты комет и метеорные потоки.

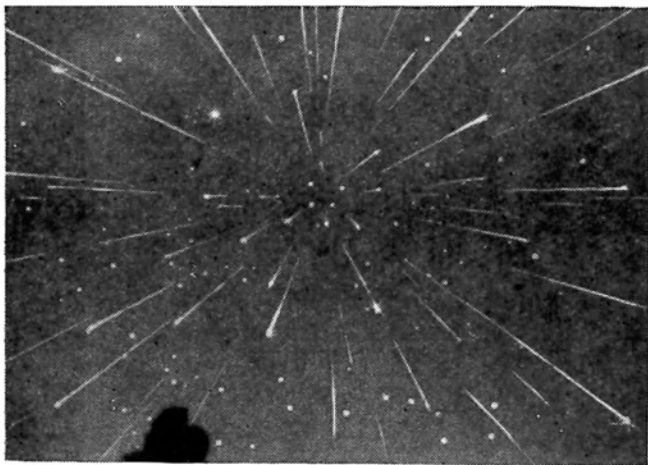


Рис. 13. Метеоритный дождь.

Покинув кометное ядро, молекулы некоторых газов подвергаются фотодиссоциации. Так физики называют процесс распада молекул под воздействием солнечного излучения. Например, вылетевшие из ядра молекулы газа дициана, сталкиваясь с фотонами, летящими от Солнца, распадаются на две молекулы, которых в земных условиях не существует. Они возникают вблизи кометного ядра в результате фотодиссоциации более сложных «родительских» молекул.

Некоторые молекулы, распавшись, начинают излучать невидимые ультрафиолетовые лучи. Есть и такие родительские молекулы, которые становятся доступными для наблюдения только после фотодиссоциации.

Таким образом, физические процессы, происходящие в кометах, чрезвычайно сложны. В невидимых лучах комета имеет иную форму и размеры, чем при наблюдениях простым глазом.

В настоящее время можно считать доказанным, что кометы — члены солнечной системы. Среди них есть такие, которые обращаются вокруг Солнца по сравнительно небольшим орбитам. Так, в 1949 году открыта комета с периодом обращения всего в 2,3 года. Большинство же комет обладает огромными

орбитами и потому завершает один оборот вокруг Солнца за десятки, сотни и тысячи лет.

Возможно, что солнечную систему со всех сторон окружает своеобразный «холодильник комет». В этих пространствах, удаленных от Солнца в тысячи раз дальше, чем Земля, в огромном количестве движутся глыбы затвердевших газов с включенными в них твердыми частицами. Судя по всему, это остатки того газово-пылевого «протопланетного» облака, из которого, возможно, когда-то образовались Земля и планеты. Притяжение ближайших звезд может иногда так изменить орбиту какой-нибудь из глыб, что она начинает приближаться к Солнцу по сильно вытянутой эллиптической орбите. С приближением к Солнцу глыба превращается в обычное кометное ядро, и с Земли иногда удается в таких случаях зафиксировать появление новой кометы.

С первым же полетом вокруг Солнца комета вступает на путь непрерывного разрушения. Каждый раз, пролетая около Солнца, она безвозвратно теряет часть газовой составляющей своего ядра. Постепенно испаряясь, ядро кометы становится все меньше и меньше. Покидают кометное ядро и входящие в его состав твердые частицы. Растягиваясь вдоль кометной орбиты, они постепенно образуют метеорный поток.

Если орбиты Земли и метеорного потока пересекаются, земной шар раз в год пронизывает метеорный поток, и тогда множество «падающих звезд» бороздит ночное небо.

Пути метеорных частиц почти параллельны, но в перспективе во время звездного дождя метеоры кажутся вылетающими из одной точки неба. Ее называют радиантом. По тому созвездию, где находится радиант, именуют и сам метеорный поток (например, «Персеиды» от созвездия Персея).

В конце концов рано или поздно ядро кометы столкнется с крупным метеоритом или какой-нибудь планетой и на этом закончит свое существование. Но на смену погибшей комете из «холодильника комет» придут одна или несколько новых «хвостатых странниц».

Пока еще это, однако, только гипотеза. Окончательное выяснение природы комет и их происхождения принадлежит будущему.

Весь комплекс малых тел солнечной системы — астероиды, метеориты всех размеров и кометы находятся в состоянии непрерывного разрушения. Взаимные столкновения этих тел приводят к их постепенному измельчению. Сталкиваясь с Солнцем и крупными планетами, они и вовсе перестают существовать как самостоятельные небесные тела. Разрушению некоторых малых тел, близко подлетающих к Солнцу, содействует всеиспепеляющий солнечный жар.

---

## МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА

**У**ЖЕ ДАВНО, наблюдая планеты и звезды, люди пытались представить себе, чем заполнено пространство между ними. Сменилось много поколений астрономов, пока тонкими и тщательными наблюдениями, проведенными лишь в нашем столетии, удалось установить существование в межзвездном пространстве разреженной среды, состоящей из газа и пыли.

Если на чашку воображаемых весов поместить весь межзвездный газ и галактическую пыль, то для равновесия на другую чашку придется «высыпать» около 2 процентов всех звезд Галактики. Может показаться, что о таком небольшом количестве вещества и не стоит говорить, но мы увидим сейчас, какую важную роль играет эта среда в грандиозных просторах космоса. Однако изучена она гораздо хуже, чем звезды и даже отдаленные галактики. И это не только потому, что ее исследование началось сравнительно недавно. Проникновение в «тайны» межзвездной среды, в частности ее пылевой составляющей, довольно сложно. Ведь звезды и галактики сообщают о себе собственным излучением, а пыль — лишь тем, что она скрывает чужие излучения!

### Что такое космическая пыль

Космические пылинки составляют примерно 1 процент межзвездного вещества Галактики. Это и мало и много: ведь поглощающая способность пыли исключительно своеобразна. Если крупинку металла массой в 1—2 миллиграмма размельчить до пылеобразного состояния и распределить равномерно в трубке сечением в 1 квадратный сантиметр, то эта пыль способна полностью задержать солнечные лучи. Вот к каким глубоким качественным результатам может привести количественно ничтожная масса пыли! А в нашем случае 1 процент — это 30—40 миллионов солнечных масс. Из-за межзвездной пыли нельзя, например, наблюдать в фотографических и види-



звездами и межзвездной средой, можно было ожидать, что водород будет в межзвездной среде тоже преобладающим элементом. И это действительно так: водорода в межзвездном пространстве обнаружили в тысячи раз больше, чем, например, кислорода. Вообще химический состав по отношению к водороду оказался у межзвездной среды таким же, как у обычных звезд. Но обнаружить присутствие водорода удалось не по линии поглощения, которая лежит в ультрафиолетовой области спектра и может наблюдаться поэтому только за пределами земной атмосферы, а по светлым линиям излучения — так называемым эмиссионным линиям.



Рис. 14. Диффузная туманность Трифид (Трехраздельная) в созвездии Стрельца. Ее свечение возбуждается несколькими горячими звездами. На фото видны огромные расселины, клочковатые узлы и прожилки темного вещества, указывающие на присутствие огромных поглощающих облаков.

Особенно хорошо наблюдаются эмиссионные линии водорода в излучении диффузных туманностей — гигантских скоплений межзвездного газа и пыли. Мы уже говорили, что газопылевые облака, расположенные недалеко от горячих звезд, будут наблюдаться как отражательные туманности. Но если освещающие их звезды имеют температуру больше 22 тысяч градусов, то к отраженному свету добавится значительно превосходящее его собственное свечение туманности. Поглощая мощные потоки невидимого ультрафиолетового света от этих звезд, диффузная туманность флуоресцирует, то есть переизлучает свет уже в видимых лучах. Пример подобного свечения нам хорошо известен: в лампе дневного света вещество, нанесенное на внутреннюю поверхность трубки, тоже флуоресцирует под действием ультрафиолетового света от ртутной дуги, горящей в трубке.

Такую же физическую природу свечения имеют туманности, отличающиеся своеобразной формой — круглой, продолговатой или кольцевой. Они называются планетарными, так

как внешне похожи на планеты, которые в телескоп имеют вид диска. Свечение планетарной туманности возбуждается находящейся в центре звездочкой, которая на фотографии кажется слабой, а в действительности очень горячая. Подобных туманностей в Галактике насчитывается несколько десятков тысяч.



Рис. 15. Планетарная туманность в созвездии Лиры. Как и другие планетарные туманности, она представляет собой огромную газовую оболочку, которая была выброшена при взрыве звездой, находящейся в центре туманности и вызывающей сейчас ее свечение. Подобно мыльному пузырю, планетарная туманность продолжает расширяться и в конце концов превратится в размытую диффузную туманность или даже межзвездный газ.

### **Что же такое межзвездная среда**

Исследователи межзвездной газопылевой среды сейчас стремятся проникнуть в сущность протекающих в ней физиче-

ских явлений. Поэтому опишем подробнее физические свойства межзвездного газа.

Мы привыкли к тому, что газ не проводит электрический ток. Но межзвездный газ вблизи горячих звезд — великолепный проводник электричества. Объясняется это тем, что газ становится здесь особым, переходя в новое, своеобразное состояние вещества — плазму. Атомы, из которых состоит плазма, ионизованы, то есть с них «ободраны» электроны, а ведь свободные электроны и переносят электрический ток. Сильно ионизованные водородные облака, которые на языке физиков-спектроскопистов сокращенно называются областями Н-II, сосредоточены вокруг горячих звезд, богатых ультрафиолетовым излучением.

Как и диффузные туманности, области Н-II излучают красно-зеленый свет. Однако плотность их в десятки и сотни раз ниже, чем у туманности: 1 водородный атом в каждом кубическом сантиметре. Поэтому звезда с температурой поверхности 40 тысяч градусов, имеющая, кстати, собственный размер в одну десятиллионную светового года, может полностью ионизовать эти атомы в пределах сферы диаметром 400 световых лет. Это намного больше размеров диффузных туманностей, но зато и свечение областей Н-II существенно слабее.

Звезда с температурой в 11 тысяч градусов ионизует уже гораздо меньшую область, размером в 3 световых года, а еще более холодные звезды практически уже не могут ионизовать вокруг себя межзвездный газ. Например, наше Солнце — довольно холодная звезда, и хотя оно тоже создает вокруг себя область Н-II, ее размеры очень скромные: она кончается примерно на расстоянии орбиты Земли, то есть имеет радиус всего 8 световых минут!

Таким образом, области Н-II — это просто очень разреженные и слабосветящиеся диффузные туманности.

Так как горячих звезд в Галактике сравнительно немного, то, следовательно, немного и областей Н-II: они занимают лишь 5—10 процентов межзвездного пространства. Все остальное, за границами зон Н-II, занято участками нейтрального водорода, которые сокращенно называются областями Н-I.

Области Н-II и Н-I резко отличаются друг от друга. В областях Н-II электроны, сорванные с оболочек атомов ультрафиолетовым излучением звезд, получают в среднем очень большие скорости. При столкновении с тяжелыми атомами и ионами электроны отдают им свою энергию и, следовательно, заставляют двигаться эти «неповоротливые» частицы гораздо быстрее. Чтобы в лаборатории заставить атомы двигаться столь же энергично, газ следовало бы нагреть до 10 тысяч градусов. Значит, такой же температурой можно характеризовать и области Н-II. Смысл ее, однако, весьма необычен. Вещество термометра, которым мы пожелали бы непосредственно изме-

рить температуру области Н-II, немедленно охладилось бы до нескольких градусов над абсолютным нулем (то есть имело бы температуру примерно 260—270 градусов мороза!).

Объясняется это следующим. Разреженность туманности такова, что каждая частица пролетает до столкновения миллионы километров. Поэтому, хотя энергия движущихся в области Н-II частиц исключительно высока — 10 тысяч градусов и есть ее мера, — столкновения частиц с термометром будут настолько редкими, что его температуру определяют не они, а слабое излучение далеких звезд.

Легко понять теперь, какой будет температура и областей Н-I. До них ультрафиолетовое излучение звезд почти не доходит, поэтому водород уже не поставляет электронов. Немного электронов появится при ионизации светом редко попадающих атомов углерода, кремния и других. Поэтому атомы будут двигаться здесь вяло, как бы скованные холодом; температура газа едва достигнет 50 градусов от абсолютного нуля.

Нейтральный межзвездный водород не излучает в видимой части спектра. Поэтому нашими знаниями об областях Н-I и многими сведениями об областях Н-II мы обязаны исключительно радиоастрономическим методам исследования.

Радиоизлучение ионизованного газа в областях Н-II возникает при прохождении электронов вблизи ионов и заключено в широкой области длин волн. Атомы нейтрального водорода в областях Н-I излучают радиоволны совсем иначе: независимо друг от друга и только «подают свой голос» на этой волне лишь один раз в 11 миллионов лет, но атомов невероятно много — в областях Н-I примерно  $10^{67}$  таких миниатюрных радиостанций.

Радиоволны почти не поглощаются межзвездной пылью и поэтому позволяют наблюдать очень далекие объекты. Оптическими средствами такую информацию получить невозможно. Радионаблюдения показали, например, что в больших облачно-пылевых областях газа примерно в 100 раз больше, чем пыли, а в малых масштабах попадают плотные пылевые сгущения, где избытка атомарного водорода уже нет. Но, может быть, в них есть молекулярный водород, излучающий на другой длине волны? Линии радиоизлучения этого и других более редких элементов сейчас ищут с помощью новейшей, очень чувствительной аппаратуры.

Радиоастрономия помогла в решении и другого интересного вопроса: повторяет ли межзвездный газ своим распределением форму нашей Галактики — сплюснутого эллипсоида, почти диска, или нет? Оказывается, межзвездный газ в основном следует этой уплощенной форме, однако распределен крайне неравномерно. Газ, подобно пыли и, как правило, вместе с нею, сгущается в отдельные облака, которые обычно

целыми семействами располагаются в спиральных рукавах. Облака движутся с большими скоростями — от 5 до нескольких десятков километров в секунду, и в среднем, как и все «население» Галактики, обращаются вокруг галактического центра. Многочисленные наблюдения показали, что в каждом кубическом сантиметре облака находится всего 10—20 атомов газа. С точки зрения земных масштабов, это мизерное количество, но вспомним, что межоблачное пространство еще в десятки раз более разрежено.

### **Магнитное поле в межзвездной среде**

Разреженность межзвездной среды связана с другими ее интересными и неожиданными свойствами. Известно, например, что наша планета непрерывно обстреливается быстро движущимися заряженными частицами огромных энергий — космическими лучами. Так как плотность межзвездной среды очень мала, космические лучи свободно пролетают в ней огромные расстояния. Но долгое время непонятной особенностью космических частиц было то, что на Землю они приходят равномерно со всех направлений. Это странно, потому что солнечная система находится почти на «задворках» Галактики. Если же думать, что космические лучи рождаются в Млечном Пути, то тогда из его центра к нам, очевидно, должно приходиться гораздо больше космических лучей, чем из противоположного направления, где материи намного меньше.

В последние годы было доказано, что Галактика наполняется космическими лучами при взрывах сверхновых звезд. Равномерный со всех сторон приход космических лучей на Землю можно объяснить тогда тем, что, появившись, частицы движутся не по прямым линиям, как свет, а по искривленным, запутанным траекториям. Что же искривляет путь заряженных частиц?

Это может сделать только магнитное поле. Как в земных лабораторных ускорителях оно заставляет мчаться заряженные частицы по спиральям, так и в громадной космической лаборатории — нашей Галактике — магнитное поле изменяет первоначально прямолинейные траектории космических лучей. И настолько значительно, что направление прихода частицы может на 180 градусов отличаться от места ее рождения. Кстати, это необычайно затрудняет исследование источника космических лучей. Если бы световые лучи распространялись по таким же запутанным траекториям, как у космических частиц, то вместо звезд, туманностей и галактик мы видели бы сплошной океан рассеянного света. Ясно, что в этом случае о его природе почти ничего не удалось бы сказать.

Итак, мы подошли сейчас к важнейшему выводу о существ-

вовании в Галактике магнитного поля. Чтобы искривить траектории космических лучей, удерживая их в Галактике, это поле должно иметь напряженность, которая составляет всего  $1/100\,000$  от величины магнитного поля Земли. В самое последнее время методами радиоастрономии удалось непосредственно измерить межзвездное магнитное поле, напряженность которого блестяще совпала с предсказанной теоретически. Такая величина поля может показаться ничтожной, однако в динамике явлений, развертывающихся в межзвездной среде Галактики, она играет огромную роль. Например, если бы в спиральных ветвях Галактики не было магнитного поля, газ устремился бы к оси каждой спиральной ветви, сконденсировался в звезды и, следовательно, как таковой больше не существовал. Однако магнитное поле уравнивает тяготение, и межзвездный газ свободно плавает в пространстве.

Вспомним, какой удивительной кажется значительная вытянутость огромных туманностей вдоль плоскости Галактики. В каждой туманности имеются сильные внутренние движения, но если они одинаковы во всех направлениях, то, конечно, туманность не может быть растянута ими так, как показано на рисунке.

Однако в туманностях, как и во всей межзвездной среде, должно быть магнитное поле. Оно является частью галактического магнитного поля, которое в среднем ориентировано вдоль плоскости Млечного Пути. Но, как известно из физики, магнитное поле позволяет двигаться электронам и ионам только вдоль своего направления и сильно мешает движению в перпендикулярных направлениях. Вот почему и туманности в целом тоже вытягиваются вдоль поля и, следовательно, вдоль галактической плоскости.

Мы видим таким образом, что существование в Галактике слабого магнитного поля определяет характер множества разнообразных космических явлений. Поэтому очень важно выяснить, как во всей межзвездной среде, то есть в исключительно больших масштабах, могло возникнуть даже такое слабое поле.

Уже упоминалось, что межзвездный газ, особенно вблизи горячих звезд, — великолепный проводник электричества, почти такой же, как металлы. Кроме того, этот газ находится в непрестанном хаотическом движении, в нем легко возникают местные уплотнения при колебаниях плотности и температуры. Электроны из-за меньшей массы покидают эти уплотнения гораздо быстрее, чем ионы, что и создает электрический ток.

Правда, межзвездная среда из-за своей большой протяженности обладает огромной индуктивностью, подобно катушке, на которую намотано много проволоки. Индуктивность — это электрическая инерция. Поэтому магнитное поле, вызываемое появившимся в межзвездной среде током, должно было бы

расти очень медленно, то есть всегда оставаться слабым. Но интересно, что дальнейшие условия для существования появившегося поля весьма благоприятны. Потери тока на нагревание газа ничтожны благодаря высокой проводимости, и поэтому возникшее слабое поле не затухнет. Более того, движениями самого газа оно легко усиливается. Происходит это так.

Плазма, пронизанная магнитным полем, ведет себя как волокнистая масса, состоящая из бесконечных неломающихся волокон. Чем сильнее поле, тем гуще волокна, и наоборот. При беспорядочных движениях, непрерывно происходящих в межзвездном газе, волокна запутываются и уплотняются, то есть напряженность поля растет. Однако магнитное поле не сможет расти безгранично; достигнув достаточно большой величины, оно просто остановит движение вещества. Очевидно, рост поля прекратится, когда в каждом кубическом сантиметре объема энергия магнитного поля сравняется с кинетической энергией самого движущегося газа.

Возможна и другая причина появления «затравочного» поля — оно могло существовать в межгалактической среде еще в далекую космическую эпоху, когда наши Галактики находились в «эмбриональном» состоянии. Затем при сжатии межгалактической среды и формировании Галактики это поле усилилось до наблюдаемой величины.

Магнитное поле удерживает космические лучи в Галактике так же, как сжатый газ удерживается стенками в закрытом сосуде. Но как не должны быть дырявыми стенки, так и магнитное поле должно заполнять Галактику сплошь, быть повсюду: и в облаках, и в разреженном газе.

Продолжим эту аналогию. Сосуд, удерживающий газ, может иметь произвольную форму. Направление магнитного поля в разных точках тоже в принципе может быть различным. А вот величина и, значит, энергия удерживающего космические лучи магнитного поля всюду в газовом слое Галактики, по-видимому, примерно одинаковы, подобно тому, как стенки сосуда в нашем примере целесообразно изготовить одной толщины, лишь бы они были достаточно прочными. Но тогда, как только что говорилось, и кинетическая энергия газа повсюду в Галактике должна быть примерно одинакова. Опираясь на это, советский астрофизик С. Б. Пикельнер предсказал, что, поскольку вне спиральных ветвей газ крайне разрежен, он, чтобы иметь ту же кинетическую энергию, должен обладать значительно большими скоростями, то есть подниматься высоко над галактической плоскостью. Это означает, что у нашей Галактики, возможно, имеется гигантская газовая корона. Во многих странах сейчас пытаются радиоастрономическими методами измерить ее очень малую плотность.

Вернемся к вопросу, который мы уже затрагивали: существует ли между звездами и межзвездной средой какая-либо

генетическая связь, то есть порождает ли одно другое? Около 30 лет назад Б. А. Воронцов-Вельяминов указал, что по крайней мере часть наблюдаемой диффузной материи возникла как продукт выброса из звезд определенного типа, непрерывно истекающих газом. Другой мощный источник образования газа в межзвездной среде, как подчеркнул И. С. Шкловский,— планетарные туманности.

Существование звезд с «младенческим» возрастом, измеряемым немногими миллионами лет, говорит о том, что образование звезд в межзвездной газо-пылевой среде происходит и сейчас. Но каковы конкретные формы, в которых осуществляется превращение межзвездной материи в звезды? Не так давно на фоне светящихся туманностей были обнаружены очень плотные темные сгущения, иногда шаровидной формы— так называемые глобулы.

Многие ученые склонны рассматривать именно их как образующиеся звезды. К сожалению, мы не можем наблюдать непосредственно ни это превращение, ни значительные изменения в межзвездной среде вообще. Тридцатилетний период ее изучения занимает по отношению к общему времени эволюции этой среды столько же, сколько продолжительность взмаха ресницами по отношению к целому году. (Подробнее о происхождении и развитии звезд рассказано в статье «Мир звезд»).

Сложная, но необычайно увлекательная проблема эволюции и самого происхождения межзвездной среды еще ждет разгадки многих своих тайн.



---

## МИР ЗВЕЗД

**С**ОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ показывают, что там, где простым глазом мы видим тысячи звезд, на самом деле их миллионы. Каждая звезда — такое же светящееся небесное тело, как наше Солнце — огромный раскаленный газовый шар, излучающий потоки света и тепла. Солнце ничем не выделяется среди большинства других звезд, но оно гораздо ближе к нам и поэтому кажется значительно больше и ярче всех остальных светил.

Расстояние от Земли до Солнца составляет 149,6 миллиона километров. Это очень большое расстояние по нашим земным представлениям, и его трудно себе вообразить. Но по сравнению с межзвездными расстояниями Земля находится очень близко к Солнцу: ближайшая к нам другая звезда удалена от нас в 275 тысяч раз дальше, чем Солнце.

### **Как определяют расстояния до звезд**

Вследствие годового движения Земли вокруг Солнца видимое расположение звезд меняется, звезды как бы смещаются. Чем ближе к нам звезда, тем больше ее кажущееся смещение. Следовательно, измеряя его, можно вычислить и расстояние. Правда, смещения эти настолько малы, что долгое время расстояния до звезд определить не удавалось: точность астрономических инструментов была недостаточной. Только немногим более ста лет назад почти одновременно в России, Германии и Англии впервые удалось определить расстояния до трех звезд: Веги, 61 Лебеда и Альфы Центавра. Они оказались соответственно 26, 10,9 и 4,3 световых года. Это было большим событием в астрономии.

Обычно расстояния до звезд измеряются по фотографиям звездного неба. Изучаемую звезду фотографируют в течение

многих лет вместе с другими слабыми звездами, о которых известно, что они находятся значительно дальше от нас. Эти звезды называются звездами сравнения. На полученных фото-пластинках высокоточным измерительным прибором измеряют ничтожное смещение звезды относительно звезд сравнения (на фотографиях эти смещения составляют микроны и доли микронов). По величине смещения вычисляют расстояние до интересующей нас звезды.

Подобные вычисления и измерения очень трудоемки, так как необходимо вводить много различных поправок в зависимости от телескопа, качества фотопластинки, измерительного прибора и др. Необходимо также учитывать, что звезды сравнения на самом деле не бесконечно далеки, а находятся на конечном, хотя и очень большом расстоянии. Сейчас существуют еще другие, более быстрые способы определения расстояний до звезд, но тот, о котором мы рассказали, все же наиболее точный, хотя и очень медленный и трудоемкий.

В настоящее время надежно определены расстояния примерно до 5 тысяч звезд, и почти для 100 тысяч они известны приближенно.

### **Звезды-гиганты и звезды-карлики**

Звездный мир очень разнообразен. Есть звезды, которые во много раз больше и гораздо ярче нашего Солнца; есть звезды меньшие и по размерам и по количеству излучаемой ими энергии.

Зная расстояние до звезды и ее видимый с Земли блеск, можно вычислить, каким был бы блеск этой звезды, если бы она находилась на месте Солнца. Отношение этого блеска к блеску Солнца и называется светимостью звезды, или ее силой света. Светимость, следовательно, показывает, во сколько раз звезда в действительности слабее или ярче нашего Солнца.

Светимости звезд очень различны. Так, звезда Сириус в 25 раз ярче Солнца, то есть ее светимость равна 25. Светимости некоторых звезд достигают сотен тысяч. Самая яркая из известных пока звезд — в созвездии Золотой Рыбы. Она видна лишь в южном полушарии неба и в 400 тысяч раз ярче Солнца.

Встречаются и такие слабые звезды, которые излучают в десятки и сотни тысяч раз меньше энергии, чем Солнце. Слабейшая из известных звезд — спутник звезды Вольф 1055. Ее светимость в 600 тысяч раз меньше, чем у Солнца. По светимости Солнце занимает примерно среднее положение между этими двумя «крайними» звездами — S Золотой Рыбы и спутником звезды Вольф 1055. Если бы на месте Солнца в нашей планетной системе находилась звезда S Золотой Рыбы, то температура на Земле поднялась бы до нескольких тысяч граду-

сов! А если бы на месте Солнца была звезда спутника Вольф 1055, мы на Земле получали бы так же мало тепла, как от костра на расстоянии в несколько километров.

Звезд с большими светимостями (звезд-гигантов) в нашей звездной системе значительно меньше, чем звезд с малыми светимостями (звезд-карликов). Особенно редки звезды-гиганты вроде S Золотой Рыбы. Они встречаются не чаще, чем одна на миллиард звезд нашей Галактики.

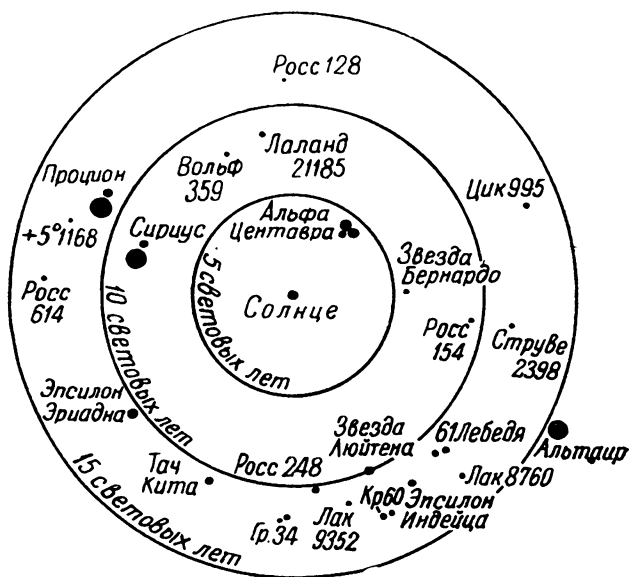


Рис. 16. Распределение звезд в окрестностях Солнца на расстоянии 15 световых лет. Самые близкие — альфа Центавра, находящаяся на расстоянии 4,3 световых года, и Проксима (ближайшая) Центавра, находящаяся на 0,03 световых года ближе, чем альфа Центавра. Самая яркая звезда зимнего неба — Сириус находится на расстоянии 8,7 световых лет, а альфа Малого Пса — Процион на расстоянии 12 световых лет.

Размеры звезд также меняются в значительных пределах. Существуют звезды-гиганты, поперечники которых в несколько тысяч раз больше поперечника Солнца, и, наоборот, звезды-карлики с поперечниками в сотни раз меньше солнечного.

Если принять радиус Солнца (695 500 километров) за единицу, то радиус наименьшей из известных звезд — звезды Вольф 457 составит лишь одну тысячную. Это примерно в десять раз меньше радиуса Земли. А радиус самой большой из известных звезд — красноватой звезды-гиганта VV в созвездии Цефея — составляет 3 тысячи радиусов Солнца.

Звезды бывают разреженные и чрезвычайно плотные. Средняя плотность некоторых гигантских звезд в десятки миллионов раз меньше плотности воды, а средняя плотность, например, белых карликов, наоборот, в миллионы раз больше плотности воды.

Массы звезд различаются не столь сильно, как их размеры и светимости; они колеблются в пределах от одной десятой до массы Солнца до нескольких десятков солнечных масс.

Внимательно присматриваясь к наиболее ярким звездам на небе, можно заметить, что одни излучают красноватый свет, другие — желтый, третьи — белый или голубой. По цвету звезд можно судить о температурах поверхности.

Всем хорошо знакомо понятие красного и белого каления. Железо раскаляется добела при более высокой температуре, чем докрасна. Так и звезды, излучающие белый и голубой свет, горячее звезд красноватых.

У горячих голубых звезд температура поверхности составляет около 25 тысяч градусов; температура поверхности желтых звезд примерно 6 тысяч градусов (такая звезда — наше Солнце); температура красных звезд — 3 тысячи градусов (такие звезды в астрономии называются холодными).

Наше Солнце по всем своим характеристикам занимает в разнообразном звездном мире среднее положение. Солнце — обыкновенная звезда, подобная множеству других.

Большинство звезд, как и наше Солнце, вероятно, окружено планетами или целыми планетными системами. Однако из-за дальности расстояния обнаружить невидимых спутников звезд непосредственно нельзя. Только по косвенным признакам у некоторых звезд удалось обнаружить планеты.

В телескоп эти небесные тела не видны, так как блеск их теряется в блеске близкой главной звезды. Об их существовании можно судить по очень небольшим искажениям в движении главных звезд, которые вносят притягивающие действия планет.

Массы этих тел, вероятно, заключены в пределах от 0,1 до 0,002 массы Солнца. Пока еще неясно, отчего искажается движение главной звезды — из-за притяжения одной большой планеты или целой планетной системы, обращающейся вокруг нее.

Изучение других планетных систем в нашей Галактике очень важно для решения вопроса о распространении жизни во Вселенной. В наш век искусственных спутников и космических ракет проблема эта приобретает особый практический интерес. Не случайно за последние годы на многих астрономических обсерваториях мира исследования эти значительно усилились.

## **Движения «неподвижных» звезд**

Звезды в пространстве не неподвижны, а движутся друг относительно друга со скоростями в десятки километров в секунду. Редко эти скорости достигают сотен километров в секунду. Солнце, например, движется относительно других звезд со скоростью 20 километров в секунду. В движении звезд есть определенные закономерности, из которых следует, что наша звездная система — Галактика — находится в состоянии вращения. Вращение это довольно сложное и не похоже на обращение планет в солнечной системе или вращение Земли вокруг своей оси. Различные типы звезд имеют различные скорости вращения. Скорости вращения зависят также от расстояния до центра Галактики. Имеются еще особенности, которые, с одной стороны, усложняют изучение движений звезд, но зато, с другой стороны, позволяют делать важные выводы о строении нашей Галактики и развитии звезд и звездных систем.

Вращение — это не исключительный признак нашей Галактики. Оно замечено у всех изученных звездных систем других галактик.

## **Звездные группы**

Многие звезды при рассматривании их в телескоп оказываются не одиночными, а состоящими из двух, а иногда трех и даже более звезд. Обычно менее яркая звезда-спутник обращается вокруг более яркой — главной звезды, а точнее говоря, обе звезды обращаются вокруг общего центра тяжести. Такие звезды называются двойными звездами, или звездными парами. Периоды обращения колеблются у разных звездных пар в пределах от года до миллиона лет. Чаще всего, по-видимому, встречаются пары с периодом примерно в тысячу лет. Однако установить это точно пока трудно, так как наблюдения двойных звезд ведутся не более 200 лет. Если по данным наблюдений удастся изучить орбиту звездной пары, то можно определить массы ее компонентов. Это единственная пока возможность непосредственного определения звездных масс. Поэтому двойным звездам в астрономии уделяется большое внимание.

Число звездных пар в нашей звездной системе очень велико. Примерно каждая пятая звезда — двойная. Однако орбиты определены с достаточной точностью пока только у 250. Кратные звезды (тройные, четверные и т. д.) встречаются значительно реже и тем реже, чем выше их кратность. Так, на каждые 20 двойных звезд приходится в среднем одна тройная.

## Переменные звезды

Большинство известных нам звезд, в том числе и Солнце, — это устойчивые звезды, которые практически не меняются тысячелетиями. Но встречаются и звезды неустойчивые. Блеск некоторых звезд непостоянен, он периодически меняется. Такие звезды называются переменными. Звезды эти то сжимаются, то расширяются; они как бы пульсируют. Промежутки между моментами наибольшего сжатия или расширения у одних переменных звезд длятся годы, у других — всего несколько часов. Существуют и такие переменные звезды, у которых пульсация происходит неравномерно, через самые неопределенные промежутки времени. Они называются неправильными переменными звездами.

Изучение переменных звезд позволяет делать интереснейшие выводы о строении Галактики и других звездных систем. По исследованиям переменных звезд Советский Союз занимает первое место в мире.

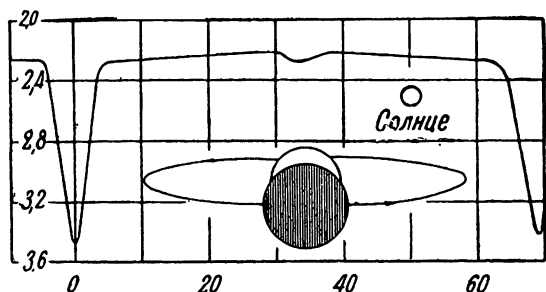


Рис. 17. Кривая изменения блеска затменной переменной звезды типа Алголя и изображение системы этой двойной звезды. Одна из двух звезд как бы заходит за другую, вызывая видимое изменение суммарного блеска обеих звезд, не разделяющихся вследствие своей близости на отдельные компоненты. Размеры Солнца являются здесь масштабом.

У других, так называемых новых звезд происходят еще более удивительные изменения. Небольшая звезда-карлик вдруг начинает вздуваться. Размеры ее быстро растут. За несколько суток она превращается в звезду-гиганта. Блеск ее за это время увеличивается в 10 тысяч раз и больше. В момент наибольшего блеска от звезды отделяется газовая оболочка, которая, продолжая расширяться, рассеивается в межзвездном пространстве. Сама звезда начинает затем сжиматься, блеск ее ослабевает, и она превращается в слабого плотного карлика. В нашей Галактике ежегодно вспыхивает не менее ста новых звезд.

Есть основания предполагать, что в Галактике существует около миллиона звезд, которые изредка (раз в несколько тысяч лет) вспыхивают, образуя явление «новой». Название «новые» не слишком удачно, так как на самом деле никаких действительно новых звезд не образуется, а лишь время от времени ярко вспыхивают уже давно существовавшие слабые звезды. Название это возникло еще давно, когда не было достаточно мощных телескопов, с помощью которых можно было бы проследить за превращением «новой» звезды в слабую звездочку, и не было хороших фотографий звездного неба, на которых можно было найти ее до вспышки. Тогда действительно создавалось впечатление, что внезапно появилась совершенно новая яркая звезда, которая, поблистав некоторое время, так же внезапно исчезла. Подобные упоминания о вспышках новых звезд мы находим в старинных летописях.

Еще более значительная катастрофа происходит при вспышке сверхновой звезды. В течение нескольких дней блеск звезды увеличивается в десятки и даже сотни миллионов раз, затмевая все окружающие звезды. Вспышки сверхновой звезды — очень редкое явление. В нашей Галактике последняя сверхновая звезда наблюдалась в 1604 году. Остатки еще более ранней сверхновой звезды 1054 года до сих пор наблюдаются в виде светлой туманности. Это так называемая Крабовидная туманность, источник мощного радиоизлучения и рентгеновского излучения.

Кроме типичных новых звезд, имеются еще звезды, названные новоподобными. Они также время от времени вспыхивают, но масштаб всего явления значительно меньше, чем в случае новых.

Причина вспышек новых и новоподобных звезд окончательно не установлена. Скорее всего, это нарушение устойчивости звезды из-за изменения протекающих в ее недрах ядерных процессов.

### **Из чего же состоят звезды?**

Ответить на этот вопрос можно при помощи спектрального анализа — могущественного средства современной астрофизики.

Звезды излучают огромное количество света. По существу луч света — это единственный посланник, который доходит до нас от далеких звездных миров. Но это не так уж мало.

Луч света, если с ним умело обращаться, может рассказать много интересного о поверхности пославшей его звезды — о ее температуре, химическом составе, о скорости движения звезды в пространстве, ее вращении и о многом другом. Звезда может быть при этом сколь угодно далеко от нас, лишь бы только мы получали от нее достаточно света, чтобы спектр

можно было сфотографировать. Без преувеличения можно сказать: все, что астрономы узнали о природе звезд, основано на рассказе луча света.

При прохождении через трехгранную призму белый луч света разлагается на составляющие его цветные лучи. Призма по-разному преломляет лучи света различных цветов: красные меньше, зеленые больше, голубые и фиолетовые еще больше; поэтому на экране вместо белого пятна получается вытянутая полоска, где все цвета радуги, от красного до фиолетового, непрерывно переходят один в другой. Называется такая полоска спектром.

Белый луч света, идущий от раскаленного твердого и жидкого тела, дает сплошную полосу, или непрерывный спектр. Горячий газ, например водород, вместо сплошной цветной полоски дает на темном фоне несколько цветных ярких линий. Замечательно, что каждое вещество в газообразном состоянии дает одни и те же линии, характерные только для него.

Если же белый луч света, идущий от раскаленного тела, например от лампочки накаливания, пропустить через газ, температура которого ниже температуры источника света, то получится третий вид спектра — несколько темных линий на сплошном цветном фоне. Самое интересное, что эти темные линии будут находиться на тех же местах, где находились бы цветные линии спектра газообразного вещества, если бы оно само было источником света.

Такой спектр называется спектром поглощения. Исследуя его и сравнивая положение темных линий с положением ярких линий различных газообразных веществ, ученые точно могут сказать, какое вещество стояло на пути белого луча света, прежде чем он прошел сквозь призму. Это свойство газа образовывать спектр поглощения позволило определить химический состав Солнца и других звезд.

Солнце — раскаленный газовый шар. Как было рассказано выше, свет Солнца возникает в глубоких слоях светила и, прежде чем попадает на Землю, проходит через более холодную внешнюю оболочку Солнца, через солнечную атмосферу. Темные линии, которые видны в солнечном спектре, создаются этой оболочкой. Изучая их, можно определить, из каких веществ состоит солнечная оболочка, через которую прошел солнечный луч, прежде чем попасть к нам в прибор, то есть мы узнаем, из каких химических элементов состоит солнечная атмосфера.

В последнее время астрофизики собрали данные, указывающие на то, что вещество Солнца непрерывно перемещается, и поэтому химический состав наружных и внутренних слоев Солнца должен быть примерно одинаковым.

Изучая солнечный спектр, удалось установить, что Солнце на 90 процентов состоит из самых легких газов — водорода и



гелия. Менее 10 процентов приходится на долю других элементов, более тяжелых, чем водород и гелий. Сюда входят в первую очередь железо, кислород, углерод, натрий, кальций, калий, кремний и другие элементы, имеющиеся на Земле. Химический состав Солнца отличается от химического состава Земли главным образом тем, что в нем очень много водорода и гелия. Все остальные элементы встречаются в Солнце в таком же соотношении, как и на Земле.

Другие звезды, как показывает изучение их спектров, имеют примерно такой же состав, как и Солнце. Основная часть изученных нами звезд также состоит более чем на 90 процентов из водорода и гелия, а остальные элементы встречаются приблизительно в таких же соотношениях, как и на Земле. В составе Солнца и других звезд не найдено каких-либо «особых» элементов, которых не было бы на Земле. Это открытие, сделанное с помощью спектрального анализа, имело очень большое не только научное, но и мировоззренческое значение, так как разрушило старые религиозные взгляды о разделении мира на земной и небесный и показало, что все небесные тела имеют единый химический состав.

Изучение солнечного спектра позволило физикам найти «новый» элемент на Солнце раньше, чем его нашли на Земле. В 1868 году в спектре протуберанцев Солнца была обнаружена серия линий, которые нельзя было отождествить со спектром какого-либо из известных тогда на Земле веществ.

Вещество это после тщетных попыток раскрыть его «личность» было названо солнечным газом — гелием. Об этом веществе можно было лишь сказать, что, очевидно, это очень легкий газ, так как, по наблюдениям ученых, он поднимался на большую высоту в атмосфере Солнца. 25 лет считалось, что это особый элемент, встречающийся только в небесных телах.

Надо сказать, что мнение, будто Солнце и звезды состоят из каких-то особых веществ, всячески поддерживали и пропагандировали реакционеры от науки. Философы-идеалисты утверждали, что человеческое познание ограничено, и в качестве одного из доказательств всегда приводили довод, что человеку «не дано познать, из чего состоят небесные тела». Создание методов спектрального анализа и изучение солнечного и звездных спектров опровергло это сомнительное «доказательство».

Однако обнаружение солнечного газа, которого на Земле не могли найти, казалось бы, снова усиливало позиции сторонников непознаваемости мира, и они не преминули этим воспользоваться. Но прошло 25 лет, и гелий был обнаружен на Земле. Он оказался действительно легким газом, вторым после водорода. Сейчас гелий — равноправный член семьи химических элементов, входящих в таблицу Д. И. Менделеева. Его используют для различных производственных целей.

## **О чем еще может рассказать луч света**

Вид спектральных линий часто указывает нам на состояние газа, который производит эти линии, на его температуру и давление. Было обнаружено, что ионизованный газ дает другие спектральные линии, чем газ, атомы которого сохранили свою электронную оболочку. Следовательно, изучая спектр звезды, можно установить, ионизованы ли газы, из которых состоит ее атмосфера, или нет.

Какие выводы можно из этого сделать?

Представим себе смесь различных веществ, скажем, смесь водорода, гелия, натрия, кальция, железа, углерода и т. д., при незначительной температуре. Атомы этих веществ находятся в нормальном состоянии, они не ионизованы. Если мы начнем теперь повышать температуру, то увеличим скорость движения атомов данного вещества. Чем больше их скорость, тем больше вероятность их столкновений друг с другом. Сталкиваясь, атомы взаимно сообщают своим электронам энергию, которая затем либо теряется в форме излучения, либо вырывает самые внешние электроны.

Не все атомы теряют свои электроны одинаково легко. Атомы металлов — натрия, кальция, железа и др. — ионизируются легче, чем атомы легких газов — водорода, гелия, кислорода. Значит, с повышением температуры в нашей смеси последовательно будут появляться ионизованные атомы металлов, гелия, водорода.

Таким образом, если в спектре одной звезды мы наблюдаем только линии ионизованных металлов и не наблюдаем линии ионизованных легких газов, а в спектре другой звезды наблюдаем и те и другие линии, то отсюда мы можем сделать вывод, что температура поверхности второй звезды выше, чем у первой.

Правда, мы не учли еще одного обстоятельства. Если плотность вещества велика, то ионизованный атом сможет скорее захватить электрон и снова превратиться в нормальный нейтральный атом, — число ионизованных атомов уменьшится. Наоборот, если плотность мала, то при высокой температуре число ионизованных атомов будет больше. Поэтому вид спектров зависит от тех физических условий — температуры и давления, в которых находится вещество, дающее этот спектр.

И не только от температуры и плотности. Электрические и магнитные поля меняют форму и вид спектральных линий, раздваивают, а иногда и расщепляют их на ряд составляющих.

Одно и то же вещество дает различный тип спектра в зависимости от условий, в которых оно находится. Это, конечно, осложняет определение химического состава звездных атмосфер. Но, с другой стороны, это свойство вещества дает иссле-

дователю возможность многое узнать о природе небесных тел. По спектрам можно определить и температуры, и давления наружных слоев звезд, существование электрических и магнитных полей и т. д.

Планеты, окруженные атмосферами, отражая солнечный свет, дают уже спектр, несколько отличный от солнечного. В нем появляются дополнительные линии, зависящие от состава и физических условий этих атмосфер. Это позволяет изучать химический состав атмосфер планет.

Наблюдение и изучение звезд и работа в лаборатории идут рука об руку, взаимно помогая и дополняя друг друга.

Астрономия дает исследователю возможность изучать вещество в совсем необычных для Земли условиях при температуре и давлениях, которые значительно превосходят получаемые в наших лабораториях. В таких условиях «наружу» выступают особые новые свойства вещества, незнакомые нам в нашей обыденной жизни. Часто эти свойства кажутся настолько поразительными и противоестественными, что физики к результатам исследования астрофизиков относятся недоверчиво до тех пор, пока поставленный в лаборатории опыт не подтвердит их. Бывает и наоборот — физическая теория получает полное признание лишь после того, как ее подтвердят астрономические наблюдения. История науки знает много подобных примеров.

Но этим не исчерпываются возможности спектроскопа. Луч света может рассказать, приближается или удаляется от нас изучаемая звезда и с какой скоростью. Если звезда движется к нам, то линии спектра сдвинуты несколько к фиолетовому краю, если удаляется, — в красную сторону.

Величина сдвига связана со скоростью источника света соотношением:

Изменение длины волны  
Нормальная длина волны

Скорость источника  
Скорость света

Для определения величины сдвига наряду со спектром звезды воспроизводится спектр сравнения, например железа, и измеряется расстояние между соответствующими линиями.

Так были измерены скорости удаления и приближения к нам многих тысяч звезд, и полученные результаты сыграли большую роль при изучении нашей звездной системы — Галактики.

Подобным же способом можно измерить скорость вращения Солнца или планет, сравнивая спектры, полученные от противоположных краев солнечного (или соответственно планетного) диска, один из которых при вращении Солнца приближается к нам, а другой удаляется. При этом мы сразу сможем также выяснить, какие из линий в спектре Солнца принадлежат действительно солнечной атмосфере, а какие при-

вносит наша земная атмосфера, когда солнечный луч проходит сквозь нее. В самом деле, сдвиг линий будет наблюдаться только у первых, участвующих во вращении Солнца, а земные линии останутся на своих местах.

Таким образом, луч света, приходящий к нам от звезд, рассказывает много интересного о природе этих далеких миров. При этом неважно, на каком расстоянии от нас находится звезда, лишь бы мы получили достаточно света, чтобы можно было ее сфотографировать.

### **Отчего светятся звезды**

Солнечные лучи приносят свет и тепло на нашу планету, они источник всей жизни на Земле. Без Солнца поверхность Земли была бы мертвой и неподвижной. Поэтому причина солнечного излучения еще с давних времен волновала человека.

Какова природа энергии Солнца? За счет чего она вырабатывается? Сколько времени Солнце еще будет светить так, как оно светит теперь? Все эти вопросы далеко не просты. Чтобы ответить на них, пришлось тщательно изучить природу небесных тел, их химический состав, строение, температуру, узнать, каковы условия и какие процессы протекают в недрах Солнца. Здесь астрономам помогли физики, механики, геологи и математики.

Солнце излучает в мировое пространство огромное количество света и тепла. Если выразить всю солнечную энергию, падающую на земной шар, в киловатт-часах и оценить ее по существующим тарифам, то окажется, что Земля получает от Солнца за одну секунду энергию стоимостью в полмиллиарда рублей! А ведь на Землю падает только одна двухмиллиардная доля всего солнечного излучения. Между тем, в мировом пространстве существуют звезды, которые излучают в десятки тысяч раз больше энергии, чем Солнце.

Откуда же берется столько энергии? Может быть, Солнце горит, и то, что нам кажется солнечным диском, на самом деле пожар или громадная печь, в которой сгорает ежесекундно большое количество топлива?

Это первое и самое простое объяснение пришлось, однако, очень скоро отбросить, так как даже самого лучшего каменного угля весом с Солнце хватило бы только на 3 тысячи лет. Солнце же светит гораздо дольше. Наша Земля, как показывают геологические исследования, существует уже более 3 миллиардов лет. А Солнце не может быть моложе Земли, так как само образование Земли связано с Солнцем. Следовательно, нашему Солнцу по крайней мере 3 миллиарда лет, а скорее всего гораздо больше.

Одно время считали, что источник энергии Солнца — сжатие под действием собственной тяжести. Из физики известно,

что газ при сжатии нагревается. Так как Солнце — газовый шар, то, сжимаясь, оно, естественно, могло разогреваться и при этом излучать энергию. Однако подсчеты показывают, что и это объяснение неверно. За счет энергии сжатия Солнце могло бы излучать не более 50 миллионов лет, то есть в течение срока гораздо меньшего, чем его возраст.

Долгое время наука не могла удовлетворительно ответить на вопрос о причине излучения Солнца. Только за последние десятилетия, в связи с новыми открытиями атомной физики, был найден ответ и на этот вопрос.

В самых недрах вещества, в атомных ядрах заключена громадная энергия, которая может быть освобождена при некоторых преобразованиях атомных ядер. Физики в лабораториях умеют уже сейчас преобразовывать ядра атомов, искусственно превращать один химический элемент в другой, освобождать атомную энергию.

Но условия в недрах Солнца и звезд совсем не похожи на те, с которыми мы привыкли иметь дело в физических лабораториях. Температура в центральных частях Солнца и большинства звезд доходит до 15—20 миллионов градусов, а давление в миллионы миллионов раз превышает давление воздуха на поверхности Земли. Поэтому звездный газ отличается от обычных знакомых нам газов.

Впрочем, и звездный газ состоит из тех же мельчайших частиц — атомных ядер и электронов, из которых построены все тела на Земле. Законы физики и механики одни и те же на Земле и в окружающем нас мире. Поэтому, изучая в лабораториях свойства вещества, можно понять процессы, которые происходят в недрах Солнца и звезд.

### **Источники звездной энергии**

Огромная температура в центральных частях звезд свидетельствует о том, что мельчайшие частицы звездного газа движутся очень быстро. А так как давление, а значит, и плотность газа тоже велики, то неизбежны столкновения частиц. Сталкиваясь, они взаимодействуют друг с другом, происходят сложные преобразования атомных ядер, так называемые ядерные реакции. В результате ядерных реакций одно вещество — водород — превращается в недрах Солнца и звезд в другое вещество — гелий. При этом освобождается атомная энергия, которая и является источником излучения звезд.

Тщательное изучение ядерных реакций, получаемых искусственно в физической лаборатории, позволило установить, что атомная энергия в недрах Солнца освобождается довольно сложным путем. Четыре атомных ядра водорода не просто объединяются в одно ядро гелия. Преобразование это проис-

ходит через ряд промежуточных стадий, в которых роль ускорителя процесса играют атомные ядра углерода и азота.

Эта реакция, так называемый углеродно-азотный цикл, очень чувствительна к изменению температуры. Поэтому ею и можно объяснить излучение большинства известных нам звезд, которые ярче Солнца.

Однако водород может преобразовываться в гелий в звездах и иначе, через образование тяжелого изотопа водорода — дейтерия. Эта реакция, как показывают последние исследования, играет роль основного источника энергии в звездах-карликах. В результате ее образуется и значительная доля излучения Солнца. По существу обе реакции протекают в звездах одновременно, но в зависимости от температуры основную роль играет то первая, то вторая.

Ядерные преобразования происходят не только в центральных частях Солнца и звезд. Тщательное изучение поверхности Солнца с помощью башенного солнечного телескопа, установленного в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, привело профессора А. Б. Северного к выводу, что во внешних слоях Солнца возникают неустойчивые области, в которых кратковременно выделяется энергия, по-видимому, за счет ядерных процессов. Эти области, как правило, связаны с магнитными полями солнечных пятен и другими активными областями солнечной поверхности. Аналогичные явления обнаружены и в атмосферах некоторых других звезд.

Таким образом, Солнце, как и большинство звезд, — громадная «лаборатория», в которой каждую секунду водород превращается в гелий и выделяется атомная энергия. Водород как бы «сгорает», оставляя своеобразную «золу» — гелий.

Так изучение мельчайших частиц — атомных ядер позволило ответить на вопрос об источниках излучения Солнца и звезд.

Но тут возникает другой вопрос. Если Солнце светит вследствие того, что водород в его недрах преобразуется в гелий, то, естественно, должно наступить такое время, когда весь запас водорода в Солнце исчерпается.

На сколько же времени хватит нашему Солнцу «горючего»? Не стоим ли мы перед опасностью, что Солнце — источник жизни на Земле — может вдруг погаснуть? На все эти вопросы ответить нетрудно. Известно, что Солнце более чем наполовину состоит из водорода. Скорость, с какой водород в его недрах превращается в гелий, тоже известна. Поэтому можно легко подсчитать, сколько времени еще Солнце сможет светить так же, как сейчас, за счет своего водородного запаса. Оказывается, этого запаса хватит на десятки миллиардов лет.

Но что произойдет с Солнцем через эти десятки миллиардов лет, когда в нем уже весь водород преобразуется в гелий? Совершенно определенно ответить на этот вопрос наука пока

не в состоянии. После того как исчерпаются источники энергии Солнца, излучение с его поверхности уже не будет пополняться теплом изнутри. Солнце начнет остывать и сжиматься. Но это сжатие приведет к новому разогреванию Солнца. Температура в его недрах снова начнет повышаться, и когда достигнет 100 миллионов градусов, у Солнца могут появиться новые источники энергии — другие ядерные реакции, в результате которых уже не водород, а гелий преобразуется в более тяжелые элементы.

Недавно, например, физики подробно изучили ядерную реакцию образования атомного ядра углерода из трех атомов гелия. В результате ее выделяется довольно значительное количество энергии. При температуре в 100 миллионов градусов эта реакция может поддерживать излучение Солнца еще многие миллиарды лет.

Это один из возможных путей развития Солнца.

Однако не исключается и другой путь. Если сжатие будет происходить так медленно, что вся энергия, выделяющаяся за счет повышения температуры в недрах, будет излучаться поверхностью, то Солнце будет сжиматься все больше и больше. Вещество его будет становиться все плотнее, и наше светило превратится в конце концов в белого карлика — маленькую, чрезвычайно плотную звезду, вещество которой находится в особом, так называемом «вырожденном» состоянии.

В природе уже существуют такие белые карлики с массой, равной массе Солнца. Спутник самой яркой звезды нашего неба — Сириуса — как раз такой белый карлик.

Но как повлияет такое развитие Солнца на Землю? Не будет ли оно означать конец жизни на Земле? На этот вопрос также следует ответить отрицательно. Ведь источник солнечной энергии — энергия атомного ядра, которую уже теперь умеет использовать человек. Впереди же еще десятки миллиардов лет. За это время наука и техника найдут способы искусственно компенсировать убыль солнечной энергии без ущерба для жизни человека.

### **Происхождение и развитие звезд**

Одна из интереснейших, еще до конца не решенных проблем современной астрономии — проблема происхождения звезд. Как образовались звезды? Всегда ли они были такими, какими мы их видим сейчас, или их свойства меняются за время их жизни? Какова история нашего Солнца, лучи которого согревают и освещают Землю? Из чего оно возникло и каков путь его дальнейшего развития?

Долго считали, что все звезды возникли из горячего уплотненного газа в очень отдаленные времена — около 10 миллиар-

дов лет назад, когда вся наша звездная система находилась совсем в другом состоянии. Предполагалось, что все звезды, которые мы видим на небе, в том числе и наше Солнце, имеют одинаковый возраст и что процесс звездообразования уже давно закончился.

Академик В. А. Амбарцумян в 1946 году доказал, что в действительности возраст звезд различен. Существуют в природе звезды совсем молодые, которым нет еще и нескольких миллионов лет (с астрономической точки зрения миллион лет — это совсем младенческий возраст), и звезды старые, возраст которых превосходит 10 миллиардов лет. В. А. Амбарцумян и его сотрудники обнаружили на небе так называемые звездные ассоциации — группы горячих гигантских звезд.

Звезды, образующие ассоциации, обладают особенностями, указывающими на их общее происхождение. Сама группа в целом неустойчива. Со временем она рассеивается в пространстве. Можно подсчитать, что существовать как группа звездная ассоциация может не более нескольких миллионов лет. Но раз мы видим такие ассоциации на небе, то, значит, входящим в них звездам нет еще нескольких миллионов лет и они представители молодого «населения» звездного мира.

Из исследований В. А. Амбарцумяна вытекает, что звезды образуются и в наше время, что для этого не требуется какого-то особого дозвездного состояния Галактики. Возникают звезды группами, в звездных ассоциациях. Это было новым, смелым выводом, который повлек за собой интереснейшие работы.

Изучая межзвездную среду — облака разреженного газа и космической пыли, заполняющие пространство между звездами, — покойный академик Г. А. Шайн показал, что ассоциации горячих гигантов, как правило, связаны с огромными газопылевыми туманностями. По-видимому, в тех областях пространства, где были условия для образования группировок горячих звезд, были также условия для образования газовых туманностей. Используя новую методику, Г. А. Шайн и В. Ф. Газе исследовали распределение горячих звезд и газовых туманностей в других звездных системах (других галактиках) и обнаружили в них также пространственные группировки горячих звезд. Процесс образования массивных звезд в ассоциациях происходит, таким образом, не только в нашей Галактике, но и в других системах.

Кроме ассоциаций горячих гигантских звезд в нашей Галактике, были обнаружены аналогичные группировки звездкарликов, возраст которых также оценивается в десятки миллионов лет. По-видимому, в этих ассоциациях образуются звезды сравнительно небольшой массы. В 1950 году на Горной обсерватории вблизи Алма-Аты был установлен новый мощный телескоп системы Максудова. С его помощью академик



В. Г. Фесенков установил, что в облаках пыли и газа, заполняющих межзвездное пространство, иногда возникают волокнообразные уплотнения, которые в свою очередь распадаются на ряд звездоподобных сгущений, образуя как бы звездную цепочку. Можно показать, что такая звездная цепочка под действием сил взаимного притяжения должна распасться за несколько тысяч лет. Но раз такие цепочки обнаруживаются, то, следовательно, звездам, составляющим их, нет еще тысячи лет. Таким образом происходит непрерывное образование звезд из межзвездного газа и пыли.

Ученые всего мира уделяют большое внимание изучению неустойчивых звезд. Неустойчивые звезды особенно интересны потому, что в них мы можем наблюдать изменения, происходящие за сравнительно короткие промежутки времени. По характеру этих изменений можно делать выводы о природе и направлении развития неустойчивых звезд.

Очень интересный тип неустойчивых звезд — звезды-карлики, у которых время от времени обнаруживаются яркие линии в спектре, а иногда и сильное непрерывное излучение, наблюдаемое в виде вспышек. Астрономы Бюраканской обсерватории в Армении, изучая эти звезды, пришли к выводу, что вспышки можно объяснить только внезапным появлением в атмосферах этих неустойчивых звезд дополнительных, очень мощных источников энергии.

Если происхождение этой энергии такое же, как и освобождающейся в центральных частях звезд ядерной энергии, за счет которой происходит обычное излучение звезд и Солнца (а это, по-видимому, наиболее правдоподобное предположение), то изучение таких неустойчивых звезд-карликов может дать нам чрезвычайно интересные сведения о процессах, происходящих в звездных недрах.

До сих пор вопрос об источниках звездной энергии и о внутреннем строении звезд решался в основном теоретически, так как астрономы не располагают средствами для проникновения в недра звезд. Явления, протекающие в наружных слоях неустойчивых звезд-карликов, доступны наблюдениям и смогут уточнить теоретические выводы.

Много загадок таит еще звездная Вселенная. Астрономы всего мира изучают Солнце и звезды с помощью мощных телескопов, радиотелескопов, улавливающих радиоизлучение космических тел, и других специальных инструментов. Все совершеннее становится астрономическое «вооружение» ученых. А в последнее время появились уже летающие обсерватории — искусственные спутники Земли и космические ракеты. С их помощью удастся проводить наблюдения за пределами атмосферы, окружающей нашу планету, атмосферы, которая необходима живым существам, но которая часто сильно искажает наши представления об окружающем пространстве.

## ГАЛАКТИКА

**Х**АРАКТЕРНАЯ ОСОБЕННОСТЬ небесных тел — их свойство объединяться в системы. Земля и ее спутник Луна образуют систему из двух тел. Юпитер с его 12 спутниками и Сатурн с 9 — примеры более богатых систем.

Солнце, 9 планет с их спутниками, множество малых планет, комет и метеоров образуют систему более высокого порядка — солнечную, в которую системы, состоящие из планет и их спутников, входят как коллективные члены.

Вопрос о том, не образуют ли систем также и звезды, окружающие нас со всех сторон, исследовал во второй половине XVIII века английский астроном Вильям Гершель. Он подсчитывал в разных областях неба звезды, наблюдаемые в поле зрения его телескопа. Оказалось, что на небе можно наметить большой круг, рассекающий его на две равные части.

Этот круг обладает тем свойством, что при приближении к нему с любой стороны число звезд, видимых в поле зрения телескопа, неуклонно возрастает и на самом круге становится наибольшим. Как раз вдоль этого круга, получившего название галактического экватора, стелется Млечный Путь — опоясывающая небо чуть светящаяся полоса, образованная сиянием слабых далеких звезд.

Гершель правильно объяснил обнаруженное им явление тем, что все наблюдаемые нами и простым глазом, и в телескопы звезды образуют гигантскую звездную систему, которая сплюснута вдоль галактического экватора.

Исследование Галактики — так называли нашу звездную систему — длится около двух столетий. За это время выяснилось, что наша Галактика — не единственная звездная система. Во Вселенной существует множество других галактик, весьма разнообразных по форме и составу, причем среди них есть галактики, очень похожие на нашу.

Это обстоятельство чрезвычайно важно. То, что мы нахо-

димся внутри Галактики, с одной стороны, облегчает ее исследование, так как все составные части Галактики к нам ближе, чем составные части других галактик, а с другой — затрудняет, так как изучать строение системы выгоднее, рассматривая ее не изнутри, а со стороны. Ведь легче составить план стеклянного строения, рассматривая его извне, чем находясь внутри одной из его комнат.

## Форма Галактики

Изучая нашу Галактику непосредственно и сопоставляя ее с другими галактиками, астрономы постепенно выяснили все основные черты нашей звездной системы. Форма Галактики подобна круглому, сильно сжатому диску. Как и диск, Галактика имеет плоскость симметрии, разделяющую ее на две равные части, и ось симметрии, проходящую через центр системы и перпендикулярную к плоскости симметрии. Сравнение с диском неточно, так как у всякого диска есть четко обрисованная граница, а у нашей звездной системы такой четко очерченной границы нет, — так же как нет четкой верхней границы у атмосферы Земли. Известно, что плотность атмосферы с увеличением высоты уменьшается, постепенно сходя на нет, и нельзя указать место, до которого атмосфера простирается и сразу за которым ее уже нет. В Галактике звезды располагаются тем теснее, чем они ближе к плоскости оси симметрии Галактики.

Наибольшая звездная плотность — в самом центре Галактики. Здесь на каждый куб с длиной ребра в один световой год приходится в среднем 2—3 звезды. При удалении от плоскости и оси симметрии звездная плотность убывает, причем при удалении от плоскости симметрии она убывает значительно быстрее. Поэтому, если бы мы условились считать границей Галактики те места, где звездная плотность уже сравнительно мала и составляет, например, только одну звезду на 10 тысяч кубов с ребром в световой год, то очерченное этой границей тело было бы сжатым круглым диском.

Если границей считать область, где звездная плотность еще меньше, одна звезда приходится на 100 тысяч кубических световых лет, очерченное такой границей тело снова будет диском примерно той же формы, но только больших размеров. Поэтому нельзя вполне определенно говорить о размерах Галактики. Если все-таки границами нашей звездной системы считать места, где одна звезда приходится на 10 тысяч кубических световых лет пространства, то диаметр Галактики равняется приблизительно 100 тысячам световых лет, а толщина ее — 8 тысячам световых лет. Таким образом, Галактика — это сильно сжатая система, ее диаметр в 12 раз больше толщины.

Размеры Галактики поистине грандиозны. Чтобы пересечь ее по диаметру, свет, пробегающий в секунду 300 тысяч километров, должен затратить около 100 тысяч лет. А чтобы пересечь по диаметру солнечную систему, ему нужна лишь половина суток.

Солнце находится почти точно в плоскости симметрии Галактики, но от оси симметрии (и, следовательно, от центра) оно отстоит далеко — на расстоянии около 27 тысяч световых лет, так что оно ближе к краю Галактики, чем к его центру. Таким образом, Солнце, а вместе с ним и Земля, не занимают в Галактике какого-нибудь особого положения, это рядовые члены нашей звездной системы.

Количество звезд в Галактике огромно. По современным данным, оно приблизительно равно 100—150 миллиардам. Чтобы представить себе величину этого числа, заметим, что численность звездного «населения» Галактики в 40—50 раз превосходит численность людского населения земного шара.

### **Ядро Галактики**

Форма Галактики несколько отличается от диска: в центре ее имеется утолщение, ядро. Это ядро, хотя в нем сосредото-



Рис. 18. Галактика, очень похожая на нашу.  
Диаметр ее — около 100 000 световых лет.

но много звезд, долгое время не удавалось наблюдать, потому что около плоскости симметрии Галактики наряду со светящейся материей звезд есть огромные темные облака пыли, поглощающие свет звезд, находящихся за ними. Между Солнцем и центром Галактики расположено множество таких темных пылевых облаков различной формы и толщины, и они закрывают от нас ядро Галактики.

Однако разглядеть ядро Галактики все-таки удалось. Астрономы воспользовались тем, что пылевые облака сильно поглощают лишь фиолетовые, синие и зеленые лучи. Более длинноволновые желтые и красные лучи они поглощают слабее, а для еще более длинноволновых инфракрасных лучей почти прозрачны. Значит, нужно применить инструменты, способные измерять излучение в инфракрасном свете. В 1947 году амери-



Рис. 19. Спиральная галактика в созвездии Волопаса, видимая «с ребра». На снимке отчетливо видна темная полоса поглощающей материи, концентрирующейся к плоскости галактики.

канские астрономы Стеббинс и Уитфорд пристроили к телескопу фотоэлемент, чувствительный к инфракрасным лучам, и сумели обрисовать контуры ядра Галактики. А в 1951 году советские астрономы А. А. Калиняк, В. И. Красовский и А. Б. Никонов, применив фотоумножители, усиливающие во много раз яркость изображений, получили фотографии ядра Галактики в инфракрасных лучах.

Ядро Галактики оказалось не очень большим, его диаметр составляет около 4 тысяч световых лет. Но все-таки присутствие ядра в центральной области Галактики утолщает эту область, и форму Галактики теперь можно сравнивать не просто с диском, а с дискообразным колесом, имеющим в центре утолщение — втулку.

### **Двойные и кратные звезды**

Внутри огромной звездной системы — Галактики многие звезды объединены в системы меньшей численности. Каждая из них своего рода коллективный член Галактики.

Самые маленькие коллективные члены — двойные и кратные звезды. Выше уже говорилось, что так называются группы из двух, трех, четырех — до десяти звезд, в которых звезды удерживаются близко друг к другу благодаря взаимному притяжению по закону всемирного тяготения. В солнечной системе притяжение огромного массивного тела — Солнца удерживает планеты и другие тела системы и заставляет их двигаться по замкнутым орбитам.

В двойных и кратных звездах таких огромных тел — звезд (солнц) два или несколько. Они притягивают друг друга, удерживают друг друга и, возможно, другие тела меньших масс (подобные планетам солнечной системы) внутри сравнительно небольшого объема. Следовательно, это физические системы тел, связанных между собой силами тяготения.

Доля двойных и кратных звезд среди всех звезд значительна. Правда, наша звезда — Солнце хотя и окружено системой планет, одиночная звезда. Но уже следующая ближайшая к нам звезда, альфа Центавра — тройная звезда. Если в ней есть и планеты с развитой на них жизнью, то их обитатели должны видеть на своем небе три солнца — одно желтое и яркое, как наше Солнце, второе несколько менее яркое, оранжевое, и третье красноватое, сильно уступающее первым двум, но все-таки солнцу, посылающее тепло и освещающее все кругом! Среди 30 ближайших звезд 13 входят в состав двойных и тройных звезд.

Специальные наблюдения двойных и кратных звезд ведутся уже более 150 лет. За это время во многих из этих маленьких систем звезды успели совершить значительный путь по орбитам друг около друга. Астрономы изучили эти орбиты и движения по ним и установили, что звезды движутся под действием силы взаимного притяжения, то есть так же, как планеты под действием силы притяжения Солнца.

Измерение скорости движения звезд по их орбитам позволило определить массу звезд, входящих в двойные системы. Оказалось, что массы у звезд различны. Одни из них уступают Солнцу, а другие превосходят его. При этом для всех звезд, в том числе и для Солнца, выполняется условие: чем больше светимость звезды, то есть чем больше звезда излучает энергии в пространство в единицу времени, тем больше и ее масса. Вдвое большей массе соответствует приблизительно вдесятеро большая светимость. Так что различие в светимостях у звезд гораздо больше, чем в массах (подробнее об этом говорится в статье «Мир звезд»).

Двойные и кратные звезды часто состоят из звезд различных типов. Например, звезда белый гигант может комбинироваться с красным карликом, или желтая звезда средней светимости комбинироваться с красным гигантом. Так как двойные и кратные звезды должны иметь общее происхождение

(нельзя указать процесс, который позволял бы значительному числу звезд, образовавшихся как одиночные, затем объединяться в двойные или кратные системы), то это показывает, что одинаковый возраст могут иметь звезды различных типов.

### **Рассеянные скопления**

Коллективные члены Галактики, более крупные, чем двойные и кратные звезды,— это рассеянные звездные скопления. Они содержат от нескольких десятков до нескольких сот звезд, а самые крупные — до 3 тысяч звезд. Эти скопления называют «рассеянными», потому что сравнительно небольшая численность звезд в таком скоплении не позволяет уверенно очертить его форму: она может быть неправильной из-за случайностей в группировке звезд внутри скопления.



Рис. 20. Плеяды, которые невооруженному глазу представляются небольшой группой в 6—7 звезд, в действительности рассеянное звездное скопление, включающее около 200 членов.

Пример рассеянного скопления — Плеяды; их можно наблюдать невооруженным глазом в наших широтах осенью, когда они в вечерние часы видны высоко над горизонтом. Это кучка слабых звезд в созвездии Тельца. Число видимых звезд в Плеядах зависит от остроты зрения наблюдателя. При отличном зрении можно насчитать семь звезд. В телескоп видно, что Плеяды содержат около сотни звезд.

В рассеянных скоплениях редко встречаются звезды красные и желтые гиганты и совершенно нет красных и желтых сверхгигантов. В то же время белые и голубые гиганты, хотя это и редкие звезды, часто входят в состав рассеянных скоплений. Здесь чаще, чем в других местах Галактики, можно встретить и очень редкие звезды — белые и голубые сверхгиганты, то есть звезды высокой температуры и чрезвычайно высокой светимости, излучающие каждая в сотни тысяч раз больше, чем наше Солнце.



Рис. 21. Рассеянное звездное скопление, содержащее свыше 100 звезд.

Рассеянные скопления располагаются очень близко к плоскости симметрии Галактики. Большинство из них лежит почти точно в этой плоскости. Поэтому если бы мы, оставив рассеянные скопления на местах, убрали все другие объекты, входящие в состав Галактики, то оставшаяся система рассеянных скоплений была бы чрезвычайно плоской, еще более плоской, чем сама Галактика в целом.

В настоящее время в каталоги занесено более 500 рассеянных звездных скоплений. Но мы, даже при помощи телескопов, можем различать только относительно близкие рассеянные скопления. Далекие для нас неразличимы, они для этого недостаточно богаты звездами. Поэтому на самом деле в Галактике рассеянных скоплений гораздо больше 500; предполагают, что их приблизительно 30 тысяч. Если считать, что среднее число звезд в одном рассеянном скоплении 300 или несколько больше, то общее число звезд, входящих во все рассеянные скоп-



ления Галактики, равно приблизительно 10 миллионам. Значит, поскольку в Галактике более 100 миллиардов звезд, в рассеянные скопления входит только около одной десятитысячной части всех звезд Галактики.

Несмотря на это, рассеянные скопления очень интересны, и астрономы усиленно изучают их. Ведь как двойные и кратные звезды, все звезды какого-нибудь рассеянного скопления имеют совместное происхождение и, по-видимому, приблизительно одинаковый возраст.

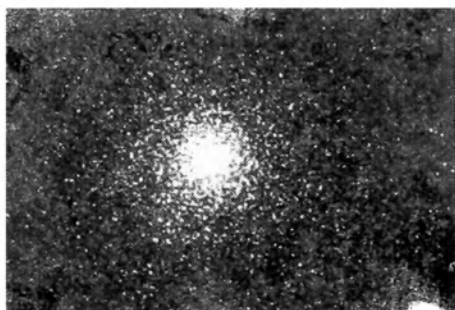


Рис. 22. Шаровое скопление.

Никакое звездное скопление не может образоваться в результате объединения звезд, сформировавшихся в различных местах Галактики. Изучение законов механики показывает, что такой процесс невозможен. Звезды одного и того же скопления должны были образоваться вместе в сравнительно небольшом объеме. И в даль-

нейшем звездное скопление не может расти за счет присоединения к нему других звезд. Всякая посторонняя звезда, влетевшая в звездное скопление, должна тут же вылететь из него. Это происходит потому, что скорость всякой посторонней звезды, приближающейся к скоплению, увеличивается из-за притяжения звезд скопления, а этой возросшей скорости достаточно, чтобы преодолеть притяжение скопления и покинуть его.

Итак, скопления не растут за счет присоединения посторонних звезд. Но, оказывается, они распадаются из-за постепенного «убегания» звезд, сформировавшихся в самом скоплении. Это вызвано тем, что звезды внутри скопления, проходя одна около другой и взаимодействуя по закону всемирного тяготения, изменяют друг у друга скорость. Время от времени скорость какой-нибудь звезды в результате таких изменений настолько возрастает, что ее становится достаточно, чтобы преодолеть силы притяжения звездного скопления и уйти из него.

Такая скорость называется критической. Для звездного скопления она имеет совершенно тот же смысл, что и вторая космическая скорость (11,2 километра в секунду) для тел у поверхности Земли. Расчеты показывают, что критическая скорость в рассеянных скоплениях равна 1—2 километрам в секунду.

Можно также подсчитать, что в рассеянном скоплении, состоящем из тысячи звезд, в среднем за каждые 5 миллионов лет одна звезда приобретает скорость больше критической и покидает скопление. Так как возраст некоторых рассеянных скоплений исчисляется миллиардами лет, то ясно, что за время своего существования такие скопления теряют большую часть своих звезд.

Сравнивая между собой звездный состав различных рассеянных скоплений, мы сравниваем группы звезд различного возраста. Это позволяет наметить пути эволюции звезд и даже сделать вывод о различиях в их химическом составе в период их формирования из какой-то дозвездной материи.

### **Шаровые скопления**

Еще более крупные коллективные члены Галактики — шаровые звездные скопления. Это очень богатые системы, насчитывающие сотни тысяч, иногда свыше миллиона звезд. Посмотрите внимательно на фотографию одного из шаровых скоплений, полученную при помощи телескопа (рис. 24). Правильная форма скопления, постепенное разрежение звезд от центра к окраинам вызывают у наблюдателя ощущение достигнутого системой покоя, равновесного состояния. Какие-то силы, управляющие этим огромным числом звезд-солнц, успели перемешать звезды, придать скоплению шаровую форму, распределить в нем звезды по определенному закону. Установлено, что это те же силы всемирного тяготения, действующие между звездами.

Теоретические исследования показывают, что в свободном газовом шаре, то есть в таком, на который не влияют внешние силы и который находится в равновесном состоянии под действием сил своего собственного притяжения, молекулы распределяются так же, как звезды в шаровом скоплении. Таким образом, шаровое звездное скопление можно сравнить с газовым шаром, в котором роль отдельных молекул играют звезды.

В центре шарового скопления звезды расположены настолько тесно, что их изображения сливаются, и мы не можем различить отдельных звезд. Это не значит, конечно, что звезды там соприкасаются друг с другом. Просто на фотографической пластинке звезда получается не в виде точки, как это следовало бы, а в виде кружочка, и для всех кружочков на фотографии не хватает места. На самом деле даже в центральных областях шаровых скоплений расстояния между звездами огромны по сравнению с размерами самих звезд. Но все-таки звезды там располагаются значительно ближе друг к другу, чем, например, в окрестностях Солнца. Поэтому, если у какой-нибудь звезды, находящейся близ центра шарового скопления, имеется планетная система с развитой жизнью, то обитатели этих

планет должны наблюдать небо, гораздо более богатое яркими звездами, чем наше.

Состав шаровых скоплений существенно отличается от состава рассеянных. Как мы уже указали, в рассеянных скоплениях много горячих бело-голубых звезд — гигантов и сверхгигантов, но мало красных и желтых гигантов и вовсе нет красных и желтых сверхгигантов. В шаровых же скоплениях, напротив, очень много звезд красных и желтых гигантов, много красных и желтых сверхгигантов, но очень мало бело-голубых гигантов и совершенно отсутствуют бело-голубые сверхгиганты. Как принято говорить, звездное население шаровых скоплений иного типа, чем рассеянных.

Различия между рассеянными и шаровыми скоплениями проявляются буквально во всем. Например, в шаровых скоплениях много переменных звезд, то есть звезд, периодически изменяющих свой блеск, а в рассеянных скоплениях переменных звезд очень мало. Но даже те переменные звезды, которые встречаются в рассеянных скоплениях, не такие, как переменные звезды шаровых скоплений. Они излучают гораздо больше света в пространство, и период изменения их блеска равен нескольким дням, тогда как у переменных звезд в шаровых скоплениях период изменения блеска меньше суток. В рассеянных скоплениях обычно много газа и пыли, в шаровых скоплениях газа вовсе нет, а пыли очень мало.

Шаровые скопления — это плотные системы, состоящие из большого числа звезд. Поэтому они резко выделяются среди других объектов Галактики и видны на очень больших расстояниях. К настоящему времени открыто 118 шаровых скоплений, входящих в состав нашей Галактики. Нужно думать, что будет открыто еще какое-то их количество.

Шаровые скопления отличаются от рассеянных и расположением в Галактике. В то время как рассеянные скопления очень тесно сосредоточены у плоскости симметрии Галактики, многие шаровые значительно отдалены от этой плоскости. Совокупность шаровых скоплений образует, в свою очередь, сферическую систему, проникающую в Галактику и в то же время окружающую ее.

Так как шаровые скопления располагаются симметрично по отношению к центру Галактики, а Солнце находится далеко от него, почти все шаровые скопления должны наблюдаться в одной половине неба, в той, где находится направление на галактический центр. Это своеобразное распределение шаровых скоплений на небе впервые обнаружил американский астроном Шэпли. До этого в астрономии господствовала точка зрения, что Солнце находится почти точно в центре Галактики. Но если Солнце находится в центре Галактики, то тогда нужно считать, что совокупность шаровых скоплений сильно смещена в сторону от центра Галактики.

Как указал Шэпли, гораздо естественнее предположить, что с центром Галактики совпадает центр совокупности шаровых скоплений, а Солнце, следовательно, находится не в центре Галактики. Определив направление на центр совокупности шаровых скоплений и расстояние до него, Шэпли, таким образом, впервые указал, где находится центр нашей звездной системы.

Это открытие было сильным ударом по антропоцентризму, реакционному представлению о том, что человек занимает избранное, центральное место во Вселенной. Сначала наука показала, что Земля не занимает центрального положения в солнечной системе, а теперь удалось установить, что и солнечная система находится не в центре нашей звездной системы и даже расположена ближе к ее краю, чем к центру.

Из шаровых скоплений, так же как из рассеянных, звезды «убегают». Но шаровые скопления намного богаче звездами, и сила, с которой они притягивают каждую свою звезду, намного больше. Поэтому шаровые скопления распадаются чрезвычайно медленно. За время своего существования, а оно измеряется миллиардами лет, шаровые скопления потеряли лишь очень малую часть своих звезд.

Если считать, что в каждом из известных 118 шаровых скоплений в среднем немного меньше миллиона звезд, то общее число звезд в шаровых скоплениях составит около 100 миллионов. Это только одна тысячная доля всех звезд Галактики.

### **Звездные ассоциации**

Имеется еще один тип коллективных членов Галактики — так называемые звездные ассоциации. Их открыл академик В. А. Амбарцумян. Он обнаружил, что наиболее горячие звезды-гиганты расположены на небе как бы отдельными гнездами. Обычно в таком гнезде-ассоциации два-три десятка звезд — горячих гигантов. Ассоциация занимает большой объем, в который, как и в другие места Галактики, входит множество звезд-карликов и звезд средней светимости. Поэтому добавление к такому объему двух-трех десятков горячих гигантов не увеличивает заметно числа звезд в единице объема.

Из этого следует, что звездная ассоциация не создает существенной дополнительной силы притяжения и не может удерживать в себе звезды, находящиеся внутри ассоциации. Мы скажем, что критическая скорость для звезд ассоциации близка к нулю, то есть всякая звезда, движущаяся в ассоциации даже с очень малой скоростью, не сможет быть удержана ею, покинет ее.

Но звезды — горячие гиганты движутся со скоростью 5—

10 километров в секунду, с избытком, достаточным и для ухода из ассоциации. И на это требуется всего несколько сот тысяч лет или, самое большее, несколько миллионов лет. Поэтому существование горячих гигантов в звездных ассоциациях говорит о том, что эти звезды недавно сформировались в ассоциациях и не успели еще из них уйти.

Сами горячие гиганты быстро эволюционируют и за несколько сот тысяч лет или за несколько миллионов лет превращаются в желтые звезды меньшей светимости.

Таким образом мы можем, следуя В. А. Амбарцумяну, считать, что звезды формируются в ассоциациях в виде горячих гигантов и расходятся, причем, выйдя за пределы ассоциации, они перестают быть горячими гигантами, а их место занимают новые горячие гиганты, сформировавшиеся позднее. Таким образом, процесс звездообразования происходит и в наше время, буквально на наших глазах.

### **Подсистемы Галактики**

Как мы уже отмечали, рассеянные и шаровые скопления располагаются в Галактике различно. Первые тесно сосредоточены у плоскости симметрии Галактики, а вторые примерно одинаково часто встречаются и у этой плоскости, и на значительном расстоянии от нее. Принято говорить, что рассеянные скопления образуют плоскую подсистему, а шаровые — сферическую.

Возникает вопрос: как размещена в Галактике основная масса звезд, одинаково ли расположены в ней звезды различных типов? Эту проблему исследовали советские астрономы Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго и их сотрудники. Оказалось, что по расположению в Галактике все типы звезд и все другие объекты можно разделить на три группы.

Объекты первой группы очень сильно сосредоточены у галактической плоскости, то есть образуют плоские подсистемы. К этим объектам относятся звезды — горячие сверхгиганты и гиганты, переменные звезды с периодом изменения блеска в несколько дней, пылевая материя, газовые облака и рассеянные звездные скопления. Характерно, что в состав рассеянных скоплений в основном входят именно те объекты, которые сами по себе тоже образуют плоские подсистемы.

Вторую группу образуют объекты, располагающиеся одинаково часто у плоскости симметрии Галактики и на значительном расстоянии от нее. Они, следовательно, образуют сферические подсистемы. В числе таких объектов — переменные звезды с периодом изменения блеска меньше суток, шаровые скопления, а также желтые и красные субкарлики, то есть звезды со светимостью еще меньшей, чем у обыкновенных звезд-карликов.

Третью группу составляют промежуточные подсистемы. В них объекты сосредоточены у плоскости Галактики, но не так сильно, как у плоских подсистем. Промежуточные подсистемы составляют желтые и красные звезды-карлики, желтые и красные звезды-гиганты, а также особые переменные звезды, называемые звездами типа Миры Кита, очень сильно и неправильно изменяющие свой блеск.

Оказалось, что объекты различных подсистем отличаются друг от друга не только расположением в Галактике, но и своими скоростями. Объекты сферических подсистем имеют наибольшую скорость движения в направлении, перпендикулярном плоскости Галактики, а у объектов плоских подсистем эта скорость наименьшая. Так, очевидно, и должно быть — большая скорость позволяет отходить на большие расстояния от плоскости Галактики, и поэтому звезды, имеющие большие скорости, заполняют сферический объем. А звезды с малыми скоростями не могут отойти значительно, они сразу же возвращаются притяжением Галактики, совершают только небольшие колебания около плоскости симметрии Галактики и заполняют поэтому очень плоский объем.

Удалось также установить, что объекты различных подсистем отличаются и химическим составом. Например, звезды плоских подсистем почему-то богаче металлами, чем звезды сферических подсистем.

Открытие объектов различных подсистем в Галактике имеет большое значение. Оно показывает, что звезды разных типов формировались в разных местах Галактики и при различных условиях. Это открытие позволяет выяснить, какого типа звезды имеют общее происхождение, и помогает решению великих вопросов происхождения звезд и химических элементов.

## **Спиральные ветви Галактики**

Галактики, имеющие такой же звездный состав, как наша, и наблюдаемые в ребро, выглядят как галактика, фотография которой приведена на рис. 19. Исследование нашей Галактики приводит к выводу, что и она, если ее наблюдать в ребро, должна быть похожа на рис. 19.

А как выглядят галактики, сходные по звездному составу с нашей, но наблюдаемые не в ребро, а в плане? Оказывается, такие галактики имеют своеобразную спиральную структуру. На рис. 23 приведена фотография одной из них. Вот, значит, какой примерно вид должна иметь наша Галактика, если наблюдать ее со стороны так, чтобы луч зрения был перпендикулярен плоскости симметрии Галактики. Из ядра должны выходить две спиральные ветви. Эти ветви, огибая ядро, по-

степенно расширяясь и разветвляясь, теряют яркость, и на некотором расстоянии их след пропадает.

Как же разглядеть спиральные ветви нашей Галактики? Для этого нужно прежде всего выяснить, из чего состоят спиральные ветви других галактик. Исследования показали, что они состоят из звезд — горячих гигантов и сверхгигантов, а также из пыли и газа водорода. Если убрать эти объекты из спиральных ветвей Галактики, то никакой спиральной структуры не останется, потому что красные и желтые звезды, карлики и гиганты одинаково равномерно заполняют области в спиральных ветвях и области между спиральными ветвями.

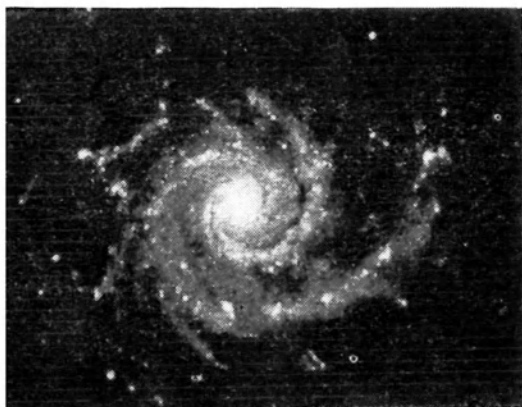


Рис. 23. Спиральная галактика. Примерно такой же вид имеет наша Галактика, если смотреть на нее в плане.

Значит, чтобы обнаружить спиральные ветви нашей Галактики, нужно проследить расположение в ней звезд — горячих гигантов, а также пыли и газа. Это очень сложно из-за того, что спиральную структуру Галактики мы наблюдаем изнутри и различные части спиральных ветвей проектируются друг на друга. Если бы мы умели точно определять расстояния до далеких звезд — горячих гигантов, то возможности успеха значительно возросли бы. Но точно измерять большие расстояния мы пока не умеем, и в данном случае это особенно трудно, так как в плоскости Галактики, где лежат спиральные ветви, много пылевой материи, поглощающей свет звезд.

Пылевая материя не только затрудняет измерение расстояний, но и делает практически невидимыми очень далекие звезды — горячие гиганты. А чтобы выяснить расположение спиральных ветвей, нужно как раз проследить за очень далекими

горячими гигантами. Поэтому попытки изучения спиральной структуры Галактики при помощи исследования распределения в пространстве звезд — горячих гигантов или звездных ассоциаций, в которые собраны наиболее горячие гиганты, пока к успеху не привели.

Больше надежд подает использование радиоволн. Водород, находящийся в нашей Галактике и в других областях Вселенной, посылает в пространство достаточно сильное радиоизлучение на волне 21 сантиметр.

Для радиоизлучения пылевая материя прозрачна, и оно доходит до нас от самых удаленных мест Галактики. Большую услугу исследователям здесь оказывает также эффект Допплера. Он заключается в том, что всякое излучение, испускаемое источником, движущимся от нас, становится для нас несколько более длинноволновым, а в случае, если источник приближается к нам, — более коротковолновым. Смещение длины волны пропорционально скорости приближения или удаления источника излучения.

Так как различные области Галактики движутся к нам или от нас и скорости этих движений известны, то можно, измеряя точно длину волны, определить интенсивность излучения от различных мест Галактики, лежащих на одном и том же луче зрения.

А в связи с тем, что интенсивность излучения приблизительно пропорциональна плотности водорода, который расположен в данном месте, удастся получить картину распределения плотности водорода в Галактике.

Водород расположен главным образом в спиральных ветвях, поэтому картина распределения водорода должна позволить судить о расположении спиральных ветвей Галактики.

## **Вращение Галактики**

Невращающаяся масса свободного газа принимает форму шара. Если же масса свободного газа вращается, то форма становится сплюснутой. Сплюснутость тем сильнее, чем больше скорость вращения и чем меньше плотность газа.

Как и газовые массы, невращающиеся звездные системы должны иметь шаровую форму. Это подтверждается на примере шаровых скоплений. Как удалось выяснить, шаровые скопления действительно не вращаются. Но наша Галактика и многие другие галактики — это сплюснутые звездные системы. Значит, они должны вращаться. Можно ли найти доказательства этого?

Оказывается, можно. Легко понять, что если мы смотрим в ребро диска галактики, а она вращается около оси, перпендикулярной плоскости диска, то в результате вращения и в зависимости от его направления должно происходить одно из



двух: либо левая часть диска должна к нам приближаться, а правая удаляться, либо, наоборот, левая часть должна удаляться, а правая приближаться.

Это подтверждается наблюдениями. Спектр излучения от областей, лежащих на одной из сторон такой галактики, всегда смещен в сторону более коротких волн, а спектр областей, находящихся на другой стороне, смещен в сторону более длинных волн.

Согласно эффекту Допплера это означает, что одна сторона этой галактики от нас удаляется, а другая приближается, как и должно быть при вращении. Но при этом выяснилось также, что скорости вращения разных мест неодинаковы. Быстрее всего вращается ядро, а чем дальше от него, тем периоды вращения больше.

Это значит, что звездные системы вращаются не как твердое тело, например патефонная пластинка, у которой все точки совершают оборот в один и тот же промежуток времени, а как жидкое или газообразное тело, например вода в плоском круглом сосуде: вращение у стенок всегда медленнее, чем в центре.

Изучение вращения Галактики по движениям звезд позволило установить, что Солнце совершает полный оборот вокруг центра Галактики за 180 миллионов лет. Этот промежуток времени, период обращения Солнца в Галактике, астрономы называют галактическим годом, подобно тому, как период обращения Земли вокруг Солнца называется обычным годом или тропическим годом. Для измерения некоторых процессов во Вселенной, например эволюции звезд или звездных систем, галактический год довольно удобен, так как обычный год — слишком малая величина для описания таких медленных процессов.

Центральные области Галактики вращаются быстрее. Наименее надежно определена скорость вращения ядра — период его вращения примерно 30—40 миллионов лет. Области, отстоящие от оси вращения Галактики вдвое дальше, чем Солнце, совершают полный оборот примерно за 400 миллионов лет.

Установлено, что спиральные галактики вращаются в направлении «закручивания» их ветвей, то есть при вращении концы ветвей как бы волочатся.

---

## ВСЕЛЕННАЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ГАЛАКТИКИ

**Н**ЕКОГДА ГОРИЗОНТ человека ограничивался тем кусочком Земли, по которому он передвигался. Все, что лежало за пределами этого кусочка, для него просто не существовало. Постепенно люди убедились в том, что наша Земля — это огромный шар, но небесные светила долго казались им лишь украшением небесной сферы, якобы окружающей земной шар. Во времена Коперника—Ньютона Вселенная в представлении человека раздвинулась до размеров солнечной системы, но ею практически и ограничивались его сведения.

Бездна пространства, заполненная звездами, стала «прощупываться» лишь во второй половине прошлого века. Только после первой четверти нашего столетия надежно обрисовались примерные границы всей нашей звездной системы — Галактики. Эти границы, впрочем, условны, так как резкого, четкого края у Галактики, вероятно, нет. Ее края неопределенно сходят на нет, как окраины очень большого города наших дней.

С некоторой условностью расстояние до границ Галактики мы все же знаем. Но что находится за этими границами? Исчерпывается ли Вселенная нашей Галактикой и что находится за ее пределами? Как ни странно, ответ на эти вопросы мы получили почти одновременно с ответом на вопрос о границах нашей Галактики...

В XVIII веке жил французский ученый Мессье, который занимался открытием новых комет. В свой небольшой телескоп он нередко обнаруживал на небе туманно светящиеся пятна, какими выглядит большинство комет. Кометы перемещаются на фоне звездного неба, а эти светлые пятна — туманности занимают неизменное положение среди звезд. Чтобы убедиться в том, что открыта только что появившаяся комета, а не постоянно видимая туманность, надо было наблюдать хотя бы

две ночи и убедиться в движении туманного объекта. Но погода не всегда это позволяла. И вот Мессье стал составлять список положений на небе туманных пятен, которые второпях можно было по ошибке принять за кометы. Его список насчитывал немногим более сотни туманных пятен.

С помощью светосильных телескопов Вильям Гершель и его сын Джон, а затем Росс (тоже в Англии) открыли множество таких туманных пятен. К концу прошлого века Росс обнаружил, что некоторые из них имеют спиральную форму. В таких спиральных туманностях из туманного ядра, более яркого к центру, выходят ветви, или рукава, закручивающиеся вокруг ядра по спирали, подобно часовой пружине. Что представляют они собой, долго гадали, пока в 1924 году Хаббл не удалось получить с помощью крупнейшего в то время телескопа исключительно разкие фотографии спиральных туманностей. Края этих туманностей оказались состоящими из множества чрезвычайно слабых звезд — туманность, как говорят, была разрешена на звезды.

Стало ясно, что ближе к центру сплошное туманное сияние получается лишь из-за слияния для нас в одну сплошную массу мириадом звезд, расположенных очень тесно. Эти фотографии сразу показали, что перед нами не облака пыли, светящиеся отраженным светом, и не облака разреженного газа, а чрезвычайно далекие звездные системы, в которых звезд несравненно больше, чем в шаровых звездных скоплениях.

Те спиральные туманности, которые еще не разрешены на звезды, несомненно, такие же звездные системы, только слишком далекие от нас, чтобы их структуру могли различать современные телескопы.

В 1944 году Бааде удалось разрешить на звезды и центральную часть спиральной туманности в созвездии Андромеды и две небольшие туманности эллиптической формы — ее соседки. До этого многие допускали, что эллиптические туманности и центральные части спиральных туманностей состоят из газа или космической пыли.

Спектры подтверждают звездную природу ядер спиральных туманностей. Это спектры поглощения, очень похожие на спектр Солнца, показывающие, что большинство звезд в спиральных туманностях — желтые звезды солнечного типа. Спиральные ветви состоят из более горячих белых звезд. По смещению темных линий в спектрах спиральных туманностей можно было определить скорости их движения. Как целое, они двигаются со скоростями в сотни километров в секунду.

Окончательно природа спиральных туманностей вскрылась, когда в них на упомянутых фотографиях были найдены и коротко-периодические переменные звезды (цефеиды), и долгопериодические переменные, и яркие голубоватые звезды. Позднее открыли в спиральной туманности Андромеды шаровые

звездные скопления, вполне подобные скоплениям нашей Галактики, но из-за их дальности едва отличимые по своему виду от ярких звезд. Были открыты в спиральных туманностях и огромные клочья разреженного газа, дающие спектр из ярких линий и опять-таки подобные тем, какие кое-где встречаются в межзвездном пространстве внутри Галактики.

Спиральная туманность Андромеды кажется больше и ярче всех потому, что она ближе всего к нашей Галактике. Расстояние до нее составляет более миллиона световых лет — вот оно, это ближайшее расстояние! Свет ее, доходящий сейчас до нас, покинул туманность Андромеды в ту пору, когда на Земле не было еще человечества. Размер туманности доходит почти до 100 тысяч световых лет по диаметру, но в направлении, перпендикулярном к плоскости ее наибольшего распространения, она во много раз тоньше, — она сильно сплюснута.



Рис. 24. Слабо сплюснутая галактика с темной газовой-пылевой полосой.

Сопоставляя вид туманностей, таких, как в Треугольнике (почти круглых внешних очертаний), в Андромеде (продолговатой) и в Деве (веретенообразной), мы должны заключить, что их вид различен из-за различного поворота (ракурса) по отношению к нам. Очевидно, эти звездные системы (которые мы теперь имеем полное право называть галактиками, поскольку они такие же промадные звездные системы, как и наша Галактика) имеют сплюснутую чечевицеобразную или линзообразную форму и зачастую спиральную структуру.

Галактика в туманности Треугольника лежит перед нами «плашмя», галактика в созвездии Андромеды своей плоскостью симметрии наклонена к нам, а галактика в созвездии Девы повернута к нам ребром. Кстати сказать, вдоль «веретена» видна темная полоска. Такие темные полосы видны у многих галактик веретенообразного вида. Несомненно, что это, как показал Кэртис (США), — скопление темных туманностей, состоящих из пыли и концентрирующихся к плоскости их экватора.

В других галактиках, менее к нам наклоненных, также можно заметить темные области на фоне сияющей массы яд-

ра, в рукавах и между рукавами спиральных завитков. Было доказано, что поглощающее вещество есть почти во всех галактиках, и не только в тех, которые повернуты к нам ребром. Этим дополняется сходство далеких галактик с нашей Галактикой.

Устанавливая на щель спектрографа разные части изображения галактик, даваемые объективом телескопа, можно было измерить их лучевую скорость. Оказалось, что галактики вращаются вокруг своей короткой оси, перпендикулярной к плоскости их экватора. Спиральная галактика в Андромеде во внутренних своих частях вращается как твердое тело, например как колесо телеги. Это означает, что внутренние ее части содержат большую массу.

В исследованной недавно галактике в созвездии Треугольника внутренние ее части, до расстояния в 3 тысячи световых лет от центра, также вращаются как твердое тело. Наружу, наоборот, скорость вращения уменьшается очень быстро. Отсюда следует, что как и в галактике, находящейся в Андромеде, большая часть массы сосредоточена в центральной области звездной системы. Масса эта составляет почти сотню миллиардов масс Солнца, как это устанавливается вычислением на основании наблюдаемой скорости вращения.

Данные, полученные за последнее время, позволяют думать, что между эллиптическими галактиками и спиральными галактиками с эллиптическим ядром нет большого различия в массе и в основном составе звезд.

Но большинство звезд в объеме всякой галактики — это сравнительно неяркие и не очень горячие звезды, свет которых мало заметен. Между тем хорошо бросающиеся в глаза яркие спиральные ветви состоят, по существу, из сравнительно немногочисленных горячих и гигантских звезд, выделяющихся по яркости, несоразмерной с их массой. Спиральные ветви, бросающиеся в глаза, — это легковесный, но эффектный придаток, возникающий внутри почти шарообразной системы, состоящей из более слабых звезд. Итак, по-видимому, спиральные ветви — это украшение звездных систем, но не их сущность. Однако для окончательного выяснения картины требуется еще много времени.

Ближе к нам, чем другие спиральные звездные системы, находятся два огромных облака звезд, называемых Магеллановыми Облаками. Они видны в южном полушарии неба, отстоят от нас на 150 тысяч световых лет и представляют собой как бы спутников нашей Галактики.

Звезды в пространстве группируются, как мы видим, в гигантские системы, часто спиральной формы. Они, как острова, раскинуты в безбрежном океане Вселенной. Острова Вселенной, или островные Вселенные — вот как часто именуются галактики. В некоторых местах, например в созвездии Девы,

галактики группируются в облака галактик — острова Вселенной образуют архипелаг.

Облака галактик, или группы островов Вселенной, напоминают рассеянные звездные скопления, но неизмеримо большего масштаба. В некоторых местах неба в телескоп или на фотографии можно насчитать больше далеких островов Вселенной, чем отдельных звезд, относящихся к нашей Галактике. Наша Галактика с ее спутниками — Магеллановыми Облаками, галактика в Андромеде с ее спутниками, галактика в Треугольнике и другие образуют систему, облачко галактик, называемое местной системой галактик. Тысячи ярких галактик, ближайших к нам, и местная система, по исследованию Вокулера, составляют гигантскую сплюснутую систему, центр которой образует гигантское облако галактики в созвездии Девы.

Некоторое время астрономов смущало большое различие между размерами нашей Галактики и других галактик. История науки приучила астрономов к скромности, которой как раз не отличались их предки, считавшие свою Землю центром мира и свое положение во Вселенной особенным.

В 30-х годах, как мы видели, было окончательно обнаружено поглощение света в Галактике. Учет его влияния на видимый блеск звезд привел к значительному сокращению размеров Галактики. Однако размеры других галактик пришлось считать несколько большими, чем думали раньше, так как тщательное измерение фотографий выявило слабо светящиеся внешние части галактик, оставшиеся ранее незамеченными. В результате оказалось, что наша Галактика по размерам менее отличается от других.

Масса нашей Галактики, оцениваемая сейчас разными способами, равна  $2 \cdot 10^{11}$  массы Солнца, причем не менее 0,01 ее заключено в межзвездных газе и пыли. Масса галактики в Андромеде почти такая же, а масса галактики в Треугольнике раз в 20 меньше. Поперечник нашей Галактики составляет около 100 тысяч световых лет, причем солнечная система стоит от ее центра примерно на две трети ее радиуса. Поперечник спиральных галактик оценить трудно, так как они не имеют резкой границы; принимают, например, диаметры галактик: в Андромеде — 100 тысяч световых лет, а в Треугольнике — 26 тысяч световых лет, если пренебречь их внешними, крайне разреженными частями, тянущимися еще очень далеко. Как видим, галактика в Андромеде не уступает нашей.

Несомненно, что когда удастся исследовать подробнее более далекие от нас галактики, среди них окажутся такие, которые не уступят нашей ни по размеру, ни по массе, а, может быть, будут и больше, чем она. Но, убедившись, что Земля — не центр мира, что она не наибольшая из планет, что наше Солнце — не самое большое, не самое яркое, не можем ли мы

после всех этих ударов по нашему ложному самолюбию, наконец, «позволить себе роскошь» считать, что мы живем в одной из наибольших галактик? По всей видимости, это так. Мы с вами — жильцы флигеля, но одного из самых крупных домов звездного города, называемого Метагалактикой.

### Взаимодействие галактик

Еще оба Гершеля и Росс (открывший в свой телескоп спиральную структуру ряда галактик) в первой половине XIX ве-



Рис. 25. Две взаимодействующие галактики в созвездии Девы.

ка обнаружили и зарисовали туманности, соединенные перемычками или почти сливающиеся друг с другом. Природа этих туманных пятен была тогда еще неизвестна, но и в наше время только недавно внимание к ним привлек Цвикки из Паломарской обсерватории (США).

Он описал несколько удивительных систем — галактик, соединенных узкими светящимися полосами, которые назвал мостами, или перемычками.

Еще чаще бывает, что у близких друг к другу галактик или у одной из них тянется яркий хвост. Подобие такого хвоста, направленного прочь от нашей Галактики, было обнаружено у Большого Магелланового Облака — спутника нашей Галактики.

Автор этих строк, предприняв специальные поиски, нашел несколько сот систем, где две или более галактик, близких друг к другу, соединены перемычками, проникают друг в друга, имеют хвосты, погружены в общий светящийся туман или же имеют искаженную спиральную форму. Все это — следствие их взаимодействия и, несомненно, совместного их происхождения. Выяснилось, что перемычки, хвосты и обволакивающие «туманы», в которые иногда погружены целые группы галактик, в основном состоят из звезд и иногда имеют примесь светящегося газа.

Для примера здесь приводится пара эллиптических галактик, соединенных тонкой перемычкой. При более длительной экспозиции вся эта система, изученная Цвикки, оказалась погруженной в обширный звездный туман.

Другой пример — пара спиральных галактик, соединенных перемычкой, длина которой превосходит 200 тысяч световых лет, то есть больше размеров самих галактик. При этом у одной из галактик имеется почти такой же длинный хвост. В случае яркой и близкой к нам галактики М51 в созвездии Гончих Псов перемычкой является одна из спиральных ветвей большой галактики. Автор нашел несколько подобных ей пар.

Внимание обращает на себя факт, что хвосты встречаются гораздо чаще, чем перемычки, и обычно они ярче.

Это показывает, что описанные явления взаимодействия — не приливные и антиприливные выступы, как до сих пор считали. Наоборот, прилив должен быть сильнее на стороне, обращенной к возмущающему телу. Кроме того, у пар галактик часто заметно, что они менее ярки на сторонах, обращенных друг к другу; ярких белых звезд, обрисовывающих спиральные ветви, там мало. Деформации подвергаются именно спиральные ветви, происхождение которых вообще не получило еще удовлетворительного объяснения.

Существует мнение, что спиральные ветви могли бы существовать подолгу, если бы они как-то возникали из газа, удерживаемого магнитным полем. Но спиральные ветви в основном состоят из горячих звезд. Тогда надо допустить, что это происходит вследствие постепенного образования горячих гигантов из газа там, где он есть.

Можно было бы думать, что и описанные формы взаимо-

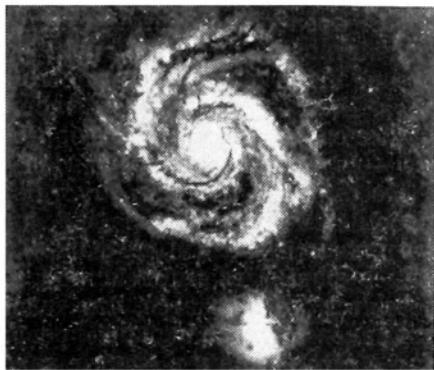
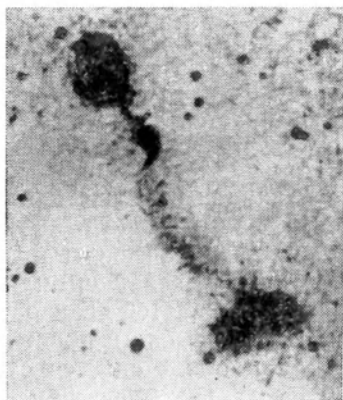


Рис. 26. Пара эллиптических галактик, соединенных тонкой перемычкой.



27. Взаимодействующие галактики, соединенные длинной перемычкой.



действия галактик происходят не из-за приливов по закону тяготения, а вследствие еще не изученных электромагнитных взаимодействий. Однако мы наблюдаем перемычки и хвосты и у эллиптических галактик, не содержащих газа. Это заставляет думать, что мы натолкнулись на какие-то свойства, которыми такая система, как галактика, обладает в целом. Это какие-то совершенно новые свойства, и между галактиками могут действовать силы иной природы, чем уже знакомые нам тяготение и магнетизм. Нет ничего невероятного в этой возможности. Вместо тяготения в мире молекул возникают молекулярные силы, а в мире еще более мелких частиц, в ядрах атомов — ядерные силы и квантовые процессы.

Несомненно, что и в области систем все возрастающих размеров на смену тяготению, в основном определяющему движение планет и звезд и их форму, где-нибудь выступят новые силы и формы взаимодействия. Если эти представления подтвердятся, то окажется, что человек проник не только в особые законы, управляющие превращениями элементарных частиц в атомах, но и в особые законы наиболее крупных среди известных нам материальных систем.

Затруднением при исследовании этих взаимодействий в мире галактик будет, однако, то, что здесь невозможно следить за изменениями, которые могут сказаться заметно не скорее чем через миллионы лет. Между тем изменения в атомах происходят быстро, могут изучаться экспериментально, и даже для установления закона тяготения мы вполне могли следить за движением планет и спутников.

### **Бесконечность и наш адрес в ней**

Где граница мира и что за ней? — постоянно спрашивало себя человечество, пока развитие философии, приведшее к созданию диалектического материализма, не заставило нас признать, что у Вселенной, или мира, нет границы. Это убеждение поддерживается всем развитием науки. Вселенная, бесконечная во времени и пространстве, не оставляет места для сверхъестественных сил, ее существование не нуждается в акте творения. Она всегда была, есть и будет, и кроме нее ничего нет, но материя в ней вечно движется и видоизменяется.

Было время, когда богословы принимали за «границу мира» так называемую сферу неподвижных звезд, расстояние до которой оценивали в 700 тысяч километров. Это стало сомнительным уже после измерения расстояния до ближайшего небесного тела — Луны (385 тысяч километров).

Еще дальше отодвинулись границы Вселенной с определением расстояния Земли и планет от Солнца. Измеренные потом расстояния до звезд превзошли самые щедрые оценки

расстояния до границы мира, теперь же известны галактики, отделенные от нас почти миллиардом световых лет.

В наше время кое-кто из идеалистически настроенных ученых западных стран, исходя из формальной трактовки некоторых уравнений теории относительности, стремится доказать, что мир хотя и безграничен, но конечен, как глобус для ползающего по нему муравья. Они говорят, что, идя вечно вперед в нашем мире, мы нигде не наткнемся на его границу и не найдем у него конца, но все же рано или поздно вернемся туда, откуда вышли. Такие ученые вычисляли «радиус мира», но уже не раз развитие наблюдательной астрономии опровергивало все их расчеты, приводя к открытию галактик, лежащих от нас дальше, чем позволял их «радиус мира».

Некоторые ученые считают что Вселенная неограниченно расширяется или «пульсирует», то расширяясь, то сжимаясь.

Поводом к созданию теорий «расширяющейся Вселенной» послужило открытие так называемого «красного смещения» в спектрах галактик. Оказывается, что линии в спектрах туманностей сдвинуты к красному концу спектра и тем больше, чем галактики от нас дальше. Если этот сдвиг рассматривать как доплеровское смещение, вызванное реальным движением галактик, то получится, что галактики от нас удаляются.

Окончательно причина сдвига линий в спектрах галактик еще неизвестна, и ему можно давать различные объяснения. Например, можно допустить, что на долгом пути от галактик до нас кванты света меняют свои свойства.

В настоящее время самому большому в мире телескопу доступны на всем небе миллиарды галактик. Расстояния до них превосходят миллиард световых лет, а некоторые, более яркие галактики видны на еще большем расстоянии. Нет никаких признаков того, чтобы с увеличением расстояния от нас число островов Вселенной к единице объема начало уменьшаться и чтобы мы приблизились к окраине мира.

Все видимые галактики, а также и великое множество других, более далеких, которые будут открыты, образуют великое скопление галактик, называемое Метагалактикой. Если галактики — острова Вселенной, то Метагалактика — это огромный архипелаг, а когда мы дойдем со своими телескопами до его границ, то, быть может, временно наступит кажущееся исчерпание существующих миров.

Уже в настоящее время найдены признаки того, что в пределах, доступных современному наблюдению, имеется сгущение галактик, являющееся, может быть, центром Метагалактики, которая также имеет сплюснутую форму.

Быть может, много лет спустя будут открыты другие метагалактики, подобные нашей или другой структуры, и так без конца...

Если трудно себе представить бесконечную Вселенную, то

еще труднее представить себе границу Вселенной. Однако с действительностью приходится считаться! А действительность — это бесконечная Вселенная.

Подведем итог развитию наших знаний о месте человека во Вселенной, насколько мы представляем себе сейчас ее строение. Представим этот итог в виде нашего адреса в ней:

Бесконечная Вселенная.

Наша Метагалактика.

«Местное» скопление галактик.

Галактика.

Звездное облако «Местная система».

Наша солнечная система.

Планета Земля

— и только после этого обычный адрес.

### **От атомного ядра до Метагалактики**

Человек пытливым разумом проникает в тайны строения систем как невидимых глазу по своей малости, так и чудовищно громадных. Интересно сравнить, как далеко он проник в том и другом направлении. Изучая системы, из которых он состоит сам, человек дошел до атомного ядра, имеющего диаметр  $10^{13}$  сантиметра, то есть примерно в  $10^{13}$  раз меньше, чем он сам. Изучая системы, частью которых он является сам, он встречает в  $10^{15}$  раз большую систему уже в виде солнечной системы (известный нам сейчас диаметр нашей солнечной системы, строго говоря, меньше — он составляет только  $10^{15}$  сантиметров). Диаметр известной нам сейчас части Метагалактики составляет около  $10^{28}$  сантиметров.

В области космоса мы проникли, другими словами, в 100 миллионов раз дальше, чем в области мельчайших частиц. Тем не менее свойства величайших мировых систем делаются доступными астрономам лишь на основе изучения мельчайших частиц, исследуемых физикой. Но и в деле изучения этого микромира огромную помощь приносит наблюдение процессов в космосе, заменяющих неосуществимые в лаборатории опыты. Великое и малое слиты в единстве природы.

В самом деле, для уяснения строения и свойств вещества необходимо изучать его во всевозможных условиях. Однако в земных лабораториях мы пока не можем создать таких разнообразных давлений и температур, какие существуют в звездах и туманностях. Вспомните изучение состояния недр звезд — белых карликов, открытие гелия на Солнце и уже впоследствии обнаружение его на Земле. Так, побеждая природу, человек, в известном смысле, заставляет служить себе и небесные тела; изучая их, он глубже познает законы природы.

---

## ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

**ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ** на других небесных телах или единственное ее проявление в окружающей нас Вселенной — земная жизнь? Над этим люди задумывались еще в древности. Размышлял об этом древнеримский философ-материалист и поэт Лукреций Кар, живший два тысячелетия назад. В философской поэме «О природе вещей» он говорит о бесчисленных мирах и никогда не прекращающейся жизни во Вселенной. Но учение Лукреция, как и других античных философов, было чисто умозрительным. В своих выводах они и не старались опереться на экспериментальные факты.

Лишь позже, с появлением «системы мира» Коперника, представление об исключительном положении Земли среди светил было отвергнуто. Она оказалась рядовой планетой, обращающейся, как и другие, вокруг Солнца. Отсюда логически следовало, что и жизнь на ней не может быть явлением исключительным.

Этот вывод был всесторонне продуман гениальным Джордано Бруно. Мысленным взором он проник в бесконечность Вселенной и увидел бесчисленное множество обитаемых миров. «Едино небо, неизмеримо пространство,— пишет он в одном из своих вдохновенных сочинений.— В нем существует бесчисленное множество солнц и бесчисленное множество земель, которые вращаются вокруг своих солнц... Неисчислимые миры Вселенной ничуть не хуже нашей Земли и не менее обитаемы, чем она. Потому что ни один разумный человек не может себе вообразить, что те бесчисленные миры, которые так же или еще более роскошны, чем наш мир, и которым солнца так же посылают свои животворные лучи, должны быть необитаемы».

Но во времена Бруно «разумных людей», к которым он обращался, было мало. Над умами властвовала религия. Учение же Бруно в корне подрывало самую основу религии — миф о «божественном» сотворении жизни и человечества.

Высказывать в то время подобные мысли было крайне опасно: всесильная инквизиция жестоко расправлялась с теми, кто осмеливался думать иначе, чем учит церковь.

Однако Бруно открыто и смело излагал свое учение, и даже заточенный в церковную тюрьму, подвергаясь пыткам, продолжал вести борьбу с суеверием и невежеством. Эта героическая борьба мыслителя с всесильной церковью закончилась его мученической смертью в огне костра, зажженного римской инквизицией 17 февраля 1600 года.

Проблема жизни на других мирах не только научная, но мировоззренческая. Вот почему борьба за ее материалистическое решение, начатая Джордано Бруно, продолжается и поныне. Это — борьба науки против религии, материализма против идеализма. Идеализм рассматривает материю, природу как воплощение «мирового духа», считает этот дух первичным, а материю вторичной. Отсюда тесная связь идеализма с религией. Буржуазные ученые-идеалисты всячески поддерживают религиозный догмат об исключительности жизни. Один из видных представителей буржуазной науки, английский астроном Джинс, утверждал: «Вселенная активно враждебна жизни... Жизнь, существующая на Земле, является единственной жизнью в солнечной системе». Современная передовая наука отвергает домыслы защитников религиозных догматов, все новые открытия ученых доказывают правильность идей, высказанных еще Джордано Бруно о бесконечности Вселенной и множественности обитаемых миров.

### **Жизнь как явление природы**

В трудах Фридриха Энгельса дано такое определение жизни: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования заключается по своему существу в постоянном обновлении их химических составных частей путем питания и выделения».

Правильность этого определения подтверждена всем ходом развития биологической науки. Жизнь — явление материальное. Белки — их примером могут служить мышцы тела и яичный белок — представляют собой соединения углерода, водорода, кислорода и азота, а также небольших количеств серы, фосфора и некоторых других веществ. Все это — элементы неорганической природы, входящие в бесчисленных сочетаниях в состав окружающих нас минералов, воздушной и водной оболочек Земли. Лишь определенное, очень сложное сочетание их в виде белковых веществ ведет к возникновению жизни.

Появление носителей жизни — белков было закономерным, высшим этапом в развитии материи нашей планеты. Многочисленные исследования и лабораторные опыты позволяют с достаточной уверенностью представить себе развитие

подобных углеродных (органических) соединений на поверхности первобытной Земли.

Первичные белки возникли в водоемах в виде мельчайших студенистых капелек. Особенности их строения позволяли капелькам захватывать из окружающей среды различные вещества, увеличиваться за их счет; ненужные же, «отработанные» вещества выделялись из капелек обратно в среду. Это была зачаточная форма обмена веществ.

Со временем белковые капли делались устойчивее к воздействиям внешней среды, процесс обмена веществ шел все энергичнее. У капелек появилась оболочка, они превратились в одноклеточные существа, напоминающие современных бактерий. Многие из них жили колониями. Развитие таких колоний привело к появлению многоклеточных организмов, и с этого времени жизнь начала прочно завоевывать моря и океаны, а затем сушу и воздух.

Перенесемся теперь мысленно с Земли в бесконечное пространство Вселенной. Здесь проходят свой путь развития бесчисленные звезды, гигантские скопления их — галактики. У многих звезд есть свои планетные системы. Правда, они так далеки от нас, что их нельзя увидеть даже в самый мощный телескоп, — их существование установлено косвенными методами. Но значит ли это, что мы ничего не можем сказать о жизни на этих далеких мирах? Нет, не значит!

Земля — рядовая планета рядовой звезды — Солнца. Ни химический состав, ни тепловой и световой режим, ни историческое прошлое Земли не представляют собой ничего необычайного, исключительного. Наоборот, в нашей солнечной системе есть планеты, во многом сходные с ней, например Марс. Поэтому можно думать, что Земля прошла в своем развитии через этапы, типичные для многих, столь же рядовых планет. Но раз так, то и на других планетах также могут складываться условия, сходные с теми, которые привели на Земле к появлению жизни. Хотя и отделенная от других небесных тел бездной мирового пространства, Земля неразрывно связана с космосом единством материи, единством действующих на ней естественных сил и законов природы. Поэтому мы вправе сказать: подобно тому, как неорганический мир Земли развивается по единым физико-химическим законам, жизнь на Земле также должна развиваться по единым, действующим в космосе биологическим законам. Потому что нет и не может быть каких-то особых законов природы, присущих только нашей маленькой планете, действующих только на Земле.

Не надо, конечно, думать, что жизнь на других планетах должна быть непременно повторением земной. Формы жизни чрезвычайно многообразны. Но как химико-биологическое явление жизнь на других планетах тоже должна быть построена на белковой или белковоподобной основе и существовать бла-

годаря обмену веществ. Организмы будут питаться, расти, размножаться, приспосабливаться к окружающим условиям или подчинять их себе... Все это знакомые на Земле явления.

Итак, существование жизни во Вселенной с философской точки зрения не подлежит сомнению. Но наш ум требует, чтобы это теоретическое положение было подтверждено наблюдениями.

Если бы мы обнаружили жизнь хотя бы на одной из планет, это имело бы огромное значение для развития науки и нанесло бы новый сокрушительный удар по религиозному вымыслу о «божественном» сотворении жизни на Земле.

### **Условия, необходимые для жизни**

Нельзя представить себе живые организмы, существующие независимо от окружающей среды. Эта среда должна поддерживать их жизнедеятельность, предохраняя от вредных воздействий космоса.

Какие же условия необходимы для существования жизни?

Температура не может быть ни чрезмерно высокой, ни чрезмерно низкой. На Земле теплолюбивые бактерии и некоторые низшие водоросли приспособились к жизни в почти кипящей воде горячих источников с температурой до плюс 90 градусов, а пингвины, белые медведи и другие полярные животные выдерживают длительные холода до минус 50—60 градусов.

Поэтому можно принять, что жизнь возможна в интервале температур от плюс 90 до минус 60 градусов. Границы эти условны: в отдельных случаях существа могут выдерживать температуру больше 90 и значительно меньше 60 градусов. Например, микроорганизмы в виде спор переносят температуру кипящей воды, иногда даже нагрев до плюс 130—150 градусов, а споры некоторых грибов способны к развитию даже после охлаждения до температуры жидкого гелия — минус 269 градусов. В глубинных районах Антарктиды обитают вилхвостки и другие примитивные бескрылые насекомые. Около 10 месяцев в году здесь стоят морозы, достигающие 70—80 градусов. Все это время насекомые, промерзшие насквозь, находятся в состоянии полного анабиоза. И только во время короткого лета, когда солнечные лучи нагревают поверхность выступающих из снега скал до плюс 12—15 градусов, насекомые возвращаются к активной жизни.

На планете должна быть вода. Вода — важная составная часть любого организма. С ее помощью происходит движение питательных веществ, совершаются различные жизненные процессы. Планета должна обладать воздушной оболочкой, атмосферой. Воздух необходим прежде всего потому, что ат-

молекулярное давление удерживает воду в жидком состоянии. В лаборатории можно проделать такой опыт: поместить под колокол воздушного насоса сосуд с водой и начать откачивать воздух. Вода при этом, хотя температура ее останется прежней, закипит и быстро испарится. Если бы наша атмосфера вдруг исчезла, так же закипели бы и испарились моря и океаны.

Кроме того, воздух нужен для дыхания. С помощью дыхания организмы получают энергию, необходимую для обмена веществ.

Именно благодаря этим условиям на Земле смогла возникнуть и развиваться жизнь. Если будет доказано, что на какой-либо планете имеются сходные условия, мы вправе допустить существование на ней жизни, приближающейся к формам жизни на Земле.

### **Что известно о планетах?**

Попытаемся выяснить, пригодны ли условия, существующие на планетах, для жизни и, если пригодны, то какие формы жизни можно там встретить.

Астрономы делят большие планеты на две группы. Более близкие к Солнцу — Меркурий, Венера, Земля и Марс — называются планетами «земной группы». Они сравнительно невелики и довольно медленно вращаются вокруг своих осей. К планетам «юпитерской группы» относятся далекие планеты-гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Они во много раз больше планет земной группы. В статье «Планеты солнечной системы» было подробно рассказано о физических условиях, существующих на различных планетах. Сейчас мы вкратце вернемся к этому вопросу.

Меркурий расположен в три раза ближе к Солнцу, чем Земля, и всегда повернут к нему одной стороной. Поэтому на освещенном полушарии планеты жара достигает 400 градусов, а противоположная сторона должна иметь температуру минус 250—260 градусов.

Мы не можем представить себе активно существующий биологический мир при такой палящей жаре или таком губительном холоде. Правда, на терминаторе, то есть на границе меркурианского вечного дня и меркурианской ночи, температурные условия должны быть сравнительно мягкими. Но есть ли там вода, мы пока не знаем. Меркурий очень трудно наблюдать, потому что он имеет небольшие размеры и слишком близок к ослепительно сияющему Солнцу. Природа Меркурия изучена еще мало, но все, что мы о нем знаем, говорит о том, что на нем вряд ли есть органическая жизнь.

Первая из далеких планет — Юпитер — окутана густой, непрозрачной атмосферой. В телескоп хорошо видно, как облака



сероватого и желтоватого цвета перемещаются по диску планеты, вытягиваются в длинные полосы; то появляются, то исчезают белые пятна. Облака на Юпитере состоят из метана и аммиака.

Сатурн, Уран и Нептун во многом похожи на Юпитер. Мы пока не знаем, что происходит в глубинах их непрозрачных атмосфер. Можно только предположить, что бурное движение облачных масс вызывается внутренним теплом, выделяющимся в результате радиоактивных процессов.

Одни ученые безусловно отрицают возможность органической жизни на планетах-гигантах. Другие, наоборот, считают, что она может существовать в форме микроорганизмов. Ведь жизненная стойкость мельчайших одноклеточных существ поразительна. Микробы живут в раскаленных песках Сахары, где даже с помощью специальных приборов не удалось обнаружить следов воды. Некоторые бактерии живут в концентрированных растворах сулемы, выдерживают 10-процентный раствор серной кислоты. Многие виды микроорганизмов не нуждаются в свободном кислороде, они поддерживают свою жизнедеятельность, используя химическую энергию минеральных веществ. Для нас метан (называемый также болотным, или рудничным, газом) и аммиак — ядовитые газы. Но микроорганизмы могут жить в них.

Наружные холодные слои атмосфер планет-гигантов, имеющие температуру минус 140 градусов и ниже, не пригодны для жизни. Благоприятные условия могут быть в глубинных зонах.

«По некоторым данным,— указывал ныне покойный советский астроном Г. А. Тихов, посвятивший многие годы вопросу жизни на других планетах солнечной системы,— можно считать, что с углублением в атмосферы планет-гигантов температура постоянно повышается и на некоторой глубине становится нулевой и положительной».

Правда, с глубиной увеличивается и давление. Но из лабораторных опытов известно, что плесневые грибки и бактерии выдерживают давление до 3 тысяч атмосфер, а дрожжевые грибки — до 8 тысяч атмосфер! Микроорганизмы на Юпитере и других планетах-гигантах, если они там существуют, могли приспособиться и к более сильным давлениям.

Планета Плутон, не входящая ни в первую, ни во вторую группу, расположена на границе солнечной системы. Она отстоит от Солнца в 40 раз дальше, чем Земля.

Плутон, по-видимому, меньше Земли. Солнце должно сверкать на небе Плутона негреющей звездой. Температура на его поверхности, вероятно, близка к минус 250 градусам. Трудно предположить существование каких бы то ни было форм жизни на этой далекой планете, лишенной животворного солнечного тепла.

## Загадки Венеры

Теперь вернемся в зону средних расстояний от Солнца и средних температур, где расположены Венера, Земля, Марс. Венера движется на расстоянии 108 миллионов километров от Солнца. Она на 42 миллиона километров ближе к нему, чем Земля.

Венеру называют планетой загадок; густой облачный покров постоянно скрывает от нас ее лик. Около тридцати лет назад с помощью спектрального анализа было сделано важное открытие: в атмосфере Венеры в очень большом количестве содержится углекислый газ.

Но что представляет собой скрытая под облаками поверхность планеты? Каковы природные условия этого мира? Многолетние наблюдения не давали ответа.

Лишь за последнее время тайны планеты стали раскрываться. Очень ценные сведения дала радиолокация Венеры, осуществленная советскими и американскими учеными в 1961—1963 годах. К Венере был послан мощный поток радиоволн, они отразились и были зарегистрированы особо чувствительным приемником.

Исследования последнего времени приводят к таким интересным и важным выводам.

Отражение радиоволн было разным от различных участков планеты. Следовательно, поверхность Венеры неоднородная, неровная. Это значит, что ее поверхность — не сплошная монотонная пустыня, как думали раньше некоторые ученые.

Глубинный слой атмосферы Венеры желтоватый. По мнению академика Н. П. Барабашева, такой цвет может быть вызван облаками пыли, которые поднимают ветры с поверхности планеты.

Астроном Н. А. Козырев открыл новое явление: постоянное свечение облачного покрова. По мнению ученого, его вызывает химический процесс, подтверждающий присутствие кислорода в атмосфере Венеры. Вспомним, что кислород необходим живым организмам для дыхания.

Спектроскопически обнаружены пары воды в атмосфере планеты. Следовательно, на Венере есть вода.

Советский ученый В. И. Езерский подтвердил предположение о смене времен года на Венере. Применяв метод фотометрии, то есть измеряя степень освещенности разных участков диска планеты, он нашел сезонные изменения.

А что можно сказать о температуре на Венере? Три-четыре года назад, измеряя собственное радиоизлучение Венеры, ученые неожиданно получили очень высокую температуру для ее поверхности: плюс 300 градусов.

Рисовалась мрачная картина раскаленной безжизненной пустыни. Однако этот вывод оказался поспешным. Недавно

профессор Государственного астрономического института имени Штернберга Д. Я. Мартынов показал, что радиоизлучение Венеры в основном нетепловое. Оно исходит, по-видимому, из высоких слоев атмосферы и вызывается частицами высокой энергии.

О высокой температуре на Венере снова заговорили американские астрономы, расшифровав радиоинформацию, полученную с борта американского космического корабля «Маринер-II», прошедшего в районе Венеры в декабре 1962 года.

— Температура на поверхности Венеры достигает плюс 426 градусов, — сообщили они в печати. — Эта температура, по-видимому, не меняется по всей планете как на ее солнечной, так и на неосвещенной стороне.

В то же время Венера, по мнению американских ученых, крайне медленно вращается вокруг своей оси, может быть, даже обращена все время к Солнцу одной стороной.

Эти выводы противоречат друг другу, они научно несовместимы. Неосвещенное полушарие должно иметь низкую температуру и играть роль гигантского природного холодильника планеты. Холодные массы воздуха будут непрерывно вторгаться на освещенное полушарие, а нагретые слои перемещаться на теневую половину планеты. При такой непрерывной циркуляции атмосферы температура поверхности освещенного полушария просто не может быть чрезмерно высокой.

Теперь нашему мысленному взору рисуется другая картина. «Благодаря облачному слою, — говорит Н. А. Козырев, — поверхность Венеры защищена от избытка солнечных лучей. Поэтому, несмотря на близость к Солнцу, климатические условия на ней могут быть сходны с земными. Температура поверхности скорей всего умеренная — градусов 30—50. Вот почему очень вероятно, что на Венере существует жизнь».

Но какова эта жизнь? Есть ли на Венере растительный и животный мир? Облачный покров планеты пока хранит эту тайну.

### **Марс обнадеживает ученых**

Марс расположен от Солнца дальше Земли и движется по заметно вытянутой орбите.

Телескоп, направленный на Марс, открывает нашему взору своеобразный, но во многом похожий на Землю мир. Марс меньше Земли по диаметру в два раза, его сутки длятся 24 часа 37 минут, на нем происходит смена времен года. Большую часть поверхности планеты занимают пустыни желто-оранжевого цвета. На этом фоне видны темные пятна неправильной формы, условно называемые «морями».

Полюсы планеты одеты белыми шапками замерзшей воды. Пустыни пересечены в разных направлениях многочисленны-

ми полосками — каналами. Название это также условное: оно дано этим образованиям за их вытянутую форму. Временами появляются и исчезают светлые пятна и нежные облака, а также яркие белые пятна, происхождение которых еще не разгадано.

Наблюдать Марс не просто. Только каждые 2 года и 2 месяца он проходит мимо Земли на расстоянии от 70 до 100 миллионов километров. Но раз в 15—17 лет расстояние между обеими планетами сокращается до 56 миллионов километров. Наступает великое противостояние Марса. Все остальное время Марс и многие детали, хорошо видимые во время великого противостояния, практически ненаблюдаемы.

Последнее великое противостояние было в 1956 году. Марс сиял тогда в августовские и сентябрьские ночи яркой красноватой звездой. Рассмотреть мельчайшие детали, в особенности каналы, даже во время великого противостояния удастся лишь в минуту, когда земная атмосфера спокойна. И на самом Марсе атмосфера порой мутнеет, пылевые бури затягивают планету желтой дымкой. Зато сколько подробностей видит глаз астронома в благоприятные для наблюдения моменты!

Так, 3 июня 1956 года один из американских наблюдателей — Ричардсон, увидел следующую картину, поразившую его обилием не наблюдавшихся ранее деталей. «Там были бесчисленные неправильные синие линии, которые пересекали светлые красные области, подобно сети жилок в некоторых минералах. Прошло несколько минут, пока до меня дошло, что эти образования не что иное, как каналы».

Самое замечательное на Марсе — сезонные изменения. Когда на обращенном к Солнцу полушарии планеты наступает весна, ледяная шапка на полюсе начинает таять, уменьшается в размерах. Одновременно «моря» темнеют, приобретают голубовато-зеленый оттенок. Сложный рисунок каналов делается четче, заметнее.

К осени «моря» светлеют, теряют голубовато-зеленую окраску. Эта смена цветовых оттенков напоминает весеннее пробуждение и осеннее увядание земной растительности. Многие ученые сделали вывод: на Марсе существует свой растительный мир. Однако долгое время это было только предположением. Ведь разглядеть растительность на Марсе, его пейзажи с расстояния в десятки миллионов километров совершенно невозможно даже в самые мощные телескопы.

Но, в таком случае, пусть приборы «спросят» лучи света, идущие от Марса, решили ученые. Надо исследовать цвет «морей» с помощью спектроскопа. Это была трудная задача, требовавшая большого искусства и точности, однако ученые с ней справились. И оказалось... Но сначала расскажем, почему ученые решили применять для изучения «морей» метод спектрального анализа.

## Растения и свет

Растения обладают замечательной способностью: из неорганических веществ — углекислого газа и воды — они создают питательные органические вещества: крахмал и сахар. Этот процесс, происходящий в листьях с помощью особого вещества хлорофилла, называется фотосинтезом, то есть «созиданием с помощью света». Именно свет дает растению необходимую для фотосинтеза энергию. Но используется эта энергия хлорофиллом с большим выбором.

Солнечный свет состоит из смеси лучей красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового цветов. Лучи разного цвета обладают различной энергией, несут с собой больше или меньше тепла. Ученые выяснили, что листья растений особенно сильно поглощают красные лучи, несущие много энергии. Поэтому в спектре растительности в красном участке имеется темная полоса поглощения хлорофилла. Здесь лучи поглощены растительной тканью.

Кроме того, в составе солнечного света есть невидимые для глаза инфракрасные лучи. В спектре они расположены за красными лучами. Они несут с собой от Солнца так много тепловой энергии, что растения отражают, отбрасывают их, чтобы не перегреться. Но как узнали об этом, если лучи невидимые?

Ученые фотографировали растения на особые пластинки, чувствительные к инфракрасным лучам. Листья растений на таких снимках получается не темной, а белой, словно покрытая снегом (на пластинку попадает много отраженных листьями инфракрасных лучей).

Теперь ясно, почему ученые решили применить метод спектрального анализа: если окажется, что марсианские «моря» отражают инфракрасные лучи и поглощают красные лучи спектра, значит, можно с уверенностью сказать, что они покрыты растительностью!

Итак, был получен спектр «морей» и заснят на обычные пластинки и на пластинки, чувствительные к инфракрасным лучам. Оказалось, что в спектре «морей» нет темной полосы поглощения хлорофилла. Инфракрасные лучи они также отражают...

Значит, растительности на «морях» нет. Именно к такому выводу пришло большинство ученых. Оставалось думать, что «моря» — это образования мертвой, неорганической природы. Но такой вывод тоже опровергался.

Если бы «моря» были минеральными образованиями, их давно засыпали бы пески, покрыли слои пыли, поднимаемой ветрами с марсианских пустынь. На Земле мы наблюдаем, что только растительность способна «стряхивать» пылевые заносы, сопротивляться пескам.

Может быть, «моря» — это монолитные каменные громады гор? Нет, все наблюдения говорят о равнинном рельефе «морей». Кроме того, их очертания меняются. Такие изменения также свидетельствуют о том, что «моря» — не геологические образования. Вопрос зашел в тупик.

### **Астробиология — наука о жизни на планетах**

Не все ученые отказались от мысли о существовании на Марсе растительности. Не отказался от нее и известный советский астроном Гавриил Андрианович Тихов. Еще молодым ученым в начале нашего века он начал изучать Марс в Пулковской обсерватории. За долгую и плодотворную жизнь (Г. А. Тихов скончался в 1960 году) ученый сделал немало замечательных открытий в области астрономии. Многие из них связаны с планетой Марс.



Рис. 28. Крупнейший исследователь Марса, советский астроном, академик Г. А. Тихов.

Г. А. Тихов был убежденным сторонником мнения, что на Марсе существует жизнь. Снова и снова рассматривая спектрограммы «морей», он вспоминал слова знаменитого русского ученого К. А. Тимирязева, который говорил, что если главное отправление растительного организма зависит от света, то, очевидно, и главную особенность растения надо искать в его оптических свойствах.

«Главная особенность растения»! Но ведь все свойства,

все особенности растений зависят от окружающей среды. Условия на Марсе хотя и сходны с земными, все же отличаются от них. Следовательно, оптические, то есть световые, свойства марсианских растений должны чем-то отличаться от земных. Может быть, это отличие и проявляет себя в том, что в их спектре отсутствует полоса поглощения хлорофилла и инфракрасный эффект? Нельзя ли разгадать эту загадку, руководствуясь биологическим законом единства организма и среды?

Так на помощь астрономам пришла биология, так возникла новая наука, названная Г. А. Тиховым астробиологией.

О своих раздумьях, о своих творческих поисках, приведших к созданию астробиологии, Г. А. Тихов подробно рассказал в увлекательной книге «Шестьдесят лет у телескопа». Здесь мы лишь коротко скажем, какие идеи и открытия Г. А. Тихова легли в основу астробиологии.

Тихов со своими сотрудниками обратил внимание на то, что исследователи сравнивали спектральные свойства марсианских «морей» и земных растений, живущих в теплом или умеренном климате.

Но ведь Марс получает почти в два с половиной раза меньше солнечного света и тепла, его климат очень суров. И если земные растения довольствуются теплом, приносимым красными лучами, то для марсианских растений этого тепла явно мало. У них должна выработаться способность возможно полнее поглощать энергию солнечных лучей.

Растительность будет поглощать, а не рассеивать инфракрасные лучи, несущие половину солнечного тепла. Значит, при фотографировании на пластинках, чувствительных к инфракрасным лучам, «морья» выйдут не белыми, а темными.

Фотографирование «морей» подтвердило это.

Полоса поглощения хлорофилла у марсианских растений распространится на оранжевые, желтые и частично даже на зеленые лучи — все эти лучи несут еще одну треть солнечного тепла. Растянутая полоса поглощения в спектре «морей», таким образом, потеряет резкие границы и станет незаметной.

Так это и наблюдается в действительности.

Убедительные доводы! Но они требуют более веских доказательств. Ученый решил исследовать оптические свойства земных растений, живущих в суровых условиях: в тундре и высоко в горах. Если жизнь на планетах развивается по единым биологическим законам, то оптические свойства северных и высокогорных растений должны быть сходны с оптическими свойствами марсианских «морей».

В субарктику и в горы Памира направились научные экспедиции. И вот результаты исследований.

Растения холодного пояса отражают инфракрасные лучи слабее, чем растения умеренных и южных широт. Тундровый

можжевельник, например, отражает их в три раза слабее, чем овес.

Кукушкин лен и другие растения субарктики, сберегая солнечное тепло, вообще не отражают инфракрасные лучи. Их зелень на пластинках, чувствительных к этим лучам, выходит не белой, а темной, как и марсианские «моря».

У хвойных деревьев летом полоса поглощения в красных лучах очень отчетлива, а зимой, в сильные холода, становится почти незаметной.

Почти все растения, живущие в субарктике, — багульник, кукушкин лен, карликовая береза и многие другие — не имеют, подобно марсианским «морям», полосы поглощения хлорофилла в красных лучах.

Теоретические выводы Г. А. Тихова получили практическое подтверждение. Они привели к открытию нового биологического закона — закона световой приспособляемости растений к окружающим условиям: к теплоте и холодному климату. И обнаружено действие этого закона было сначала на Марсе, а уж потом на Земле!

Астробиология, возникшая в 1946 году и называвшаяся вначале астроботаникой, нашла много горячих сторонников среди ученых различных специальностей.

В 1952 году в Алма-Ате Академия наук Казахской ССР провела научную дискуссию, посвященную вопросу жизни на других планетах.

«Астроботаника, созданная и развиваемая Г. А. Тиховым и его сотрудниками, правильно освещает основные факты, — говорится в решении по итогам дискуссии. — Ставя на научную почву вопрос о возможности существования на Марсе жизни, не отличающейся в своей основе от земной, астроботаника является острым оружием в борьбе против антинаучных, идеалистических концепций буржуазной реакционной науки, стоящей на позициях исключительности земной жизни».

В совещании, состоявшемся через год в Ленинграде, участвовали не только астрономы, но и биологи, ботаники, геологи, физики. Гордостью за советскую науку, смело ставящую и разрешающую большие задачи, проникнуты следующие слова из решения совещания: «Трудами Г. А. Тихова и его сотрудников было убедительно показано, что, несмотря на более суровые, чем на Земле, условия существования, органическая жизнь на соседней планете Марс налично».

Советский астроном академик Н. П. Барабашев пишет в своей книге «О происхождении Земли и других небесных тел», что Г. А. Тихов своими работами отвел все возражения против существования земноподобной растительности в суровых условиях Марса.

В 1956 году американский астроном Синтон сделал важное открытие, укрепившее позиции астробиологии. Сущность



открытие состоит в следующем. Известно, что все органические молекулы имеют в своих спектрах характерные полосы поглощения в далекой инфракрасной области. У большинства земных растений эти полосы имеются в отраженном свете. Пользуясь мощным телескопом, Синтон обнаружил подобные же полосы в спектрах «морей» Марса.

Известный исследователь Марса пулковский астроном Н. И. Кучеров говорит по поводу открытия Синтона, что обнаружение органических молекул в «морях» явилось еще одним доказательством существования растительности на Марсе, еще одним блестящим подтверждением выводов Тихова.

## Спор ученых

Дискуссия — это значит спор. Смелые утверждения астробиологов вызывают споры среди ученых. Один из вопросов, затрагиваемых в дискуссиях, такой: пригодны или не пригодны условия Марса для развития высокоорганизованной жизни, например высших растений?

Астробиологи говорят: да, пригодны. По мнению же других ученых, в суровых условиях Марса могут существовать лишь организмы вроде микробов и лишайников: Основных возражений три: недостаток воды на Марсе, ничтожное количество кислорода в его атмосфере и более высокая температура марсианских «морей» по сравнению с температурой окружающих пустынь. Выслушаем обе стороны.

*Возражение первое.* На Марсе нет открытых водоемов. Воду мы наблюдаем лишь в замерзшем состоянии в виде полярных шапок. Но цвет шапок не чисто белый, а красноватый. Очевидно, они настолько тонки, что сквозь них просвечивает во многих местах красноватая поверхность планеты. Это скорее не лед, не снег, а слой изморози. Весной изморозь должна быстро исчезать, испаряясь в атмосферу и не давая нужного для развития высшей растительности количества воды.

*Ответ астробиологов.* Наблюдаемая картина весеннего таяния полярных шапок противоречит такому выводу. Вот, например, как происходит таяние шапки в южном полушарии Марса, где сосредоточена большая часть «морей». Шапка, имеющая в поперечнике 5—6 тысяч километров, начинает уменьшаться — таять с краев. Ее уменьшение длится несколько земных месяцев. Такое исчезновение снежного покрова никак нельзя назвать быстрым. Вокруг тающей шапки образуется темный ободок, ширина которого может достигать до 600 километров. По общепринятому мнению, потемнение почвы вызывается ее намоканием или увлажнением.

Но потемнение не ограничивается зоной ободка. По направлению к экватору вытягиваются темные «потоки», и волна по-

темнения распространяется на территорию «морей», приобретающих зеленоватый цвет. Темнеют и каналы.

Все эти изменения бесспорно связаны с таянием снежно-ледяного полярного покрова. Их можно удовлетворительно объяснить только распространением влаги и развитием растительности в зонах потемнения.

А территория «морей» огромна: более 24 миллионов квадратных километров. Прибавим к ней площадь «каналов», общая длина которых превышает миллион километров при ширине в десятки километров. Какое же количество воды должна давать при таянии полярная шапка, чтобы живительная влага распространилась на такую огромную территорию! Очевидно, что шапка не может быть тонким слоем изморози, а должна иметь значительную толщину.

Но как примирить с таким заключением красноватый цвет «шапок»? Вот простое объяснение: за зиму на растущем снежно-ледяном покрове осаждается приносимая ветрами красноватая пыль. Значит, шапки и большой толщины все же будут красноватыми.

*Возражение второе.* Спектральный анализ не обнаруживает в разреженной атмосфере Марса свободного кислорода. Если он там и есть, то в очень небольшом количестве. Между тем процесс дыхания требует притока кислорода к клеткам организма. Высшие растения, не говоря уже о животных, не могут существовать на Марсе потому, что им нечем дышать.

*Ответ астробиологов.* Кислород, которым мы дышим на Земле, — дар растений. Они выделяют кислород в процессе фотосинтеза.

В клетках листьев происходит химическое разложение воды и углекислого газа; при этом в воздух выделяется молекулярный кислород.

На Марсе есть вода и углекислый газ, значит, есть и кислород в связанном состоянии. Марсианские растения также могут разлагать их на свету и дышать выделяющимся кислородом.

Возникает, правда, вопрос: почему же марсианские растения за сотни миллионов лет своего существования не насытили кислородом атмосферу своей планеты, как это сделали растения на Земле?

Вот один из возможных ответов, подсказанный биологией.

Известно, что кислород, получаемый при фотосинтезе, выделяется в воздух не весь: часть его сразу же используется для дыхания внутренних тканей растений. Есть растения, корни которых не могут дышать через почву, и они собирают выделяющийся кислород в многочисленных полостях своего тела.

Такие полости имеются, например, в стебле озерного камыша. Кислород из них почти не выделяется в воздух, а поступает в корни. Может быть, на Марсе подобный способ дыхания

стал у растений преобладающим. Тогда марсианские растения могут успешно жить и развиваться, несмотря на ничтожное количество кислорода в окружающем воздухе. И если бы на Марсе были представители животного мира, у них также могли бы выработаться какие-то дыхательные приспособления для поддержания обмена веществ.

*Возражение третье.* Температура марсианских «морей» на 10—15 градусов выше температуры пустынь. Это прямо противоположно тому, что можно было бы ожидать, если бы «моря» были покрыты растительностью. У нас на Земле в жаркий день нагревается песок, а рядом трава продолжает оставаться прохладной. Объясняется это тем, что растительность затрачивает энергию, получаемую от Солнца, на жизненные процессы, а вовсе не на простое нагревание. Темные пятна «морей», несомненно, подчиняются обычным законам нагревания и излучения, установленным физикой для неорганических тел, и поэтому их наблюдаемые свойства не могут обуславливаться наличием растительности.

*Ответ астробиологов.* Это столь категорическое утверждение кажется на первый взгляд убедительным. Однако оно не учитывает особенностей растений, приспособившихся к жизни в сухих пустынях. Прежде всего, уточним, почему трава и вообще живая зелень остается «прохладной» в жаркий день. Причина заключается в усиленном испарении воды из тканей; оно предохраняет растение от перегрева. Однако есть растения, которые на солнцепеке как раз не прохладнее, а горячее почвы, на которой растут. Таковы кактусы, обитатели каменных пустынь. Их мясистые тела наполнены водой в связанном коллоидном состоянии, собранной во время редких дождей. Эту воду кактусы тщательно берегут. Днем устьица на их зеленой поверхности закрыты, и испарения воды не происходит.

Как же кактусы спасаются от перегрева? Можно сказать, никак. Их ткани без вреда переносят нагрев до плюс 65 градусов, то есть до температуры, губительной для других высших растений. Один этот факт сводит на нет приведенное выше возражение. Ведь марсианские растения также могут не испарять воду на солнце и, следовательно, нагреваться его лучами.

Но могут быть еще и иные источники нагрева «морей» Марса. Некоторые растения Земли обладают способностью самоизлучать тепло. Внутренность распускающегося цветка виктории-регии на 10 и более градусов теплее окружающего воздуха. В цветках арума температура поднимается до плюс 40—44 градусов. Подснежники, сольданеллы и другие ранневесенние цветы расплавляют своим теплом лежащий над ними снег и выходят под открытое небо.

Растениям на Марсе приходится вести борьбу с засухой и холодами. Естественно предположить, что у них выработались приспособительные свойства, сходные с теми, какие имеются

у кактусов и ранневесенних цветов. Но в таком случае покрытый ими участок будет теплее, чем открытая почва. Значит, более высокая температура марсианских «морей» может свидетельствовать не об отсутствии растений на Марсе, а, наоборот, об их усиленной жизнедеятельности.

В поисках жизни на других планетах особенно важно учитывать упорство жизни в борьбе с трудностями и ее приспособляемость к условиям среды.

Приведем только один поразительный пример. Человек не может прожить без воды в жаркой пустыне больше нескольких дней, а некоторые млекопитающие приспособились к жизни в пустыне без воды. Так, кенгуровая крыса — типичный представитель пустынных грызунов — приобрела способность обходиться без воды и жить на совершенно сухом корме. В ее организме выработались приспособления, ограничивающие потери воды.

Казалось бы, кенгуровые крысы живут в крайне неблагоприятных, просто невозможных условиях! Но для самих животных эти, освоенные ими, условия — нормальные и «благоприятные».

Жизнь на Марсе идет, несомненно, своими путями, и к ней нельзя прикладывать мерку «средних» земных условий.

### **Что такое «каналы» Марса?**

Так называемые каналы впервые рассмотрел на поверхности Марса итальянский астроном Скиапарелли больше 80 лет назад. Изучению их посвятил свою жизнь американец Лоуэлл. Они были сфотографированы в начале нашего века русским астрономом Г. А. Тиховым. Об их природе велись жаркие споры...

Сейчас эти споры утихли. В статьях и книгах по астрономии вы прочтете о каналах Марса иногда следующую короткую фразу: «Скорее всего, это трещины, разломы в коре Марса».

Нет, по-видимому, не так просто обстоит дело! Может быть, именно здесь таится одно из величайших открытий, которые предстоит сделать человечеству в будущем.

Каналы — разломы в коре планеты? Но будь они гигантскими трещинами, они были бы видны постоянно и казались бы черными вследствие поглощения света в их глубине. Между тем, во время марсианской зимы большая часть каналов не видна. Их сеть вырисовывается лишь с наступлением весны.

Кроме того, мощные телескопы и светофильтры показывают нам, что каналы состоят из множества зеленоватых пятен. Это поверхностные образования, скорее всего, — бесчисленные оазисы среди песков, начинающие зеленеть с наступлением весенних дней. Но почему эти оазисы расположены цепочками, собраны в вытянутые ряды?

Научная фантастика дала ответ в форме увлекательной гипотезы Лоуэлла об искусственном происхождении каналов. По мнению Лоуэлла, Марс населен разумными существами. Их техника развита очень высоко. Борясь с засухой, они покрыли свою планету грандиозной оросительной системой. Самих водных протоков мы не видим, может быть, вода даже искусственно защищена от быстрого испарения в разреженной атмосфере планеты. Мы видим лишь возделанные нивы и покрытые растениями участки, тянущиеся вдоль закрытых водных магистралей.

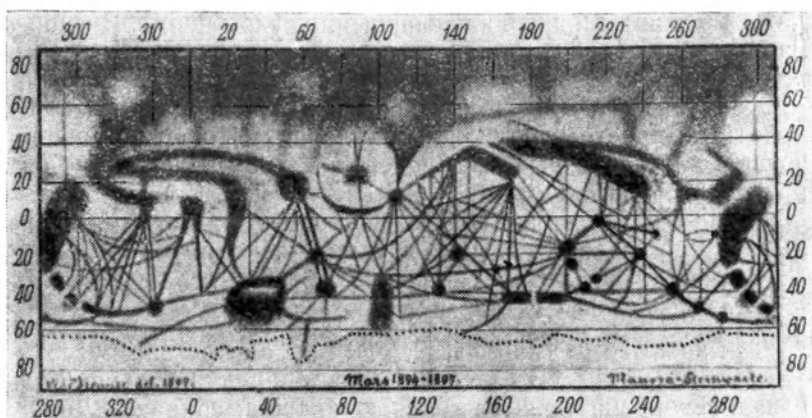


Рис. 29. Карта Марса, покрытого сетью каналов, составленная Скиапарелли.

А что говорит наука? Большинство ученых считает сейчас гипотезу Лоуэлла «слишком фантастической». Но чем же в таком случае можно объяснить прямолинейность каналов? «Разгадка их природы — дело будущего», — отвечают ученые.

Пока же тайна марсианских каналов еще более усложнилась в результате открытия, сделанного французским астрономом Дольфюсом. Он открыл на Марсе другой тип каналов: нитеобразных и почти геометрически правильных. Эти каналы короткие и часто удваиваются.

Периодическое раздвоение некоторых каналов — явление пока совершенно непонятное и необъяснимое. Если даже видеть здесь дело рук разумных марсиан, то и тогда мы не в состоянии понять ни цели раздвоения каналов, ни инженерных приемов, какими оно достигается.

...Погасла вечерняя заря, и в небе загораются звезды. В звездных далях Вселенной мысленным взором мы представляем себе планеты других систем, освещаемые и согреваемые своими солнцами. На многих из них есть жизнь, достигающая с течением времени высоких ступеней развития. И это прогрессивное развитие жизни должно закономерно приводить к возникновению разумного мышления.

Общение с разумными обитателями планет других звездных систем — дело, бесспорно, далекого будущего.

Не так давно и полет на другие планеты казался отдаленной мечтой, уделом романистов. Однако запуск советских искусственных спутников Земли, полеты космонавтов вокруг земного шара, запуск советских автоматических межпланетных станций сделали эту мечту реальной задачей современной науки и техники. Недалек день, когда автоматические ракеты с многочисленными приборами на борту облетят вокруг Венеры и Марса и передадут на Землю полученную научную информацию. А затем — полет человека в космическом корабле и посадка на поверхности чужой планеты...

Реальная возможность полета на Марс позволяет нашей фантазии рисовать встречу с разумными существами, обитателями соседней планеты.

Нередко можно прочесть или услышать мнение, будто Марс — планета «угасающей жизни», которая еще теплится в невыносимо трудных условиях.

Однако это мнение основано на предпосылке, будто для жизни благоприятны только наши, земные, и притом «средние» земные условия. Но марсианская жизнь в своих условиях может оказаться столь же богатой и разнообразной, как жизнь на Земле в своих. И в этих, не похожих на земные, условиях тоже могли появиться на Марсе разумные существа.

Какими же они могут быть? Кто читал роман английского писателя Герберта Уэллса «Борьба миров», тот помнит описание воображаемого прилета на Землю разумных марсиан. Это были большие круглые тела, скорее головы, около четырех футов в диаметре, с подобием чего-то вроде лица. На этих лицах не было ноздрей, только два больших темных глаза и подобие мясистого клюва внизу. Около рта торчали шестнадцать тонких щупалец, разделенных на два пучка.

Головы без рук и ног, передвигающиеся и работающие с помощью щупалец, — таким причудливым внешним обликом наделила жителей Марса фантазия писателя.

В одном из научно-фантастических романов действие происходит на Марсе, куда прилетели земные космонавты. К стоянке ракеты приближались машины. Это, несомненно,

были машины, больше всего напоминавшие танки. Одновременно открылись ранее незаметные люки. Оттуда поднялись предметы непонятного назначения. Это были круглые, параболические рефлекторы. Рядом с ними показались короткие толстые трубы.

Грозные предметы нацелились на пришельцев. Напряженное молчание продолжалось недолго. Боковые стенки машин заднего ряда откинулись, и оттуда, как горох, посыпались марсиане. Они оказались очень похожими на людей, только были много ниже ростом. Цвет кожи у них был совершенно черный. Как видим, марсиане из этого романа не имеют по внешности ничего общего с марсианами, созданными фантазией Уэллса. Но их роднит способность разумно мыслить, строить машины, покорять природу...

Человека создал труд. Мы знаем, что первые этапы его развития и трудовой деятельности проходили в очень тяжелых условиях. Окружающий мир требовал от него выносливости, силы, быстроты, умения избегать или преодолевать множество затруднений и опасностей.

Поэтому не случайно человек развился от одной из ветвей млекопитающих — животных с теплой кровью и энергичным обменом веществ, с сильными и гибкими конечностями, с хорошо развитым зрением и другими органами чувств, со сравнительно большим органом мышления — мозгом.

Реальность межпланетных путешествий уже в ближайшем будущем придает практический интерес спорам о предполагаемых формах высокоорганизованной жизни.

Конструкторам межпланетных кораблей и самим космонавтам придется предусмотреть возможность встречи с подобными существами, даже если вероятность такой встречи будет очень мала...

И мечты романистов перестают быть только фантастикой, они приобретают право на научное обсуждение.

Астрономия, физика, химия, биология и другие науки, используя разнообразные средства и методы наблюдения и исследования планет и звезд, накапливают все новые данные о возможности жизни во Вселенной.

## К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

В 1965 году по естественнонаучному факультету серии «Народный университет» изданы следующие брошюры:

1, 2, 3. Микромир жизни. Сборник.

4. В. И. Левантовский. Небесная баллистика.

5. В. М. Котляков. Тайны ледников.

6. К. И. Лукашев. Атомы и наша планета.

7. Л. А. Чульский. Устойчивость в природе.

8. Н. Т. Кузнецов. По следам блуждающих рек.

9. В. Борисов. Основы термодинамики и статистической физики.

10. Астрономия — древнейшая из наук. Сборник.

11. Как изучают Вселенную. Сборник.

**НЕ ЗАБУДЬТЕ ПРОДЛИТЬ ПОДПИСКУ НА 1966 ГОД!**

### Подписная цена:

на год	1 руб. 80 коп.
на полугодие	90 коп.
на квартал	45 коп.

Подписка принимается всеми отделениями «Союзпечати» и общественными распространителями печати.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»**