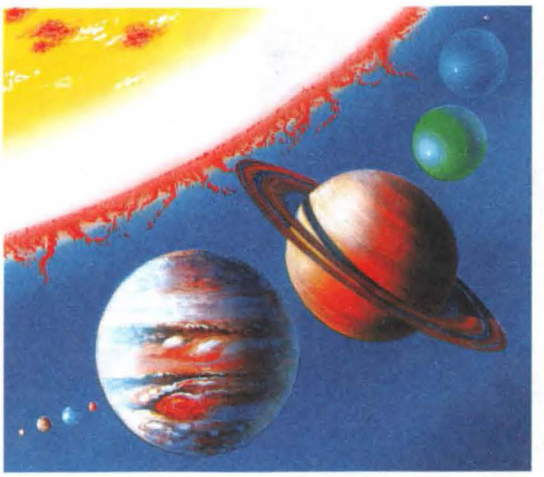
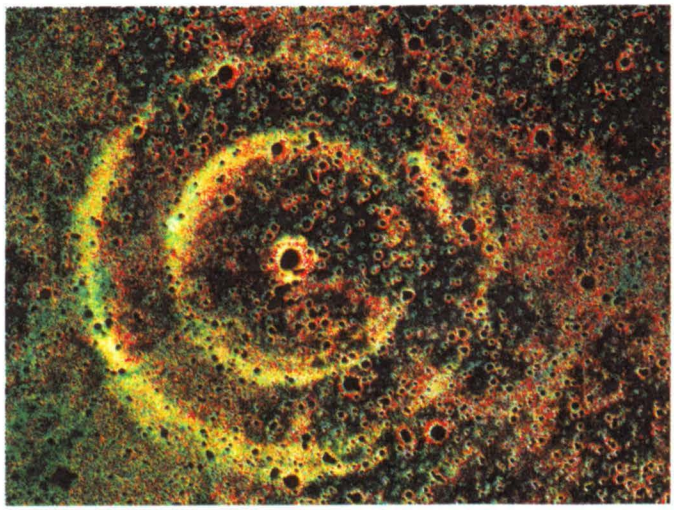
Большая Серия Знаний

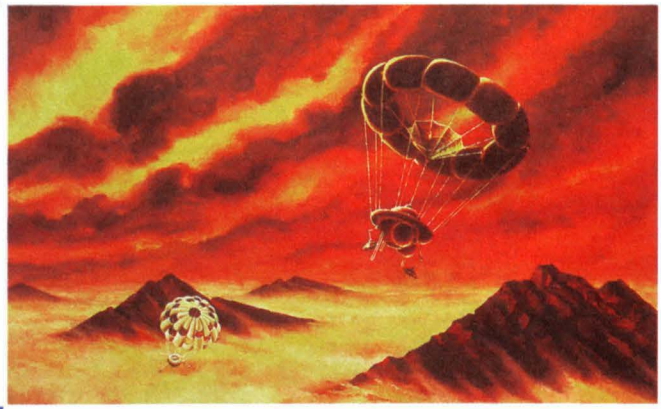
ВСЕЛЕННАЯ

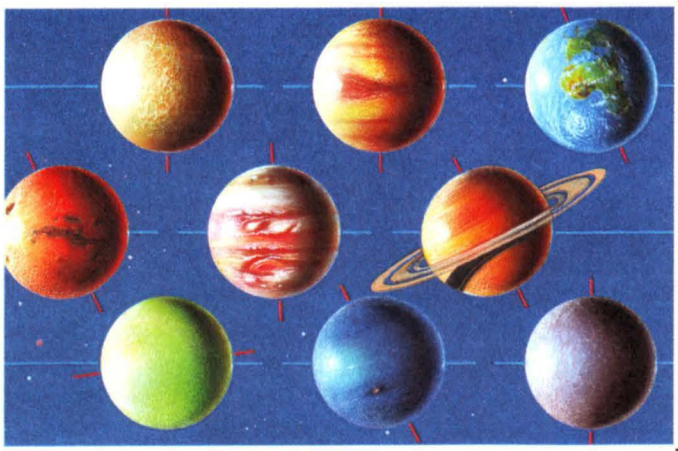


ВСЕЛЕННАЯ

Большая Серия Знаний







ВСЕЛЕННАЯ

Большая Серия Знаний

Москва 2006

Новый том энциклопедии посвящен одной из самых увлекательных наук — астрономии. С древних времен люди задавались вопросом, что же такое Вселенная? На протяжении веков ученые пытались разгадать тайны мироздания, и только в XX веке, благодаря полетам в космос, человек приблизился к пониманию процессов, происходящих во Вселенной, частью которой является и наша планета Земля. Как возникли звезды и планеты? Что такое Млечный путь, и что находится за его пределами? Каково строение галактики? Из чего состоит Солнце? Почему на Земле день сменяется ночью, а зима летом? Одиноки ли мы во Вселенной? Эти и многие другие вопросы в увлекательной и доступной форме освещены в книге «Вселенная», написанной ведущими российскими учеными-астрономами.

Охраняетеся законом РФ об авторском праве.
Воспроизведение текста, части текста или иллюстраций
без разрешения правообладателя запрещено
и преследуется по закону.

ISBN 5-486-00540-7

© Коллектив авторов, 2001
© «Русское энциклопедическое товарищество», 2001
© ООО «ТД «Издательство Мир книги», 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Возникновение Вселенной 6

ПОЗНАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ – ЦЕЛЬ РАЗУМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 6

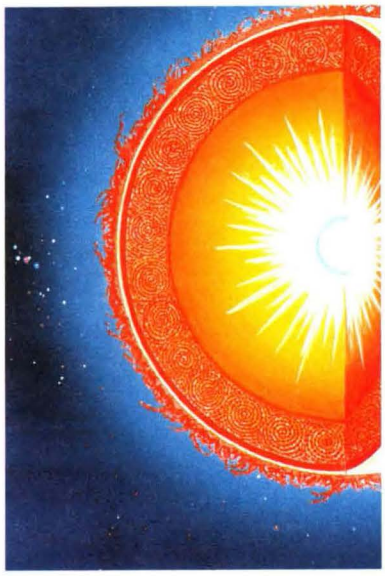
БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ. РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ 11

Звезды — далекие солнца 13

МНОГООБРАЗНЫЙ МИР ЗВЕЗД 13

«БИОГРАФИИ» ЗВЕЗД 16

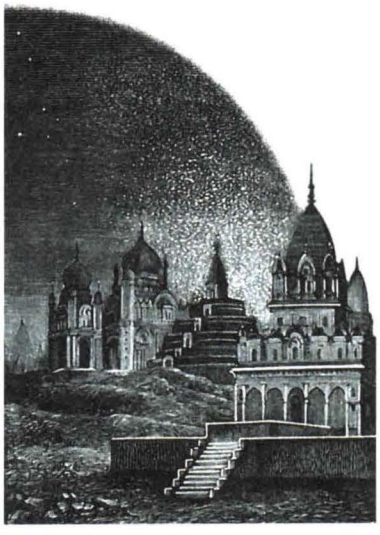
ДВОЙНЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ 20



КАТАСТРОФЫ ВСЕЛЕННОЙ. ВЗРЫВАЮЩИЕСЯ ЗВЕЗДЫ **22**

ЦАРСТВО ГРАВИТАЦИИ. НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ **24**

НУЖНА ЛИ ГЕНЕРАЛЬНАЯ УБОРКА ВСЕЛЕННОЙ? **28**



Галактики. Острова и материки Вселенной **32**

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ **32**

НАША ГАЛАКТИКА. МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ **36**

ГИГАНТСКИЕ ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ **40**

МЕТАГАЛАКТИКА **44**

Солнце. Строение Солнечной системы **46**

СОЛНЦЕ КАК НЕБЕСНОЕ ТЕЛО **46**

СТРОЕНИЕ СОЛНЦА **48**

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ **50**

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА **52**

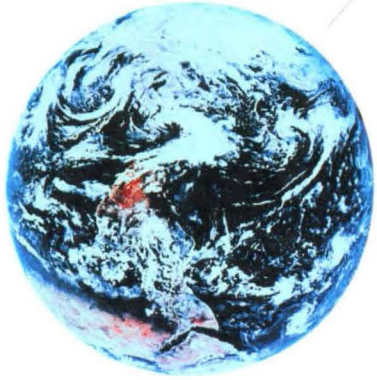
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА **54**

КАК ВОЗНИКЛА СОЛНЕЧНАЯ ПЛАНЕТНАЯ КОСМОГОНИЯ **62**

Планеты Земной группы **66**

ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА **66**

СПУТНИК ЗЕМЛИ **72**



МЕРКУРИЙ. ЦАРСТВО ЖАРЫ **78**

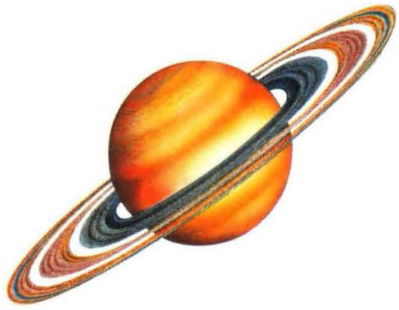
ВЕНЕРА. УТРЕННЯЯ И ВЕЧЕРНЯЯ ЗВЕЗДА **80**

ТАЙНЫ МАРСА **84**

Планеты-гиганты **88**

ЮПИТЕР — САМАЯ БОЛЬШАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ **88**

САТУРН. ОКОЛЬЦОВАННАЯ ПЛАНЕТА **94**



УРАН. АКВАМАРИНОВАЯ ПЛАНЕТА **99**

НЕПТУН. ПРЕДСКАЗАННАЯ ПЛАНЕТА **102**

ПЛУТОН. НА ОКРАИНЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ **104**

Малые тела Солнечной системы **106**

АСТЕРОИДЫ. КОМЕТЫ. МЕТЕОРОИДЫ **106**

Приложение **117**

ХАРАКТЕРИСТИКИ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ **118**

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАИБОЛЕЕ ЯРКИХ ЗВЁЗДАХ, ВИДИМЫХ В РОССИИ **121**

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ **122**

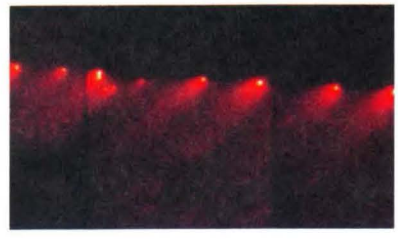
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ **123**

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЛУНЕ **124**

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАНЕТАХ **124**

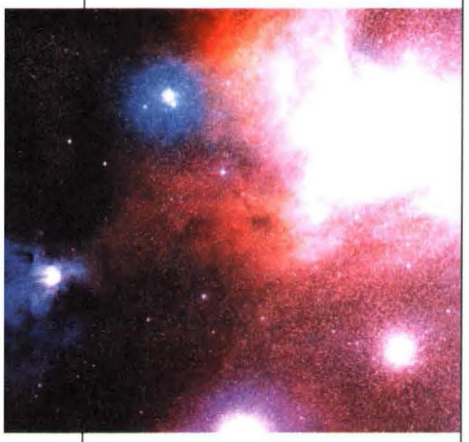
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СОЛНЦЕ **125**

ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ **126**



ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Познание Вселенной— цель разумной деятельности человека



Газопылевые облака в созвездии Змееносца, наблюдаемые в мощные телескопы.

Вселенная... Под этим словом подразумевается все окружающее людей, а также и сам человек. Даже в наше время ученые слишком мало знают о том, что представляет собой вся Вселенная, как она устроена, по каким законам живет и всегда ли была такой. Астрономы говорят сейчас о наблюдаемой части Вселенной, подразумевая под этим окружающее нашу планету космическое пространство и все, что туда входит: планеты Солнечной системы, далекие и близкие звезды, звездные скопления, межзвездную материю, галактики.

Каким представляли мир в древности. Представления о Вселенной древних людей, которых ученые называют «доисторическими», были вынужденно наивны и, главное, мифологичны. Ведь только мифологическое мышление помогает составить объяснимую картину явления, о котором у человека нет достаточных сведений и знаний. Мифы всех народов мира рассказывают об одновременном создании Вселенной и человека, о единстве природы («макрокосм») и человека («микрокосм»). У многих известных древнейших цивилизаций существовали предания, в которых сейчас можно заметить поразительное сходство в описаниях происхождения и устройства мира: сначала или **не было ничего**, или **было нечто**, чего нельзя объяснить. В более близких к нашему времени цивилизациях появляется понятие Хаоса.

Вот как описан Хаос в трех древнейших первоисточниках: Ведах, древнегреческих мифах и Библии. ■

Представления древних людей о Мироздании.

Мрак был сокрыт мраком вначале.
Неразличимая пучина — все это.
В этой пучине (Хаосе) дышало,
не колебля воздуха,
Единое Нечто и не было ничего другого, кроме него.

(Ригведа, Мандала X)

А вот описания древнегреческих авторов, классические мифы:

Перво-наперво возник Хаос (Бездна), а затем
Широкогрудая Гея (Земля)...
И Тартар туманный в недрах Земли...
Из Хаоса родились Эреб (Мрак) и черная Ночь...

(Гесиод, «Теогония»)

Туманность Трехраздельная (Триффид), в которой рождаются мириады сияющих светил.

Сначала были Хаос и Ночь,
Да черный Эреб (Мрак), да Тартар широкий,
И не было ни Земли, ни Воздуха, ни Неба.

(Аристофан, «Птицы»)

Совершенно аналогичны описания в таких источниках, как «Пополь-Вух» (древние инки), древних китайских рукописях и других литературных памятниках. Однако библейское описание Творения резко отлично от упомянутых, потому что оно исходит из существования Творца, Создателя:

1. В начале сотворил Бог небо
и землю.
2. Земля же была безвидна и пуста, и тьма над бездною,
и Дух Божий носился над водою.
3. И сказал Бог: да будет свет.
И стал свет.
4. И увидел Бог свет, что он хорош, и отделил Бог свет
от тьмы.

(Библия, Первая книга Моисеева, Бытие)

Если здесь и есть намек на существование Хаоса, то именно в упоминании воды и бездны. А вот на то, что Бог отделил свет от тьмы, стоит обратить внимание. Очень уж этот эпизод напоминает образование световых фотонов при Большом взрыве!

Согласно древнейшим мифам, в противоположность Хаосу создается (а кое-где — возникает!) Космос — т. е. порядок, красота, гармония.

Издревле мысль о сотворении — причем практически одновременном! — Природы и человека была связана с неким актом творения, сознательным актом.

Время же было всегда, и именно оно (Хронос у древних греков, например) породило сначала Хаос, а потом Космос. Подчас, как, например, в ведической традиции, части созданной Вселенной были образованы из сына первобожеств. Это же можно найти и в древнегреческой мифологии (Титаны и борьба с ними «новых» богов во главе с Зевсом), и в мифах инков, и в африканских легендах.

Древние люди верили, что Солнцу необходима помощь в том, чтобы после ночного отдыха оно каждый раз вновь появлялось на небе и освещало животворными лучами Землю. Желая умилостивить Солнце, люди сооружали храмы, где можно было бы поклоняться высшему божеству.

Наши предки учились не только постигать закономерности движения Солнца, но и использовать их. Об этом свидетельствуют древние памятники, встречающиеся достаточно часто. Это так называемые «мегалиты» — «огромные камни» (от греч. «мега» — «большой», «огромный» и «литос» — «камень») — вертикально установленные необработанные или полуобработанные каменные глыбы. Они служили одновременно и первыми часами, и первым компасом.

Мегалиты распространены на нашей планете повсеместно: в Западной Европе, в Северной Африке, на Кавказе. С давних времен считалось, что эти культовые сооружения предназначались для совершения таинственных религиозных обрядов. Позднее ученые высказали мнение, что они могли быть возведены и с астрономическими целями — для наблюдений Солнца, Луны, звезд и использования полученных знаний в повседневной практической деятельности. ■

Известное древнейшее святилище Стоунхендж.

По-своему представляли Вселенную ведийские арии (индоевропейское племя, жившее на северо-западе современной Индии во II тыс. до н. э.). Их мифы послужили основой индуистской и древнеиранской мифологий. У ведийцев существовало много мифов о рождении Вселенной. Согласно одному из них, мир возник из металлического яйца, плававшего в «первых водах» — океане. Яйцо раскололось на две половины: из золотой образовалось небо, из серебряной — Земля. Из этого же яйца через год (интересный срок!) появился «создатель», бог-творец. ■

Поклонение Солнцу — верховному богу Ра у древних египтян.

Постепенно в сознании людей разделялись материальная сторона Вселенной, представления о которой тщательно «подгонялись» к тому, что реально существовало вокруг человека, и духовная сторона жизни людей и существования Вселенной — представления об этом все более отделялись от человека и в конце концов стали достоянием небольших групп мистиков или религиозных служителей.

У древних греков существовало слово «ойкумена», буквально означавшее обитаемую или заселенную землю и одновременно Вселенную. Скорее всего, именно таким и представляли люди древности Мироздание. Вселенная — это область, заселенная определенным народом, доступная ему и известная. При этом каждый древний народ склонен был полагать, что именно то место, где он живет, и есть центр мира. Например, инки Перу говорили, что центр мира находится в храме города Куско, название которого и означает «пуп». В Древней Греции, в главной святыне эллинов — храме Аполлона в Дельфах — находился камень-монолит «Омфал», который почитался как Пуп Земли, отмечавший ее центр (некоторые ученые считают, что был, наверное, и Пуп Моря — уж очень большое значение греки придавали водным пространствам морей и океана).

С развитием мореплавания и торговли, освоением новых земель расширялись и границы познаваемой Вселенной. Античные авторы, благодаря которым понятие «ойкумена» вошло в мировую культуру, уже понимали под ней всю Землю. Постепенно Вселенная «занимала» все большее пространство и в конце концов стала включать уже не только человечество и населенную им планету, но и небо над головой, сияющее мириадами звезд. Как же устроена Вселенная, какое место отводится в ней Земле и человеку? ■

От мифов к научному осмыслению. Мифологическое восприятие Вселенной и у древних народов, и у нынешних примитивных племен основано на двух постулатах (основных положениях). Им было ясно, что существуют две части, две «тверди» — земная и небесная. Земная

Греческий философ объясняет ученикам устройство Мироздания.

твердь — центр Вселенной, ее основа. На ней и над ней расположены воды, причем «нижние воды» — это остаток того Хаоса, из которого была создана твердь земная, а «верхние воды» — это те, которые по воле богов (а позже, когда появилось единобожие, — по воле Господа-Создателя) изливаются на Землю в благодатных или карательных целях (обычный дождь и Потоп). Небесная твердь (обычно это хрустальный купол, полусфера) иная — к ней прикреплены звезды, планеты, Луна и Солнце. За небесной твердью находится жилище богов.

В том или ином виде подобные взгляды прослеживаются во всех мифологиях: и у древних египтян, и у жителей Вавилона, и у древних греков. Аналогичны воззрения древних китайцев, только Землю они представляли в виде прямоугольника, а небо — круглым и выпуклым, как балдахин. ■

Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира.

Со временем устройство мира становилось предметом более глубокого размышления и анализа. Возникали новые объяснения — они достаточно сильно отличались от мифологических. Но это отличие не являлось переходом к научным выводам, это были умозрительные, скорее поэтические, чем научные, догадки. Так, Фалесу Милетскому (около 624—547 до н. э.) приписывается идея геоцентризма.

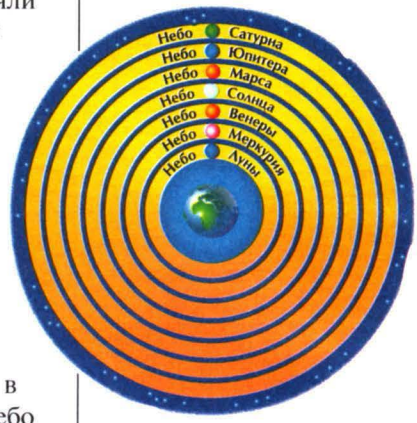
Геоцентрическая система мира (от *греч.* «гео» — «земля»), разработанная древними греками — от Пифагора до Клавдия Птолемея, — ставила в центр Вселенной нашу планету. Она неподвижна и шарообразна. Небо представлялось в виде твердых и вращающихся сфер, несущих светила, Солнце и Луну. Если пифагорейцы додумались даже до того, что шарообразная Земля обращается вокруг некоего центрального огня, и это, по их мнению, объясняло небесные движения, то Птолемей ввел в свою систему мира наружную сферу — это и есть «первый двигатель», задача которого правильно и равномерно обращать все небесные тела вокруг Земли в течение суток. Эта развитая система позволяла древним ученым предвычислять положения наблюдаемых объектов, затмения и другие небесные явления.

В средние века христианская церковь и ислам не возражали против Птолемеевой системы мира — ведь она не противоречила религиозным учениям, согласно которым средоточие мира — это Земля, а созданный на ней человек объявлялся «венцом творения», ибо был создан «по образу и подобию Божию». Геоцентрическая система мира просуществовала в науке почти два тысячелетия.

Переход к научному осмыслению устройства мира был совершен великим польским мыслителем Николаем Коперником (1473—1543). Он нанес ощутимый удар по самолюбию человечества, указав, что не все обращается «вокруг человека». После 30 лет упорнейшего труда, долгих наблюдений и сложных расчетов ученый изложил новую модель мира. Коперник показал, что все наблюдаемые движения светил можно объяснить, исходя из того, что Земля на самом деле не центр Вселенной. Она является лишь одной из планет в ряду других, обращающихся вокруг Солнца, которое находится в центре Мироздания. Так в науку вошла гелиоцентрическая (от *греч.* «гелиос» — «солнце») система мира. Коперник полагал, что Вселенная ограничена сферой неподвижных звезд, которые расположены на невообразимых — но все же конечных — расстояниях от Земли и от Солнца. Учение Коперника утверждало огромность Вселенной, но не ее бесконечность.

Новое учение о Вселенной обретало право на существование в жесточайшей борьбе с религией: низводя Землю до положения рядовой планеты,

Древнегреческие философы обсуждали и идею гелиоцентризма. Аристарх Самосский расположил в своей системе мира Солнце в центре Вселенной, а нашу планету заставил обращаться вокруг него. ■



Геоцентрическая система мира.

Представление о Мироздании в средние века.

Николай Коперник — великий польский ученый XVI в. Картина Яна Матейко.

оно подрывало незыблемые до этих пор основы религиозного мировоззрения. И хотя любая критика геоцентризма признавалась в те годы богохульством, среди передовых ученых того времени взгляды польского астронома нашли своих сторонников. Особенно смело развил и углубил идеи Коперника великий итальянский мыслитель Джордано Бруно (1548—1600).

Бруно выступил с утверждением о том, что Вселенная бесконечна, что у нее не может быть никакого «центра». Огромное Солнце — это всего лишь одна из звезд. А звезды — это далекие бесчисленные солнца; они, возможно, также окружены планетами, на которых может существовать жизнь.

В 1592 г. служители римской церкви схватили Джордано Бруно и более семи лет продержали его в тюремных застенках. Церковь добивалась, чтобы Бруно отрекся от своих взглядов. Но «великий еретик» не сдался. Его приговорили к сожжению на костре, и тогда он произнес слова, оставшиеся в веках: «Сжечь не значит опровергнуть». ■

Известный английский астроном Вильям Гершель (1738—1822) для оценки расстояния от Земли до звезды ввел новую единицу длины — световой год, обозначив так расстояние, которое луч света (движущийся со скоростью 300 тыс. км/с) проходит за один год. ■

Открытие «нового» неба.

Спустя десятилетие после гибели Бруно — в самом начале XVII в. — человечество получило в свое распоряжение телескоп. Трудно точно сказать, кто был его изобретателем, но первые выдающиеся астрономические открытия сделал при помощи телескопа Галилео Галилей (1564—1642).

Астрономы, наконец-то, увидели космическое пространство, а в нем — планеты со спутниками, звезды и звездные системы. Оказалась «разбитой» хрустальная «сфера неподвижных звезд» — ученые определили, что светила расположены на самых различных расстояниях от Земли, а пространство, заполненное звездами, безмерно огромно и, скорее всего, бесконечно.

Почти три столетия астрономия осваивала «новое» небо. Тысячи астрономов составляли реестры звезд и созвездий, подробнейшие каталоги всех видимых в телескопы небесных тел, прилежно наблюдали небесные явления. Постепенно ученые начали понимать природу космических объектов (так называют планеты, звезды, галактики и туманности сами астрономы). Современные телескопы позволили человеку заглянуть в просторы Вселенной на расстояния около 10 млрд световых лет! Оказалось, что все объекты Вселенной отнюдь не «застывшие», неизменные — они эволюционируют и непрерывно изменяются. Звезды не вечны — они рождаются и, исчерпав источники своей энергии, умирают. Очень многие светила меняют свой блеск, в их недрах происходят вспышки, а некоторые звезды даже взрываются. Бурные процессы не прекращаются и в гигантских звездных системах — галактиках.

Анализируя результаты наблюдений космического пространства, астрономы пришли к выводу, что в целом Вселенная однородна — вещество и излучение распределены в ней более или менее равномерно. Вселенная также изотропна — свойства пространства одинаковы во всех направлениях.

Развитием звезд и звездных систем управляют (по крайней мере в «малых» масштабах наблюдаемой части Вселенной) те же физические законы, что и на Земле. И они едины во всей обозреваемой Вселенной.

Однако все, что сумела познать наука, ничтожно мало по сравнению с тем, что остается еще не познанным. ■

Галактика NGC 6822 — один из бесчисленных звездных островов во Вселенной.

Большой взрыв. Рождение Вселенной

Область астрономии, которая изучает и моделирует Вселенную как целое, называется космологией. Именно космологи определяют и объясняют, что представляет собой Вселенная, изменяется ли она со временем и если да, то каковы были ее свойства в прошлом.

Изменяется ли наш мир? В 1916 г. немецкий ученый Альберт Эйнштейн (1879—1955) разработал теорию относительности, которую сразу же начал применять для создания космологической модели Вселенной. Со времен Аристотеля считалось, что наша Вселенная стационарна, т. е. с течением времени она не только не меняется в общих чертах, но в ней не происходит каких-либо крупномасштабных движений. Вселенная — согласно теории относительности — отнюдь не стационарна. Она либо расширяется, либо сжимается! Эйнштейн, однако, не решился опровергнуть устоявшееся мнение, поскольку не был до конца уверен в безошибочности своих выводов.

В варианте Эйнштейна Вселенная получилась конечной и замкнутой — нечто аналогичное поверхности шара. Ее пространство искривлено, и луч света, идущий в одном направлении, через определенный промежуток времени должен вернуться в исходную точку, но с противоположной стороны. Одним из тех, кто иначе взглянул на подобную неизменную модель Мироздания, стал российский метеоролог, математик по образованию, Александр Фридман (1888—1925). Он доказал, что первоначальное решение Эйнштейна не было ошибочным: действительно, Вселенная должна изменяться.

Впрочем, все эти рассуждения о якобы расширяющейся Вселенной воспринимались поначалу скептически. Астрономы не соглашались считать подобные теории описанием реального мира до тех пор, пока они не будут подтверждены наблюдениями.

Честь стать первооткрывателем в этой области принадлежит американскому астроному Эдвину Хабблу (1889—1953). На основе многочисленных наблюдений он в 1929 г. установил, что Вселенная в целом расширяется — галактики и их скопления удаляются друг от друга и от нашей Галактики с огромной скоростью. Причем «разбегание» становится тем быстрее, чем больше оказываются расстояния между звездными «материками». С течением времени размеры Вселенной непрерывно возрастают. Ученые произвели необходимые расчеты и определили, что возраст Вселенной приблизительно равен 15 млрд лет.

Открытие Хаббла положило начало новым представлениям о Вселенной — ее глобальная эволюция была доказана теоретически и практически. ■

Теория Большого взрыва. Величайшим достижением современной космологии стала модель расширяющейся Вселенной, названная теорией Большого взрыва.

Все вещество в Космосе в какой-то начальный момент было сдавлено буквально в ничто — спрессовано в одну-единственную точку. Оно имело

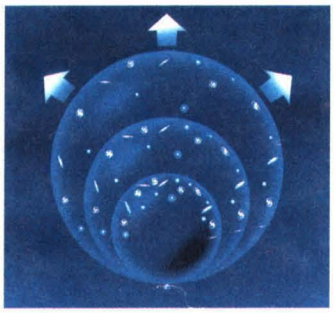
Единицы расстояний в астрономии. Расстояние от Земли до Солнца принято за астрономическую единицу. 1 а. е. приблизительно равна 150 млн км. Именно в этих единицах обозначаются расстояния в Солнечной системе.

Скорость света равна почти 300 тыс. километров в секунду. Расстояние от Земли до Солнца, солнечный луч преодолевает всего... за 8 минут. Следовательно, за год он пробегает около 10 триллионов километров! Астрономы подсчитали, что, например, расстояние от Солнца до ближайшей звезды равно 4,2 светового года; от Солнца до центра нашей Галактики — 25 тыс. световых лет.

Для характеристики расстояний в нашей Галактике, а также для обозначения межгалактических расстояний астрономы используют другую особую единицу — парсек. Это слово образовано от двух слов: «параллакс» (угол, под которым с той или иной звезды был бы виден радиус земной орбиты) и «секунда». Один парсек (сокращенно «пк») равен 3,26 светового года, или примерно 31 трлн км. В таком случае диаметр нашей Галактики составляет 25 килопарсеков. ■

Немецкий ученый Альберт Эйнштейн, разработавший теорию относительности.

Независимо от решений Фридмана Жорж Леметр (1894—1966), бельгийский священник и астроном, в 1927 г. высказал предположение, что Вселенная расширяется, причем возникла она в результате взрыва некоего первичного и ничтожно малого «отца-атома». ■



Так можно проиллюстрировать расширение Вселенной. Галактики удаляются друг от друга в космическом пространстве аналогично меткам на надуваемом шарике.

Американский астроном Эдвин Хаббл, установивший факт расширения Вселенной.

В 1978 г. Пензиас и Уилсон были удостоены за свое открытие Нобелевской премии. ■

фантастически огромную плотность — ее практически невозможно себе представить, она выражается числом, в котором после единицы стоят 96 нулей, — и столь же невообразимо высокую температуру. Астрономы назвали такое состояние сингулярностью.

В силу каких-то причин это удивительное равновесие было внезапно разрушено действием гравитационных сил — трудно даже вообразить, какими они должны были быть при бесконечно огромной плотности «первовещества»! Этому моменту ученые дали название «Большой взрыв». Вселенная начала расширяться и остывать.

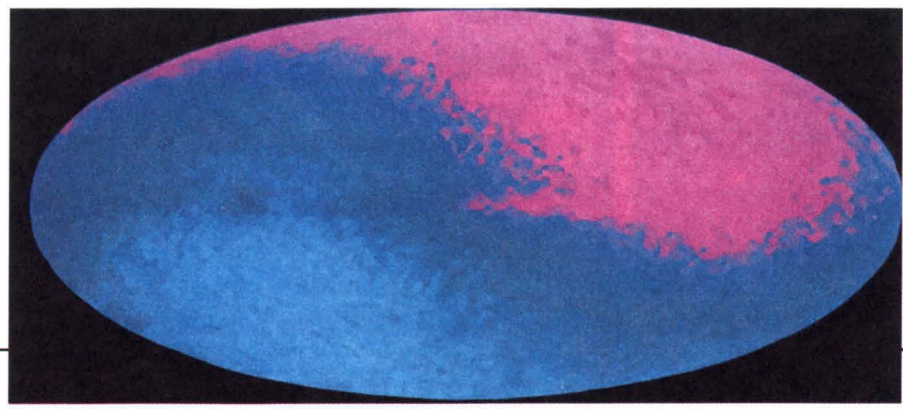
Следует отметить, что вопрос о том, каким же было рождение Вселенной — «горячим» или «холодным», — не сразу был решен однозначно и занимал умы астрономов долгое время. Интерес к проблеме был далеко не праздным — ведь от физического состояния вещества в начальный момент зависит, например, возраст Вселенной.

Кроме того, при высоких температурах могут протекать термоядерные реакции. Следовательно, химический состав «горячей» Вселенной должен отличаться от состава «холодной». А от этого в свою очередь зависят размеры и темпы развития небесных тел... ■

Реликтовое излучение. Современная астрономия на вопрос о том, существуют ли доказательства гипотезы горячей Вселенной и Большого взрыва, может дать утвердительный ответ. В 1965 г. было сделано открытие, которое, как считают ученые, прямо подтверждает то, что в прошлом вещество Вселенной было очень плотным и горячим. Оказалось, что в космическом пространстве встречаются электромагнитные волны, которые родились в ту далекую эпоху, когда не было еще ни звезд, ни галактик, ни нашей Солнечной системы.

Возможность существования такого излучения была предсказана астрономами гораздо раньше. В середине 1940-х гг. американский физик Джордж Гамов (1904—1968) занялся проблемами возникновения Вселенной и происхождения химических элементов. Расчеты, выполненные Гамовым и его учениками, позволили представить, что во Вселенной в первые секунды ее существования была очень высокая температура. Нагретое вещество «светилось» — испускало электромагнитные волны. Гамов предположил, что они должны наблюдаться и в современную эпоху в виде слабеньких радиоволн, и даже предсказал температуру этого излучения — примерно 5—6 К.

В 1965 г. американские ученые-радиоинженеры Арно Пензиас и Роберт Уилсон зарегистрировали космическое излучение, которое нельзя было приписать никакому известному тогда космическому источнику. Астрономы пришли к выводу, что это излучение, имеющее температуру около 3 К, — реликт (от *лат.* «остаток», отсюда и название излучения — «реликтовое») тех далеких времен, когда Вселенная была фантастически горяча. ■



Распределение реликтового излучения по небесной сфере.

ЗВЕЗДЫ — ДАЛЕКИЕ СОЛНЦА

Многообразный мир звезд

Несмотря на кажущуюся бесчисленность, в действительности пересчитать звезды не так уж сложно: на небе в ясную безлунную ночь невооруженным глазом можно увидеть около 3 тыс. светил. Поскольку половина неба скрыта под горизонтом, полное количество видимых звезд в два раза больше — приблизительно 6 тыс.

Сколько звезд на небе? Одну из первых попыток пересчитать звезды и ввести числовую оценку их яркости, или блеска, предпринял еще во II в. до н. э. древнегреческий астроном Гиппарх (около 180—125 до н. э.). Самым ярким светилам на небе он присвоил 1-ю звездную величину, а самым слабым, находящимся на пределе видимости, — 6-ю. Термин звездная величина характеризует только видимую яркость светил и не имеет отношения к их размерам.

Впоследствии шкалу Гиппарха неоднократно уточняли. Со временем выяснилось, что некоторые звезды настолько ярки, что в означенные рамки не укладываются. Для них, а также для некоторых планет, Луны и Солнца астрономам пришлось ввести отрицательные величины. Так, например, звездная величина самой яркой на небе звезды, Сириуса, равна −1,4. Венера в максимуме блеска достигает величины −4,5. Величина полной Луны равна −12,6, а Солнца — почти −27. Шкала величин подобрана следующим образом: если одно светило превосходит другое по яркости в 100 раз, то их блеск отличается на 5 звездных величин. За начало отсчета принимается яркость самой заметной звезды летнего неба — Веги в созвездии Лиры. Принято считать, что ее звездная величина равна нулю. Всего же на небе 20 звезд ярче 1-й величины и около 70 — ярче 2-й.

Когда в астрономических наблюдениях начали применяться телескопы, шкалу звездных величин пришлось протянуть и в противоположном направлении. Например, в обычный бинокль можно различить более слабые звезды, чем невооруженным глазом. Их величины равны 8—9. На современных больших телескопах астрономы наблюдают объекты вплоть до 30-й звездной величины. ■

Панорама звездного неба.

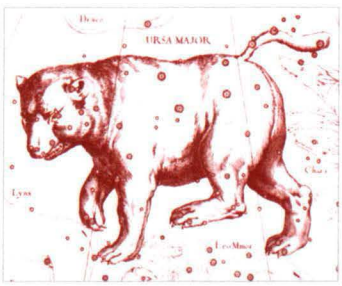
В XIX столетии появилась на свет астрофизика, а в начале XX столетия благодаря трудам английского ученого Артура Эддингтона (1882—1944) окончательно сформировалось представление о звездах как о самосветящихся раскаленных газовых шарах, в недрах которых постоянно происходят термоядерные реакции, сопровождающиеся выделением большого количества энергии. ■

В отличие от древних астрономов, которые называли созвездием группы ярких, особо заметных звезд, сегодня ученые именуют этим термином участок неба, имеющий определенные границы, со всеми попадающими в него астрономическими объектами.

Путь Солнца, совершаемый среди звезд в течение года, называется эклиптикой, а созвездия, по которым оно проходит, — зодиакальными. Почти все они составляют круг животных — зодиак (в переводе с греч. «зоон» — «животное»). Зодиакальных созвездий столько же, сколько месяцев в году, — 12.

Последовательность созвездий в зодиаке, начиная со дня весеннего равноденствия, такова — Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей. ■

Скрупулезное описание северного неба было составлено польским астрономом Яном Гевелием (1611—1687). Он обогатил список созвездий несколькими новыми названиями, из которых до наших дней дошло семь — Рысь, Малый Лев и др.
Все созвездия Гевелия состоят из слабых звезд, расположение которых никак не связано с названиями. Например, созвездие Рыси получило свое имя потому, что его можно разглядеть только зоркими рысьими глазами. ■



Созвездие Большой Медведицы из Атласа Яна Гевелия.

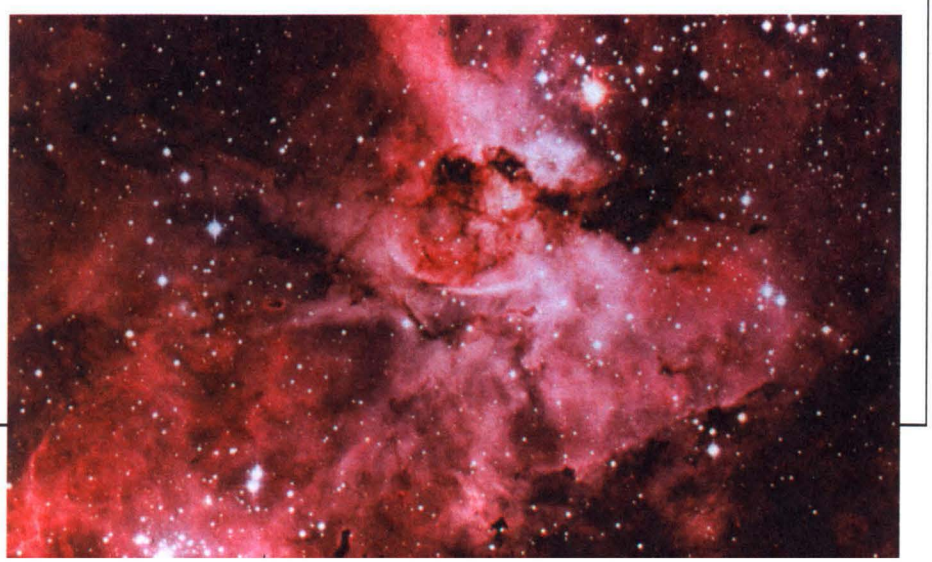
Самые яркие звезды в пределах созвездия по предложению немецкого астронома Иоганна Байера (1572—1625), сделанному в 1603 г., обозначаются буквами греческого алфавита — в порядке убывания яркости. Например, самая яркая звезда в созвездии Лиры, Вега, называется также альфа Лиры. Около сотни ярчайших звезд в разное время обзавелись собственными именами. ■

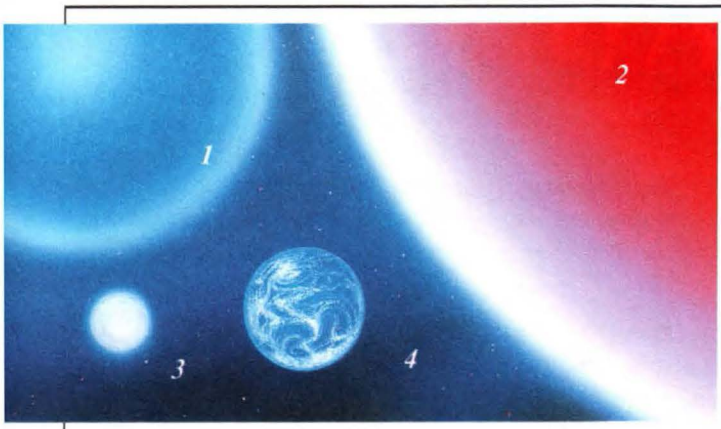
Туманность возле звезды Эта в созвездии Киля (Южное полушарие).

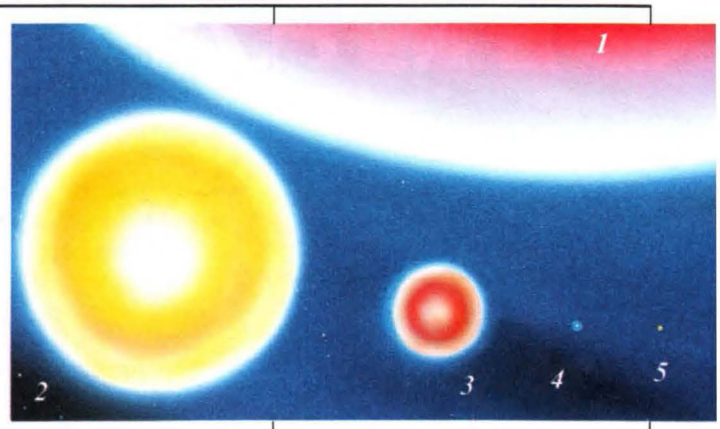
Созвездия. Человеческий взгляд, устремленный в ночное небо, соединяет яркие звезды в прихотливый узор, отыскивая в их расположении знакомые фигуры. Наиболее характерные группы светил люди издревле называли созвездиями и давали им имена. Разумеется, разные народы делали это по-разному. Например, в XVIII в. в Монголии небо разделяли на 237 небольших созвездий. А в знаменитом «Альмагесте», астрономическом труде великого древнегреческого ученого Птолемея, их описано 48.
В названиях большинства созвездий отражены земные мифы и легенды, и в первую очередь древнегреческие. До начала бурного развития астрономии названия созвездий почти не изменялись. Но в XVII в. в связи с развитием мореплавания небесная картография пережила настоящий взлет.
Произвол в названиях и очертаниях созвездий окончился только в 30-е гг. XX в., когда они были закреплены Международным астрономическим союзом. Сейчас все небо разделено на 88 созвездий, причем в состав каждого входят не только яркие звезды, образующие основную фигуру, но и остальные светила, попавшие на «территорию» созвездия. ■

Звездные характеристики. Исследуя в конце XVIII в. распределение звезд по небу, английский астроном Вильям Гершель (1738—1822) предполагал, что все звезды имеют одинаковую яркость, а их видимое различие объясняется лишь неодинаковым удалением от Земли. Однако в середине XIX в., когда были измерены расстояния до ближайших звезд, оказалось, что это предположение не соответствует действительности.
Появление мощных наблюдательных инструментов позволило ученым установить, что звезды на самом деле сильно отличаются по яркости друг от друга. Причем самые яркие светила могут находиться очень далеко от Земли и все-таки оставаться хорошо различимыми, т.к. они излучают очень много света. ■

Светимость. Истинная, не зависящая от видимой величины, яркость светила определяется количеством энергии, которое оно излучает в единицу времени, — светимостью. В астрономии за ее единицу принята светимость Солнца, которая равна 4×10^{26} ватт.
Диапазон звездных светимостей очень велик. Самая яркая из известных звезд расположена вблизи центра нашей Галактики в созвездии Стрельца. Она была обнаружена в 1997 г. с помощью Космического телескопа им. Хаббла. Ее светимость превышает солнечную в 10 млн раз. Одной из ярчайших звезд Галактики является Эта Киля, ее светимость равна 4 млн светимостей Солнца. Впрочем, не исключено, что в данном случае астрономы имеют дело с суммарной светимостью двух очень близких звезд.







Сравнительные размеры некоторых звезд-карликов и Земли. 1 — Сириус B; 2 — Проксима Центавра; 3 — звезда Вольф 475; 4 — Земля.

Сравнительные размеры некоторых звезд-гигантов и Солнца. 1 — Антарес; 2 — Канопус; 3 — Арктур; 4 — Вега; 5 — Солнце.

Звезды с наибольшей видимой яркостью, как правило, отличаются высокой светимостью. Особо выделяются в этой группе Ригель и Бетельгейзе в созвездии Ориона и Денеб в созвездии Лебедя. Светимости этих звезд превышают солнечную в тысячи раз.

Среди самых неярких звезд доступны для наблюдений только те, которые расположены в окрестностях Солнца. ■

Цвет и температура. Звезды различаются не только по светимости, но и по цвету: от голубовато-белого до густо-красного. Особенно хорошо заметны на северном небе яркие красные звезды — Бетельгейзе в Орионе и налитый кровью «глаз» Тельца — Альдебаран.

Цвет звезды определяется температурой ее поверхности. Самые горячие звезды — голубые и белые. Рекордные значения температур (до 250 тыс. К) принадлежат крохотным тусклым звездочкам — ядрам планетарных туманностей. Максимум их излучения приходится на ультрафиолетовый диапазон спектра, поэтому на обычных фотографиях, сделанных с помощью оптических телескопов, эти центральные звезды практически не видны. Немного отстают от них голубые сверхгиганты — температура их поверхности составляет десятки тысяч градусов. Самые холодные звезды имеют темно-красный цвет и с трудом поддаются наблюдениям. ■

Карлики и гиганты. В мире звезд, как и в мире людей, встречаются гиганты и карлики. Сравнение Солнца с самыми большими звездами показывает, что наше дневное светило находится у нижней границы диапазона звездных размеров. Это заставляет астрономов отнести его к желтым карликам.

Еще более холодные звезды — красные карлики — часто десятикратно уступают Солнцу в размерах. Именно такие карликовые звезды, сравнимые с Солнцем и меньшие, составляют основную часть населения Галактики, а гигантские яркие звезды в ней очень большая редкость. Особняком среди карликовых звезд стоят белые карлики, радиусы которых иногда уступают размерам Земли и Марса. Впрочем, это уже не настоящие звезды! Размеры самых огромных светил воистину впечатляют. Как правило, большими радиусами обладают холодные массивные звезды — красные сверхгиганты.

Звезда Бетельгейзе, например, «обогнала» Солнце по размерам в несколько сотен раз. Но есть в Галактике и сверхгиганты, диаметры которых превышают солнечный в 1—2 тыс. раз (т. е. более миллиарда километров). Если такое светило поместить на место нашего Солнца, оно займет все пространство почти до орбит Юпитера или Сатурна! Одной из таких звезд является Мю Цефея, которую Вильям Гершель назвал Гранатовой звездой. ■

По словам советского астронома Феликса Зигеля, проиллюстрировать соотношение между самой большой и самой маленькой звездами можно, сравнив мельчайшую пылинку в здании Московского университета и само это здание. ■

«Биографии» звезд

Наблюдая за множеством юных, зрелых и старых звезд, изучая рождающиеся и умирающие звезды, астрономы сумели построить целостную картину возможной эволюции самых различных светил.

Светимость — истинная, не зависимая от видимой яркости сила света звезды. Выражает мощность ее излучения. Часто измеряется в светимостях Солнца.

Световой год — единица, обозначающая расстояние, которое свет проходит за один год, распространяясь со скоростью 300 000 км/с. Применяется для измерения межзвездных и межгалактических расстояний.

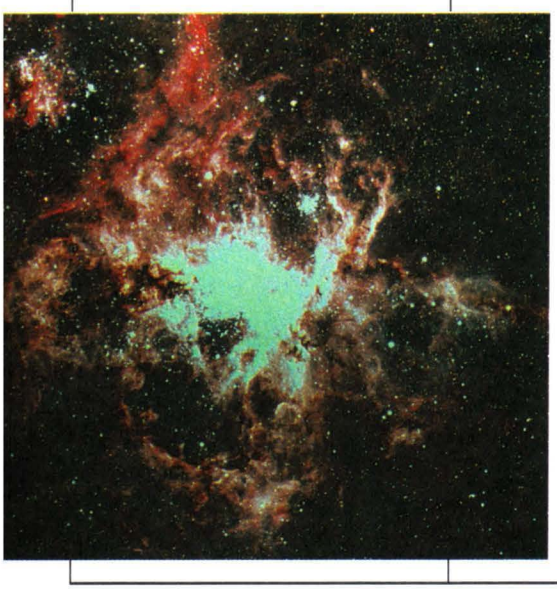
По современным представлениям звезда — это раскаленный газовый шар, существующий длительное время за счет собственных внутренних источников энергии. На протяжении всего жизненного пути светила его устойчивое состояние поддерживается соперничеством двух сил, в котором нет победителей, — гравитация стремится сжать звезду, а давление горячего газа — разметать ее в окружающее пространство. Высокая температура светила поддерживается за счет постоянно действующего источника подогрева — термоядерных реакций, идущих в его недрах.

Когда топливо для термоядерных реакций иссякает, звезда начинает остывать, и гравитация берет верх над силами газового давления. Звезда с бо́льшим или меньшим шумом прекращает существовать, а ее остаток сжимается, превращаясь в белый карлик, нейтронную звезду или черную дыру. ■

Жизненный путь звезды. Результаты всех современных наблюдений свидетельствуют, что звезды рождаются в плотных облаках межзвездного газа. К сожалению, эти облака практически непрозрачны для оптического излучения.

История любой звезды начинается с плотного газового сгустка, диаметр которого приблизительно равен одному световому году, температура составляет 10 К, плотность — 10 тыс. частиц на кубический сантиметр. Изначально сгусток находится в состоянии равновесия — сила его собственной гравитации уравновешена давлением газа, магнитным полем, вращением и некоторыми иными физическими факторами. Если это равновесие нарушается (например, ударной волной от взорвавшейся неподалеку звезды), сгусток начинает неудержимо сжиматься — астрономы называют этот процесс коллапсом. Газовое облако превращается в так называемую «протозвезду».

Туманность Тарантул в Большом Магеллановом Облаке.

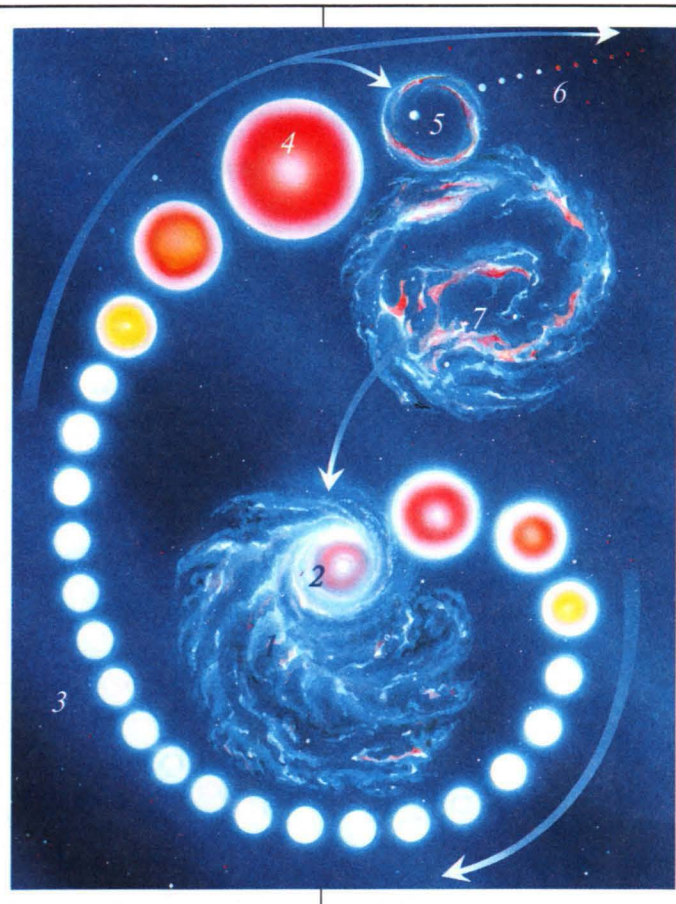


По мере сжатия плотность и температура в облаке возрастают, а вместе с ними растет и сопротивление сжатию. Если масса «протозвезды» невелика (менее нескольких процентов солнечной), ее коллапс может на каком-то этапе прекратиться. При этом образуется газовый шар небольших размеров, который называется коричневым карликом. Он не виден в оптические телескопы, но, поскольку в ходе коллапса этот шар разогрелся, астрономы могут найти его по слабому тепловому излучению. В нашей Галактике обнаружено всего несколько подобных объектов, но ученые считают, что в действительности их должно быть очень много. Некоторые астрономы полагают даже, что именно образованием невидимого коричневого карлика заканчивается коллапс большинства межзвездных облаков.

Более массивная «протозвезда» развивается иначе. На определенном этапе неудержимого сжатия плотность и температура в ее центре возрастают до такой степени, что здесь начинается термоядерная реакция. Как только центр «протозвезды» разогрелся до нужной температуры и в нем началась термоядерная реакция, звезду можно считать

родившейся. Такие звезды, окруженные остатками газа и пыли, из которых они образовались, наблюдаются во многих плотных газопылевых облаках в нашей и других галактиках. Если протозвездное облако вращалось с большой скоростью, остатки «строительного материала» образуют у молодой звезды диск, из которого впоследствии может образоваться планетная система.

Дальнейшая судьба светила определяется его массой и химическим составом. В «тяжелых» звездах сила гравитации очень велика. Чтобы сохранить состояние равновесия, звезда вынуждена постоянно поддерживать высокую температуру в ядре, активно расходуя термоядерное топливо. Вот почему срок жизни массивных звезд невелик — всего несколько миллионов или десятков миллионов лет. «Легкие» звезды не испытывают необходимости в усиленном сжигании топлива и живут значительно дольше. Самые маломассивные звезды безбедно существуют сотни миллиардов лет. ■



Жизненный путь маломассивной звезды. 1 — газовое облако; 2 — протозвезда; 3 — основное время жизни звезды; 4 — красный гигант; 5 — сброс оболочки; 6 — белый карлик; 7 — сброшенная газовая оболочка звезды.

Массы звезд. Теория звездной эволюции предсказывает, что массы звезд лежат в пределах от 0,1 до 100 масс Солнца. Минимальная масса светила определяется его способностью разогреться до температуры, необходимой для начала термоядерного синтеза гелия из водорода. Верхний предел допустимой массы связан с тем, что на устойчивость самых «тяжелых» звезд, помимо сил гравитации и газового давления, начинает действовать и третья сила — давление световых лучей, т. е. излучения светила. Если масса звезды превысит критическое значение (около 100 масс Солнца), выделение энергии в ее недрах начнет происходить с такой интенсивностью, что излучение сорвет со звезды часть ее вещества.

Из наблюдений астрономам хорошо известны звезды как с минимальной, так и с максимальной массами. Первые обнаружены только в окрестностях Солнца, и это естественно — эти объекты слишком тусклы для того, чтобы их можно было увидеть на огромных расстояниях.

Массивные звезды астрономам удается наблюдать даже в других галактиках. Целое скопление таких звезд расположено в туманности Тарантул, находящейся в Большом Магеллановом Облаке — соседе нашей Галактики. Каждая из них сияет, как сотни тысяч Солнц. ■

Поздние стадии звездной эволюции. Горение водорода в ядре — наиболее продолжительная стадия в жизни звезды. Например, у подобных Солнцу светил она длится 10 млрд лет. Рано или поздно водород в ядре полностью перерабатывается в гелий, и выделение энергии прекращается. Равновесие звезды нарушается, она снова начинает сжиматься и, как следствие, разогреваться. Во внутренние области, прилегающие к гелиевому ядру, попадает богатый водородом газ из внешних слоев звезды. Некоторое время термоядерные реакции идут на границе ядра — в так называемом слоевом источнике.

Звезды в 1,5—3 раза массивнее Солнца, белые и голубые гиганты, в конце жизни не могут остановиться на стадии белого карлика. Мощные силы гравитации сжимают их все сильнее, пока не образуется нейтронная звезда — взаимодействие электронов с протонами в недрах светила приведет к тому, что почти вся его масса будет заключена в нейтронах.

Самые массивные звезды — сверхгиганты, — сбросив газовую оболочку и начав сжиматься, не смогут остановить этот процесс даже на стадии нейтронной звезды. Результатом катастрофического сжатия может быть появление черной дыры. ■

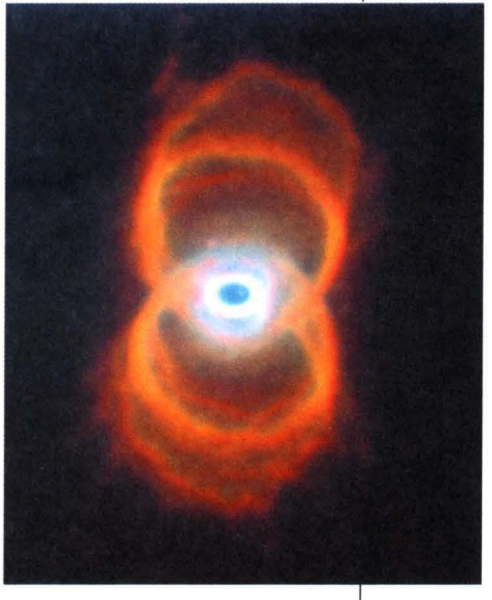
По мере выгорания водорода этот источник постепенно передвигается к поверхности звезды, а масса гелиевого ядра увеличивается. Однако этот процесс не может поддерживать равновесие звезды в течение долгого времени. Каким будет дальнейший путь светила, опять-таки зависит от его массы.

Гелий также может участвовать в термоядерной реакции (три ядра этого элемента объединяются в единое ядро углерода), однако для ее начала необходима значительно более высокая температура, чем для синтеза гелия из водорода, — около 150 млн градусов! Небольшие звезды имеют не очень массивное гелиевое ядро, и его сжатие к столь сильному разогреву не приводит. Такое светило постепенно сжимается, его плотность становится очень высокой, и газ, из которого состоит звезда, приобретает особые свойства. Он называется «вырожденным газом».

В таком газе ядра атомов «упакованы» гораздо плотнее, чем в обычном, поэтому один кубический сантиметр этого вещества (из него, например, состоит спутник звезды-гиганта Сириуса) весит около 3 т. Шары из вырожденного вещества — итог жизненного пути маломассивных звезд — называются белыми карликами. В течение следующих нескольких миллиардов лет они светятся за счет накопленной в них тепловой энергии, а затем навсегда исчезают из поля зрения астрономов.

Оболочки маломассивных звезд, разогретые слоевым источником, расширяются и постепенно разлетаются. Температура оголенного ядра поначалу довольно высока — несколько десятков тысяч градусов, — и его мощное ультрафиолетовое излучение разогревает улетающую оболочку. С Земли она видна как планетарная туманность — светящееся облако газа, похожее на кольцо или имеющее более причудливую форму.

Более массивные звезды, переработав водород и начав сжиматься, разогреваются до такой температуры, когда может начаться горение гелия. Звезда возвращается к обычной жизни — в ее ядре снова идут термоядерные реакции, только теперь при этом образуется углерод. Когда же запасы гелия иссякают, в звезде остаются сжимающееся углеродное ядро и два слоевых источника — во внутреннем горит гелий, во внешнем догорают остатки водорода. Как показывают компьютерные расчеты, если начальная масса звезды была меньше 8—10 солнечных масс, то в конце концов ее эволюция все равно завершается возникновением белого карлика и планетарной туманности.



Планетарная туманность — конечная стадия эволюции маломассивной звезды.

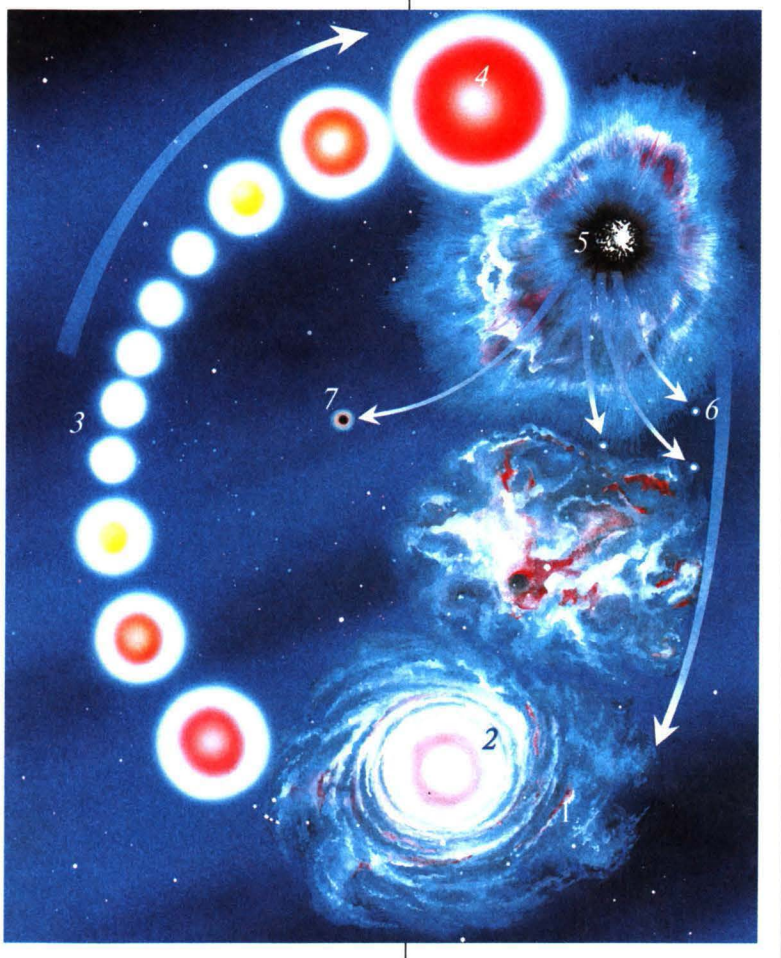
Иначе заканчивают свой жизненный путь более массивные звезды. В их ядрах последовательно загораются новые и новые реакции, пока звезда по своему строению не начнет напоминать луковицу — ядро и несколько слоевых источников, в которых последовательно горят кремний, магний, неон, кислород, углерод, гелий и водород.

«Отходы» внешнего источника становятся топливом для следующего за ним, причем чем тяжелее элемент, тем быстрее истощаются его запасы. Например, в звезде, масса которой равна 20 солнечным, водород горит 10 млн лет, гелий — 1 млн лет, углерод — 1000 лет, кислород — 1 год, кремний — неделю. Цепочка термоядерного синтеза, начавшаяся с водорода, заканчивается железом. После образования в центре звезды железного ядра новые источники энергии в нем не возникают.

Теперь внутреннее давление уже не способно противостоять силе гравитации, и звезда катастрофически сжимается. Ее внешние слои с огромной скоростью падают на ядро; энергия их движения преобразуется в

тепловую, и ядро разогревается до нескольких миллиардов градусов. Интересно, что энергии квантов электромагнитного излучения (в данном случае — гамма-квантов), возникающих при такой колоссальной температуре, хватает на то, чтобы раздробить ядра железа на составляющие их нейтроны и протоны. За долю секунды звезда до основания разрушает почти весь запас тяжелых элементов, накопленный за десятки миллионов лет!

Плотность вещества в ядре становится столь высокой, что протоны и электроны сливаются друг с другом, превращаясь в нейтроны и излучая нейтрино. Эти всепроникающие элементарные частицы легко покидают центр звезды, унося с собой значительную долю энергии, чем еще более усиливают сжатие ядра. Наконец, в центре бывшего звездного гиганта образуется компактный шар диаметром в несколько километров, состоящий из плотно упакованных нейтронов. Это нейтронная звезда. Внешние газовые слои, падающие на ядро, ударяются о него и отскакивают со скоростью несколько десятков тысяч километров в секунду, стремительно разлетаясь в околозвездном пространстве. Это явление называется вспышкой сверхновой звезды.



Жизненный путь массивной звезды. 1 — газовое облако; 2 — протозвезда; 3 — основное время жизни звезды; 4 — звезда-сверхгигант; 5 — взрыв сверхновой; 6 — нейтронная звезда; 7 — черная дыра.

Теория предсказывает, что самые массивные звезды не могут обрести устойчивость даже на стадии образования сверхплотного нейтронного ядра. Неудержимое сжатие приводит к тому, что на месте звезды возникает черная дыра. Такое происходит, если масса ядра более чем в два раза превышает солнечную — в этом случае оно будет буквально раздавлено собственной тяжестью. Однако детали этого процесса пока мало изучены. В частности, астрономам не известна минимальная масса звезды, оставляющей после себя черную дыру. Ясно лишь, что она должна быть в несколько десятков раз больше массы Солнца.

Сброшенные оболочки звезд — планетарные туманности или остатки сверхновых — возвращаются в межзвездную среду, конденсируются в облака и снова принимают участие в образовании светил. Лишь небольшая доля вещества, попавшая в белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры, навсегда исключается из космического круговорота.

Теория звездной эволюции по праву считается одним из наиболее тщательно разработанных разделов астрономии. Но сказать, что в жизни звезд для ученых не осталось никаких тайн, конечно, нельзя. Основные законы рождения, жизни и смерти светил в действительности гораздо сложнее, т. к. звезды вращаются и имеют магнитное поле. Даже на наиболее спокойной фазе эволюции — во время горения водорода в ядре — характеристики звезд не остаются постоянными. ■

Двойные и переменные звезды

Человек, имеющий острое зрение, даже невооруженным глазом может различить рядом со звездой Мицар (вторая звезда в ручке ковша Большой Медведицы) тусклую звездочку — Алькор. Мицар и Алькор — наиболее известная двойная звезда.
В мощный телескоп двойных звезд видно очень много — астрономы установили, что более 70% всех звезд образуют пары.

Пары и тройки в мире звезд. Другой тип двойных звезд составляют светила, которые действительно расположены близко друг к другу, находясь на одинаковом расстоянии от Земли. Еще в 1803 г. Вильям Гершель пришел к выводу, что они связаны в единую систему, подчиняющуюся закону тяготения. Это физически двойные звезды.

Звезды в таких системах, взаимно притягивая друг друга, обращаются вокруг общего центра масс, как, например, Земля вокруг Солнца или Луна вокруг Земли. Период обращения обычно очень долгий — сотни и даже десятки тысяч лет. Чем ближе друг к другу звезды, тем быстрее обращаются они по своим орбитам и тем короче период их обращения.

Расстояния между звездами в паре самые различные. Например, в паре Мицар — Алькор от одного светила до другого 17 тыс. астрономических единиц, что лишь в 15 раз меньше расстояния до ближайшей к Солнцу звезды. Иногда светила разделены всего несколькими миллионами километров и почти касаются друг друга — это «тесные», или «контактные», пары. Мощные силы притяжения изменяют форму таких звезд — каждая становится похожа на яйцо, причем направлены они друг к другу острыми концами.

Ярчайшая звезда на небе, Сириус, тоже двойная: ее спутник, белый карлик (Сириус В), совершает оборот вокруг центра масс за 50 лет и отстоит от него в 20 раз дальше, чем Земля от Солнца.

«Двойная» не единственное сочетание светил в звездном мире. Ближайшая к Солнечной системе звезда — Альфа Центавра — на самом деле тройная. Она состоит из двух схожих с Солнцем звезд, период обращения которых почти 80 лет. Кроме того, у этой пары есть спутник — красный карлик, — обращающийся вокруг нее с очень долгим периодом.

Астрономам известны системы, в которых вокруг общего центра масс обращаются три звезды или больше. Например, звезда Кастор в созвездии Близнецов входит в шестикратную систему!

Вхождение звезды в пару может повлиять на срок ее жизни и на то, как она будет эволюционировать. При расширении массивной звезды довольно скоро (по космическим меркам) часть вещества из ее газовой оболочки начнет выпадать на звезду-спутник. Она, в свою очередь, постепенно наращивает массу. Звезда, изначально более массивная и быстрее состарившаяся, в результате подобного обмена теряет массу, а процесс ее старения замедляется. Менее массивная звезда, захватив дополнительную массу газа, начинает быстро эволюционировать. Она расширяется и на каком-то этапе обгоняет в старении «щедрую» соседку. Тогда вновь начинается обмен газом — часть его отнимает первая звезда, и процесс ее эволюции ускоряется... Подобное может случаться не один раз за время жизни тесной звездной пары.

Звезды, кажущиеся с Земли двойными, на самом деле могут находиться очень далеко друг от друга и не иметь между собой ничего общего. Они случайно расположены почти точно в одном направлении от земного наблюдателя — одна за другой. Такие «пары» звезд называются оптически двойными. ■

Двойная звезда альфа в созвездии Козерога.

Переменные звезды. Звезд, блеск которых может заметно меняться, в космосе много. Им присвоен термин «нестационарные», или, как их чаще называют, — переменные.

Тесные пары звезд, которые периодически закрывают друг друга, обращаясь по своим орбитам вокруг общего центра, были названы затменно-переменными.

Чтобы понять, почему изменяется блеск той или иной звезды, надо сначала проследить, каким образом это происходит. Астрономы составляют график изменения звездной величины светила — он называется кривой блеска.

Эти графики свидетельствуют, что некоторые звезды меняют свою яркость регулярно (правильно) — участки кривой их блеска через определенные промежутки времени повторяются. Другие же звезды меняют свой блеск хаотично, непредсказуемо. К правильным переменным звездам относят пульсирующие и затменно-переменные (двойные) звезды. ■

Пока не известно, существуют ли планеты у двойных звезд. Можно предположить, что такие планетные системы есть. ■

Цефеиды — «маяки Вселенной». В 1784 г. Джон Гудрайк обнаружил, что четвертая по яркости звезда в созвездии Цефея (Дельта Цефея) регулярно меняет свой блеск, разгораясь и затухая с периодом в 5,4 суток. Такие светила астрономы назвали пульсирующими переменными звездами, или цефеидами: в честь открытой Гудрайком звезды.

Цефеиды — это достаточно старые звезды, превратившиеся в процессе эволюции в красных гигантов. Они уже переработали в своих ядерных «топках» бо́льшую часть водорода, превратив его в гелий. В процессе пульсации цефеиды то сжимаются, то снова увеличиваются. В результате изменяются площадь и температура поверхности звезды, что влияет на интенсивность ее блеска. Среди цефеид различают долгопериодические (классические) и короткопериодические.

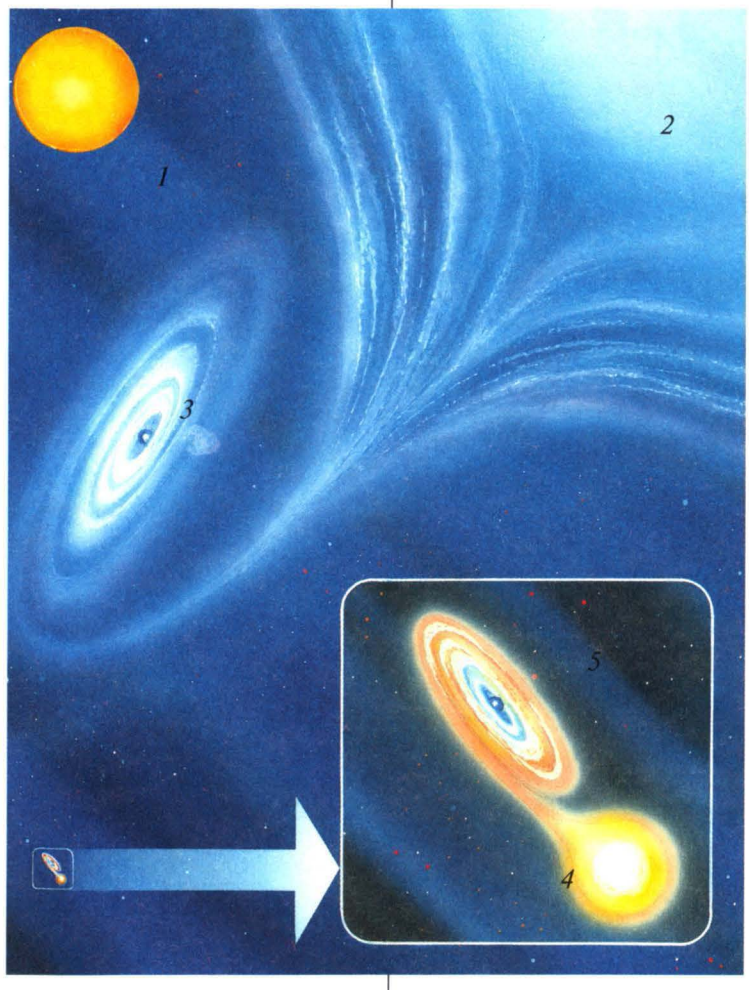
Долгопериодические (классические) цефеиды — это переменные звезды высокой светимости, меняющие яркость в пределах одной звездной величины с периодами от 1 до 70 суток. Блеск таких звезд в минимуме отличается от их блеска в максимуме не более чем в 2,5 раза. Эти цефеиды имеют желтый или оранжевый цвет. Температуры их внешних оболочек составляют около 4000—6000 К.

Долгопериодические гигантские переменные звезды — красные гиганты, меняющие свой блеск с периодом от 90 до 730 суток. Амплитуда их блеска — более 2,5 звездных величин. Поверхность у таких звезд «холодна»: в максимуме блеска их температура достигает 2500 градусов, в минимуме — 1800.

Короткопериодические цефеиды меняют свою яркость с периодом от 80—90 мин до 12 ч. Изменение блеска происходит у этих звезд так же, как и у классических цефеид. Средние температуры их внешних слоев — 7000—8500 К. Типичный представитель короткопериодических цефеид — RR Лиры, старая звезда примерно такой массы, как Солнце.

К переменным пульсирующим звездам также относятся так называемые карликовые цефеиды. По своей светимости они в 10—20 раз слабее цефеид-гигантов и изменяют свой блеск с иной периодичностью — от одного до четырех часов. Яркость цефеид-карликов то уменьшается, то повышается примерно в два раза. Они белого цвета, поскольку температуры поверхности этих звезд достигают 7400—8450 К. Характерным представителем этой группы звезд можно назвать дельту Щита.

Общее количество известных пульсирующих переменных звезд достигает 14 тыс., причем короткопериодические цефеиды многочисленнее классических. ■



Взаимодействие звезд в паре. Силы притяжения вырывают газ из атмосферы более массивной звезды, и он устремляется к ее спутнику.
1 — Солнце (дано для сравнения по размерам); 2 — голубой гигант; 3 — нейтронная звезда; 4 — белый карлик; 5 — нейтронная звезда.

Катастрофы Вселенной. Взрывающиеся звезды

«...История существования любой звезды — это поистине титаническая борьба между силой гравитации, стремящейся ее неограниченно сжать, и силой газового давления, стремящейся ее «распылить», рассеять в окружающем межзвездном пространстве. Многие миллионы и миллионы лет длится эта «борьба». В течение этих чудовищно больших сроков силы равны. Но в конце концов... победа будет за гравитацией. Такова драма эволюции любой звезды», — писал в книге «Звезды» Иосиф Шкловский (1916—1985), советский астрофизик. ■

Звездная величина — единица измерения видимой яркости звезд и других небесных тел. Не имеет отношения к их размерам.

Звездные ассоциации — группы молодых звезд, по размерам большие, чем звездные скопления, часто погруженные в облака молекулярного водорода и пыли.

Звездные скопления — группы звезд, разделенных между собой меньшими расстояниями, чем обычно. Связаны общим происхождением и движением.

Вспышки новых звезд. Термин «новая звезда» — «stella nova» — ввел известный датский астроном Тихо Браге, чтобы обозначить светило, неожиданно вспыхнувшее на небосводе в 1572 г.

С тех пор астрономы именно так стали называть светила, блеск которых внезапно резко увеличивается. Яркость вспыхнувшей звезды возрастает во много тысяч раз, и по своему блеску она превосходит любую из видимых на небе.

Какова же причина этого космического феномена? «Виновником» вспышки новой звезды является взрыв в ее внешней оболочке, при котором выделяется большое количество энергии. Иногда за несколько часов звезда увеличивается до размеров, в сотни раз превышающих ее первоначальный объем.

В результате яркость светила резко возрастает. Атмосфера звезды, в которой произошел взрыв, разлетается в космическом пространстве с огромной скоростью, достигающей 1000 км/с. Когда свет от этой сброшенной газовой оболочки попадает в земные телескопы, она становится видна как слабо светящаяся туманность, окружающая звезду. Постепенно, улетая все дальше от родного светила, оболочка рассеивается в пространстве. А сама звезда через полтора-два года приобретает практически прежний вид.

В спокойном состоянии новые звезды предстают перед астрономами очень слабыми объектами, которые можно наблюдать только с помощью мощных телескопов. Свойства подобных небесных тел оказались очень необычными. Прежде всего, новые звезды входят, как правило, в двойные системы. При этом пара всегда состоит из белого карлика и нормальной звезды, по размеру и массе немного уступающей Солнцу.

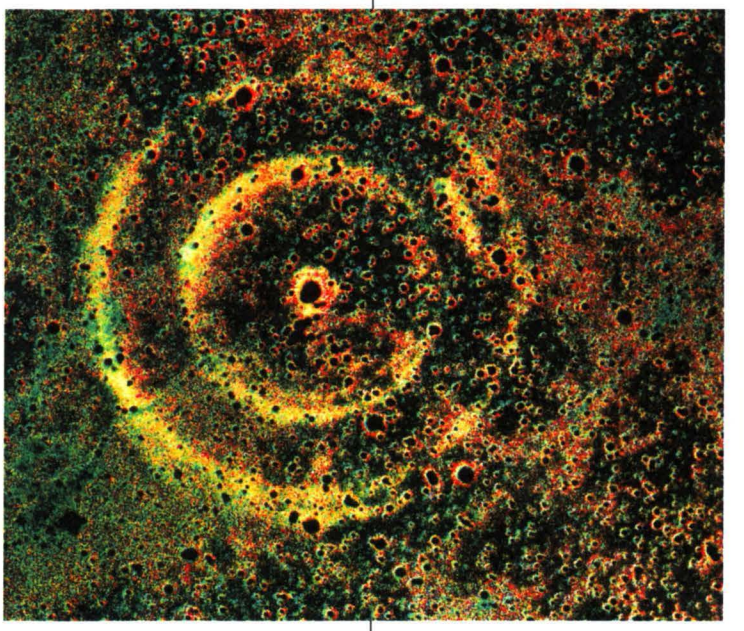
Туманность Петля в созвездии Лебедя — остаток вспышки сверхновой звезды.

Характерное свойство таких двойных систем — близость звезд друг к другу. Взаимодействие двух таких компонентов — необычайно сложное явление. Белый карлик за счет гравитационного притяжения «крадет» вещество у нормальной звезды. Струя газа, перетекающего к белому карлику, закручивается вокруг него и после многих оборотов падает на поверхность этой звезды. «Термоядерное горючее» начинает постепенно накапливаться в оболочке белого карлика. Когда его масса достигает некоторой критической величины, звезда взрывается. Выделение энергии, происходящее при этом, в миллионы раз превосходит по мощности взрыв водородной бомбы!

Современные оценки показывают, что ежегодно в каждой галактике вспыхивает примерно 30 новых звезд, но большинство этих светил нельзя наблюдать из-за колоссальных расстояний, а также сильного поглощения света галактической пылью.

После потери светилом части вещества расстояние между компонентами в паре уменьшается, а скорость их вращения увеличивается. Дальнейшая эволюция, как полагают астрономы, может привести к слиянию двух звезд.

В любом случае после вспышки новой звезды пара может повторить эволюцию обычной тесной двойной системы. ■



Световое эхо в начальный момент взрыва сверхновой 1987 г.

Взрывы сверхновых звезд. Случается, что в жизни светил происходят катастрофы — чудовищной силы взрыв полностью разрушает звезду, не оставляя ей возможности вернуться к исходному состоянию. Энергия, выделяющаяся при таком «потрясении», поистине фантастическая. Всего за несколько месяцев взорвавшееся светило излучает столько энергии, сколько Солнце — за несколько миллиардов лет. В максимуме блеска такие звезды светят, как несколько миллиардов Солнц одновременно!

Для сверхновых звезд — и в этом их отличие от новых — характерна грандиозность вспышки: яркость таких взорвавшихся светил почти в тысячу раз сильнее. В старинных летописях сохранились записи, что, вспыхнув, такие звезды иногда сияли так же ярко, как и полная Луна.

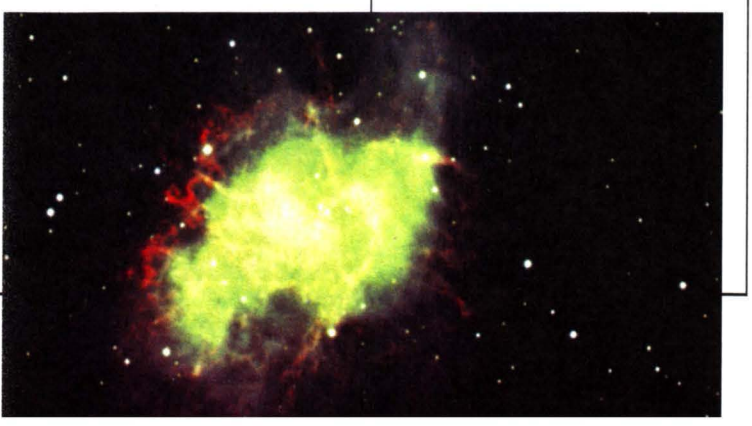
Сверхновые звезды — явление крайне редкое. Их вспышки происходят в каждой галактике один раз в 50—300 лет.

Первую внегалактическую сверхновую обнаружил в 1885 г. немецкий астроном Карл Гартвиг (1851—1923) в соседней с нами галактике Туманность Андромеды. Сейчас ученые ежегодно открывают 10—20 внегалактических сверхновых, а всего с 1885 г. их обнаружено уже более тысячи.

Ученые полагают, что подобные катастрофы случаются только в конце жизненного пути звезды. ■

В процессе взрыва сверхновой внешняя газовая оболочка звезды сбрасывается и начинает разлетаться со скоростью несколько тысяч километров в секунду. На месте взрыва остается быстро вращающаяся нейтронная звезда (или, если масса взорвавшегося светила была очень велика, — черная дыра).

Астрономы считают, что остатком вспышки сверхновой 1054 г. в созвездии Тельца является знаменитая расширяющаяся Крабовидная туманность. Она представляет собой след сброшенной газовой оболочки. В центре Крабовидной туманности ученые обнаружили тусклую звездочку — нейтронную звезду, пульсар. ■



Знаменитая Крабовидная туманность. Остаток сброшенной газовой оболочки звезды, взорвавшейся в 1054 г.

Царство гравитации. Нейтронные звезды и черные дыры

Вещество нейтронной звезды обладает совершенно необычными свойствами. Практически ко всем ее параметрам можно применить эпитет «чудовищный». Температура на поверхности — миллионы градусов; магнитное поле — в триллионы раз мощнее солнечного; скорость вращения — десятки оборотов в секунду!

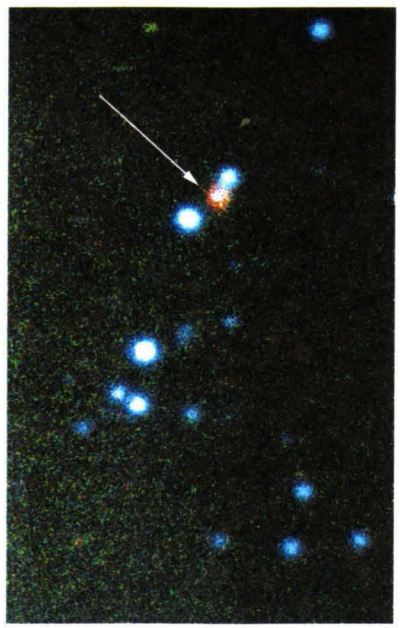
О возможности существования устойчивых звезд, состоящих из нейтронного газа, еще в 1932 г. писал советский физик Лев Ландау (1908—1968). Два года спустя американские астрономы Вальтер Бааде и Фриц Цвикки высказали предположение, что такие объекты должны образовываться при вспышках сверхновых — событиях, отмечающих конец жизненного пути массивных светил.

До 1968 г. на эти предсказания мало кто обращал внимание, но после открытия пульсаров положение изменилось. ■

Пульсары. В июле 1967 г. аспирантка Кембриджского университета (Великобритания) Джоселин Белл, исследуя радиоизлучение, приходящее из глубин Вселенной, сделала удивительное открытие. Она обнаружила источник периодических радиоимпульсов длительностью в доли секунды и с интервалом 1,34 секунды. До этого астрономам не было известно во Вселенной ни одного источника излучения, который обладал бы столь быстрой и правильной переменностью. По переменности импульсов ученые определили, что они исходят из небольшой, даже по земным меркам, области пространства — не более нескольких десятков километров! Новые объекты назвали пульсарами (от *англ.* pulse — «импульс»).

Природа этих уникальных объектов долго оставалась загадкой. Их концентрация к Млечному Пути свидетельствовала о том, что они находятся в нашей Галактике, т. е. относительно недалеко. Однако никаких связанных с ними источников видимого излучения — оптических объектов — найти не удавалось. Наконец, в начале 1969 г. астрономы обнаружили, что пульсар, расположенный в центре Крабовидной туманности, совпадает с очень слабой звездочкой, оптическое излучение которой меняется в такт с радиоимпульсами. Эта туманность, как было известно ученым, представляет собой остаток сверхновой звезды, вспыхнувшей в 1054 г. (*см. ст.* «Катастрофы Вселенной. Взрывающиеся звезды»). В 1977 г. с видимой звездой в остатке сверхновой был отождествлен и пульсар в созвездии Парусов. Со временем ученые выяснили, что излучение пульсаров не ограничивается радио- и оптическим диапазонами. Некоторые из них испускают рентгеновские и гамма-лучи.

Все открытия ученых — связь этих космических объектов с остатками сверхновых, быстрые пульсации и компактные размеры — позволили американскому астроному Томасу Голду сделать важный и, как теперь кажется, неизбежный вывод. Пульсары — это и есть давно предсказанные нейтронные звезды, а их переменность объясняется не настоящими пульсациями (как в обычных переменных звездах), а быстрым вращением.



Сверхновая 1987 г. через четыре года после взрыва.

Нейтронная звезда работает как космический «маяк». Заряженные частицы, истекающие с ее поверхности, могут двигаться лишь вдоль силовых линий магнитного поля и потому покидают звезду только вблизи магнитных полюсов (здесь эти линии идут почти перпендикулярно поверхности). В итоге электромагнитные волны излучаются в узком конусе вдоль оси маг-

нитного поля. Если она не совпадает с осью вращения нейтронной звезды, конус излучения вращается в пространстве, время от времени «чиркая» по Земле, как луч прожектора.

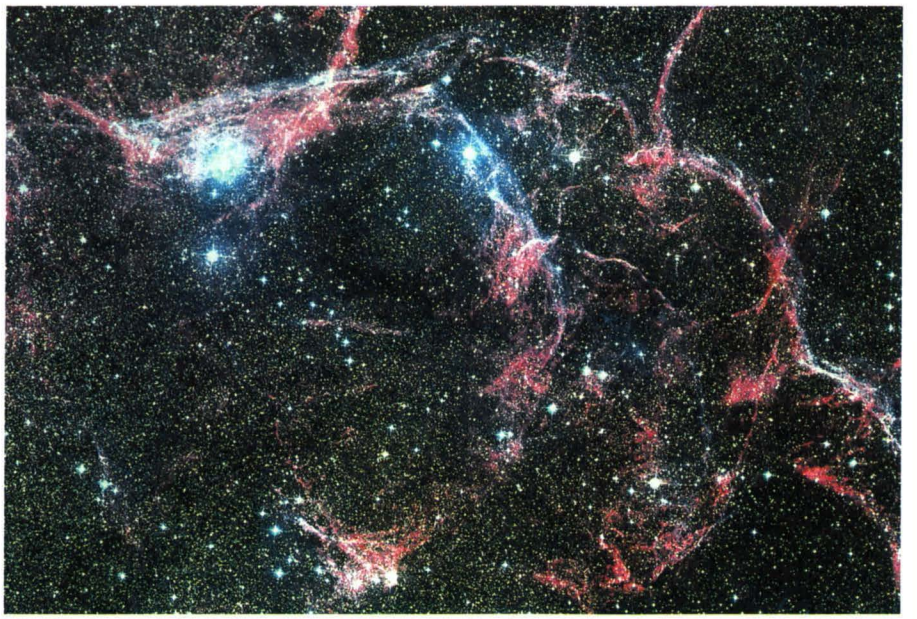
Модель «маяка» позволила ученым предсказать, что со временем вращение пульсара становится медленнее, — это выражается в увеличении интервала между импульсами. «Новорожденный» пульсар крутится очень быстро и излучает преимущественно в рентгеновском и гамма-диапазонах. Затем максимум излучения перемещается в радиодиапазон, а период пульсаций увеличивается. Например, промежуток между импульсами пульсара в Крабовидной туманности удваивается каждые две тысячи лет. В конце концов излучение настолько ослабевает, что пульсар становится невидимым. Период его в это время равен нескольким секундам.

Если не считать этого замедления, то можно утверждать, что излучение пульсаров по стабильности превосходит лучшие атомные часы. Ученые даже высказали предложение использовать их в качестве эталона времени. Впрочем, иногда в излучении этих объектов происходят внезапные «сбои». У пульсара в Парусах, например, замечены нерегулярные скачки периода до 200 миллиардных долей секунды.

Ученые предполагают, что сбои вызываются звездотрясениями. Внутренние области нейтронной звезды по свойствам напоминают жидкость, а поверхность ее покрыта необычайно прочной твердой корой. Когда вращение звезды замедляется, ее жидкая «начинка» меняет форму. Жесткая кора, не успевая подстраиваться под эти изменения, трескается, когда напряжения в ней достигают критической величины.

Это явление астрономы и называют «звездотрясением» (по аналогии с землетрясением). Выделяющаяся при подобной встряске энергия преобразуется в мощный импульс рентгеновского или гамма-излучения. Особенно сильные звездотрясения происходят на нейтронных звездах со сверхсильным магнитным полем, относящихся к классу магнитаров. Первый его представитель открыт недавно, в 1998 г. Напряженность магнитного поля этого объекта превышает солнечную в 800 триллионов раз.

В середине 80-х гг. XX в. была открыта еще одна важная категория нейтронных звезд — миллисекундные пульсары (они совершают несколько



Гравитационное излучение (гравитационные волны) — предсказано теоретически, косвенно подтверждено при исследовании пульсаров, не обнаружено из-за крайней его слабости и трудностей обнаружения в земных условиях. Может возникать при несимметричных выбросах при взрывах, вращении компактных двойных объектов, падении вещества на черные дыры. ■

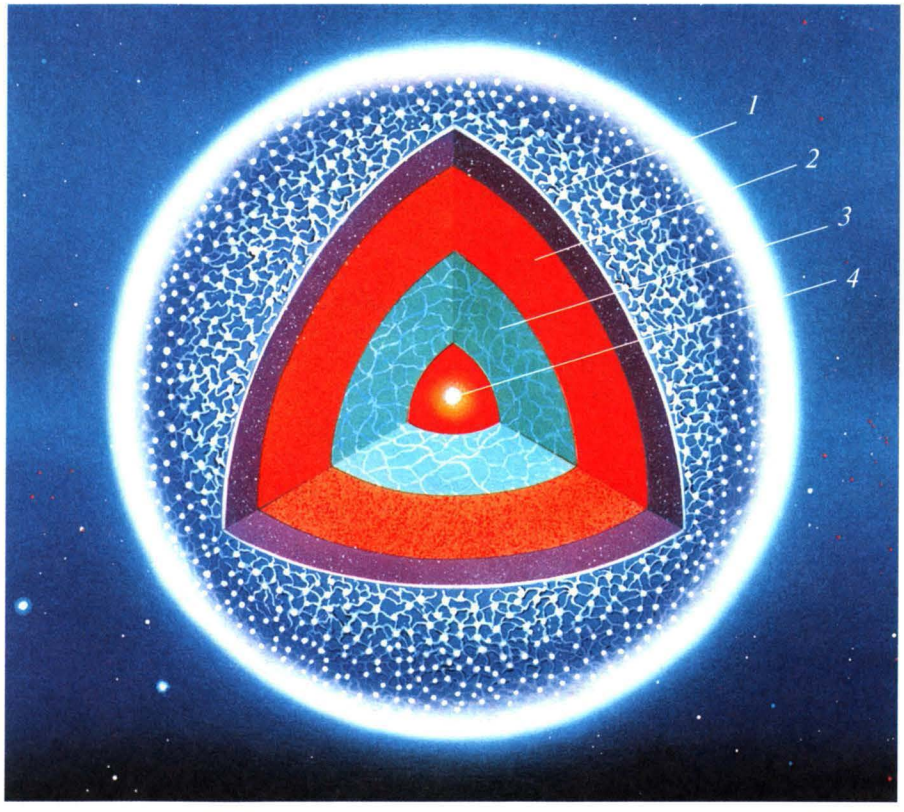
Гравитационный коллапс — неудержимое сжатие массивных и сверхмассивных звезд в конце их эволюции. ■

Гравитация (всемирное тяготение) — взаимное притяжение физических тел. Описывается законом всемирного тяготения, сформулированным Исааком Ньютоном. ■

В 1930 г. американский астрофизик Субраманьян Чандрасекар (1910—1995), индиец по происхождению, вычислил, что давление вырожденного газа может противостоять гравитации, если масса ядра звезды не превышает 1,4 массы Солнца (это так называемый «предел Чандрасекара»). В этом случае оболочка светила рассеивается в окружающем пространстве, а ядро превращается в белый карлик.

Средняя плотность вещества белых карликов очень высока — около одной тонны на кубический сантиметр, а по размерам они обычно сравнимы с Землей. Один из самых известных белых карликов — спутник Сириуса, ярчайшей звезды на небе. Радиус этой звездочки лишь в несколько раз больше земного, а масса почти равна массе Солнца. ■

Остаток вспышки сверхновой звезды в созвездии Парусов, с которой в 1977 г. был отождествлен пульсар.



Строение нейтронной звезды. 1 — твердая кора; 2 — плотная плазменная оболочка; 3 — сверхтекучая и сверхпроводящая жидкость; 4 — ядро (масштаб не выдержан).

сотен оборотов за секунду). Скорость вращения на экваторах таких звезд составляет до 20% от скорости света.

Сейчас ученые предполагают, что при рождении миллисекундные пульсары не обладают такими периодами, а раскручиваются позже, поглощая вещество близкой звезды-спутника. Интересно, что именно возле миллисекундного пульсара в созвездии Девы в 1992 г. были открыты первые планеты за пределами Солнечной системы.

С нейтронными звездами, которые входят в состав тесных двойных систем, связаны, вероятно, и рентгеновские барстеры — источники сильных периодических вспышек этого жесткого излучения.

Вещество, перетекающее со звезды-спутника, не падает прямо на поверхность нейтронной звезды, а приближается к ней по спирали, образуя при этом аккреционный диск («аккреция» происходит от *лат.* accretio — «приращение», «увеличение»).

По мере накопления вещества на поверхности из-за давления вышележащих слоев его температура растет. Когда она становится достаточной для начала термоядерных реакций, в диске происходит взрыв, порождающий всплеск рентгеновского излучения длительностью несколько секунд. После такого взрыва звезда на несколько часов успокаивается, а затем, накопив новое «топливо», светило взрывается опять. ■

Черные дыры. По теории, разработанной учеными, максимальная масса нейтронной звезды должна быть около трех масс Солнца. Гравитационный коллапс (неудержимое сжатие) более массивных объектов не может остановить даже сила давления нейтронного газа. Сжатие таких звезд-сверхгигантов продолжается до тех пор, пока не возникнет такой загадочный объект, как **черная дыра.**

Астрономическая единица времени — 1 сутки (сут.), что составляет 86 400 с. Интервал в 36 525 суток составляет так называемое «юлианское столетие» — мера для больших интервалов времени. Астрономическая единица массы — это масса Солнца. Она составляет 2×10^{30} кг. Для чисел с большим количеством нулей существуют специальные названия. В России и Америке числа с тридцатью нулями называются нониллионами, а в Западной Европе — это квинтиллионы; таким образом, по-русски и по-американски масса Солнца составляет 2 нониллиона, а по-европейски — 2 квинтиллиона кг. Астрономическая единица длины — 1 а. е. (она так и называется: астрономическая единица) — это среднее расстояние от Земли до Солнца. По данным непрерывных наблюдений за движением планет, спутников, Солнца и Луны, на основе этих единиц, выводятся все основные (фундаментальные) постоянные астрономии. ■

Предположение, что во Вселенной могут существовать объекты, сила притяжения которых удерживает даже излучаемый ими свет, возникло более 200 лет назад. Еще в 1783 г. английский ученый Джон Мичел (1724—1793) указывал, что гравитационное поле массивной и компактной звезды может быть столь сильным, что испущенный ее поверхностью луч света будет притянут обратно, а не уйдет в космическое пространство. Поскольку свет (точнее, электромагнитное излучение) является главным источником информации о космических телах, увидеть эту звезду не удастся никому. Поэтому в 1969 г. американский ученый Джон Уилер (род. 1911) назвал объекты с такими свойствами «черными дырами».

Все известные до сих пор «кандидаты» в черные дыры обнаружены астрономами только по «косвенным уликам» — гравитационному воздействию на другие тела. Наиболее сильно оно проявляется, когда черная дыра входит в состав тесной двойной системы и образует пару со звездой-гигантом. Газ из оболочки спутника, сорванный мощным притяжением черного монстра, закручивается вокруг него, образуя диск (как и в случае нейтронной звезды). Здесь газ нагревается до очень высокой температуры и становится источником жесткого излучения. Обнаружив такой диск, ученые вычисляют массу невидимого компактного объекта в его центре. Если она превышает несколько масс Солнца, значит, это не что иное, как черная дыра.

Наиболее вероятным кандидатом в черные дыры астрономы считают источник рентгеновского излучения Лебедь X-1 в созвездии Лебедя. Он входит в состав двойной системы со звездой-сверхгигантом, наблюдаемой в оптическом диапазоне. Масса компактного объекта в центре диска превышает шесть масс Солнца. Если это не черная дыра, то что?

По гравитационному притяжению можно «вычислить» и черные дыры в ядрах галактик. Например, исследуя движения звезд в центре нашей Галактики, астрономы обнаружили, что они согласуются с наличием там очень компактного тела с массой в несколько миллионов масс Солнца. По современным представлениям, ни один объект, кроме черной дыры, такими свойствами обладать не может. Подобные «следы» обнаружены и в ядрах других галактик. Например, движение звезд в околоядерной области Туманности Андромеды также согласуется с присутствием компактного сверхмассивного тела.

Процессы, происходящие внутри черной дыры, остаются тайной. И некоторые ученые считают, что они будут таковой всегда. Даже если человечеству удастся отправить к черной дыре автоматический зонд, он не сможет передать оттуда никаких данных. Выход информации из черной дыры невозможен.

Недаром сферу, радиус которой равен радиусу Шварцшильда, а центр совпадает с центром дыры, называют **горизонтом событий**. Все, происходящее за этим горизонтом, надежно скрыто от наблюдателя гравитационным полем черной дыры. Такая странная особенность породила массу предположений о свойствах этих объектов. Их называли и тоннелями в другие вселенные, и машинами времени, и местом рождения новых состояний материи.

Может быть, в недрах черных дыр нарушаются основные законы нашей Вселенной: принцип причинности и закон сохранения энергии. Впрочем, многие ученые уверены, что представления о странности черных дыр порождены ограниченностью человеческого знания, и надеются, что многие их тайны станут понятны после объединения двух великих физических теорий XX столетия — общей теории относительности и квантовой механики. ■

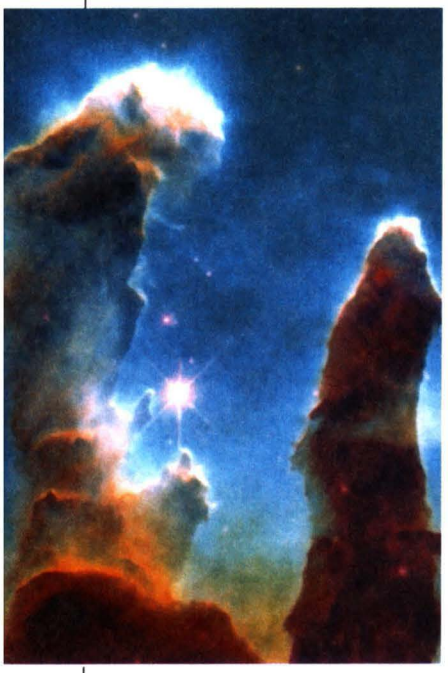
Чтобы преодолеть притяжение некоего космического тела, необходимо двигаться со скоростью, превышающей вторую космическую (скорость убегания), которая на поверхности Земли приблизительно равна 11 км/с. Эта скорость тем больше, чем меньше радиус притягивающего тела. Если оно по каким-то причинам начинает сжиматься и его радиус уменьшается, например, в четыре раза, скорость убегания возрастает вдвое.

При 16-кратном уменьшении радиуса скорость убегания становится больше в четыре раза. Наконец, при достижении телом радиуса определенного значения скорость убегания возрастает до 300 тыс. км/с, т. е. становится равна скорости света, превысить которую не может ни один объект. Это значение называется **радиусом Шварцшильда** — в честь немецкого астронома Карла Шварцшильда (1873—1916), который впервые его рассчитал. Черной дырой является любой объект с радиусом меньше шварцшильдовского, т. к. скорость убегания на его поверхности должна превысить скорость света. Для Солнца, например, радиус Шварцшильда равен 3 км, а для Земли — 1 см.

Параметры черных дыр описываются общей теорией относительности Эйнштейна. Она не накладывает ограничений на массы этих объектов, но на основе наблюдений получается, что черные дыры бывают лишь двух видов. Первые в несколько раз массивнее Солнца и образуются, как полагают ученые, при гравитационном коллапсе звезды, если масса ее ядра превышает предельно допустимую массу нейтронной звезды. Черные дыры второго вида в сотни тысяч и даже миллионы раз массивнее Солнца и располагаются в ядрах галактик. Как они рождаются, пока неясно. ■

Нужна ли генеральная уборка Вселенной?

Межзвездное пространство в Галактике не пусто. Оно заполнено газом, пылью, магнитным полем и космическими лучами — тем, что обобщенно называют межзвездной средой. Плотность вещества здесь крайне мала: она в триллионы триллионов раз уступает плотности вещества звезд и планет. Однако это не значит, что межзвездная среда не заслуживает внимания астрономов. Именно из газа и пыли возникают новые светила. Двигаясь по своим орбитам, галактики «нагребают» на себя (как бульдозер снег) межгалактический газ, пополняя таким образом собственные запасы. Межзвездная среда — один из важнейших перекрестков, где сходятся основные потоки круговорота вещества во Вселенной.



Газопылевые столбы в туманности М16.

Межзвездный газ. Межзвездное вещество состоит из двух компонентов — газа и пыли. Его полная масса в Галактике составляет несколько процентов от всей ее массы. В пространстве это вещество распределено крайне неравномерно. Бо́льшая часть объема Галактики заполнена разреженным горячим газом — его температура достигает нескольких тысяч градусов, а плотность в окрестностях Солнца составляет всего 0,1—1 атом на кубический сантиметр. Современные наблюдения позволили обнаружить в Галактике состоящие из газа диффузные (т. е. не имеющие определенной формы и резких границ) облака размером около сотни световых лет и плотностью около 50 атомов на один кубический сантиметр. Приблизительно половина всей массы межзвездного газа приходится на молекулярные облака. Самые большие из них называются гигантскими молекулярными облаками. Масса такого облака может достигать миллиона солнечных масс, а размер — многих десятков и даже сотен световых лет. Гигантских молекулярных облаков в Галактике около четырех тысяч. Более плотные концентрации вещества, встречающиеся как внутри гигантских молекулярных облаков, так и самостоятельно, условно разделяют на две группы. Первая — малые молекулярные облака. Они имеют диаметр в несколько световых лет, плотность примерно от 1 до 10 тысяч молекул в кубическом сантиметре и температуру около 10—20 К.

Вторая группа — так называемые **глобулы**. Это компактные сгустки газа и пыли, имеющие сферическую форму и поперечник в несколько тысяч астрономических единиц. В наиболее плотных областях малых молекулярных облаков — их ядрах, а также в глобулах часто (несколько штук в год) образуются молодые звезды. Облака всех видов и межоблачный газ сосредоточены в диске нашей Галактики и редко встречаются на расстояниях более 1000 световых лет от него.

Химический состав межзвездного вещества астрономам известен достаточно хорошо. Приблизительно 70% его массы приходится на водород, еще 30% — на гелий. Доля тяжелых элементов не превышает 2%, причем значительная их часть содержится не в газе, а в пылинках. Газ в межоблачном пространстве и в диффузных облаках состоит в основном из атомов водорода и других элементов. Основной составной частью молекулярных облаков, как следует из их названия, является молекула водорода — самая распрост-

Большая Туманность Ориона. Диффузная (бесформенная) туманность — огромное облако газа и пыли, в которое погружено много звезд.

раненная во Вселенной. В ядрах молекулярных облаков, где температура не превышает 10 К, а плотность достигает миллионов частиц на кубический сантиметр, обнаружены и другие молекулы: оксид углерода, вода, аммиак, углекислый газ и даже простейшие органические соединения.

С Земли межзвездные облака наблюдаются в виде светлых и темных туманностей. В ясную зимнюю ночь в южной стороне неба выделяется красивое созвездие Ориона. Под тремя яркими звездами, образующими «пояс» этого мифического охотника, мерцают три звезды послабее — «меч» Ориона. В бинокль хорошо заметно, что средняя из них окутана туманным свечением. Это знаменитая Большая Туманность Ориона — часть огромного газопылевого облака, в которое погружено множество молодых звезд.

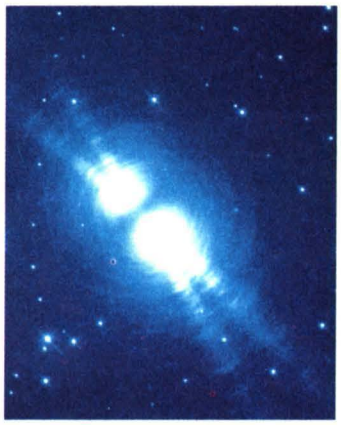
Туманность Ориона является примером **эмиссионной** туманности, светящейся за счет собственного излучения газа, нагретого близкой звездой. Другой вид светлых туманностей — **отражательные**, т. к. их освещают близлежащие звезды: подобным образом ночью становится виден туман вокруг горящего фонаря. Одна из наиболее известных отражательных туманностей окружает звезды рассеянного скопления Плеяды.

Если межзвездное облако располагается перед источником яркого излучения, то оно наблюдается как темная туманность. Такие объекты достаточно разнообразны по размерам — от небольших плотных сгустков до крупных облаков, которые хорошо различимы даже невооруженным глазом. Примером темной туманности может служить Угольный Мешок — пятно на мерцающей ленте Млечного Пути. Несколько веков назад астрономы были уверены, что подобные «провалы» действительно отмечают места, лишенные звезд. Теперь ученым ясно — на самом деле такие пятна возникают в результате того, что межзвездная материя сильно поглощает свет. Излучение звезд, проходя через наиболее плотные области молекулярных облаков, ослабевает настолько, что становится практически невидимым. Не будь Угольный Мешок такой помехой, сияющий центр нашей Галактики предстал бы взору человека, уступив на ночном небе первенство в яркости только Луне. Как темные туманности также наблюдаются и глобулы — на фотографиях, сделанных при помощи телескопов, они выглядят крохотными черными пятнами на фоне светлой туманности.

Особое место среди подобных космических объектов занимают туманности, образованные оболочками, сброшенными звездами на поздних стадиях эволюции. Когда маломассивная звезда, исчерпав запасы термоядерного топлива, превращается в белый карлик, ее оболочка разлетается в космическом пространстве. Так возникают планетарные туманности. Свое название они получили за правильную кольцеобразную форму — приблизительно

Когда планетарные туманности начали наблюдать с помощью мощных телескопов, оказалось, что многие из этих объектов имеют причудливые очертания. Об этом говорят их названия — Сова, Сатурн, Бабочка и даже Гантель. ■

Планетарная туманность Кольцо в созвездии Лиры.



Газ и пыль у молодой звезды.

Остатки взрыва сверхновых звезд — еще один вид сброшенных звездных оболочек. Самая известная из них — Крабовидная туманность в созвездии Тельца, названная так за свою необычную форму. Она возникла при взрыве сверхновой, которая загорелась на небосводе в 1054 г., что было отмечено во многих древних китайских летописях. Волокнистая структура и Крабовидной туманности, и других остатков сверхновых связана, вероятно, с тем, что оболочка, изначально разлетающаяся сферически симметрично, затем постепенно разрушается, сталкиваясь на огромной скорости с близкими плотными облаками межзвездного газа. ■

Если бы относительное число пыли в земной атмосфере было таким же, как в межзвездном газе, люди практически не смогли бы ничего увидеть на расстоянии вытянутой руки. ■

зительно половина этих объектов при наблюдениях в небольшой телескоп напоминает диски планет. Такова, например, туманность Кольцо, расположенная на расстоянии 2200 световых лет от Земли в созвездии Лиры. Свечение планетарной туманности вызвано тем, что газ здесь разогрет до нескольких тысяч градусов излучением ядра туманности, оставшегося на месте родительской звезды, — белого карлика. Как правило, эти объекты очень горячи — температура их поверхности иногда превышает 100 тыс. градусов. Планетарные туманности существуют недолго (по космическим меркам), всего несколько десятков тысяч лет. ■

Космическая пыль. Еще в XIX в. российский астроном Василий Струве (1793—1864) впервые оценил величину межзвездного поглощения световых лучей. Окончательно же его наличие было доказано в 1930 г. американцем Робертом Трюмплером. Долгое время природа этого поглощения оставалась непонятной. Однако, проведя подробные исследования его свойств, ученые выяснили, что поглощают свет крохотные пылинки, рассеянные в межзвездном пространстве. На их долю приходится приблизительно один процент всей массы межзвездной материи.

О составе и свойствах межзвездной пыли известно не так много, поскольку ее пока невозможно исследовать непосредственно.

Ученым приходится строить различные модели космической пыли. Они делают предположения о химическом составе, строении, размерах и форме пылинок. Затем астрономы вычисляют, как будет изменяться свет звезд, проходя через облако пыли с такими свойствами, а потом сравнивают полученный результат с наблюдениями. Так удалось выяснить, что в основном пылинки состоят из графита или соединений кремния. К ним примешано небольшое количество железных пылинок и крохотных частиц, состоящих из сложных молекул. В 70-х гг. двадцатого столетия английский астрофизик Фред Хойл (род. 1915) и его коллеги предположили, что часть межзвездных пылинок — это не что иное, как... остатки бактерий и вирусов, обитающих в темных холодных облаках.

Основной источник пыли в Галактике — гигантские массивные холодные звезды. При температуре 2—3 тыс. градусов, характерной для их атмосфер, углерод и кремний переходят из газообразного состояния в твердое. Затем излучение звезды «выметает» их в окружающее пространство. Образно говоря, красные гиганты создают вокруг себя мощную пылевую завесу. Одна из таких звезд — R Северной Короны — временами выбрасывает настолько плотные пылевые облака, что ее блеск ослабевает на 8 звездных величин.

В целом газ и пыль в Галактике хорошо перемешаны. Но часть красных гигантов — источников пыли — расположена высоко над галактическим диском, т. е. вдали от плотных газовых облаков. Выбрасываемая ими пыль, вероятно, может «выметаться» давлением световых лучей звезд в межгалактическое пространство, где недавно также обнаружены пылевые облака. Другим источником пыли являются сброшенные оболочки новых и сверхновых звезд, а также планетарные туманности.

Пыль играет важнейшую роль в круговороте вещества в Галактике, в частности при образовании звезд в плотных молекулярных облаках. Когда протозвездное облако начинает сжиматься, чтобы превратиться в звезду, газ в его недрах разогревается и возросшее давление препятствует сжатию. Чтобы оно стало возможным, газ в облаке необходимо постоянно охлаждать. Именно пыль выполняет эту важнейшую функцию — сталкиваясь с пылинками, частицы газа передают им свою тепловую энергию. Пылинки, нагреваясь от столкновений, испускают инфракрасное излучение, ко-

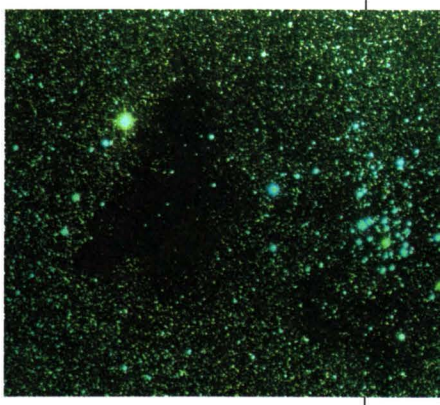
торое почти беспрепятственно покидает облако. Таким образом оно непрерывно теряет энергию, выделяющуюся при сжатии, и этот процесс может продолжаться.

Важна и химическая роль пыли. По современным представлениям, образование многих молекул в межзвездных облаках активнее всего происходит на поверхности пылинок. Интересно, что только здесь образуется самая распространенная молекула в космосе — молекула водорода. ■

Круговорот межзвездного вещества. Вещество во Вселенной находится в непрерывном движении. Межзвездные газ и пыль сметаются в молекулярные облака. В их наиболее плотных областях газ начинает неудержимо сжиматься под действием собственного гравитационного притяжения. Когда температура в этом протозвездном сгустке достигает нескольких миллионов градусов, в нем начинаются термоядерные реакции — так рождается новое светило. Пройдя свой жизненный цикл, звезда почти все свое вещество возвращает в космическое пространство. Маломассивные звезды сбрасывают оболочку плавно, с небольшими скоростями — около 10–20 км/с. Несколько десятков тысяч лет вокруг такого светила существует планетарная туманность, а затем сброшенная оболочка растворяется в межзвездной среде.

Значительно эффектнее заканчивают жизнь «тяжелые» звезды. При взрыве сверхновой сброшенная ею оболочка летит со скоростью несколько тысяч километров в секунду, за короткое время удаляясь на значительное расстояние, и сгребает по пути встреченное межзвездное вещество. Через несколько сотен тысяч лет после взрыва остаток сверхновой также рассеивается. Нужно отметить, что вещество, вошедшее в звезду при рождении, она возвращает «с процентами» — в виде тяжелых элементов, образовавшихся в светиле в результате термоядерного и ядерного синтеза.

Выброшенное старыми звездами вещество снова собирается в облака, и процесс эволюции повторяется. За миллиарды лет существования нашей Галактики звезды в ней рождались и умирали не один раз, поэтому газ и пыль, наблюдаемые в космосе, уже неоднократно побывали в «ядерной топке». ■



Пылевая туманность Угольный Мешок.

Пылевая туманность Конская Голова в созвездии Ориона.

ГАЛАКТИКИ. ОСТРОВА И МАТЕРИКИ ВСЕЛЕННОЙ

Звездные скопления

Звездным скоплением называют группу звезд, связанных общим происхождением, движением и положением в пространстве. Конечно, это определение несколько расплывчато. В Галактике существует множество двойных, тройных и даже восьмикратных звезд! Чтобы как-то прояснить ситуацию, астрономы условно приняли, что истинное звездное скопление должно содержать не менее 10—20 членов.

Одно из звездных скоплений. В нем хорошо заметны темные области.

Некоторые звездные скопления известны людям с глубокой древности, например Плеяды и Гиады, которые даже невооруженным глазом легко разделяются на отдельные звезды. Другие, такие, как Ясли или шаровое скопление Омега Центавра, до эпохи телескопов считались туманностями, подобными, например, Большой Туманности Ориона. В XVII в. Галилео Галилей впервые обнаружил, что многие туманные пятна, видимые на небе среди звезд, представляют собой места сгущения светил. Ученый был так поражен этим фактом, что не колеблясь заявил — все без исключения «туманности» являются звездными группами. В действительности же из 103 объектов одного из первых каталогов туманных пятен, составленного «ловцом комет» французским астрономом Шарлем Мессье (1730—1817), скоплениями были только 57. Остальные оказались либо облаками межзвездного газа, либо галактиками.

Огромную роль в изучении звездных скоплений сыграл другой известный астроном того времени англичанин Вильям Гершель (1738—1822). Поначалу он также предполагал, что все открытые им туманности (более 2500) при наблюдениях в сильный телескоп должны разрешаться на отдельные звезды.

Однако впоследствии Гершель обнаружил, что некоторые из них являются газовыми облаками. Суммируя результаты своих наблюдений, астроном впервые попытался составить из туманностей разных видов единую эволюционную последовательность и высказал при этом верную мысль — звезды и их скопления образуются в результате уплотнений «размытых» облаков газа.

В XIX в. разрешающая способность астрономических инструментов существенно повысилась. Наблюдения в сочетании с фотографическими методами исследований помогли ученым установить, что скопления в зависимости от внешнего вида можно разделить на две группы — шаровые и рас-

сеянные. Третий вид скоплений — ассоциации — был открыт только в XX в. Тогда же, после начала систематических измерений собственных движений звезд, ученые обнаружили, что существует особый вид скоплений — движущиеся группы. Эти светила находятся так близко к нам, что их «скученность» заметить невозможно. Действительно, глядя на созвездие Большой Медведицы, трудно предположить, что это на самом деле связанная группа светил, подобная Плеядам (лишь одна из звезд ковша Большой Медведицы просто проецируется на скопление). Эти звезды находятся на одинаковом расстоянии от Солнца и летят в одном направлении. Впоследствии оказалось, что внешние признаки скоплений разных видов обусловлены глубокими внутренними различиями в происхождении, возрасте и химическом составе входящих в них звезд. ■

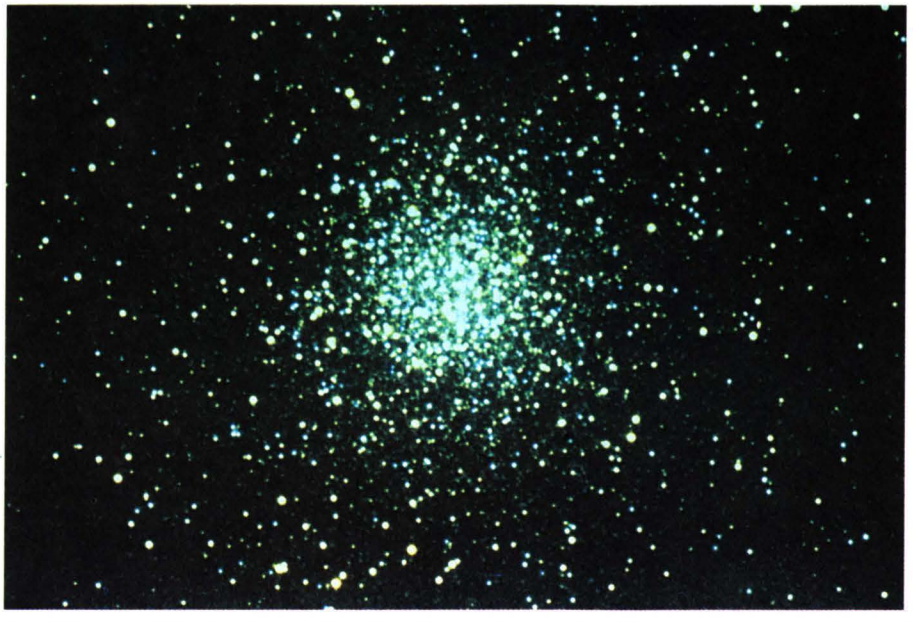
Шаровые скопления. Эти скопления получили свое название благодаря сферической или слегка сплюснутой, эллипсовидной форме. Типичное шаровое звездное скопление состоит из нескольких сотен тысяч звезд и занимает в космическом пространстве область диаметром около 100 световых лет.

Звезды шарового скопления постоянно движутся, и удерживает их вместе только взаимное притяжение.

Всего в Галактике, вероятно, несколько сотен шаровых скоплений, но астрономам известно лишь около 150.

В современной Галактике на тяжелые элементы приходится примерно два процента полной массы вещества. В шаровых скоплениях это число в среднем в 20 раз меньше: наиболее старые из подобных скоплений образовались очень давно, когда содержание тяжелых элементов было меньше современного в сотни раз.

Шаровые скопления считаются старейшими объектами Галактики. Некоторые ученые сейчас даже предполагают, что в начальную эпоху формирования нашей звездной системы вся ее масса была заключена в шаровых скоплениях. Через несколько миллионов лет после начала образования в скоплениях звезд самые массивные из них завершили свой жизненный путь и начали вспыхивать как сверхновые. Их мощные взрывы очистили



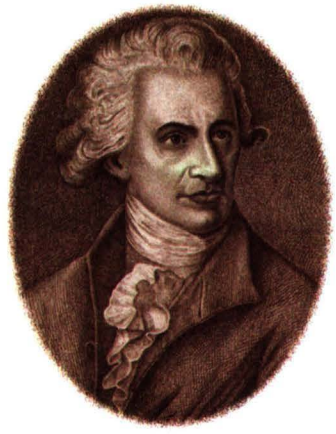
Шаровое скопление M5.

Шаровые скопления возникли не одновременно — разброс моментов их рождения достигает нескольких миллиардов лет. Не исключено, что самые молодые из шаровых скоплений образовались при падении на диск Млечного Пути небольшой соседней галактики, случившемся около 10 млрд лет назад.

Все шаровые скопления очень далеки от Солнца. Ближайшее к нам скопление M4 находится на расстоянии более 6000 световых лет. ■

Фактически настоящие исследования шаровых скоплений начинаются только сейчас. Раньше этому препятствовали возраст этих объектов и их удаление. Во-первых, шаровые скопления стары, и все яркие массивные звезды в них уже умерли.

Во-вторых, в ядрах шаровых скоплений звезды расположены очень близко друг к другу. ■



Вильям Гершель.

Рассеянное звездное скопление Плеяды, видимое невооруженным глазом.

Египетские созвездия. Древние египтяне, подобно другим народам, постепенно выделяли на небосводе наиболее яркие звезды, объединяли их в группы, создавая воображаемые фигуры, и давали им собственные имена. До нашего времени дошли 45 названий египетских созвездий, отличающихся от принятых, например, в Вавилонии и в Древней Греции. Археологи находят упоминания о них в текстах и рисунках на потолках храмов и гробниц. Расположение на небосклоне созвездий, выделенных египтянами, можно определить только приблизительно, т. к. росписи потолков не составляют полной звездной карты. В текстах упоминаются «Звезды на севере неба», а среди них — «Мес» (вероятно, Большая Медведица), созвездие «Ан» — фигура с головой сокола, пронзающая копьем созвездие «Мес».

Упоминаются также «Крокодил» и «Бегемотиха» (вероятно, группа звезд в окрестностях Малой Медведицы — «Бегемота»). Околополярные незаходящие созвездия именовались «неразрушимыми».

скопления от газа, который к тому времени не успел войти в состав звезд, — он стал основным материалом для формирования диска Галактики. При этом в него уже попали продукты взрывов сверхновых — химические элементы тяжелее бора, которые в астрономии иногда для простоты (хотя и неточно!) называют металлами. Звезды диска формировались из этого обогащенного газа, поэтому в плоской составляющей Галактики и не удается обнаружить старые объекты, лишенные металлов.

Шаровые скопления обращаются вокруг центра Галактики по вытянутым эллиптическим орбитам, время от времени пересекая диск. Для них это иногда кончается плачевно. Сильное гравитационное поле диска способно вырвать из шарового скопления часть светил. И если масса скопления не очень велика, за несколько подобных путешествий оно может полностью разрушиться.

Высокая звездная плотность приводит к тому, что при наблюдении с Земли ядра большинства шаровых скоплений сливаются в единый сияющий шар. Поэтому раньше удавалось изучать только «окраины» таких скоплений, а вопрос, насколько по этим областям можно судить обо всем объекте, оставался открытым. Лишь недавно Космический телескоп имени Хаббла позволил разрешить на отдельные звезды ядра некоторых скоплений. ■

Рассеянные скопления. Второй вид звездных скоплений — рассеянные. Они отличаются от шаровых значительно меньшей звездной плотностью и неправильной формой. Астрономам сейчас известно более 1200 рассеянных скоплений. Все они расположены в диске Галактики. Вероятно, самым знаменитым рассеянным скоплением являются Плеяды, или Семь Сестер (на Руси его называли также Стожарами), в созвездии Тельца, хорошо видимое невооруженным глазом. Большинство людей различают в нем только шесть звезд, хотя их общее количество гораздо больше — от 300 до 500. Впервые научно обоснованное утверждение о единстве звезд Плеяд сделал в 1767 г. английский астроном Джон Мичел (1724—1793). По его подсчетам, вероятность случайного попадания на небольшой участок неба шести ярких звезд крайне мала. Поэтому ученый пришел к выводу, что Плеяды держатся вместе «взаимным тяготением или предначертанием Творца».

В созвездии Тельца находится и другое известное рассеянное скопление — Гиады. До этого объекта, окружающего на небосводе самую яркую звезду в Тельце — красноватый Альдебаран (он в состав скопления не входит), — всего 40 парсеков. Такая близость Гиад сделала их одним из самых популярных астрономических объектов. Звезды, входящие в это скопление, часто используются в астрофизике в качестве эталона химического состава, расстояния и пр.

Рассеянные скопления обычно включают от нескольких десятков до нескольких сотен звезд. Лишь в немногих из них объединены несколько тысяч членов. Поперечники рассеянных звездных скоплений невелики: луч света пробегает их от края до края примерно за несколько десятков лет. Возрасты скоплений варьируются от нескольких миллиардов лет практически до нуля. Самые молодые скопления состоят из звезд, которые только появились на свет — здесь рядом со светилами часто видны остатки газопылевых облаков, давших им жизнь. Значительная часть светил в рассеянных скоплениях находится на основной стадии звездной эволюции — горения водорода в ядре. В более зрелых скоплениях некоторые звезды уже перешли на иную эволюционную ступень — превратились в красные гиганты. Самые старые рассеянные скопления — M67 и NGC 188 — мало отличаются по звездному населению от шаровых скоплений.

Рассеянные скопления не столь массивны, и потому менее устойчивы. К тому же жить им приходится в значительно более суровых условиях диска. Как правило, рассеянные скопления существуют около миллиарда лет, постепенно «растворяясь» в общем звездном поле Галактики. ■

Звездные ассоциации. Еще в начале XX в. ученые высказывали предположение, что некоторые группы ярких молодых звезд можно выделить только по их общему собственному движению — в отличие от шаровых и рассеянных скоплений они очень разрежены и не сильно выделяются на небе. Однако именно эти малочисленные и плохо заметные группировки, которые Артур Эддингтон назвал ассоциациями, помогли совершить одно из важных астрономических открытий XX в.

В 1947 г. советский астрофизик Виктор Амбарцумян обнаружил, что звезды в некоторых ассоциациях разлетаются в разные стороны, т. е. эти объекты неустойчивы. Подобных ассоциаций оказалось слишком много для того, чтобы предположить их образование в результате случайной встречи группы похожих друг на друга звезд. Значит, они возникли совсем недавно, буквально «на глазах» ученых! Этот факт стал первым доказательством того, что процесс образования звезд в Галактике не закончился много миллиардов лет назад, а, напротив, активно идет в настоящее время.

По своим характеристикам звездные ассоциации похожи на большие, очень молодые и разреженные рассеянные скопления и, как правило, состоят из нескольких десятков звезд. Они еще менее устойчивы, чем рассеянные звездные скопления. После окончания процесса звездообразования ассоциация — если ее масса невелика — разрушается. ■

Несколько основных астрономических постоянных, принятых Международным астрономическим союзом (МАС) в 1976 г.

1. Скорость света — 299 792 458 м/с.
2. Астрономическая единица — 149 600 000 км.
3. Время, за которое свет проходит 1 а. е., — 499,004782 с.
4. Экваториальный радиус Земли — 6 378 140 м.
5. Отношение масс Луны и Земли — 0,01230002 = 1/81,30068.
6. Постоянная прецессии (эпоха 2000.0) — 50",290966 в год.
7. Постоянная нутации (эпоха 2000.0) — 9",2109.
8. Наклон эклиптики к экватору (эпоха 2000.0) — 23°26'21",448. ■

Созвездие Ориона — звездная ассоциация.

Древнегреческий миф объясняет происхождение Млечного Пути так: Зевс приказал, чтобы его сына Геракла, рожденного земной женщиной, поднесли к груди спящей богини Геры. Вкусив божественного молока, Геракл стал бы бессмертным. Однако Гера проснулась и в гневе оттолкнула младенца. Брызнувшее из груди молоко белой полосой навечно опоясало небесную сферу. ■

Наша галактика. Млечный Путь

В ясную безлунную ночь, вдали от городских огней, на небе отчетливо видна серебристая туманная полоса, рассекающая его надвое. Это Млечный Путь. В нашем Северном полушарии он лучше всего виден в конце лета, примерно через час после захода Солнца. Млечный Путь проходит через созвездия Скорпиона, Стрельца, Орла и дальше простирается вверх: к Лебедю, Цефею и Кассиопее.

Огромная звездная система. При невооруженном взгляде на небо кажется, что звезды и Млечный Путь никак не связаны между собой и обладают различной физической природой. В разные времена расплывчатую светящуюся полосу считали облаком раскаленных газов в атмосфере Земли, результатом причудливого рассеяния солнечного света и даже заклепкой, соединяющей две половинки небесной сферы. Верную догадку о том, что наш Млечный Путь на самом деле является гигантским скоплением звезд, высказал еще древнегреческий философ Демокрит (около 460—370 до н. э.). Почти две тысячи лет спустя, в начале XVII в., ее правильность подтвердил итальянский ученый Галилео Галилей. Наведя на Млечный Путь свой самодельный телескоп, он увидел, что туманная лента в действительности состоит из множества слабых звездочек. Это было первое достоверное свидетельство того, что звезды не заполняют равномерно все пространство Вселенной, как можно заключить из кажущегося беспорядочного распределения светил на небосводе.

Панорама Млечного Пути.

Другой известный астроном-наблюдатель Вильям Гершель в XVIII в. подвел под это утверждение твердую научную основу. Проведенные им подсчеты светил, видимых в телескоп, позволили ученому впервые представить форму нашей звездной системы. И несмотря на то что, объясняя свои результаты, Гершель сделал несколько неверных предположений, основные его выводы остаются справедливыми и до сих пор. Вот как изложил их в 1833 г. сын ученого Джон Гершель: «Звезды, нами видимые, не разбросаны в пространстве без порядка, но образуют слой, толщина которого незначительна в сравнении с длиною и шириною». Проекция этой гигантской сплющенной звездной системы на небесную сферу и есть Млечный Путь.
Определить размеры «звездного острова», в состав которого входит Солнце, и понять его место во Вселенной ученым удалось лишь в первой четверти XX столетия. И хотя миф о Гере и Геракле остался в далеком прошлом, в названии нашего «острова» и других подобных систем навсегда осталось слово «молоко». По предложению американского астронома Харлоу Шепли, их теперь называют галактиками, от греческого «галактикос» — «молочный». А чтобы отличить от прочих нашу звездную систему, ее название пишут с заглавной буквы — Галактика. ■

Состав и строение Галактики. Главное препятствие для исследования структуры нашей звездной системы — то, что межзвездные газ и пыль ослабляют излучения светил. В результате бо̀льшая часть Галактики остается невидимой для обычных оптических телескопов. Поэтому, как это ни прискорбно, астрономам гораздо лучше известно строение многих окрестных «звездных островов», чем Млечного Пути. К счастью, наша Галактика, как свидетельствуют имеющиеся у ученых данные, относится к весьма распространенному во Вселенной виду. Поэтому судить о ней во многом можно по аналогии — наблюдая другие подобные системы. К тому же межзвездные пыль и газ, почти полностью блокируя видимый свет, гораздо лучше пропускают виды электромагнитных волн в гамма-, рентгеновском, инфракрасном и радиодиапазонах. Как только в распоряжении астрономов появились инструменты, чувствительные к этим видам излучения, структура Галактики начала проясняться.
Галактика Млечный Путь относится к классу спиральных систем (*см. ст.* «Гигантские звездные системы»). Галактику населяют около 200 млрд звезд, а также многочисленные газопылевые облака. Бо̀льшая часть звезд и практически все межзвездное вещество сосредоточены в диске диаметром более 100 тыс. световых лет и толщиной около 1000 световых лет. В центре диска расположено шарообразное уплотнение диаметром около 30 тыс. световых лет; астрономы называют его английским по происхождению словом «балдж».
Если бы человеку посчастливилось взглянуть на галактический диск сверху, то он увидел бы несколько гигантских закрученных спиральных ветвей, или рукавов, отходящих от балджа. Именно в этих спиралях, давших название всему классу звездных систем, в основном и «кипит» галактическая жизнь. Средняя плотность вещества в рукавах в несколько раз превышает его плотность в межрукавном пространстве.
Точное число спиральных рукавов в Галактике и их структура астрономам неизвестны — опять же из-за сильного поглощения света в плоскости диска. Выявлены участки трех крупных ветвей, названных по именам созвездий, в которых их обнаружили, — это рукава Стрельца, Лебедя и Персея. Солнце расположено между рукавами Стрельца и Персея, возможно, в небольшом ответвлении одного из них, называемом рукавом Ориона.

Если бы наша планетная система находилась в ядре Галактики, то люди смогли бы наблюдать удивительную по красоте картину: тысячи звезд сияют на ночном небе, соперничая по яркости с Луной. Впрочем, ночи в привычном значении тогда бы не было совсем... Нужно отметить, однако, что это прекрасное зрелище совершенно несовместимо с жизнью: опасное излучение множества близких звезд надежно стерилизовало бы все планеты, имевшие несчастье родиться в этом аду. К тому же, по современным теориям, само существование устойчивых планетных систем в таких плотных звездных группировках невозможно. ■

Вильям Гершель наблюдает небо в собственный телескоп.

С древних времен китайские астрономы пользовались не только солнечными, но также огненными и водяными часами. Например, огненные часы делались из завитых в сложные фигуры и спирали ароматных палочек. Эти палочки могли медленно тлеть (иногда целыми месяцами). Подвешенные на них металлические шарики падали вниз, когда палочка догорала до определенного деления, и своим мелодичным звоном сообщали время.

Более высокой точностью и совершенством отличались китайские водяные часы — часто очень роскошные, богато украшенные. Астроном Чжан Хэн (78—139) соединил с водяными часами искусственное дерево-календарь. С начала месяца каждый день на нем вырастало по одному листу. С 16-го числа листья начинали опадать, и к концу месяца не оставалось ни одного листа. А затем все повторялось заново.

Еще одно изобретение астронома — армиллярная сфера. На небесном глобусе было показано расположение звезд, обозначены планеты, Солнце и Луна, причем глобус медленно вращался. Чтобы эффектно показать действие прибора, один наблюдатель вместе с ним остался ночью в помещении без окон, а его коллеги следили за звездами. Первый астроном говорил: «Судя по тому, что показывает армиллярная сфера, на горизонте появилась такая-то звезда, такая-то звезда зашла...» А его коллеги отвечали: «Все это точно совпадает с тем, что мы наблюдаем».

Помимо звезд в состав диска входят облака межзвездного газа, имеющие самые различные размеры и массы. Бо̀льшая часть газа в Галактике сосредоточена в гигантских молекулярных облаках с массами от 10 тыс. до нескольких миллионов масс Солнца и диаметрами свыше 100 световых лет. В эти облака погружены более плотные сгустки вещества, в которых часто наблюдаются области звездообразования и скопления «новорожденных» звезд.

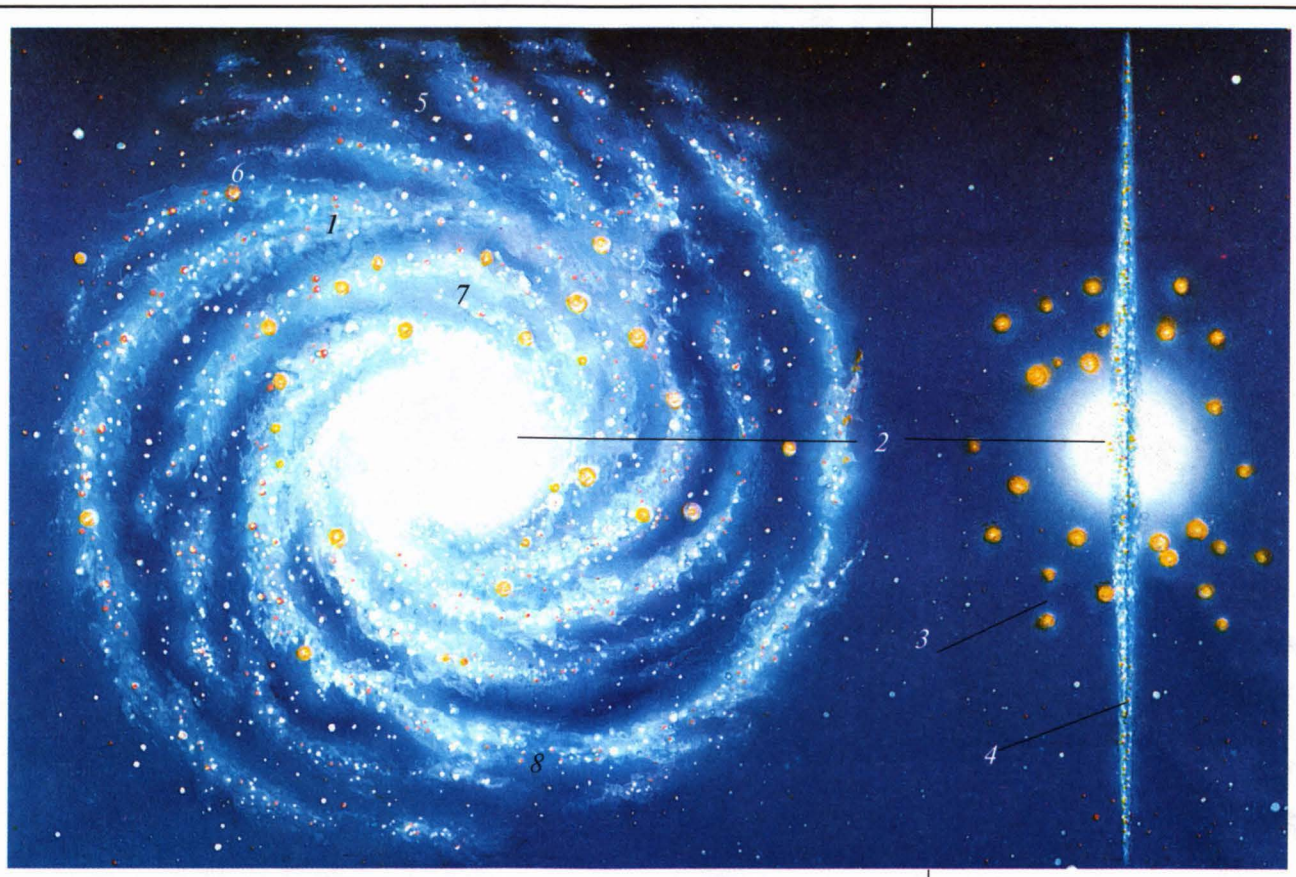
Без преувеличения можно утверждать, что самая загадочная область Галактики — это ее ядро. Оно расположено в созвездии Стрельца на расстоянии 25—30 тыс. световых лет от Солнца. К сожалению, многочисленные облака пыли и газа являются непроницаемой завесой для оптического излучения, поэтому вся информация о ядре почерпнута из наблюдений в других диапазонах спектра. Наблюдая инфракрасное излучение, астрономы обнаружили, что в центре Галактики находится компактное звездное скопление диаметром менее 100 световых лет и множество газовых облаков, обладающих сложной волокнистой структурой.

Число звезд, приходящихся на единицу объема ядра, в миллионы раз превышает звездную плотность в окрестностях Солнца.

Определив скорости звезд в этом центральном скоплении Галактики, астрономы установили, что их движение вызывается чрезвычайно массивным телом очень небольших размеров. По современным представлениям, такими свойствами обладают только черные дыры. Масса дыры в ядре нашей Галактики в несколько миллионов раз превышает солнечную. Ее притяжение «стягивает» газ из окрестностей ядра, и он закручивается вокруг черной дыры в виде диска, словно в гигантском космическом водовороте. Радиоизлучение этого газового диска — знаменитый источник Стрелец А — было замечено «отцом» радиоастрономии Карлом Янским в начале 30-х гг. XX в., но тогда о его природе, конечно, еще не догадывались. Да и теперь приходится признать, что картина процессов, происходящих в ядре Галактики, далека от завершения.

Диск нашей звездной системы довольно быстро вращается вокруг ее ядра, но не как единое целое — внутренние области совершают оборот быстрее, чем внешние. Солнце облетает вокруг центра Галактики за 220 млн лет — именно столько длится его «галактический» год. Возраст нашего центрального светила, таким образом, не превышает 30 галактических лет. Са-

Спиральная галактика NGC 432 (M100) в созвездии Девы.



мо Солнце и большинство звезд в его окрестностях движутся по своим орбитам со скоростями 230—250 километров в секунду. ■

Форма нашей Галактики и место в ней Солнечной системы. 1 — Солнце и Солнечная система; 2 — центральное утолщение; 3 — шаровые скопления в гало; 4 — слой пыли толщиной в 400 световых лет; 5 — рукав Персея; 6 — рукав Ориона; 7 — рукав Стрельца; 8 — рукав Лебедя.

Звездное облако — гало. Диск Галактики погружен в почти сферическое разреженное звездное облако — гало̀. Первым его существование обнаружил американский астроном Вальтер Бааде. Если население диска крайне разнообразно, то в гало встречаются лишь тусклые старые светила. Приблизительно один процент звезд гало входит в состав шаровых скоплений. Сейчас ученые считают, что формирование Галактики началось именно с гало — там образовались первые галактические звезды, наименее массивные из которых дожили до наших дней. Возраст самых старых объектов гало (его значение принято считать возрастом Галактики) превышает 12 млрд лет. Размеры гало точно не известны, но весьма вероятно, что его диаметр больше 150 тыс. световых лет.

Многие ученые считают сейчас, что помимо обычного звездного гало Галактика погружена в облако таинственного темного вещества. Оно не проявляет себя при обычных астрономических наблюдениях и заметно лишь по тому гравитационному влиянию, которое оказывает на звезды диска. Масса наблюдаемого вещества в диске составляет приблизительно 200 млрд масс Солнца. Однако звезды в Галактике движутся так, словно ее масса в действительности в десять раз больше. Астрономы до сих пор спорят о том, что именно может обладать такой огромной массой, при этом не излучая и не поглощая электромагнитные волны. В последние годы большой популярностью в качестве кандидатов на членство в темном гало пользуются «коричневые карлики» — плотные невидимые сгустки газа, масса которых слишком мала для превращения их в звезды. ■

Невооруженному глазу доступны только ближайшие к нам галактики — Магеллановы Облака (в Южном полушарии Земли) и Туманность Андромеды (в Северном), видимые уже не одну тысячу лет как туманные пятна различной формы. ■

Спиральная галактика с перемычкой (M83, NGC 1365).

Гигантские звездные системы

Еще в XIX в. астрономы полагали, что Вселенная состоит из звезд. Смелые догадки некоторых мыслителей о том, что светила Вселенной могут быть сгруппированы в гигантские «звездные острова», большинством ученых воспринимались скептически.

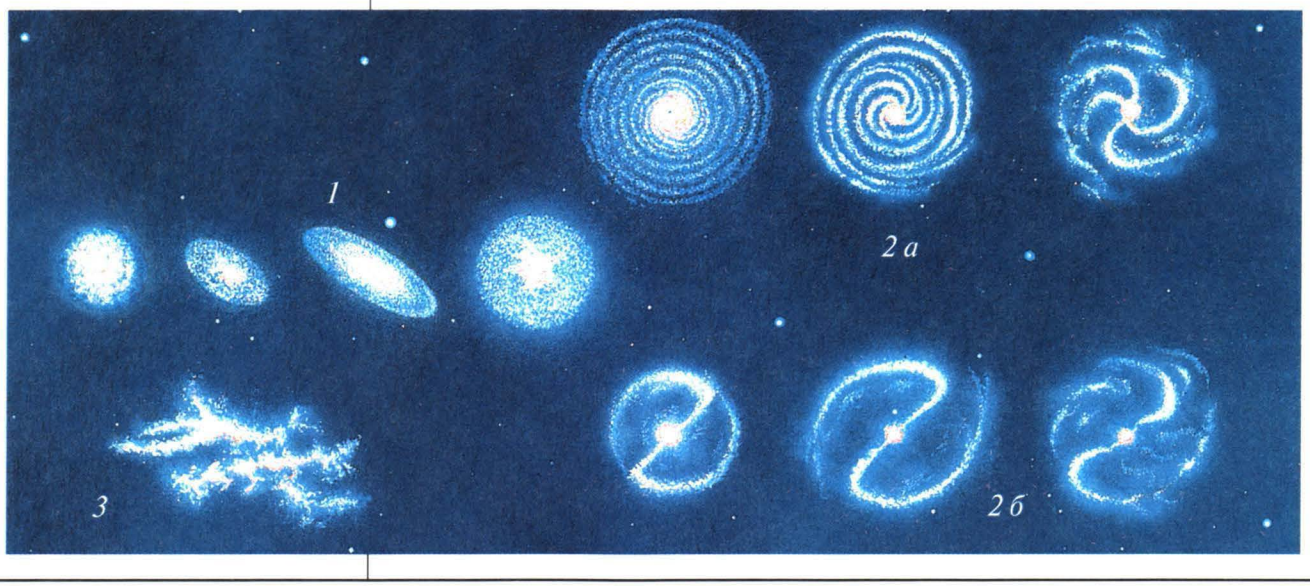
Правда, уже в конце XVIII в. астрономы знали, что, помимо светил, во Вселенной наблюдаются спиральные туманности — несовершенство телескопов не позволяло раскрыть природу этих загадочных объектов.

Только в первой половине XX в. благодаря развитию техники астрономы смогли увидеть, что туманные пятна на самом деле — огромные скопления светил. Первой была разрешена на звезды Туманность Андромеды, а затем и многие другие туманности. Ученые определили, что все эти «звездные острова» расположены далеко за пределами нашей Галактики.

Огромные звездные системы разделены в пространстве огромными расстояниями, которые даже свет, распространяющийся со скоростью 300 тыс. км/с, преодолевает многие миллионы лет.

Ученые определили, что среди подобных звездных систем встречаются гигантские галактики. Триллионы звезд, входящих в них, обращаются вокруг галактического центра со средними скоростями 300—400 км/с. Существуют также небольшие — карликовые — галактики, включающие в миллион раз меньше светил. Вращение подобных галактик и скорости движения звезд в них составляют примерно 10—20 километров в секунду.

Астрономы обнаружили в галактиках также межзвездное вещество: газ и пыль. Оно распределено неравномерно: рассеяно между звездами, собрано в огромные газопылевые облака, образует туманности вокруг молодых горячих звезд, светящиеся под влиянием их излучения. Найдены в галактиках и переменные звезды — цефеиды, благодаря которым удалось определить расстояния до далеких звездных систем. Вблизи галактик-гигантов часто встречаются небольшие галактики — так образуются архипелаги «островов» около звездных «материков». ■



Классификация галактик по Хабблу. 1 — эллиптические; 2 — спиральные (а — нормальные, б — с перемычкой); 3 — неправильные.

Многообразный мир галактик. Мир галактик необъятен, но еще большее удивление вызывает богатство его форм. Выдающаяся роль в исследовании подобных космических объектов принадлежит американскому астроному Эдвину Хабблу. Много лет он с помощью крупнейшего для своего времени телескопа изучал галактики. Хабблу принадлежит до сих пор принятая классификация галактик по их внешнему виду — особенностям строения. Астроном предложил относить все галактики к одному из трех типов: спиральные, эллиптические и неправильные. ■

Спиральные галактики. В созвездии Андромеды невооруженным глазом можно увидеть небольшое туманное пятнышко.

Это одна из ближайших к нам галактик, знаменитая Туманность Андромеды — спиральная звездная система, аналогичная нашей Галактике. Она находится на столь огромном расстоянии от нас, что свет от нее идет два миллиона лет. Подобные звездные системы (обозначаемые буквой «S») состоят как бы из двух частей — центральной сферы и диска. С ребра подобная «конструкция» похожа на два приложенных друг к другу блюдца. Если же посмотреть на нее «сверху», то можно заметить, что из сферы выходят несколько спиралей. Самые яркие и массивные звезды галактики находятся в спиральных рукавах; между ними, а также в галактическом центре — слабые и маломассивные желтые и красные звезды.

Среди спиральных галактик выделяются галактики с баром — перемычкой в центре, из концов которой исходят две спиральные ветви.

«Звездное население» перемычек имеет свои особенности: там нет горячих и молодых звезд, а есть только маломассивные старые желто-красные. Причем эти звезды обращаются вдоль перемычки по очень вытянутым орбитам, лежащим в плоскости диска галактики.

Характерная дискообразная форма галактики обусловлена вращением этого космического объекта. Галактики образовались из так называемого протогалактического облака. Оно сжималось, и центробежные силы не позволяли веществу концентрироваться перпендикулярно оси вращения. Таким образом могли возникнуть диски спиральных галактик, причем астрономы выяснили, что они вращаются со скоростью 200—300 км/с, один оборот длится сотни миллионов лет. Следует отметить, что диск вращается не как твердое тело и не так, как обращаются планеты вокруг Солнца, — звезды, находящиеся на краю диска, движутся вокруг общего центра намного медленнее, чем в его внутренних частях.

Звезды, входящие в состав галактик, взаимодействуют гравитационно — притягивают друг друга. Так образуется общее гравитационное поле галактики, в котором в результате вращения возникают уплотнения. Они имеют форму клочковатых спиральных ветвей. Звезды концентрируются в этих уплотнениях, как пузырьки, собирающиеся на поверхности вращающейся в стакане жидкости.

В спиральных ветвях наблюдается высокая плотность межзвездного вещества — газопылевых облаков. Они сжимаются, а это способствует рождению новых светил. Такие молодые и горячие звезды имеют высокую светимость. Поэтому спиральные рукава — очаги интенсивного образования звезд, отчетливо видны на фотографиях.

Туманность Андромеды — ближайшая к нам галактика.

Туманность Андромеды. Среди всех известных астрономам галактик Туманность Андромеды изучена лучше других. Туманность Андромеды находится далеко за пределами нашей звездной системы и является самостоятельным «островом» в необъятной Вселенной. Сколько же светил в этом огромном образовании? Астрономы утверждают, что 340 миллиардов! Все, что есть в нашей Галактике, имеется и у соседки: шаровые и рассеянные звездные скопления, газовые и пылевые облака, переменные и двойные светила. Обе галактики спиральные, правда у Туманности Андромеды лишь два звездных рукава. В 1885 г. в М31 произошла колоссальная вспышка сверхновой звезды — если бы на небосводе внезапно засияли миллиарды звезд, их суммарный свет не превзошел бы яркости этой одной! ■

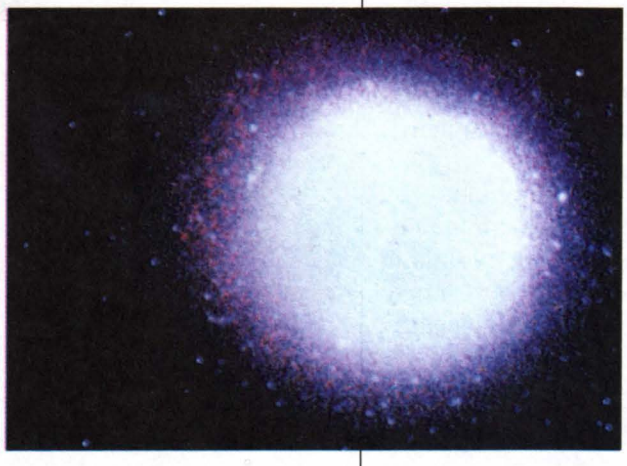
Спиральная галактика Водоворот со спутником.

Кроме основных типов галактик, выделенных Хаббломом, позже были открыты и другие — например, карликовые эллиптические галактики очень низкой плотности; компактные галактики небольшого размера, но имеющие высокую яркость.
Промежуточным типом между спиральными и эллиптическими являются линзовидные галактики (обозначаются «SO»). Это сильно сплюснутые системы, имеющие мощную сферу и диск, однако у них практически совсем не видны спиральные рукава. ■

Желтые и красные звезды, образующие центральную сферу — она получила также название балдж, — обладают небольшой массой и имеют более «солидный» возраст. Дело в том, что эти светила возникли задолго до того момента, когда вещество протогалактического облака начало сжиматься. «Население» балджа избегло дальнейшего сжатия, и потому он имеет шарообразную форму.
У галактик, как и у звезд и планет, есть спутники. Например, великолепная спиральная галактика Водоворот имеет на конце одной из ветвей небольшую галактику — спутник, который обращается относительно центра материнской галактики. Некоторые ученые, разработавшие теоретические модели этого явления, допускают, что, «случайно» пролетая мимо, галактика-спутник могла быть притянута гравитационным полем галактики Водоворот.
И ядро, и диск спиральных галактик погружены в гигантское облако — гало. Оно состоит из огромного количества старых маломассивных звезд низкой светимости, образовавшихся задолго до превращения галактики в диск. Это облако не видно на фотографиях. О присутствии гало астрономы догадались по его гравитационному влиянию на скорость вращения звезд в дисках.
Некоторые ученые полагают, что гало состоит не из звезд, а из некоего невидимого скрытого вещества. Но, возможно, гало — это планеты, живущие не в привычной нам системе с центральной звездой, а самостоятельно. ■

Эллиптические галактики. Эти галактики (обозначаются буквой «Е») имеют вид шара, а иногда напоминают лимон. Их яркость плавно уменьшается от центра к периферии. Доля эллиптических галактик в общем числе звездных систем — 25%.
Сжатие эллиптических галактик говорит о том, что они вращаются. По размерам эти галактики очень разнообразны — среди них встречаются и гиганты, и карлики. Сверхгигантские галактики могут достигать в диаметре миллионов световых лет. У большинства эллиптических галактик нет в составе межзвездного газа, поэтому формирования молодых звезд там не происходит. Население этих галактик — старые звезды, подобные Солнцу или менее массивные. Цвет у эллиптических галактик красный. ■

Неправильные галактики. Жители Южного полушария Земли могут невооруженным глазом видеть две галактики — Большое и Малое



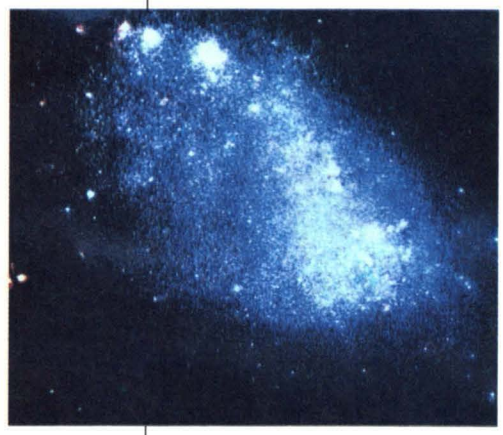
Эллиптическая галактика M87 в созвездии Девы.

Неправильная галактика Большое Магелланово Облако (Южное полушарие).

Магеллановы Облака. Они служат примером так называемых неправильных галактик, обозначаемых буквами «Ir» (от *англ.* irregular — «неправильный»).

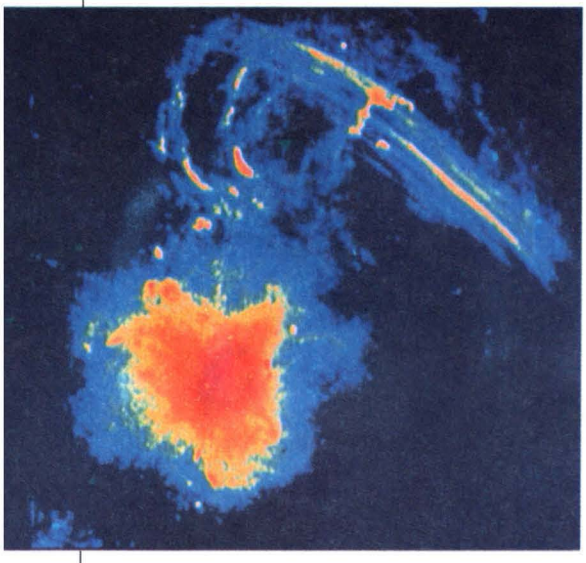
Для таких звездных систем характерны неправильная, «размытая» клочковатая структура и отсутствие четко выраженного центрального ядра. Например, Малое Магелланово Облако можно принять за небольшой участок Млечного Пути.

Неправильные галактики, не обнаруживая интересных закономерностей в своем строении, имеют, как правило, небольшие массу и размер. В таких звездных системах содержится много газа — до 50% общей массы. К этому классу принадлежат приблизительно 5% всех галактик обозреваемой Вселенной. ■



Неправильная галактика Малое Магелланово Облако — один из ближайших к нам «звездных островов».

Ядра галактик. Большинство галактик в самом центре имеет сгущения — ядра. По своему размеру они сравнительно невелики — в сотни, а иногда и в тысячи раз меньше размеров галактик. Ядра отчетливо видны в большинстве спиральных галактик, немного хуже — в линзовидных, а в эллиптических галактиках их в основном обнаруживают по радио- и инфракрасному излучению.



Ядро нашей Галактики в радиолучах (компьютерная графика).

Внутри ядер некоторых галактик находятся еще более компактные «ядрышки» — так называемые керны. Например, у галактики Туманность Андромеды есть ядро с диаметром около 100 парсеков (300 световых лет), а внутри него — керн с диаметром 14 парсеков и массой, в 13 млн раз превышающей солнечную. При этом керн вращается намного быстрее, чем прилегающие к нему части галактики. Плотность расположения звезд в керне в 20 тыс. раз больше, чем в окрестностях Солнца.

Если около какой-нибудь звезды в керне Туманности Андромеды существует планета, то на ней не бывает темной ночи. На небосклоне непрерывно будут сиять сотни тысяч звезд, в том числе несколько десятков из них ярче полной Луны. Даже после захода «местного» Солнца от света звезд будет почти также светло, как днем.

Ученым известны галактики, вообще не имеющие ядер, — это, например, Большое и Малое Магеллановы Облака. В иных же галактиках ядра ведут себя не так спокойно, как в Туманности Андромеды. Ядро нашей Галактики скрыто от землян мощным слоем межзвездной пыли, и поэтому его совсем не видно и трудно изучать. Исследования в радиодиапазоне показали, что в нем происходят некие процессы, приводящие к выбросу газа в двух противоположных направлениях со скоростью до 150 км/с. В ядрах же некоторых галактик происходят исключительно бурные процессы, которые сопровождаются выделением огромной энергии. ■

Магеллановы Облака. В 1522 г. Франческо Антонио Пигафетта, вернувшийся в родную Испанию после первого кругосветного путешествия Фернана Магеллана, красочно описал свои невероятные приключения. Неизгладимое впечатление на отважного мореплавателя произвели загадочные светящиеся объекты на ночном небосводе, неотступно «следующие» за кораблями экспедиции. Пигафетта в своих записках назвал их Магеллановыми Облаками, отдавая дань мужеству погибшего в этом походе знаменитого путешественника. Астрономы определили, что это две неправильные галактики, погруженные в облако разреженного газа. Скорее всего, наш Млечный Путь и Магеллановы Облака связаны в единую систему. Кроме того, ученые обнаружили в Большом Облаке следы бара — перемычки, что может служить косвенным свидетельством «спирального детства» наших соседей.

В Большом Магеллановом Облаке содержится огромное количество сверхгигантских голубых звезд — светимость каждой из них превосходит солнечную в десятки тысяч раз! Здесь же находится горячая белая звезда-гигант, сияющая в миллион раз сильнее нашего Солнца! Это S Золотой Рыбы. ■

Межгалактический газ. Пространство между галактиками в скоплениях «заполнено» разреженным межгалактическим газом.
Этот газ очень горячий — его температура достигает 10 млн градусов и более. Концентрация газа в скоплениях очень мала (один атом водорода на 1 кубический дециметр), но в целом его объем огромен. Общая масса межгалактического газа практически сравнивается с массой всех «звездных островов» скопления вместе взятых. Астрономы предполагают, что значительная часть межгалактического газа была выброшена из галактик миллиарды лет назад, когда они были молодыми и в них шло бурное звездообразование.
Чтобы такие колоссальные массы горячего газа удерживались в скоплении и не разлетались, требуется наличие мощных сил гравитации. Но в таком случае — если эти силы достаточно велики — должна быть огромной и масса объекта, обладающего ими, т. е. масса скопления. Однако, оценивая массы отдельных галактик, ученые пришли к выводу, что даже общее гравитационное поле не обладает силой, достаточной для удержания столь горячего газа.
Измеряя скорости галактик в Местной группе, астрономы смогли вычислить ее массу — она оказалась примерно в 10 раз больше, чем масса всех видимых звезд. Следовательно, в этом скоплении должно находиться очень много темного, невидимого вещества. ■

Спиральная галактика М100 со спутниками в созвездии Девы.

Метагалактика

Астрономы считают, что все видимые в настоящее время галактики составляют часть (и притом не очень большую) Метагалактики — так принято называть всю наблюдаемую область Вселенной. Возможно, и сама Метагалактика, в свою очередь, — лишь составляющая еще более огромной системы и таких образований во Вселенной бесчисленное множество...

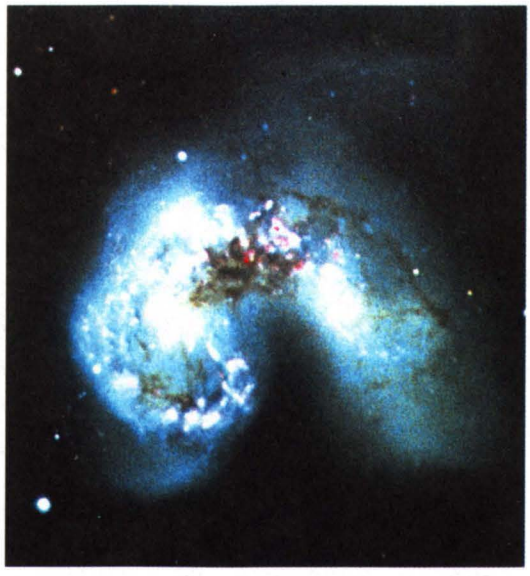
Местная группа. Наша Галактика Млечный Путь входит в скопление галактик, которое астрономы называют Местной группой. К ней принадлежит также около 40 ближайших галактик. Самая большая и яркая галактика в Местной группе — М31, или Туманность Андромеды. Она единственная в нашем Северном полушарии видна на небе невооруженным глазом. Остальные члены Местной группы значительно уступают ей в светимости и размерах.
В Местной группе галактик выделяются две подгруппы. В одну из них входят наша Галактика и Магеллановы Облака, в другую — Туманность Андромеды и ее соседи. Кроме того, Млечный Путь «сопровождают» девять карликовых галактик, Туманность Андромеды — восемь. Астрономы продолжают находить в Местной группе все новые и новые слабые галактики.
Местная группа — довольно разреженное образование. Большинство его членов «разбросаны» на пространстве, размеры которого составляют 3 млн световых лет! Все галактики, входящие сюда, гравитационно связаны между собой — каждая движется под влиянием притяжения других галактик. Скопление удерживается и не распадается из-за действия сил гравитации. ■

Скопление галактик в созвездии Девы. Местная группа не является единственным скоплением галактик во Вселенной. Астрономы отыскали около 4000 аналогичных образований. Поперечник каждого из них в среднем близок к 24 млн световых лет. Недалеко от Местной группы, «всего» в 50 млн световых лет, находится подобное облако галактик. Оно наблюдается в созвездии Девы — поистине громадном галактическом образовании. Если бы его можно было видеть невооруженным глазом, на небосводе засиял бы объект, по размеру в 200 раз превышающий полную Луну. Это гигантское скопление насчитывает несколько тысяч членов. В его центральной части находятся три эллиптические галактики; самая крупная из них сравнима со всей Местной группой!
Скопление Девы обладает настолько большой массой, что его гравитационное притяжение не только удерживает все входящие сюда галактики, но и влияет на Местную группу — наша Галактика и ее соседи медленно движутся к этому скоплению. ■

Иррегулярные и регулярные скопления. Скопления, подобные Местной группе или скоплению Девы, включают в себя много спиральных галактик и имеют неправильную форму. Они называются иррегулярными. Но во Вселенной существуют также скопления галактик, обладающие правильной сферической формой. Такие скопления называют регулярными. ■

Взаимодействие галактик. Астрономы определили, что центральные области регулярных скоплений — места

наибольшей плотности галактик. Расстояния между звездными системами практически сравниваются с их размерами. Вследствие такой близости гравитационные поля галактик начинают активно действовать друг на друга — галактики сталкиваются.



Взаимодействующие галактики Антенны.

Впрочем, подобное «столкновение» не следует понимать буквально. Звезды в галактиках разделены колоссальными расстояниями — столкнувшись, звездные системы соприкасаются, частично проникая друг в друга. Звезды одной галактики при этом размещаются между звездами другой. Обе звездные системы существуют так в течение многих миллионов лет, взаимодействуя друг с другом гравитационно.

В результате формы галактик заметно меняются: они могут соединиться перемычками, «выбросить» хвосты, иногда их окружает разреженное звездное облако. Такие галактики астрономы назвали взаимодействующими. Их обнаружил и исследовал известный советский ученый Борис Воронцов-Вельяминов (1904—1994).

В результате взаимопроникания и гравитационного взаимодействия галактик в центральных областях регулярных скоплений возникают сверхгигантские эллиптические галактики. Они притягивают и «заглатывают» более мелкие галактики, медленно двигающиеся к центру скопления. ■

Сверхскопления. Исследуя глубины Вселенной, астрономы пришли к выводу, что сами скопления галактик тоже формируются в группы — так называемые сверхскопления. Наша Местная группа также входит в подобное сверхскопление — центр его массы располагается в скоплении Девы, а мы находимся на окраине. Ученые, выявляя структуру этого сверхскопления, выяснили, что оно содержит примерно 400 отдельных скоплений галактик, разделенных пустотой.

Другое сверхскопление находится в созвездии Геркулеса. Расстояние до него составляет около 700 млн световых лет, причем на протяжении примерно 300 млн световых лет по направлению к нему галактики, видимо, не встречаются вообще.

Таким образом, астрономы установили, что крупномасштабная структура Метагалактики ячеистая. Группы, скопления, сверхскопления галактик расположены, как правило, в сравнительно тонких «слоях» — т. е. образуют стенки колоссальных ячеек неправильной формы, внутри которых практически нет галактик. Конечно, человеку трудно представить размеры этой вселенской «паутинной сети», стороны ячеек которой растянуты на сотни миллионов световых лет.

Ученые пытаются найти объяснения подобной структуре Вселенной — что окажется истиной, сейчас предположить трудно. Бесспорно одно — вещество в космическом пространстве распределено неравномерно. ■

Невидимое вещество. Ученые предположили существование в скоплениях невидимой — скрытой — массы. Только она способна удержать в скоплениях гигантские звездные системы, которые движутся с колоссальными скоростями. Иначе они бы в течение нескольких миллиардов лет покинули скопление.

Скрытая масса проявляет себя также и внутри галактик. Например, звезды должны замедлять движение по мере удаления от центра галактики. Однако скорости светил остаются более или менее постоянными, а в некоторых случаях даже растут. Такое возможно лишь в том случае, если звезды притягиваются мощными гравитационными силами, создаваемыми гигантским количеством невидимого вещества. Астрономы пытаются разобраться в том, какова же природа этого невидимого вещества. Возможно, что его создают маленькие слабосветящиеся звезды, называемые коричневыми карликами (они в 8—10 раз менее массивны, чем наше Солнце). Доказать или опровергнуть факт существования большого количества таких космических объектов астрономы смогут, только изучив процессы звездообразования в галактиках.

Часть скрытой массы некоторые ученые объясняют наличием в межзвездном и межгалактическом пространстве огромного количества элементарных частиц — протонов, электронов и нейтронов.

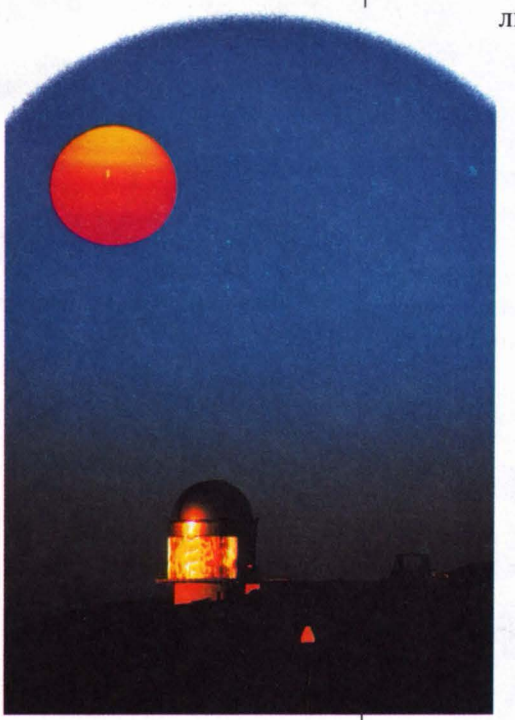
Есть и другое объяснение природы скрытой массы. Возможно, виновником ее существования являются нейтрино — элементарные частицы, обладающие массой покоя (предположительно равной нулю), не имеющие электрического заряда, движущиеся со скоростью света и чрезвычайно слабо взаимодействующие с веществом. ■

Боги планет, изображенные в древней арабской рукописи.

СОЛНЦЕ. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнце как небесное тело

Солнце — самая яркая звезда на небе, дарующая нам жизнь, тепло и свет, — издавна привлекало к себе внимание человека. Первобытным людям Солнце представлялось чем-то сверхъестественным, а позднее почти у всех народов стало предметом поклонения и обожествления. Древние славяне поклонялись богу солнечных лучей — Яриле, греки — богу Солнца Гелиосу, персы — Митре, египтяне — Ра, карфагеняне — Молоху. Желая задобрить могущественное божество, человек приносил ему жертвы. С развитием цивилизации различные религиозные верования постепенно уступали место попыткам научно объяснить явления действительности. Человек стал задумываться над вопросом: что же на самом деле представляет собой наше светило? — и пытался найти на него ответ.



Закат Солнца. Купол обсерватории Ла-Пальма.

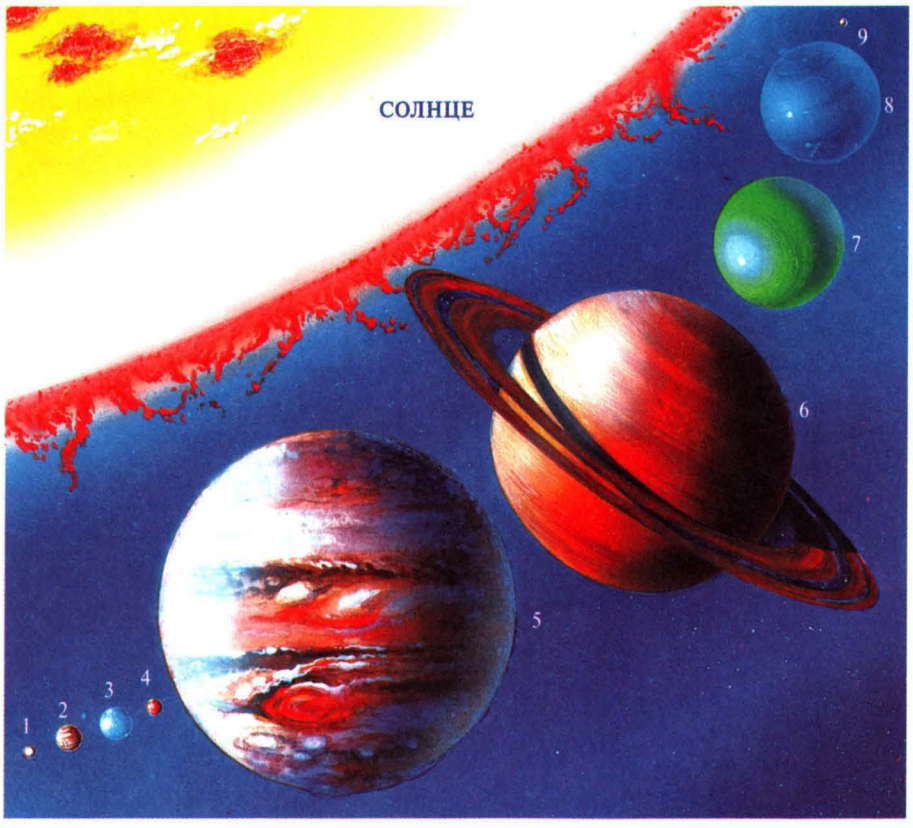
Размеры Солнца и расстояние до него. Не зная действительных масштабов Вселенной, люди принимали видимые размеры за истинные. Древнегреческий ученый Гераклит, например, считал, что «Солнце имеет ширину в ступню человеческую». Другие же допускали, что Солнце может быть бо́льшим, чем оно кажется, и сравнивали его... с Пелопоннесским полуостровом.

С развитием науки, когда яснее стал осознаваться масштаб Вселенной, человек начал все чаще задумываться о том, каковы же действительные размеры небесных тел. Но ответить на этот вопрос невозможно, если неизвестны истинные расстояния до этих объектов.

Современные астрономы подсчитали, что наше светило отстоит от Земли почти на 150 млн км — таким образом, оно является самой близкой к нам звездой и человек может увидеть отдельные детали ее поверхности. Конечно, подобная «близость» относительна: чтобы преодолеть это расстояние на автомобиле, потребовалось бы почти... 200 лет! Космический аппарат смог бы долететь до Солнца за несколько месяцев. Меньше всего времени затрачивает на путешествие свет, перемещающийся в пространстве быстрее всего остального. Он преодолевает путь от Солнца до Земли всего за восемь минут с небольшим.

Поскольку Солнце — ближайшая к нам звезда, астрономы знают о нем гораздо больше, чем о каком-либо другом подобном космическом объекте.

Трудно поверить, что наше гигантское светило, ослепительно сияющее на небе, на самом деле — желтый карлик. Он входит



Сравнительный объем Солнца и планет Солнечной системы.
1 — Меркурий;
2 — Венера;
3 — Земля;
4 — Марс;
5 — Юпитер;
6 — Сатурн;
7 — Уран;
8 — Нептун;
9 — Плутон.

в состав одной из гигантских звездных систем, Галактики. Ученые вычислили, что Солнце располагается на расстоянии 27 тыс. световых лет (примерно 2/3 радиуса Галактики) от ее центра — между спиральными рукавами Стрельца и Персея (*см. ст.* «Наша Галактика. Млечный Путь»).

Современные данные позволяют астрономам утверждать, что в мире звезд Солнце занимает достаточно скромное положение практически по всем параметрам — массе, светимости, размерам и т. д. К счастью, они именно таковы, что на Земле могла зародиться и существовать жизнь.

Астрономы определили, что диаметр Солнца в 109 раз больше диаметра Земли и составляет 1,4 млн км — внутри него могло бы поместиться более миллиона небесных тел размером с земной шар. ■

Масса и температура Солнца. Изучая движение планет под действием притяжения Солнца, астрономы определили его массу — она оказалась почти в 333 тысячи раз больше земной. Сопоставив объемы и массы нашей планеты и Солнца, ученые пришли к выводу, что последнее состоит из вещества почти в четыре раза менее плотного, чем вещество Земли. И все-таки масса его очень велика — даже все планеты вместе со спутниками в 750 раз менее массивны, чем одна наша звезда.

Земля получает от Солнца много света и тепла. Можно представить — зная громадное расстояние до него, — каким чудовищно горячим должно быть это светило.

Действительно, при помощи особых приборов астрономам удалось выяснить, что температура на поверхности Солнца составляет примерно 6000 градусов. При такой «жаре» все вещества превращаются в пар (газ)! Следовательно, Солнце не может существовать ни в жидком, ни в твердом состоянии, а является колоссальным шаром из раскаленных газов. ■

Древнегреческий ученый Аристарх Самосский в III в. до н. э. впервые предложил метод определения сравнительных расстояний до Луны и Солнца. Полученные результаты, конечно, оказались далеки от истинных (было установлено, например, что Солнце находится в 19—20 раз дальше от Земли, чем Луна), однако значение их очень велико — впервые был научно поставлен и отчасти решен вопрос об определении расстояния до нашего светила.

Во II в. до н. э. другой древнегреческий ученый — Гиппарх — вычислил, что расстояние до Солнца равно 1200 земным радиусам; это значение признавалось истинным почти 18 столетий. В XVII в. нидерландский ученый Христиан Гюйгенс (1629—1695) наиболее точно вычислил расстояние до Солнца — 160 млн км. ■

Астрономы очень долго не могли ответить на вопрос: почему у Солнца — огненного газового шара — есть такая резкая граница: край солнечного диска очерчен очень четко? На Солнце нет пыли, и, казалось бы, прозрачность там должна быть намного лучше. Дело в том, что к Земле приходят разные лучи Солнца. Свет, посылаемый более глубокими слоями, оказывается ослабленным вследствие неполной прозрачности верхних слоев Солнца. А начиная с некоторой глубины, он не доходит до нас совсем. Практически слои, лежащие глубже 300 км, уже не «видны». ■

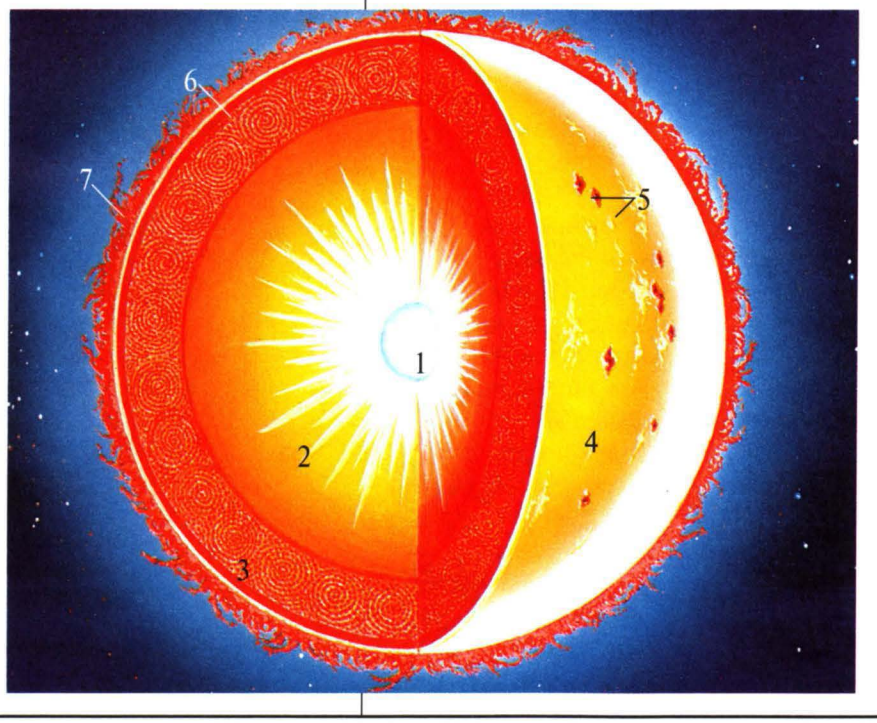
Строение Солнца

Ученые, исследовав излучение Солнца, выяснили, что у нашего светила можно условно — в зависимости от изменения физических условий: давления и температуры, — выделить несколько концентрических слоев, которые постепенно переходят друг в друга.

Ядро Солнца. В центре Солнца температура 15 млн градусов, давление — 220 млрд атмосфер, а плотность в 150 раз выше плотности воды. Здесь, в самом центре, наиболее интенсивно происходит выделение энергии в результате ядерной реакции превращения водорода в гелий. По мере удаления от центра звезды температура и давление уменьшаются. На расстоянии 0,3 радиуса Солнца от его центра температура становится меньше 5 млн градусов, а давление снижается до 10 млрд атмосфер. В этих условиях ядерные реакции уже не могут происходить. Центральную часть Солнца — его «ядерную топку» — называют ядром Солнца. Выделяющаяся при этом энергия медленно — сотни тысяч лет — «добирается» до поверхности нашей звезды и затем излучается в космическое пространство.

На расстоянии примерно 0,3 радиуса Солнца от его поверхности находится так называемая конвективная зона (конвекция — «перемещение», «перемешивание»): солнечное вещество «кипит», как вода в чайнике. Тепло, увлекаемое движущимся потоком вещества, переносится к следующим слоям Солнца. Конвективные потоки устремляются к солнечной атмосфере. Условно в атмосфере Солнца выделяют три основных слоя: фотосферу, хромосферу и корону. ■

Строение Солнца.
1 — ядро, в котором происходят ядерные реакции; 2 — зона лучистого переноса; 3 — зона конвекции; 4 — фотосфера; 5 — пятна на Солнце; 6 — хромосфера; 7 — протуберанец.



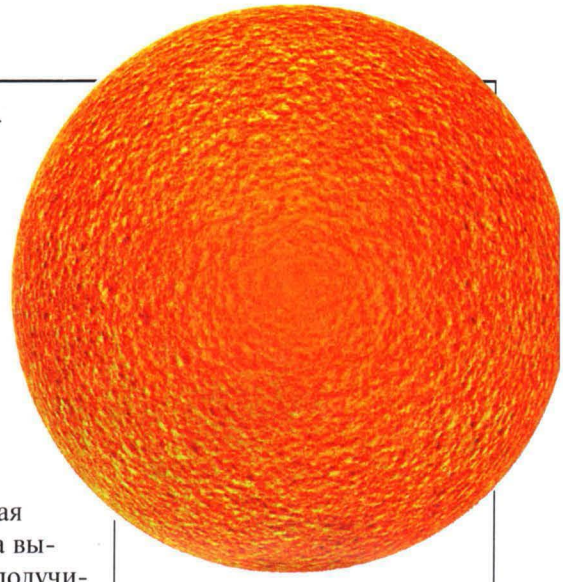
Фотосфера. Фотосфера (в переводе с греч. — «сфера света») — это слой Солнца, который излучает в виде света и тепла практически всю приходящую к нам энергию. Эта доступная непосредственному наблюдению поверхность Солнца (хотя никакой «поверхности» в обычном понимании этого слова наше светило не имеет) является нижним слоем солнечной атмосферы, толщина которого равна примерно 300—400 км. Температура в фотосфере растет с глубиной и в среднем близка к 6000 градусов.

Фотосфера Солнца неоднородна, она имеет зернистое строение. Эти «зерна» — гранулы, размерами около 1000 км, — постоянно возникают и распадаются, время их жизни всего несколько минут. Так что поверхность Солнца похожа, к примеру, на кипящую рисовую кашу (только «кипение» происходит гораздо медленнее). Ученые считают, что «кипение» поверхности нашей звезды — результат конвекции: гранулы являются вершинами конвек-

тивных потоков. Раскаленный газ, поднявшись из глубины Солнца, охлаждается и вновь опускается.

На поверхности фотосферы, помимо гранул, заметна более крупная сетка — так называемая супергрануляция. Ее ячейки, напоминающие пчелиные соты, имеют размеры в многие тысячи километров. Супергранулы существуют в вечно кипящей фотосфере гораздо дольше гранул — примерно сутки. Такую устойчивость им придает связанное с каждой ячейкой магнитное поле.

Гранулы и супергранулы наблюдаются на поверхности Солнца постоянно, а другие детали фотосферы: пятна, факелы — появляются лишь время от времени. ■



Гранулированная поверхность Солнца.

Хромосфера. Хромосфера (в переводе с греч. — «цветная сфера»), слой разреженного газа, простирается над фотосферой на высоту 10—14 тыс. км. Свое название эта часть атмосферы Солнца получила за присущий ей красный цвет. Хромосферу можно наблюдать в начале и в конце полного солнечного затмения: темный лунный диск на мгновение обрамляется сияющим красно-розовым кольцом. При помощи современных приборов астрономы наблюдают и изучают хромосферу на всем диске Солнца и вне фазы затмения.

Солнечная хромосфера все время находится в движении. В ней непрерывно видны струи выбрасываемых газов — хромосфера напоминает множество мелких фонтанов. Отдельные струи раскаленного газа — их называют спикулы — поднимаются выше других (до 10 тыс. км), изгибаются, наклоняются, как языки пламени над костром. Поперечник спикул достигает 1 тыс. км. ■

Корона. Во время полных солнечных затмений астрономы наблюдают не только красноватую хромосферу. Становится заметной также самая внешняя оболочка Солнца, светящаяся слабым серебристым светом. Это солнечная корона — наиболее протяженный слой атмосферы нашего светила.

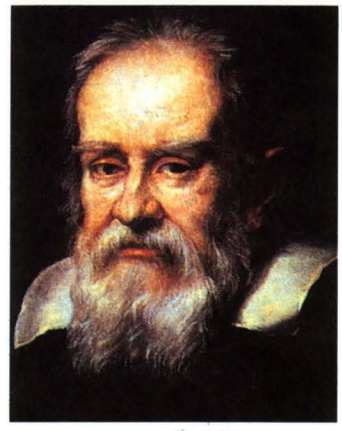
Корону можно наблюдать и вне затмений при помощи специального телескопа — коронографа, в фокусе объектива которого ставится зачерненный диск («искусственная луна»). Коронографы устанавливают высоко в горах, где значительно меньше рассеяние света в земной атмосфере.

Астрономы заметили, что в разные годы солнечная корона имеет неодинаковый вид. Оказалось, он зависит от солнечной активности. В период ее максимума корона широко раскинута вокруг Солнца (иногда на несколько солнечных радиусов), а в периоды минимумов она, как правило, вытягивается вдоль солнечного экватора.

Корона Солнца и его хромосфера излучают радиоволны, которые принимают на Земле при помощи радиотелескопов.

Корона неоднородна — в ней наблюдаются лучи, дуги, отдельные сгущения вещества. Возникновение деталей короны неразрывно связано с пятнами и факелами, а также с явлениями, происходящими в хромосфере.

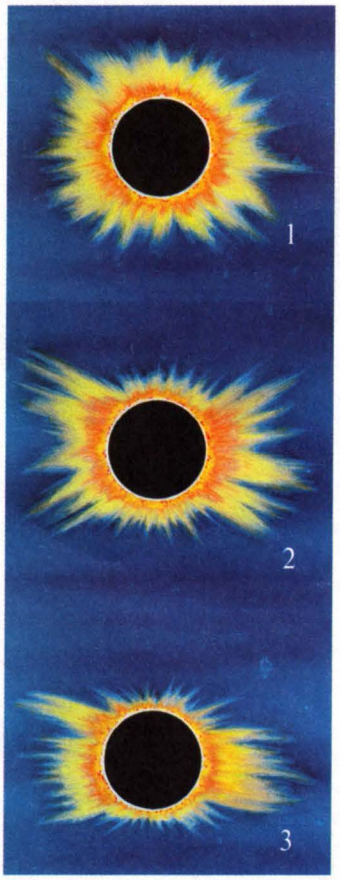
Как далеко простирается солнечная корона? Астрономы определили по фотографиям, полученным во время затмений, что корона «раскинута» на расстояние нескольких солнечных радиусов от края Солнца. Самые внешние и наиболее горячие ее слои — так называемая «сверхкорона» — как бы испаряются в межпланетном пространстве. Таким образом, солнечная корона является источником плазменного (солнечного) ветра — потока вещества, текущего от нашего светила. ■



Галилео Галилей.

В 1610 г. знаменитый итальянский ученый Галилео Галилей (1564—1642) использовал свой телескоп для наблюдения солнечных пятен и сделал много открытий. Например, он доказал, что пятна — реальные образования на поверхности Солнца: они могут появляться и исчезать, меняться в размерах. Наблюдая перемещение пятен по солнечному диску, Галилей пришел к правильному выводу о том, что Солнце вращается вокруг своей оси. ■

Когда потоки корпускул достигают Земли, на небе возникают изумительные всполохи — области мерцающего, переливающегося красками света. Они видны в приполярных областях, и потому одно из самых красивых явлений на нашем небе называется полярным сиянием.
Однако следует помнить, что мощные взрывы на Солнце таят в себе и немалую опасность — мешают работе электростанций, нарушают телефонную и телеграфную связь между далекими пунктами. Солнечные вспышки опасны и для космонавтов — они не выходят в открытый космос во время солнечной активности. ■



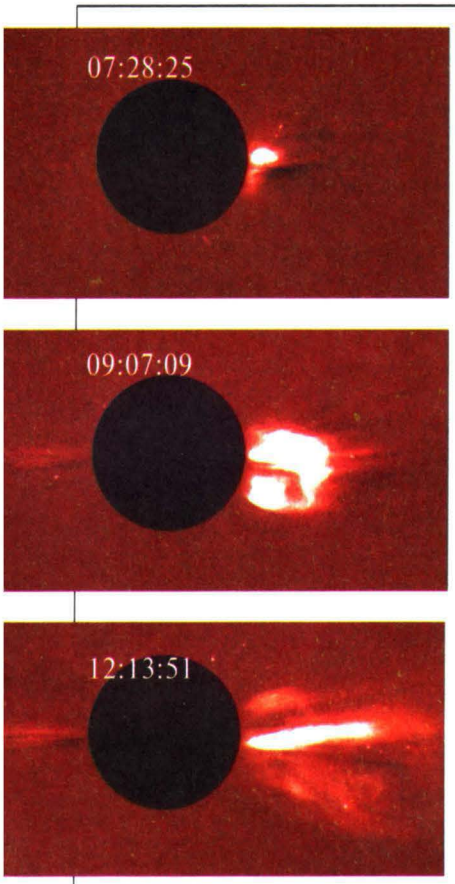
Вид солнечной короны во время полного затмения Солнца:
1 — в период максимальной солнечной активности;
2 — в промежуточный период;
3 — в период минимальной солнечной активности.

Солнечная активность

Временами в атмосфере Солнца появляются образования, резко отличающиеся от остальной поверхности нашей звезды. Иногда в некоторых областях напряженность магнитного поля внезапно во много раз возрастает. Этот процесс сопровождается возникновением целого комплекса явлений солнечной активности в различных слоях солнечной атмосферы. К ним относятся пятна и факелы в фотосфере, протуберанцы в короне. Наиболее замечательным явлением, охватывающим все слои атмосферы Солнца и зарождающимся в хромосфере, являются солнечные вспышки.

Пятна на Солнце. Еще задолго до изобретения телескопа люди заметили, что иногда на неярком заходящем или видимом сквозь легкие облака Солнце видны темные пятна. Их наблюдали, например, 2000 лет назад китайские астрономы, изучая наше светило в моменты, когда оно опускается за горизонт. Упоминания о пятнах на Солнце содержатся и в хрониках Древнего Рима, и в летописях времен Киевской Руси.
Солнечные пятна имеют размеры в несколько десятков тысяч километров, диаметры же наибольших превышают 200 тыс. км. Важнейшая особенность пятен — наличие в них сильных магнитных полей. Время существования этих образований в фотосфере — от нескольких дней до нескольких месяцев. Иногда на Солнце совсем не бывает пятен, а иногда одновременно заметны несколько десятков.
Центральная часть пятна — ядро (или тень) — окружена волокнистой полутенью. Пятна выглядят как конические воронки, глубина которых около 300—400 км. Но это только видимость углубления. Вещество Солнца в пятне более прозрачно, чем на остальной поверхности, и становятся видны более глубокие слои звезды. Пятна кажутся темными лишь по контрасту с сияющей фотосферой. На самом деле температура ядра (самой холодной его части) равна приблизительно 4300 градусов.
Многолетние наблюдения ученых показали, что увеличение и уменьшение количества пятен имеет циклический характер, причем продолжительность цикла составляет примерно 11 лет.
Активность солнечных пятен, по-видимому, имеет отношение и к климату на Земле. В 1650—1715 гг. пятна на Солнце практически не наблюдались, наша звезда была на удивление спокойной. Это соответствовало периоду исключительно холодной погоды в Европе.
Факелы — постоянные спутники пятен — образования более светлые, чем фотосфера, а значит, и более горячие. Если группа пятен находится вблизи края солнечного диска, то вокруг нее обычно видно множество факелов — так называемое факельное поле. Астрономы полагают, что в местах, где возникают факелы, на поверхность Солнца выносится более горячее вещество, чем в других участках фотосферы. Факелы обычно появляются чуть раньше пятен и существуют в среднем в три раза дольше, чем они. ■

Солнечные вспышки. Одно из интереснейших и самых мощных проявлений солнечной активности — вспышки. Они наблюдаются в относительно небольших участках хромосферы и короны, которые расположены над группами солнечных пятен. Сначала небольшой участок хромосферы становится очень ярким, а затем область вспышки охватывает все большее пространство — десятки миллионов квадратных километров.



Вспышка на Солнце в динамике. Наблюдения проводились в разное время суток.

Самые слабые вспышки исчезают через 5—10 мин, а самые мощные бушуют в течение нескольких часов. Не очень сильные вспышки происходят на Солнце по нескольку раз в сутки.

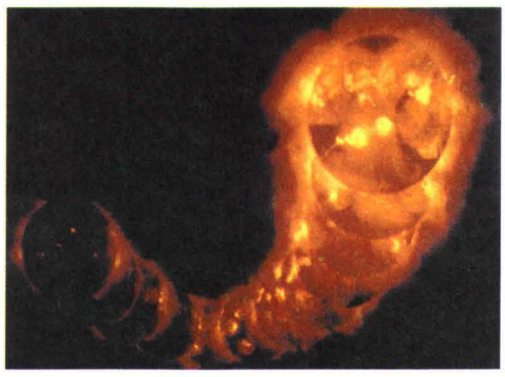
По своему характеру — стремительному развитию — вспышки представляют собой колоссальные взрывы, причиной которых является внезапное сжатие солнечной плазмы. Оно происходит под влиянием магнитного поля и приводит к образованию длинного плазменного жгута (или ленты). Длина его может равняться десяткам и даже сотням тысяч километров.

Солнечные вспышки напоминают в некотором отношении земные грозы. Однако на Солнце энергия гигантских электрических разрядов намного превосходит энергию земных молний. В течение нескольких секунд вырабатывается больше энергии, чем произвели за все время своего существования все земные электростанции! В межпланетное пространство выбрасываются электрически заряженные частицы — корпускулы. Они оказывают влияние и на земную атмосферу. ■

Протуберанцы. На краю солнечного диска в специальный телескоп можно увидеть протуберанцы (от лат. protubero — «вздуваюсь») — гигантские огненные струи, возникающие в солнечной короне или выбрасываемые в нее из хромосферы.

Особенно эффектны протуберанцы, видимые во время полных затмений Солнца. Они похожи на языки пламени или огромные облака и образуют характерные арки и петли. Вещество протуберанцев поглощает и рассеивает идущее снизу излучение, поэтому на ярком диске Солнца они видны как темные волокна.

Астрономы определили, что не все протуберанцы изменяются одинаково. Спокойные существуют по нескольку недель или даже месяцев, активные — гораздо меньше. Иногда они разрушаются медленно, и вещество, выброшенное в пространство, постепенно «тает», подобно земным облакам. А иногда вздымаются и быстро оседают, опускаясь вниз из солнечной короны. ■



Колебания активности Солнца от минимума к максимуму.

Колебания Солнца. В 1962 г. астрономы впервые обнаружили колебания на Солнце. Их период составляет около 5 минут. Вся солнечная поверхность как бы покрыта рябью из волн длиной около 10 тыс. км (почти равной диаметру Земли). Скорость движения таких волн от сотен м/с в фотосфере Солнца до 1—2 км/с в лежащей над ней хромосфере. Вызываются эти волны «кипением» газа в конвективной зоне, располагающейся ниже фотосферы. Вся поверхность Солнца и его атмосфера пронизаны магнитными полями. Через них волны и колебания поверхности передаются во все слои атмосферы, в том числе и в корону Солнца. Колебательные движения присущи не только поверхности Солнца, они охватывают всю звезду. В 70-х гг. XX столетия, систематически измеряя полярный и экваториальный диаметры Солнца, американский астрофизик Роберт Дикке (род. 1916) установил, что наше светило пульсирует. Оно словно дышит — то вытягиваясь в полярных областях и «худея» в экваторе, то наоборот.

Примерно в эти же годы на Крымской астрофизической обсерватории (Украина) был создан высокочувствительный прибор для измерения чрезвычайно слабых магнитных полей — солнечный магнитограф. С помощью этого прибора российские ученые отметили интересный факт — солнечная поверхность ритмично пульсирует с периодом около 2 ч 40 мин, приподнимаясь при каждой пульсации на высоту около 20 км.

Однако величина периода пульсаций связана с внутренним строением нашей звезды. В частности, период, равный 2 ч 40 мин, соответствует (если колебания охватывают всю массу солнечного вещества) такому состоянию Солнца, при котором температура в центре достигает не 15—20 млн градусов, а всего лишь 6,5. Но в этом случае должны прекратиться термоядерные реакции, однако такого не происходит. Видимо, астрономам придется искать другие объяснения загадочным колебаниям. В настоящее время эти исследования превратились в новый раздел астрономии — гелиосейсмологию. ■

Планетарная туманность Улитка, образованная сброшенной оболочкой звезды, подобной Солнцу, в конце жизненного пути.

Протуберанцы — громадные выступы причудливой формы (иногда очень быстро меняющейся) в солнечной атмосфере. Состоят из раскаленных газов. ■

Солнечная корона — внешняя часть атмосферы Солнца. ■

Фотосфера — видимая «поверхность» Солнца. Излучает в виде тепла и света практически всю приходящую на Землю солнечную энергию. ■

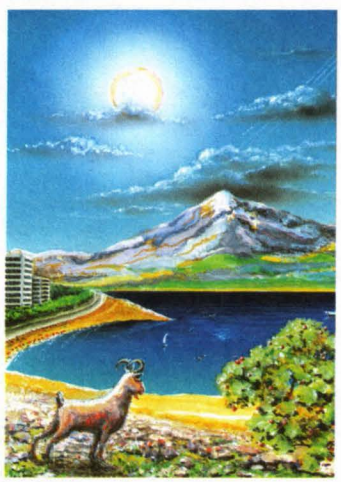
Хромосфера — нижние слои атмосферы Солнца, непосредственно примыкающие к фотосфере. ■

Источники энергии Солнца

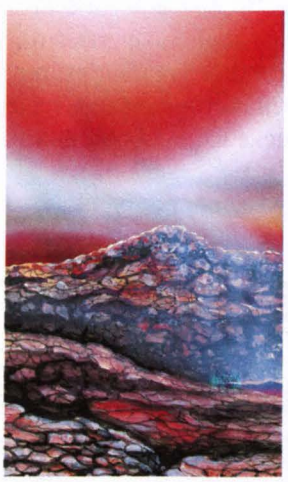
Каждую секунду самая близкая к Земле звезда — Солнце — излучает огромное количество энергии. И так происходит практически 5 млрд лет!

Некоторые древние ученые считали Солнце горячим и жидким; другие предполагали, что Луна, планеты и Солнце — гигантские твердые образования, но, в отличие от первых, Солнце сильно раскалено. Это «вечное пламя» согревает и освещает Землю. В XVII в. ученые задались вопросом: что же является источником топлива для этого пламени? Астрономы предположили, что горячая у Солнца только верхняя атмосфера, а под ней скрывается холодная поверхность. Пятна на Солнце — это не что иное, как просветы в плотных раскаленных солнечных облаках. Высокая температура этих облаков объяснялась тем, что на Солнце непрерывно падают кометы и метеориты. Но после того, как выяснилось, что Солнце раскалено не только снаружи, но и внутри, от этой гипотезы пришлось отказаться. В XVIII в., благодаря развитию таких наук, как физика и математика, а также совершенствованию экспериментальной техники, астрономы смогли проверить идеи, выдвинутые в древности. Французский ученый Жорж Луи Бюффон (1707—1788) рассчитал, что, будь наше светило просто раскаленным телом, запас солнечных «дров» израсходовался бы за несколько тысяч лет. Однако данные геологии свидетельствовали, что Земля существует гораздо дольше, и все это время ее обогревает и освещает Солнце. ■

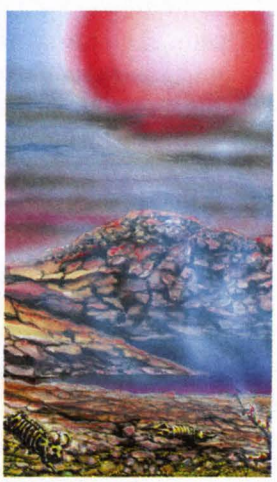
Поиски источников солнечной энергии. В середине XIX в. два известных ученых независимо друг от друга объявили о том, что ими наконец-то открыт источник энергии пылающего светила. Это были англичанин Уильям Томсон (1824—1907), получивший за научные заслу-



1 — в будущем Солнце начнет медленно разогреваться и понемногу увеличиваться в размерах.



2 — умирающее светило в конце концов превратит твердую породу в расплавленную лаву.



3 — солнечный жар высушит планету — все живое погибнет, океаны испарятся, как капли воды на раскаленной поверхности.

4 — на месте огромного газового шара останется маленький и горячий белый карлик.

ги титул лорда Кельвина, и немец Герман Гельмгольц (1821—1894). По мнению ученых, тепловая энергия высвобождается при медленном сжатии гигантского газового шара — Солнца.

Кельвин и Гельмгольц рассчитали, что наше светило должно было начать свое сжатие из газовой туманности, уменьшаясь в диаметре на недоступную наблюдениям величину (за один год примерно на несколько десятков метров). При этом достигнуть современного уровня излучения Солнце смогло бы всего за 14 млн лет. Но в таком случае его светимость за этот период заметно бы возросла.

Однако данные геологии, биологии и палеонтологии утверждают, что Земля существует миллиарды лет и все это время она получала от Солнца примерно столько же света и тепла, сколько получает и сейчас. Гипотеза, выдвинутая учеными, не смогла объяснить, по какой причине Солнце светит столь длительно и равномерно. Источник солнечной энергии так и остался тайной за семью печатями...

В начале XX в. английский астрофизик Артур Эддингтон создал теорию, описывающую физические условия внутри Солнца. Он предположил, что наша звезда стабильна, т. е. все ее основные характеристики не изменяются со временем. Из теории следовало: для того чтобы Солнце оставалось в равновесии (т. е. сохраняло теми же массу, температуру и светимость), источник энергии должен находиться вблизи его центра.

Сделав необходимые расчеты, Эддингтон установил, что в центре Солнца давление равно 100 млрд атмосфер, плотность в 100 раз выше плотности воды. Температура этой небесной «печи» составляет 10—20 млн градусов. Значения, найденные ученым, практически не противоречили современным данным о физических условиях, царящих в центральных областях нашего светила.

Полученные данные позволили Эддингтону предположить два возможных источника солнечной энергии: **аннигиляция** (буквально — «превращение в ничто», «уничтожение») протонов и электронов и **синтез** (от *греч.* «синтесис» — «соединение») ядер гелия из ядер водорода.

Аннигиляция — это процесс взаимоуничтожения частиц и античастиц: сталкиваясь на очень большой скорости, они исчезают, в результате чего выделяется энергия. Однако протон не является античастицей электрону, поэтому первый вариант Эддингтона был признан несостоятельным. Вторая же гипотеза — синтез ядер гелия из ядер водорода — оказалась правильной, хотя в 20-е гг. XX в. физики отнеслись к ней скептически, т. к. считали, что температура в недрах звезд, а значит, и Солнца, недостаточно высока.

Однако наука не стояла на месте. В 1938—1939 гг. два немецких ученых, физики-теоретики Ганс Бете и Карл Вейцзеккер, высказали предположение о том, что звезды получают свою энергию в результате превращения водорода в гелий, и описали, как может протекать эта реакция на Солнце (и внутри звезд вообще). В 1967 г. Бете получил за свои разработки Нобелевскую премию.

Как же работает энергетический источник? Согласно современным представлениям, в недрах Солнца и других светил происходят термоядерные реакции, которые возникают лишь при очень высокой температуре. В ходе этих реакций, сопровождающихся большим выделением энергии, одни химические элементы превращаются в другие. Самый распространенный элемент в звездах — водород. При огромной температуре ядра атомов водорода объединяются в ядра атомов гелия, и при этом выделяется огромное количество энергии. ■

Солнечные глубины. Все сведения о Солнце, которыми располагает современная наука, добыты главным образом в результате изучения его электромагнитного излучения и потоков корпускул. Но эти излучения рождаются во внешних слоях дневного светила.

Конечно, то, что происходит на поверхности Солнца, в какой-то мере отражает и глубинные процессы, протекающие в его недрах. Но все-таки связь эта весьма сложная и не всегда прямая, поэтому астрономы всегда мечтали «заглянуть» в глубь Солнца, чтобы найти непосредственное подтверждение своим теориям. ■

Жизненный путь Солнца. Ученые считают, что возраст Солнца — около 5 млрд лет, оно прошло только половину своего жизненного пути, т. е. сейчас находится в среднем возрасте. Запаса «горючего» нашему светилу хватит еще примерно на 5 млрд лет.

Солнце, как и любое небесное тело, не может сиять вечно, хотя у него впереди — сравнительно с продолжительностью существования одного человека — невероятно долгая жизнь. В течение примерно 5 млрд лет его температура и объем будут возрастать по мере того, как будет сгорать в его недрах водород. Когда он израсходуется, размеры Солнца втрое превысят те, которые мы наблюдаем сейчас.

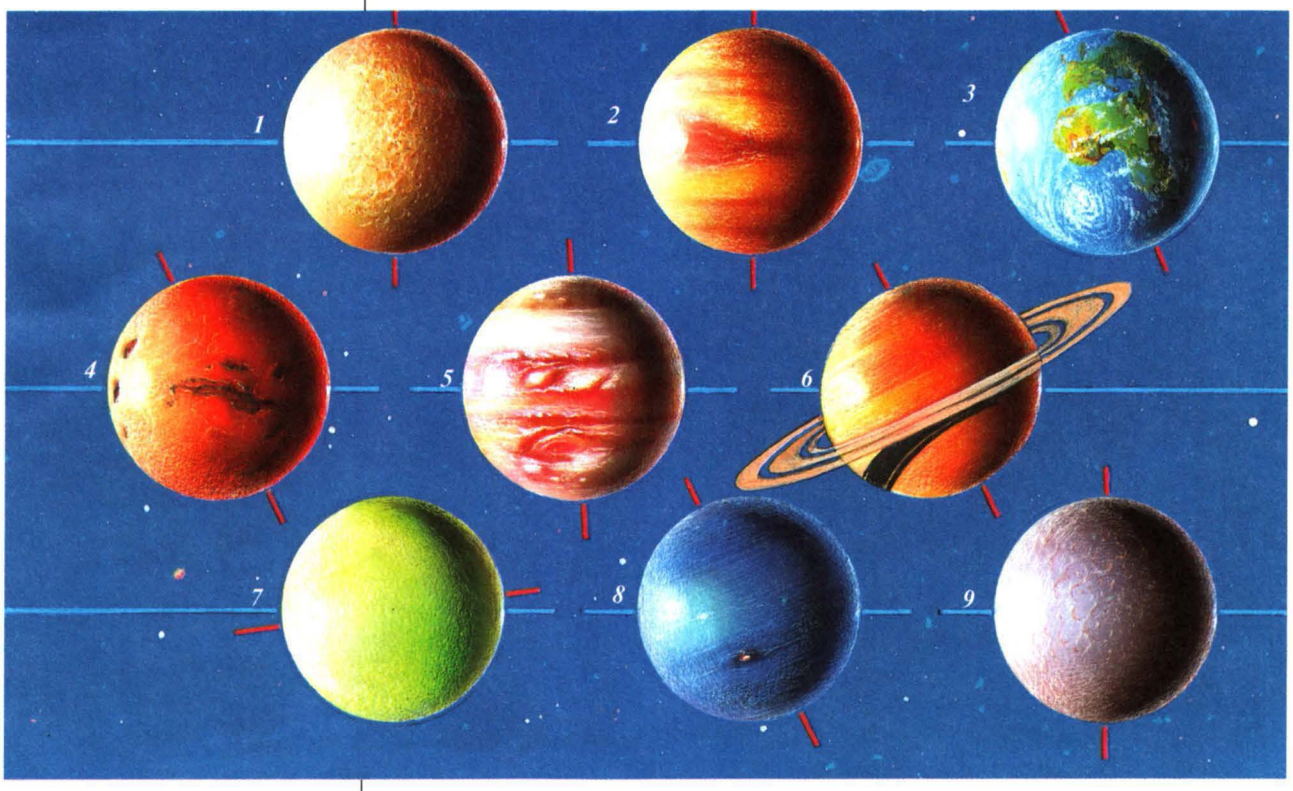
В итоге Солнце станет красным гигантом, его оболочка в какой-то период покинет ядро звезды и рассеется в космическом пространстве. Солнце превратится в «потухшую» звезду. ■

Солнечная система

Солнечная система называется так потому, что ее центром является звезда Солнце, вокруг которой обращаются все остальные тела этой системы. Это — большие планеты и их спутники. Кроме них вокруг Солнца обращаются так называемые малые планеты (астероиды), кометы, метеорные потоки и отдельные метеороидные тела, а также межпланетный газ.

Основная сила, удерживающая систему в том стабильном состоянии, в котором она пребывает сейчас, — это сила гравитационного взаимодействия. Согласно закону гравитации все тела притягивают друг друга. И сила этого притяжения зависит от их масс. Солнце по массе намного превосходит остальные тела системы (оно примерно в 750 раз массивнее всех тел Солнечной системы, вместе взятых, и даже самая «тяжелая» планета Юпитер уступает ему в 1050 раз). Поэтому сила гравитационного взаимодействия «привязывает» все тела к центральному, заставляя их совершать единственно возможные движения — по круговым или близким к ним орбитам. Истинные масштабы Солнечной системы не идут ни в какое сравнение с привычными расстояниями на Земле. Например, в промежутке от Солнца до орбиты Плутона радиус Земли уложился бы примерно 90 тысяч раз!
Солнечная система — это система не только населяющих ее тел, но и движений. Каждое входящее сюда тело, будь то планета или мельчайшая частица пыли или газа, движется по пути, называемому орбитой (как правило, она либо круговая, либо слегка вытянутая, эллиптическая). Такие орбиты — замкнутые, и тела, которые их имеют, периодически повторяют свой путь в пространстве. К таковым принадлежат все большие и малые планеты.

Наклон экватора планет Солнечной системы к плоскости их орбиты.
1 — Меркурий (0°);
2 — Венера (3°);
3 — Земля (23,5°);
4 — Марс (25,2°);
5 — Юпитер (3,1°);
6 — Сатурн (26,7°);
7 — Уран (98°);
8 — Нептун (29°);
9 — Плутон (неизвестен).



В Солнечной системе существуют также тела, обращающиеся по незамкнутым орбитам, таким, как парабола и гипербола. Однажды проделав какой-то путь по Солнечной системе, они уже никогда не повторят его вновь. При этом скорость такого тела должна быть больше определенной величины — тогда оно сможет «убежать» от Солнца. В противном случае тело перейдет на замкнутую орбиту и окажется навечно «привязанным» к центральному светилу. Именно такими замкнутыми орбитами обладают некоторые кометы (их называют долгопериодическими) и, возможно, некоторые метеороиды. ■

Планеты. Известно, что в состав Солнечной системы входит девять больших планет. Вот как они располагаются в соответствии с увеличением расстояния от центральной звезды: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Первые четыре планеты, в том числе и наша Земля, образуют Земную группу: они имеют твердые поверхности и сравнительно медленно вращаются вокруг своей оси. Среди планет Земной группы наибольшим диаметром обладает Земля.

Венеру и Меркурий астрономы называют также внутренними планетами, потому что их орбиты находятся внутри орбиты Земли. Планеты, орбиты которых лежат с внешней стороны — за орбитой Земли по направлению от Солнца, — называют внешними планетами. К ним астрономы относят Марс и следующие за ним четыре планеты, принадлежащие к группе планет-гигантов. Такое название эти тела получили потому, что их диаметры в несколько раз превышают диаметр Земли. Самая маленькая планета среди гигантов — Нептун — имеет диаметр в 3,82 раза больше земного, а наибольшая — Юпитер — по диаметру в 11 раз обогнала Землю. Планеты-гиганты не имеют твердой поверхности, т. к. состоят в основном из газов. Бо́льшая часть их состава приходится на водород и гелий, которые здесь в основном находятся в сжиженном состоянии.

Последняя планета Солнечной системы — Плутон — по своим физическим характеристикам относится скорее к планетам Земной группы. Однако ее астрономы рассматривают особо из-за характерной орбиты, которая имеет вид сильно вытянутого эллипса. В результате Плутон периодически подходит к Солнцу даже ближе, чем Нептун, т. е. заходит внутрь его орбиты. Радиус же этой планеты меньше, чем у Меркурия. В середине XX в. известный американский астроном Джерард Койпер высказал гипотезу, что Плутон — это астероид из знаменитого пояса (Койпера), который в результате какого-то возмущающего действия приобрел нынешнюю орбиту (см. ст. «Астероиды. Кометы. Метеороиды»). ■

Движение тел Солнечной системы. Каждая планета обращается в своей плоскости, в которой лежит и Солнце. Эти движения подчиняются законам, которые в начале XVII в. были сформулированы великим немецким астрономом Иоганном Кеплером. С давних времен плоскость, в которой обращается Земля, называется плоскостью эклиптики и принимается за основную: по ней определяется положение других плоскостей.

Плоскости обращения всех остальных планет Солнечной системы, кроме Плутона, наклонены к плоскости эклиптики не более чем на 7,1 градуса. Плоскость же орбиты Плутона наклонена к плоскости эклиптики примерно на 17 градусов. Орбиты астероидов также имеют тенденцию группироваться к плоскости эклиптики. ■

Генеральная Ассамблея Международного астрономического союза в 1979 г. приняла новую систему астрономических постоянных, на основании которых определяется и астрономическая единица (а. е.). Сейчас принято считать, что 1 а. е. равна 149 000 000 км.

Кроме того, для измерения расстояний в пределах планетных систем астрономы применяют привычные метр и километр. Земля имеет радиус 6472 км, примерно в десять раз меньше, чем самая большая планета Юпитер (радиус 71 тыс. км). Самая маленькая планета — Плутон — имеет диаметр около 2300 км. Среднее расстояние от Земли до Луны равно примерно 384 тыс. км.

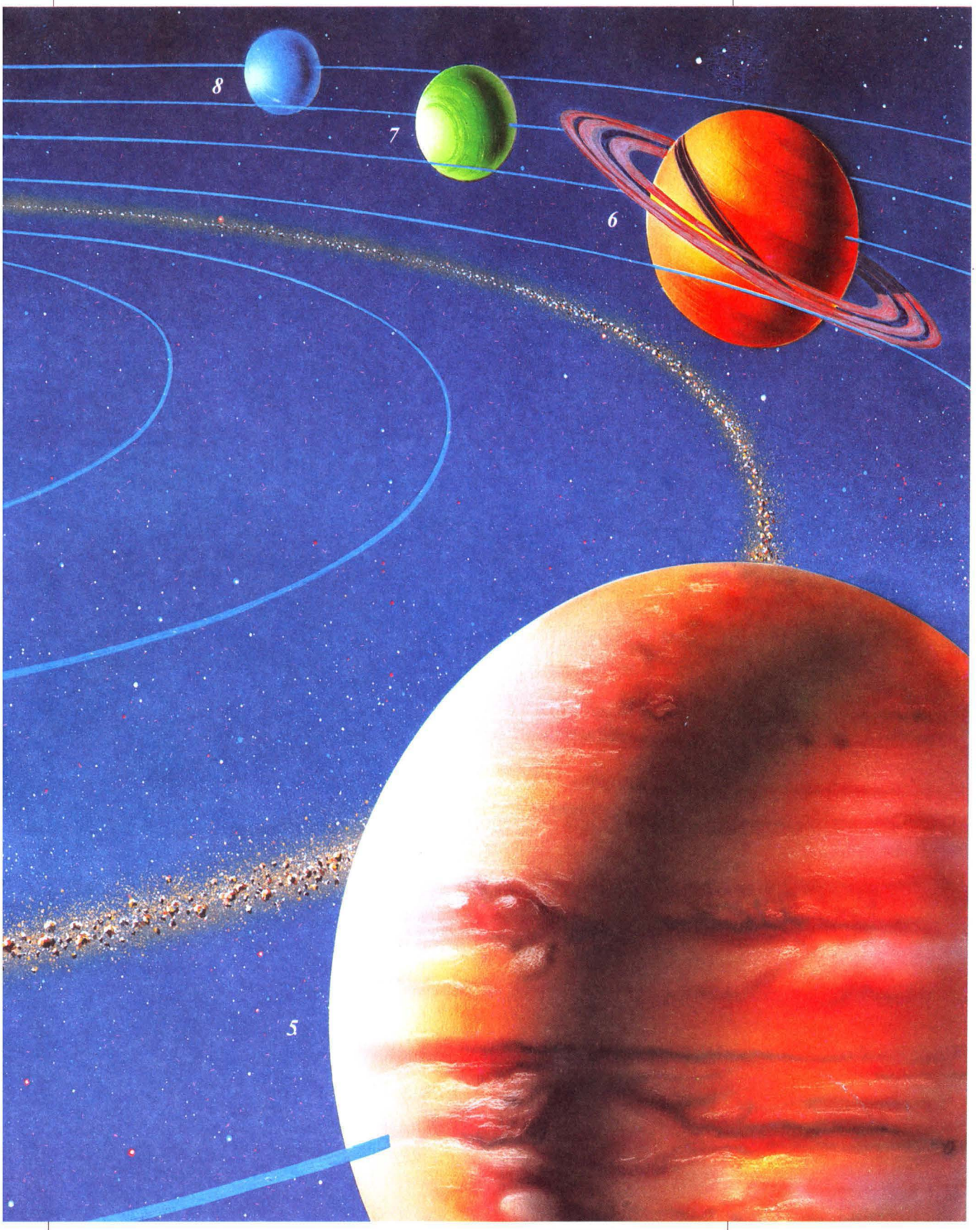
Оценивая протяженность Солнечной системы, можно ограничиться размерами планетных орбит, которые доподлинно известны. Плутон удаляется от Солнца на максимальное расстояние чуть меньше 50 а. е., причем наклон его орбиты к плоскости эклиптики приблизительно равен 17 градусам. Следовательно, размер Солнечной системы «по Плутону» равен немногим более 47 а. е., а в перпендикулярном направлении — около 14,5 а. е. ■

Орбитальная станция «Салют-6» на фоне Земли.

Солнечная система.
1 — Меркурий;
2 — Венера;
3 — Земля;
4 — Марс;
5 — Юпитер;
6 — Сатурн;
7 — Уран;
8 — Нептун;
9 — Плутон.

Ученые до сих пор спорят, где именно — в Китае или Вавилоне — изобрели первые солнечные часы. В Китае среди развалин древнейшей в мире астрономической обсерватории — Чжоугунской — сохранился каменный гномон — «теневой столб» солнечных часов. Он был построен в VII в. до н. э. В сохранившейся до сегодняшнего дня Пекинской обсерватории (основана в 1154 г.) «теневой столб» взметнулся ввысь на 13 м (чем больше его высота, тем точнее измерения).

«Теневой столб» стал первым в истории астрономическим прибором. С помощью этого нехитрого приспособления китайским ученым удалось довольно точно измерить длительность солнечного года. Они ежедневно отмечали, как меняется длина полуденной тени от столба. И выяснили, что в день зимнего солнцестояния она не совпадает с той, которая была в солнцестояние предыдущей зимой. Совпадение наступает через много суток — 1461. За это время четырежды приходят весна, лето, осень, зима. Разделив 1461 на четыре, китайские астрономы узнали продолжительность солнечного года: 365,25 суток. ■


8
7
6
5

Метеорные рои включают множество метеороидов со сходными орбитами. Если Земля, двигаясь по орбите, встречает на своем пути метеорный рой, то люди на ее поверхности могут наблюдать такое красивое небесное явление, как метеорный поток, или метеорный дождь. Это отдельные метеороиды, попадая в атмосферу Земли, сгорают, оставляя вытянутые светящиеся следы. В старину их образно называли «огненными копьями». ■

Эклиптика — видимый путь Солнца на небе среди звезд. Отражает орбитальное движение Земли. ■

Зодиак — путь Солнца по небесной сфере, назван от греч. «круг зверей». ■

Зодиакальные созвездия — 12 созвездий, расположенных на пути годичного перемещения Солнца по небу среди звезд. В настоящее время это Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. ■

Орбита — путь, по которому движется в пространстве небесное тело под влиянием притяжения другого, более массивного. ■

Ось мира — воображаемая прямая линия, вокруг которой происходит суточное вращение неба. ■

Все большие планеты Солнечной системы обращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении — против часовой стрелки, если смотреть с Северного полюса эклиптики. Таково же обращение и большинства малых планет. Оно называется прямым. Это общее правило соответствует модели образования Солнечной системы из единого первоначального газопылевого облака.

Однако существуют малые тела, которые не подчиняются этому правилу и имеют обратное движение, — некоторые кометы, метеорные рои и отдельные метеороиды. Часть спутников планет-гигантов также совершает обратное движение. Среди астероидов астрономы пока не зарегистрировали тела, имеющие обратное движение.

Каждая из больших планет так же, как и Солнце, вращается вокруг своей оси в направлении, совпадающем с их орбитальным обращением (т. е. против часовой стрелки). Исключение составляют Венера и Уран. Венера вращается вокруг своей оси в направлении, обратном орбитальному движению. Ее примеру следует и Уран. Кроме того, наклон оси вращения этой планеты к плоскости орбиты составляет 98 градусов, так что Уран к тому же как бы «лежит на боку».

Большинство планет, кроме Меркурия и Венеры, имеют спутники. Это небольшие тела, которые обращаются вокруг своих центральных планет подобно тому, как сами планеты движутся вокруг Солнца. Образно говоря, каждая система планета — спутники похожа на уменьшенную копию Солнечной системы. Всего в настоящее время насчитывается свыше 60 спутников планет.

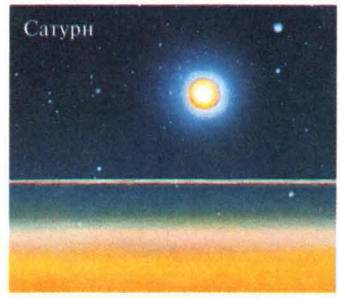
Каждая из планет-гигантов, кроме того, имеет кольца, которые состоят из огромного количества маленьких твердых тел — пылинок, камней и льдинок. С давних времен известно наличие колец у Сатурна. У остальных планет-гигантов кольца были обнаружены только при подлете к ним космических аппаратов. Астрономы считают, что подобные кольца — это части необразовавшихся спутников планеты. ■

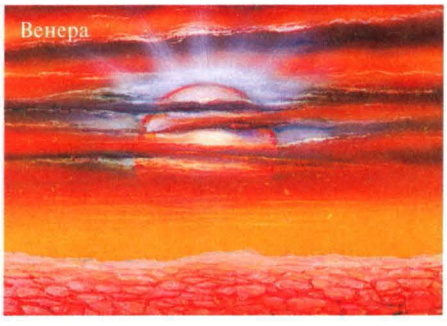
Малые тела Солнечной системы

Развитие астрономии за последние двести лет показало, что пространство Солнечной системы между планетами не является пустым, а населено различными телами: от мельчайших пылинок до тысячекилометровых астероидов. Все небесные объекты, находящиеся в межпланетном пространстве, называют малыми телами Солнечной системы.

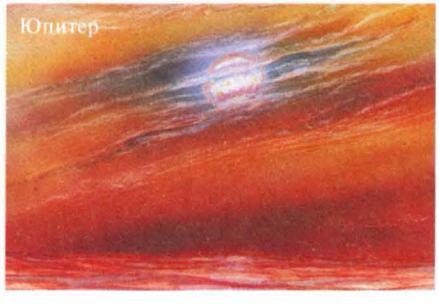
Астероиды — это твердые тела с размерами от нескольких сотен километров до сотен метров. Твердые тела с меньшими размерами (вплоть до нескольких микрометров) носят общее название — метеороиды.

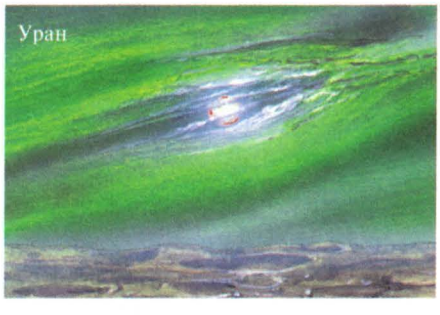
Все обнаруженные на сегодняшний день астероиды имеют орбиты, лежащие в пределах Солнечной системы. Правда, астрономам известны несколько астероидов, орбиты которых можно с уверенностью назвать необычными. Таков, например, астероид Гидальго — он обращается по сильно вытянутому эллипсу и пересекает орбиты нескольких больших планет. Ученые нашли несколько сотен астероидов, которые пересекают даже орбиту Земли. Такие тела могут проходить достаточно близко от нашей планеты, при этом вероятность столкновения с ними ничтожна, но не равна нулю. Поэтому подобные астероиды нужно выявлять и тщательно отслеживать. То же относится и к кометам: с одной стороны, кометы более редкие гостьи в окрестностях Земли, с другой стороны, появление новой «космической гостьи» — событие непредсказуемое. ■

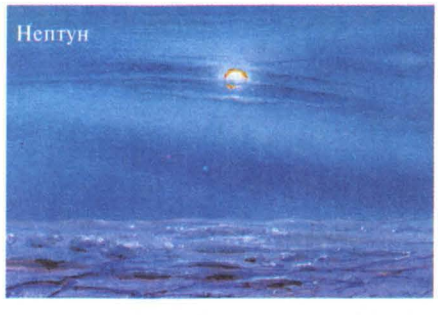




Таким бы увидели Солнце жители планет Солнечной системы.







Планета Фаэтон. Изучая пояс астероидов, ученые выдвигали различные версии его образования. Некоторые астрономы всерьез утверждали, что множество астероидов — это не что иное, как обломки планеты, некогда существовавшей между Марсом и Юпитером. По их предположениям, эта планета возникла одновременно с другими объектами Солнечной системы и была похожа на Землю — по объему, массе и строению. Однако ей «не повезло». В силу столкновения с кометой или же возмущения, вызванного проходящим поблизости громадным небесным телом, — произошла катастрофа. Планета распалась на множество кусков.

«Неудачнице» дали имя Фаэтон. Со временем гипотеза о существовании загадочной планеты была признана несостоятельной. ■

В работе под названием «Малый комментарий» (1515 г.) Н. Коперник заявил:
— Земля не есть центр Вселенной, но только центр тяжести и центр лунной орбиты;
— сфера «неподвижных звезд» находится так далеко, что размеры планетной системы по сравнению с ней пренебрежимо малы;
— не Солнце движется вокруг Земли, а, напротив, Земля вращается вокруг своей оси и обращается вокруг Солнца;
— не сфера «неподвижных звезд» обращается за 24 часа вокруг Земли, а Земля за это время совершает оборот вокруг своей оси;
— планеты движутся не вокруг Земли, а вокруг Солнца. Наблюдаемые движения планет есть результаты их движения вокруг Солнца и движения Земли по своей орбите. ■

Солнечный ветер. Солнечное излучение — это не только свет, который дает жизнь всем существам на Земле, это и потоки элементарных частиц, несущихся от Солнца. Эти потоки называются солнечным ветром.

Зодиакальный свет.

Закономерности в Солнечной системе. Расстояния планет от Солнца образуют закономерную последовательность — промежутки между орбитами соседних планет растут пропорционально удалению их от центрального светила.

Немецкие астрономы Иоганн Тициус (1729—1796) и Иоганн Боде (1747—1826) связали расстояния между орбитами планет математической закономерностью, которая вошла в науку как «правило Тициуса — Боде». Все планеты Земной группы, а именно: Меркурий, Венера, Земля и Марс, располагаются на орбитах, средние расстояния между которыми подчиняются этому правилу. Однако следующая планета — гигантский Юпитер, — порядковый номер которой 5-й, находится на орбите, в точности совпадающей с той, которая правилом Тициуса — Боде «предписывалась» для орбиты планеты под номером 6. Но на том среднем расстоянии, где должна была бы находиться планета номер 5 (оно равно примерно 2,8 а. е., или 420 млн км), в те годы ничего похожего на планету обнаружить не удавалось...

Астрономы тем не менее поверили в правило Тициуса — Боде, а открытие Гершелем планеты Уран в 1781 г. только укрепило их веру в то, что между Марсом и Юпитером должна существовать планета. И их ожидания были вознаграждены: в ночь на 1 января 1801 г. итальянский астроном из Палермо Джузеппе Пиацци обнаружил маленькую планету (см. ст. «Астероиды. Кометы. Метеороиды»). Это был астероид, который получил имя Цереры в честь римской богини плодородия, покровительницы Сицилии. Вскоре на орбите между Марсом и Юпитером были открыты еще несколько астероидов.

К концу XX в. известно почти 20 тыс. астероидов. Более чем для 6 тыс. малых планет надежно определены орбиты (такие астероиды получают свой номер, а затем и название). Орбиты практически всех астероидов располагаются между Марсом и Юпитером и образуют так называемый главный пояс астероидов. По некоторым оценкам, в нем существует не менее миллиона астероидов с размерами более 1 км.

Из правила Тициуса — Боде немного выпадают Нептун и Плутон. Первый оказывается как бы «лишней» планетой. На том месте, где по правилу Тициуса — Боде должен находиться Нептун — около 39 а. е. от Солнца, — расположен... Плутон. А Нептун, по странному капризу природы, обращается вокруг Солнца чуть ближе, на расстоянии 30 а. е. — здесь на самом деле никаких планет быть не должно.

На окраине Солнечной системы существует еще одно семейство астероидов со сходными орбитами, лежащими за пределами орбит Урана и Плутона. Это так называемый пояс Койпера — его наличие в Солнечной системе предположил американский астроном Джерард Койпер.

Астероиды этого пояса имеют орбиты с радиусом приблизительно 45 а. е. Сегодня астрономами уже открыто несколько десятков таких тел.
Кроме того, существуют пояса астероидов и между орбитами планет-гигантов. О них пока известно немного, и их изучение — дело ближайшего будущего. ■

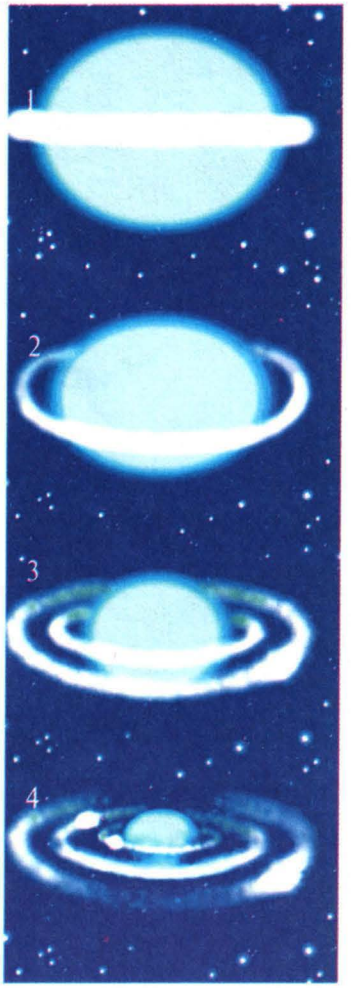
Кометы. На сегодняшний день природа комет еще до конца не разгадана. Каждый год астрономы открывают до нескольких десятков новых комет. Уже определены орбиты более 600 подобных тел. Среди них более 200 обращаются по эллипсу и, следовательно, время от времени возвращаются к Солнцу. Такие кометы называются короткопериодическими. Примером может служить известная комета Галлея — с завидным постоянством, каждые 75 лет, она с упорством маньяка возвращается к Солнцу.
Около 400 комет, т. е. большинство известных, имеют сильно вытянутые орбиты. Периоды их обращения достигают нескольких тысяч лет. Для того чтобы объяснить неожиданное появление на небе этих комет, в 40-х гг. XX в. известный голландский астроном Ян Оорт развил предположение другого астронома эстонца Эрнста Эпика о существовании кометных облаков. По теории Оорта, на расстоянии около 150 а. е. от Солнца должно находиться протяженное облако кометных ядер (протокомет). Под влиянием возмущающего действия (например, ближайших звезд) некоторые тела кометного облака изменяют свою орбиту и входят во внутренние области Солнечной системы. Приблизившись к Солнцу на расстояние менее 10 а. е., они становятся доступными для наблюдений с Земли кометами. Астрономы предполагают, что между планетами-гигантами существуют несколько кометных колец.
Лед, замерзшие газы и пыль, образующие поверхность ядра кометы, при близком подходе к Солнцу (как правило, менее 6 а. е.) начинают испаряться. В результате возникает гигантское газопылевое облако, которое под действием солнечного излучения «сдувается» в направлении от Солнца, растягиваясь на многие и многие километры и отражая солнечный свет. Уже давно установлено, что именно кометы — прародительницы большинства метеорных потоков. Кроме того, они же, по всей вероятности, являются источником постоянного пополнения межпланетных пыли и газа.
Мелкие частицы пыли и молекулы газа заполняют пространство между планетами и вокруг Солнечной системы. Хотя плотность газопылевого вещества чрезвычайно мала (несколько пылинок или молекул на кубический метр), все же с поверхности Земли удается наблюдать сгущения таких частиц — например, в виде зодиакального света, т. к. каждая частица рассеивает солнечные лучи.
В физике малых тел Солнечной системы в настоящее время происходит подлинная революция. Это связано с новыми космическими программами, которые проводит мировое сообщество по изучению Солнечной системы. В ближайшие десятилетия с бортов космических аппаратов будут непосредственно изучаться свойства астероидов и комет. Возможно, это поможет решить проблему происхождения комет и постоянного пополнения метеорного вещества в Солнечной системе. ■

Комета Хейла — Боппа, сиявшая на небосводе весной 1997 г.

Период обращения кометы Хейла — Боппа вокруг Солнца составляет три тысячи лет. Орбита ее почти перпендикулярна плоскости орбиты Земли.
Комета Хейла — Боппа, двигаясь из-под плоскости Галактики, пересекла ее 5 апреля 1996 г. вблизи Юпитера. Возмущения от планеты-гиганта были столь велики, что привели к изменению орбиты кометы, а это вызвало, согласно законам небесной механики, уменьшение периода ее обращения вокруг Солнца до двух тысяч лет.
В марте 1997 г. комета прошла свой перигелий (ближайшую к Солнцу точку орбиты), в это время ее расстояние от Солнца составило всего 0,9 а. е. (134,6 млн км), а светимость приблизилась к значению минус 2-й звездной величины. Таким образом, по блеску комета превзошла самую яркую звезду неба — Сириус.
Незадолго до этого небесная путешественница прошла очень близко от нашей планеты: расстояние до Земли составило всего 1,3 а. е. (195 млн км). В марте — апреле 1997 г. в ясную ночь на темном небосводе четко различалось яркое ядро и размытый туманный хвост космической гостьи.
Появление таких комет — большая редкость: предыдущее ее прохождение вблизи Земли могли наблюдать астрономы Древнего Египта! ■

Как возникла Солнечная система. Планетная космогония

Космогония — это научная дисциплина, раздел астрономии, в котором изучается происхождение и развитие небесных объектов — галактик, звезд и планет. Звездная космогония исследует процесс возникновения и жизненного пути звезд, и прежде всего ближайшей к нам — Солнца. С ней неразрывно связана планетная космогония.



Образование Солнечной системы по гипотезе Лапласа.
1 — раскаленная вращающаяся газовая туманность с центральным уплотнением;
2 — при вращении туманности вокруг нее образовалось вращающееся кольцо;
3 — сжимаясь и ускоряя свое вращение, туманность отслаивала кольцо за кольцом;
4 — в кольцах образовывались сгустки, ставшие в конце концов планетами.

Начиная с XVI в. учеными было выдвинуто множество космогонических гипотез с самыми разнообразными вариантами ранней истории Солнечной системы. Научное предположение о едином происхождении Земли и других планет Солнечной системы впервые выдвинул в 1754 г. немецкий философ Иммануил Кант (1724—1804). Позднее к сходному заключению независимо от Канта пришел выдающийся французский астроном и математик Пьер Лаплас (1749—1827). Его труд был опубликован в 1796 г. И Кант, и Лаплас исходили из того, что Солнце горячее и огромное, а Земля — холодная и по размеру значительно меньше. В то же время она всего лишь одна из планет. Кроме того, все планеты обращаются вокруг нашего светила почти по окружностям, двигаясь в одну сторону (совпадающую с направлением вращения самого Солнца) и практически в одной плоскости. Это давало ключ к созданию гипотезы об их происхождении. По гипотезе ученых (она получила название «гипотеза Лапласа», т. к. именно он обосновал свою теорию более подробно и убедительно), на месте Солнечной системы когда-то существовала огромная медленно вращавшаяся раскаленная газовая туманность с уплотнением в центре — так называемое протосолнце. Взаимное притяжение частичек туманности приводило к постепенному сжатию этого газового облака и уменьшению его размеров. Скорость вращения туманности возрастала. При этом большое количество частичек на экваторе туманности (где скорости выше) отрывалось от нее — так возникало вращающееся кольцо.

Все больше сжимаясь и ускоряя свое вращение, туманность отслаивала одно кольцо за другим — они вращались в одном и том же направлении и примерно в одной плоскости. Постепенно каждое кольцо остывало и превращалось в большой газовый клубок, быстро крутящийся вокруг своей оси. От этого клубка в свою очередь также отслаивались кольца и становились со временем небольшими газовыми шарами. Последние, охладившись, стали спутниками больших шаров, которые превратились в планеты. Центральная часть первичной туманности осталась раскаленной звездой — это наше Солнце.

Гипотеза Лапласа была очень популярной в свое время. Она объясняла возникновение планет, основываясь на законах тяготения и центробежной силы. Однако позднее в Солнечной системе были обнаружены некоторые явления, которые теория Лапласа объяснить не могла. Например, почему планета Уран вращается вокруг своей оси в сторону, противоположную вращению других планет? К тому же выяснилось, что Солнце вращается «слишком медленно» и, следовательно, не могло на ранней стадии своего развития иметь скорость движения, при которой было бы возможно отслоение колец.

Кроме того, мнение о том, что планеты возникли из отдельных сгустков раскаленного газа, отрывавшихся от протосолнца, противоречило данным геологии, геофизики, геохимии. Они убедительно свидетельствуют, что наша планета никогда не пребывала в огненно-жидком, т. е. расплавленном, состоянии. ■

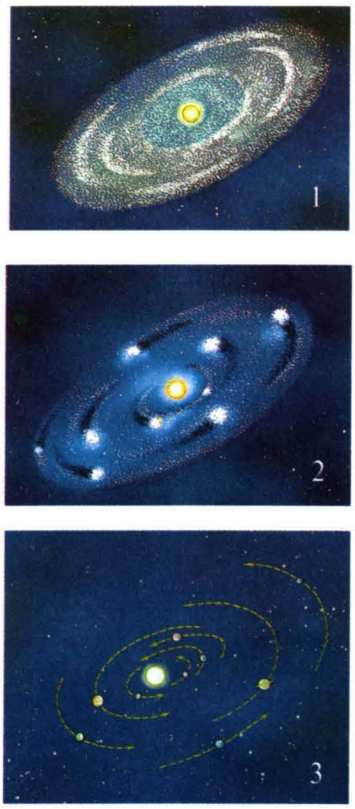
Гипотеза Шмидта. Большую роль в разработке космогонической модели образования Солнечной системы сыграли труды известного российского ученого Отто Юльевича Шмидта (1891—1956). В начале 40-х гг. XX в. он предположил, основываясь на некоторых научных данных, что Земля и планеты никогда не находились в раскаленном газовом состоянии, в отличие от Солнца и звезд. Планеты образовались из холодных, твердых частиц вещества.

Ученый допускал, что некогда в огромном вращающемся колоссальном облаке из газа и пыли образовалось сгущение — протосолнце, которое медленно сжималось. Другая часть облака, обладающая массой примерно в десять раз меньшей, неторопливо вращалась вокруг этого сгущения. Бесчисленные частички туманности, сталкиваясь и отталкиваясь, постепенно размещались около протосолнца так, чтобы не мешать друг другу. Со временем их пути расположились почти в одной плоскости и стали круговыми. При этом в конце концов стало преобладать направление вращения в какую-то определенную сторону.

Потеря сталкивающимися частичками скорости движения, как показывают расчеты, вела к тому, что шарообразное облако постепенно сплющивалось и наконец стало похоже на блин. Частички, расположившись в одной плоскости, начали притягивать друг друга, т. к. расстояние между ними уменьшилось. Самые крупные быстро увеличивались в размере и весе.

Шмидт рассчитал, что в середине планетной системы должны были возникнуть самые крупные планеты, а ближе к Солнцу и совсем далеко от него — самые мелкие.

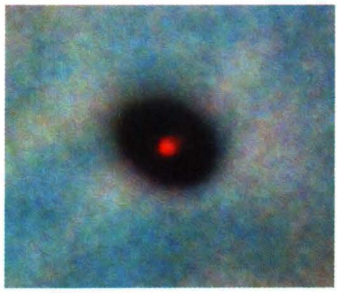
Эта гипотеза была признана одним из наиболее правдоподобных объяснений образования Солнечной системы и послужила основой для современной космогонической теории. Однако вопрос о том, как возникло газопылевое облако и каким именно образом газ и пыль превратились в крупные планетные тела, оставался открытым. ■



Образование Солнечной системы по гипотезе Шмидта.
1 — протопланетная туманность, которая когда-то окружала Солнце;
2 — в результате различных процессов в протопланетной туманности возникали уплотнения;
3 — самые крупные уплотнения со временем превратились в планеты, а мелкие — в спутники планет.

Современная версия. Современная теория образования Солнечной системы возникла только во второй половине XX в. Ученые разрабатывали ее теоретически: доступных для изучения объектов, где процесс формирования небесных тел только начинается, наука не знала. Лишь в 90-е гг. астрономы научились наблюдать прежде не известные газопылевые диски, существующие около некоторых звезд, похожих на Солнце. Наличие таких туманностей наглядно подтвердило теоретические выкладки о первичном допланетном газопылевом облаке Солнечной системы. ■

Допланетное облако. Астрономы называют газопылевую туманность, которая дала жизнь планетам, их спутникам, метеорам, астероидам и кометам, протопланетным (или допланетным) облаком. Пути планет, по которым они обращаются вокруг Солнца, лежат в одной плоскости, следовательно, протопланетное облако имело уплощенную, дискообразную форму. Сейчас принята гипотеза, утверждающая, что Солнце и диск возникли в одном вращающемся облаке межзвездного вещества — протосолнечной туманности. ■

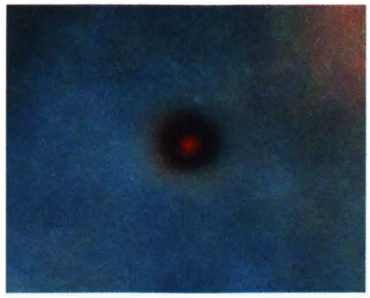


Протопланетные туманности, обнаруженные в современную эпоху в знаменитой Большой Туманности Ориона.

Гипотеза Джинса. Широкой популярностью в начале XX в. пользовалась еще одна версия происхождения нашей планетной системы. Ее в 1931 г. разработал английский физик и астроном Джеймс Хопвуд Джинс (1877—1946).

Согласно этой гипотезе, которая теперь называется «гипотезой Джинса», в незапамятные времена в непосредственной близости от нашего центрального светила оказалась другая звезда. Гравитационное притяжение этой звезды было столь велико, что она вырвала у Солнца часть его вещества. Оно и послужило материалом для образования планет.

Гипотезу Джинса, а также подобные ей принято называть «катастрофической». Она завоевала множество сторонников — в их числе оказались, например, такие крупные ученые, как Артур Эддингтон. Согласно версии Джинса, образование планетной системы — чрезвычайно редкое событие в мире звезд, свидетельствующее об уникальности человечества во Вселенной. Современные расчеты и открытия (см. ст. «Экзопланеты — планеты возле других звезд») показывают, что предположение Джинса, скорее всего, неверно, но математические методы, разработанные ученым, прочно вошли в астрономическую практику. ■



Современная наука знает о происхождении Солнечной системы многое. Солнце существует 4,6 млрд лет. Древнейшие из найденных метеоритов образовались одновременно с Солнцем; таков же возраст исследованных образцов лунной коры. На основании этого ученые предположили, что вся Солнечная система, включая центральное светило, возникла одновременно.

Допланетное облако было огромным. Его размер, по расчетам ученых, немного превышал пределы орбиты самой далекой планеты Солнечной системы — Плутона. ■

Возникновение допланетных тел. Планеты образовались из твердых тел, возникших в допланетном облаке в результате конденсации вещества (т. е. перехода его из газового состояния в твердое или жидкое). В 1901 г. американский ученый Т. Чемберлен предложил такое название для допланетных тел — планетезимали.

Первоначальный состав облака не отличался от традиционного, который и ныне свойствен межзвездным туманностям: 99% газа (водород и гелий) и 1% межзвездной пыли. В результате гравитационного коллапса — бурного выпадения газа и пыли на центральную часть облака (протосолнце) — возникали высокие, в десятки тысяч градусов, температуры. Постепенно пылевые частицы испарились полностью. Протопланетное облако стало состоять из газа, интенсивно перемешанного в результате беспорядочного вихревого движения газообразного вещества.

С окончанием коллапса вихри исчезали (этот процесс длился сравнительно недолго — примерно тысячу лет). «Успокоившийся» газ постепенно охлаждался, и в облаке вновь возникали твердые частички пыли.

Со временем в облаке газа образовался тонкий пылевой диск, который начал распадаться на отдельные сгущения. Однородное облако расслаивалось.

В результате взаимных столкновений происходило слипание отдельных пылинок и образование планетезималей. Увеличение тела за счет столкновений и слипаний начинало замедляться, как только у растущей планетезимали появлялась способность удерживать своим тяготением встреченные частицы, т. е. при достижении ею километрового размера. «Вычерпывая» окружающее вещество, такие тела служили строительным материалом для формирования планет, их спутников, комет и астероидов. Планетезимали, сформировавшиеся на окраине облака (где была достаточно низкая температура), возможно, сохранились до настоящего времени — например, в кометном облаке, куда они могли быть вытеснены гравитационным воздействием больших планет. ■

Возникновение планет. Превращение сгущений пыли в рой твердых тел длилось десятки тысяч лет — очень небольшой срок по космическим меркам. Объединение допланетных тел в планеты — процесс более длительный, он продолжался несколько сотен миллионов лет.

В допланетном рое вращалось множество разнообразных по массе твердых тел, движущихся с различными скоростями. Самую многочисленную часть допланетного облака (роя) образовывали совсем небольшие тела и частицы, немного меньше было тел «промежуточной» величины.

Крупных тел, сравнимых по размерам с Луной или Меркурием, насчитывались единицы.

Массы отдельных планетезималей в области, где располагаются сейчас планеты Земной группы — внутренняя часть Солнечной системы, — были значительно меньше, чем в области планет-гигантов. Состав «внутренних» планет показывает, что они росли за счет каменистых частиц и тел.

В результате взаимных столкновений одни планетезимали росли, другие дробились. Со временем орбиты крупнейших тел приближались к круговым, а сами они превращались в зародыши планет, притягивая и объединяя все окружающее вещество. Расчеты ученых свидетельствуют, что наша планета выросла до современных размеров «всего» за 100 млн лет. Легкие газы в формировании четырех планет Земной группы не участвовали, т. к. «выдувались» световым давлением Солнца из его ближайших окрестностей.

Солнечный ветер выметал газ и в более отдаленные пространства Солнечной системы. Там образовались зародыши планет-гигантов, состоящие из каменистых и ледяных планетезималей. Массивные (во много раз превышающие по массе нашу Землю) тела, особенно Юпитер и Сатурн, смогли притянуть к себе громадное количество газа и сформировать водородно-гелиевую оболочку.

Это происходило следующим образом. Ядро протопланеты, окруженное газовой оболочкой, сначала было не очень большим и удерживало сравнительно малое количество атмосферы. По мере роста ядра его атмосфера все увеличивалась и при достижении определенного критического уровня стала неустойчивой: газ начал «выпадать» на формирующуюся планету, в свою очередь «утяжеляя» ее. Юпитер приобрел массу, в 50 раз превышающую земную, за 200 млн лет, в основном захватив газ из области, на которую распространялось его гравитационное влияние.

Позднее поступление газа замедлилось, и Юпитер стал «вычерпывать» ближайшие области диска вдоль своей орбиты. Планета также росла и в результате присоединения твердых тел.

Ядро другой планеты-гиганта — Сатурна — росло медленнее и «добралось» до критического уровня позже, чем ядро Юпитера. Газ, окружающий планетезималь, рассеивался в космическом пространстве сильнее, чем в зоне Юпитера. В результате Сатурн состоит из большего количества твердого вещества, чем его гигантский собрат.

Уран и Нептун набирали массу еще менее активно, поэтому газ «улетал» от этих формирующихся планет еще быстрее. В итоге на водород и гелий приходится около 10% от массы Урана, а у Нептуна этих газов совсем мало. Эти далекие планеты состоят в основном из воды, жидких метана и аммиака, окислов тяжелых элементов, а из газов — планетные атмосферы. ■

Спутники планет. Ученые полагают, что на ранней стадии развития наша протоземля была окружена облаком небольших (радиусом до 100 км) частиц. Большинство из них упало на рождающуюся планету, а остальные объединились в самостоятельный зародыш — будущий спутник Земли Луну. Одновременно началось ее медленное удаление от нашей планеты.

Аналогичным образом сформировались спутники других планет. Они возникли из вещества той же протопланетной туманности, что и планеты. Водород и гелий не участвовали в «рождении» спутников, т. к. их массы не достигли значений, при которых возможно было бы присоединять газ. Этим хорошо объясняется наличие у планет-гигантов твердых спутников. ■

Современная планетная космогония, и особенно космогония Солнечной системы, обрела «второе дыхание» после начала космической эры. Именно полеты космических кораблей к планетам, их кольцам и спутникам дали тот фактический наблюдательный материал, используя который астрономы совершенствуют сейчас теорию происхождения основных тел, населяющих Солнечную систему. Это планеты, их кольца и спутники, малые планеты (астероиды), кометы и метеороиды (метеорные тела). ■

Астрономам известно более 80 тыс. малых планет, входящих в пояс астероидов. Этот пояс расположен между орбитами Марса и Юпитера.

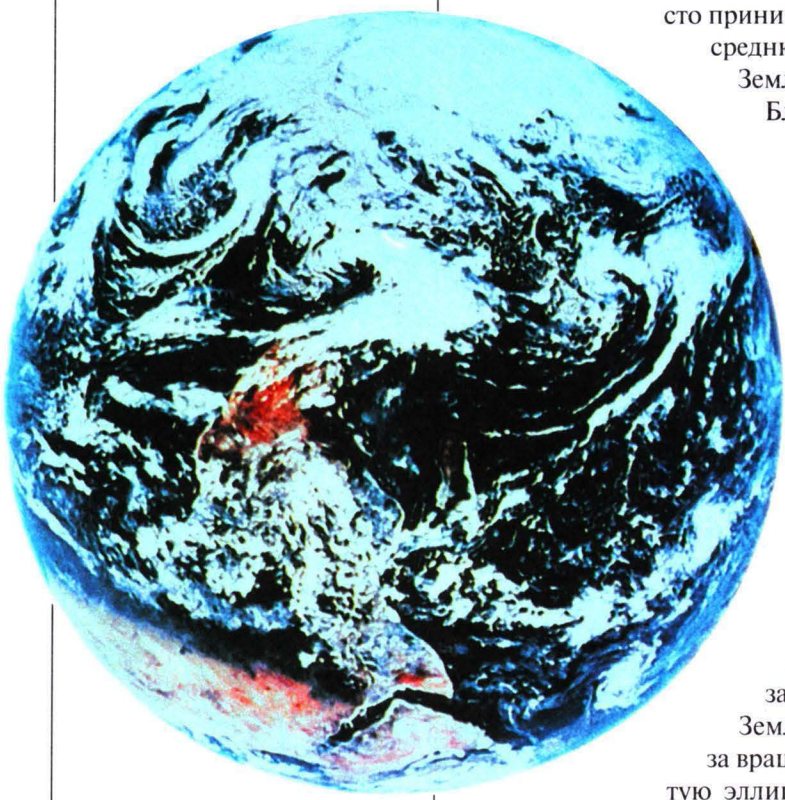
Астрономы сейчас считают, что пояс астероидов — это «несостоявшаяся планета» (такое название придумал Шмидт). Формированию крупной планеты препятствовало гравитационное притяжение гиганта Юпитера. Причем оно оказывает воздействие на астероиды и до сих пор: их орбиты в конечном итоге превращаются в очень вытянутые овалы и даже пересекают орбиты Марса и Земли. ■

Кометы — это небольшие тела (их поперечник 5—10 км), состоящие в основном из обыкновенного льда с вкраплениями льдов из метана и аммиака. В них также «вморожены» и частицы метеорного вещества, содержащего силикаты и металлы. Ученые считают, что кометы — это ледяные планетезимали. Очень давно силами притяжения формирующихся планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна — они были закинуты на далекую окраину Солнечной системы. Эти удаленные космические тела образуют гигантское разреженное облако, которое может насчитывать около 100 миллиардов объектов. ■

ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Земля как планета

Земля особенная планета. И не только потому, что ее поверхность на 2/3 покрыта водой, и не из-за того, что она имеет сильное магнитное поле, а ее атмосфера — уникальные свойства. На Земле есть жизнь! Причем это не просто феномен существования белковых тел, а жизнь, эволюция которой увенчалась образованием вида Homo sapiens — Человека разумного. Возможно, что на многие десятки световых лет вокруг Земля является единственным оазисом разумной жизни во Вселенной.



Средний диаметр нашей планеты равен 12 750 км, а масса составляет примерно 6×10^{24} кг (при сравнениях она часто принимается за единицу). Земля имеет самую высокую среднюю плотность среди всех планет — 5,52 г/см^3.

Земля — третья по удаленности от Солнца планета. Ближайшими ее соседями являются Венера и Марс, к которым она периодически приближается в среднем на расстояние 41 и 78 млн км соответственно. Расстояние от нашей планеты до центрального светила составляет 150 млн км и принято за астрономическую единицу длины (1 а. е.). Орбита Земли имеет форму эллипса, вытянутость которого настолько мала (эксцентриситет равен 0,017), что он почти не отличается от окружности. Оборот вокруг Солнца планета совершает за один год, двигаясь со скоростью примерно 30 км/с.

Земля вращается вокруг своей оси, делая один полный оборот за 24 часа. При этом на той стороне Земли, которая обращена к Солнцу, — день, а на другой половине — ночь. Издавна люди приняли смену дня и ночи за одну из единиц времени — солнечные сутки.

Землю можно назвать шаром только условно — из-за вращения вокруг оси земной «шар» имеет сплюснутую эллипсоидальную форму. Полярный радиус Земли (6357 км) на 21 км меньше экваториального (6378 км). Сплюснутость земного шара у полюсов определяется отношением этой разницы к экваториальному радиусу Земли и называется **полярным сжатием земного эллипсоида**. Величина этого сжатия, определенная наземными геодезическими методами, а затем подтвержденная измерениями со спутников, составляет 1/298,3. ■

Атмосфера Земли. Земля отличается от других планет своей атмосферой. Например, у Венеры и Марса атмосферы почти целиком образованы из углекислого газа, а у планет-гигантов — из водорода и гелия. Суть этого отличия в том, что все живое на Земле может дышать тем воздухом, из которого состоит земная атмосфера (во всяком случае, ее приземный слой), и погибло бы в атмосферах других планет.

Земля окружена воздушной оболочкой, которая состоит в основном из азота — 79% и кислорода — 20% (до высоты 100—150 км). После 800 км в атмосфере преобладает гелий, а свыше 1600 км — водород. Он образует водородную геокорону, которая простирается в космическое пространство на расстояние до нескольких радиусов Земли.

По мере подъема давление и плотность в атмосфере нашей планеты быстро падают. Можно считать, что начиная с высоты более 800 км не имеет смысла говорить об атмосфере Земли в привычном понимании.

Азотно-кислородный состав атмосферы нашей планеты ученые объясняют тем, что на ней по крайней мере 3 млрд лет назад появились живые организмы, которые начали поглощать углекислый газ и выделять кислород. Азот образовался при разложении погибших организмов.

Именно наличие жизни преобразует атмосферу, состоящую из углекислого газа (как у Венеры и Марса), в азотно-кислородную. ■

Поверхность Земли. Наша планета коренным образом отличается от других планет и тем, что на ней очень много влаги: более 2/3 поверхности Земли покрыто водой — Мировым океаном. Почти все водные запасы (97%) сосредоточены в океанах, средняя глубина которых составляет 3800 м. Некоторая часть земной влаги (около 24 млн км^3) пребывает в виде льда и снега. Примерно 3% земной поверхности покрыто льдами. Если бы они растаяли, то уровень Мирового океана поднялся бы на 62 м. Ежегодно 14% поверхности планеты скрывается под снегом. Ученые подсчитали, что если снежный покров окутает всю Землю, то средняя температура на ее поверхности понизится до –88° С (сейчас она равняется +15° С) и жизнь на ней вряд ли будет возможна.

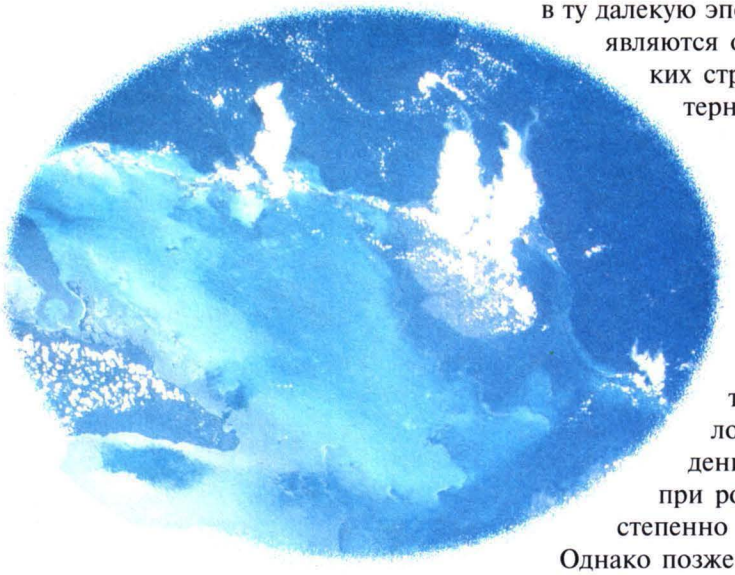
Наличие осадочных пород, возраст которых превосходит 3,7 млрд лет, служит доказательством существования на Земле обширных водоемов уже

Вид озера Байкал из космоса.

Гениальный английский ученый Исаак Ньютон на основе законов предсказал, что Земля не является идеальным шаром. В результате вращения вокруг оси она сплюснута у полюсов и вытянута вдоль экватора. По расчетам Ньютона, сжатие приблизительно равно 1/230. Некоторые ученые полагали, что сплюснутость нашей планеты иная — Земля вытянута вдоль оси вращения.

Для того чтобы раз и навсегда разрешить эти противоречия, Академия наук Франции в 1735 г. снарядила две экспедиции с целью измерить длину дуги меридиана в один градус. Одну из них направили в район экватора, а другую — на север. Измерения ученых показали, что длина дуги меридиана увеличивается от экватора к полюсу. Так сплюснутость Земли у полюсов была доказана. Ньютон оказался прав. Определенное по этим измерениям полярное сжатие оказалось равным 1/300. В наше время эта величина измерена не только высокоточной наземной геодезической аппаратурой, но и приборами, установленными на искусственных спутниках Земли. Эти измерения дали для сжатия значение 1/298,3. ■

в ту далекую эпоху. Не менее ярким свидетельством этого являются обнаруженные в материковых геологических структурах следы живых организмов, характерных для морской фауны. ■



Коралловый риф в океане. Вид из космоса.

Как устроена наша планета.

В XIX в. в науке господствовало представление об огненно-жидком ядре земного шара. Таким образом логично объяснялось повышение температуры, наблюдаемое при опускании в глубь Земли, а также вулканическая активность нашей планеты. Кроме того, подобное мнение опиралось на космогоническую теорию происхождения планет Канта — Лапласа: Земля, будучи при рождении в расплавленном состоянии, постепенно остывала.

Однако позже восторжествовала иная точка зрения. По гипотезе образования планетной системы, предложенной Шмидтом, Земля всегда была холодной и лишь потом начала разогреваться (в основном в результате глубинных радиоактивных процессов).

Изучая особенности прохождения сквозь земную толщу механических колебаний (сейсмических волн), вызванных землетрясениями, ученые пришли к выводу, что Земля состоит из нескольких концентрических слоев (или зон).

Первая зона — от поверхности Земли до глубины в 50—60 км — это земная кора. Она очень тонка. Ее толщина в некоторых местах, например под дном океанов, составляет всего 5—6 км. На континентах она достигает примерно 40 км, а под горными массивами иногда может простираться до глубины 70 км. Почти все вещество земной коры состоит из восьми химических элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, натрия, калия и магния. Больше всего кислорода (47%) и кремния (25,5%).

Исаак Ньютон.

Важной заслугой Ньютона является вывод о теоретически идеализированном характере открытых им законов. В материальном мире неизбежны отклонения от них вследствие взаимного влияния на всю систему в целом каждой отдельно рассматриваемой планеты или ее спутника. Теория всемирного тяготения позволяла, таким образом, объяснить многие астрономические явления — особенности движения Луны, приливы и отливы, сжатие Юпитера, не совсем шарообразную форму Земли. В то же время это был первый всеобъемлющий закон, действию которого подчинялись все тела Солнечной системы. ■

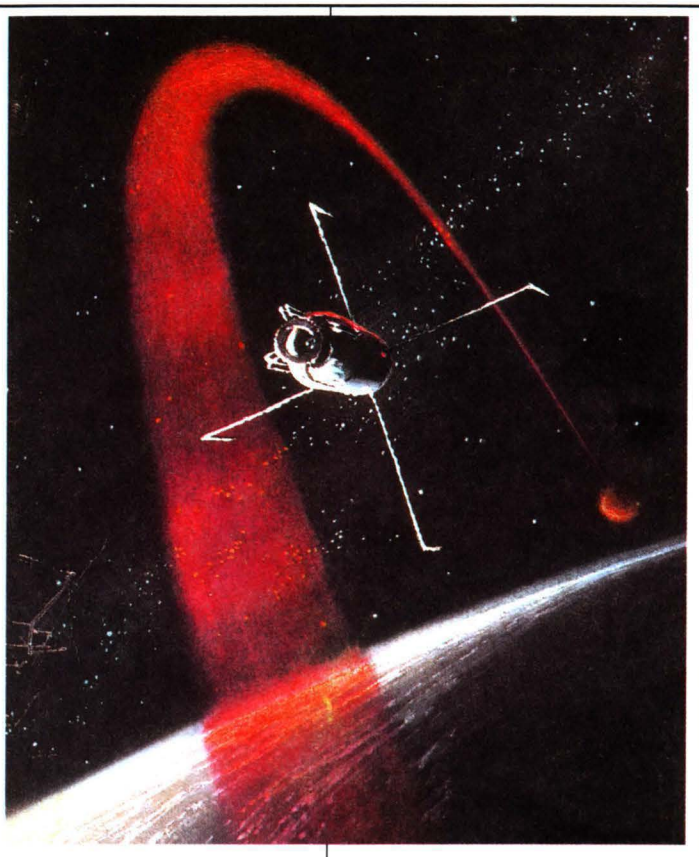
Вид горного озера из космоса.

Ниже земной коры, до глубины 2900 км, располагается оболочка Земли (мантия). Граница между этими зонами называется поверхностью Мохоровичича — по фамилии югославского ученого Андрия Мохоровичича (1857—1936), открывшего ее. Сейсмические волны, дойдя до ман-

тии, резко увеличивают скорость распространения. Из-за происходящих процессов распада радиоактивных элементов (урана, тория и др.) в отдельных местах мантии ее вещество расплавляется, образуя магму. По каналам, диаметры которых достигают 10 км, она может иногда прорываться — сквозь трещины в земной коре — на поверхность Земли. В таком случае происходит извержение вулкана. Сейчас на планете насчитывается около 800 действующих вулканов.

Дальнейшее изучение сейсмических волн показало, что ниже глубины 2900 км они начинают вести себя, как в жидкой или газообразной среде. Исследования свидетельствовали, что ниже мантии имеется жидкое ядро — поскольку поперечные волны, не способные распространяться в жидкой среде, через него не проходят. Внутри жидкого ядра ученые позже открыли твердое железное ядро — оно имеет радиус около 1300 км и лежит в центральной части нашей планеты.

Ученые предполагают, что температура в центре Земли достигает приблизительно 4200° С — в обычных условиях этого достаточно, чтобы расплавилось почти любое вещество. Однако здесь существует давление свыше 3,5 млн атмосфер. Именно оно, несмотря на столь высокую температуру, обеспечивает твердое состояние внутреннего ядра. ■



Исследование магнитосферы Земли. Картина А. Соколова.

Бесшумно сменяющие друг друга на темном небосводе красные и зеленые полосы и лучи, колеблющиеся «занавеси», играющие красками, производят незабываемое впечатление, даже если видишь их не первый раз. Полярные сияния — удивительное зрелище, которое наблюдается только в северном и южном полярных районах Земли. ■

Земля — огромный магнит. В 1600 г. английский физик Уильям Гильберт (1544—1603) опубликовал труд, который стал первой в истории науки книгой о земном магнетизме и электричестве (ученый ввел это слово в обиход). В нем он предположил, что Земля — огромный магнит.

Происхождение земного магнетизма объясняется тем, что при вращении Земли в ее железном ядре, особенно в жидкой части, возникают электрические токи. Вся наша планета как бы «опутана» магнитными силовыми линиями, которые сходятся в двух точках — так называемых магнитных полюсах Земли (они не совпадают с привычными географическими полюсами). Так что помимо атмосферы земной шар окутывает магнитосфера.

Она простирается на десятки тысяч километров в космическое пространство. Существенную роль играет взаимодействие магнитосферы и солнечного ветра — потока заряженных частиц, летящих от Солнца. Магнитное поле Земли создает невидимую защитную оболочку — оно отклоняет бо́льшую часть солнечного ветра, обдувающего нашу планету. ■

Солнечный ветер и магнитные бури. Заряженные частички солнечного ветра, приближаясь к Земле, как бы направляются силовыми линиями магнитного поля и скапливаются вокруг магнитных полюсов Земли. Влетая с большой скоростью в верхние, наиболее разреженные слои атмосферы, они ударяются об отдельные частицы воздуха,

Космический аппарат «Салют-7» над Землей. Голубая кайма — атмосфера Земли.

Если смотреть на Землю с ближайшего к ней небесного тела — Луны, то она покажется большим диском, поперечник которого в четыре раза больше привычного нам лунного. Наша планета совсем не похожа на школьные глобусы. Вместо привычных очертаний материков и океанов виден причудливый и изменчивый узор белых пятен, занимающих больше половины диска Земли. Эти пятна — облака и тучи, закрывающие от наблюдателя расположенную под ними местность. В промежутках между пятнами можно иногда разглядеть контуры берегов, пустынь, лесов и особенно снегов.

Воздушно-облачное «одеяние» Земли является причиной того, что наша планета отражает в пространство 40—50% падающих на нее солнечных лучей. Поэтому Земля — если смотреть, например, с Венеры или Марса — покажется очень яркой звездой голубоватого оттенка. Недалеко от нее невооруженным глазом можно будет рассмотреть едва видную звездочку — Луну. ■

вызывая их и свое свечение. Под действием солнечного ветра магнитное поле Земли приобретает «шлейф», направленный от Солнца. Он простирается на сотни тысяч километров в космическое пространство.

Потоки электрически заряженных частиц, как и всякий электрический ток, несут с собой магнитные силы, которые влияют и на магнетизм Земли. В результате наблюдается колебание магнитной стрелки компаса, иногда очень сильное. В это же время усиливаются помехи при радиосвязи. Резкие изменения в магнитном поле называют магнитной бурей.

Особенно сильны магнитные бури во время солнечной активности. Заряженные частицы, выбрасываемые при вспышках Солнца, долетают до нашей планеты примерно на третьи сутки и сталкиваются с магнитосферой. В результате напряженность магнитного поля на поверхности Земли резко возрастает.

Первая фаза магнитной бури — так называемое «внезапное начало» — длится несколько минут. Затем идет следующая фаза бури, когда поток частиц обтекает Землю, усиливая геомагнитное поле, — она продолжается от получаса до нескольких часов. Заряженные частицы вторгаются в магнитный «шлейф» Земли, «скользят» вдоль магнитных силовых линий, ослабляя геомагнитное поле нашей планеты. Это происходит за период времени от нескольких часов до суток. Постепенно поле Земли «успокаивается». Подобные магнитные бури могут повторяться с интервалом в 27 дней.

Ученые установили, что магнитные бури отрицательно воздействуют на здоровье людей. Поэтому средства массовой информации обязательно каждую неделю сообщают о состоянии магнитного поля Земли.

Некоторые заряженные частицы, проникая в более низкие слои атмосферы Земли, сталкиваются с атомами и молекулами, возбуждая их свечение. Это эффектное явление получило название полярное сияние. ■

Солнечная «атмосферная машина». На Земле бесперебойно действует «атмосферная машина», которую приводит в движение

Солнце. Известно, что ось вращения Земли наклонена к эклиптике — плоскости земной орбиты — на 23,5°. Из-за этого области Земли в районе Северного и Южного полюсов получают солнечное тепло всего лишь шесть месяцев в году. В остальное время там царствует полярная ночь. А к экваториальным областям Земли тепло от Солнца «поступает» круглый год. В результате экватор и полюса имеют постоянную разность температур, а следовательно, и давления, поэтому от экваториальных областей к полярным непрерывно перемещаются теплые потоки воздуха. Охлаждаясь, воздушные массы движутся обратно, вытесняя поток, который идет от экватора. Таким образом происходит постоянная циркуляция атмосферы на Земле. ■

Земля — светило. Первоисточник света для всей Земли — Солнце. Но прежде чем попасть на поверхность нашей планеты, солнечные лучи должны преодолеть колоссальную толщу воздуха: приблизительно 100 км! При этом часть лучей света поглощается атмосферой, часть достигает поверхности планеты почти без изменения, а часть просто рассеивается. Именно рассеянные солнечные лучи являются причиной того, что небо имеет насыщенный голубой цвет. Можно сказать, что наше голубое небо — это воздух, который виден благодаря освещению его Солнцем на фоне черной бездны космического пространства.

Лучи света от небесного тела, прежде чем попасть к наблюдателю, проходят сквозь атмосферу Земли и преломляются в ней. Такое явление — отклонение (преломление) в земной атмосфере лучей света — называется атмосферной рефракцией. Она тем сильнее, чем ближе к горизонту расположено светило. В связи с этим можно наблюдать в течение некоторого времени тела, которые уже опустились под горизонт.

При восходах и заходах Луна и Солнце выглядят не круглыми, а овальными. Это объясняется тем, что рефракция нижнего края светила больше, чем верхнего, а это как бы сплющивает его видимый диск. ■

Атмосферная рефракция сильно мешает точным астрономическим измерениям. Особенно ощутимы эти помехи, когда наблюдают объект, находящийся вблизи горизонта, поэтому астрономы давно договорились не провидить точных измерений в зоне 20–30 градусов над горизонтом. ■

Взаимодействие магнитного поля Земли с солнечным ветром. 1— Земля; 2 — пояса радиации; 3 — солнечный ветер; 4 — головная ударная волна; 5 — магнитопауза; 6 — хвост магнитосферы.

Спутник Земли

Луна — ближайшее к Земле небесное тело, но эти два мира разительно отличаются друг от друга.

Луна не имеет атмосферы, поэтому небо здесь не лазурно-голубое, а угольно-черное. На нем ярко сияют немигающие звезды и ослепительно сверкает Солнце. Сутки на Луне в 29,5 раза длиннее земных. Из-за отсутствия атмосферы лунная ночь резко, без утренней зари, сменяется днем, а день сразу же, минуя вечерние сумерки, переходит в ночь. Температура на Луне днем поднимается до +130° С, а ночью опускается до —170° С.

Бо́льшая часть поверхности Земли покрыта водой, Луна же совершенно сухая. Там нет и никогда не было морей и океанов, рек и озер, нет облаков, которые несут дожди и снегопады. В условиях лунного вакуума вода не смогла бы сохраниться.

Луна — мир абсолютного безмолвия, поскольку звук может распространяться только в воздухе, а его на Луне нет. Земля населена живыми существами, а на безводной, лишенной воздуха Луне органических существ быть не может. ■

Луна как небесное тело. Благодаря близости Луны ученые знают о ней достаточно много. Средний радиус нашего спутника равен 1738 км. Луна имеет шарообразную форму — астрономы не обнаружили заметного сжатия у полюсов. Исследования, проведенные с помощью космических аппаратов, показали, что лунный радиус, направленный к Земле, примерно на километр длиннее среднего лунного радиуса. Поверхность Луны в 14 раз меньше земной поверхности, а ее объем в 52 раза меньше объема Земли.

Луна движется вокруг Земли не по круговой, а по эллиптической орбите, у которой степень вытянутости, или эксцентриситет (0,055), в три раза больше, чем у земной орбиты. В перигее — точке, где спутник ближе всего подходит к Земле, — их разделяет 356 410 км, в апогее — наиболее удаленной от планеты точке — расстояние увеличивается до 406 697 км.

Среднее расстояние между нашим спутником и Землей равно примерно 385 тыс. км. Луна «обегает» вокруг Земли — т. е. совершает полный оборот — за 27,3 суток. Этот промежуток времени называется сидерическим, или звездным, месяцем. За те же 27,3 суток Луна успевает один раз обернуться вокруг своей оси, в результате наш спутник оказывается постоянно повернутым к Земле одной и той же стороной.

Ученые предполагают, что в ранние периоды своей истории Луна вращалась вокруг оси гораздо быстрее. Соответственно, она поворачивалась к Земле разными частями своей поверхности.

Возможно, более двух миллиардов лет назад — задолго до появления на Земле людей и даже до появления динозавров — можно было обозревать всю лунную поверхность. Однако из-за близости массивной планеты в твердом теле Луны возникали значительные приливные волны, которые замедляли быстрое вращение спутника. Процесс торможения продолжался до тех пор, пока наше ночное светило не оказалось обращенным к Земле только одной стороной. Наступило равновесие сил, и Луна уже не замедляет движения.

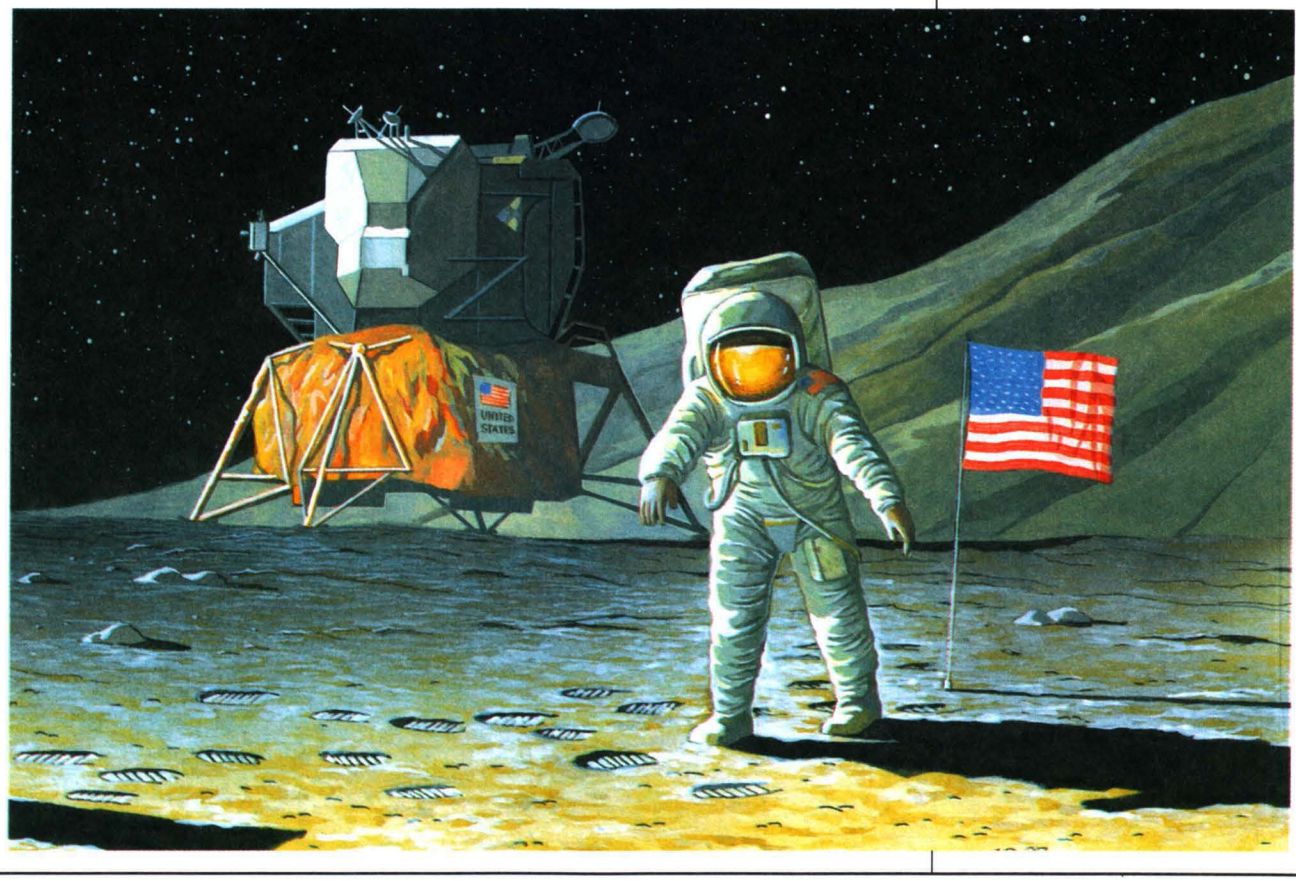
Искусственные спутники Луны — «Лунар Орбитер» (США), — систематически измеряя силу тяжести на ее поверхности, выявили интересный факт, подтвержденный затем измерениями с искусственных спутников «Луна-19» и «Луна-22» (Россия). Над лунными «морями» значения силы тяжести резко возрастали — наблюдался своеобразный всплеск аномалий силы тяжести. На Земле тоже есть аномальные области, но они встречаются в горах и в глубоководных впадинах океанов. Районы лунных аномалий назвали масконами (от сокращения слов «концентрация масс»). Предполагается, что масконы — области повышенной плотности вещества. Их исследование — дело будущего. ■

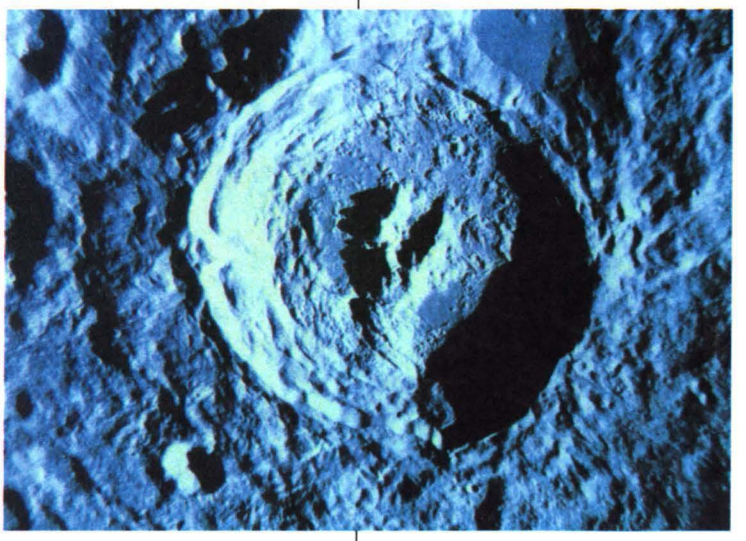
Для земного наблюдателя Луна перемещается на небосводе с запада на восток. Средняя скорость ее движения по орбите равна 1,02 км/с.
Орбита Луны наклонена к плоскости земной орбиты (эклиптике) на небольшой угол — 5° 09', но из-за гравитационных воздействий Солнца величина этого наклона испытывает постоянные колебания. ■

Строение Луны. Из-за небольшой массы Луны сила притяжения на ее поверхности в шесть раз меньше, чем на Земле. Человек, весящий, к примеру, 60 кг, на Луне «потянул» бы только на 10 кг. Там могли бы легко устанавливать мировые рекорды спортсмены штангисты и прыгуны в длину и высоту. Недаром первый астронавт, побывавший на Луне, американец Нейл Армстронг отметил, что здесь удобнее всего передвигаться не шагом или бегом, а используя «детский» способ — бег вприпрыжку...
Средняя плотность Луны составляет 3,34 г/см^3, что немного превышает плотность скальных пород. Очевидно, что наш спутник, подобно Земле, состоит из нескольких различных по свойствам слоев: коры, мантии, ядра. Лунная кора имеет толщину 40—60 км. Внутреннее строение Луны ученые представляют себе так. Самый наружный слой, толщиной не более 10 м, состоит из мелких обломков базальта. Причина возникновения такого «покрытия» Луны довольно проста. Луна, лишенная атмосферы, постоянно подвергается «бомбардировке» крупными и мелкими метеоритами, что в итоге и привело к наблюдаемому измельчению пород.
Под этим слоем (примерно до глубины 250 м) ученые обнаружили слой трещиноватого базальта. Далее, до глубины в 1 км, расположен слой более плотного базальта, а еще ниже — слой плотных разновидностей этой породы: эклогита, габбро и др.

Встреча Луны с Юпитером в созвездии Стрельца. Рисунок из древней арабской рукописи.

Самый лучший способ передвижения по поверхности Луны — вприпрыжку.





Кратер Кинг.

Названия «морей» звучат подчас непривычно — т. к. совсем не связаны с внешним видом этих объектов. Так, например, на Луне есть Океан Бурь, Море Дождей, Море Ясности, Море Спокойствия, Море Кризисов. Дело в том, что в то время, когда составлялись первые лунные карты, существовало мнение, будто Луна непосредственно влияет на погоду Земли. ■

Типичный лунный ландшафт.

Луна так же, как и Земля, обладает мантией, состоящей из нескольких слоев. Верхний имеет толщину 250 км. На расстоянии 300—800 км от лунной поверхности расположена средняя мантия, а еще глубже — нижняя мантия, или астеносфера, Луны. Здесь достаточно «жарко» — температура приближается к точке плавления пород (около 1500 °С).

Наш спутник имеет ядро. Оно очень маленькое, радиусом около 200 км, и состоит из железа и сернистого железа. Ученые предполагают, что ядро находится в расплавленном или полурасплавленном состоянии, т. к. сейсмические поперечные волны через него не проходят.

Сейсмографы, оставленные на Луне учеными, регистрировали около 1000 лунотрясений в год. Их энергия меньше, чем у землетрясений, в 10 млрд раз. По расчетам, очаги их расположены на глубинах 700—1000 км. Первые лунные сейсмограммы были получены при падении на Луну отработанных ступеней ракет-носителей. При этом длительность дрожания лунной почвы достигала нескольких часов — это примерно в 10 раз дольше, чем могло быть на Земле. Такое медленное затухание сейсмических волн на нашем спутнике объясняется малыми (по сравнению с Землей) размерами и отличием в строении обоих небесных тел.

Магнитного поля Луна не имеет. Причина тому — небольшой размер ее железного ядра и достаточно медленное собственное вращение: ведь именно быстрое вращение планеты способно наводить электрические токи в ее массивном ядре, как это происходит у Земли. ■

Лунный рельеф. Великий Галилей, направив в 1609 г. телескоп на Луну, увидел, что ее поверхность очень «изрезана». Отчетливо выделялись темные пятна — «моря» — и более светлые области, названные «материками». Они изобиловали ущельями, горными хребтами (самые большие лунные вершины поднимаются почти на 8 км), необычными кольцевыми образованиями — кратерами (по названию древнегреческих сосудов для вина и воды).

Наблюдения в телескоп позволили астрономам обнаружить приблизительно 40 тыс. кратеров. С началом космических полетов были открыты многие сотни тысяч кратеров, имеющих диаметр не менее метра. На обратной стороне Луны их оказалось гораздо больше, чем на стороне, которая всегда видна с Земли. Пять кратеров имеют размеры больше 200 км, а диаметр самого крупного достигает 240 км.

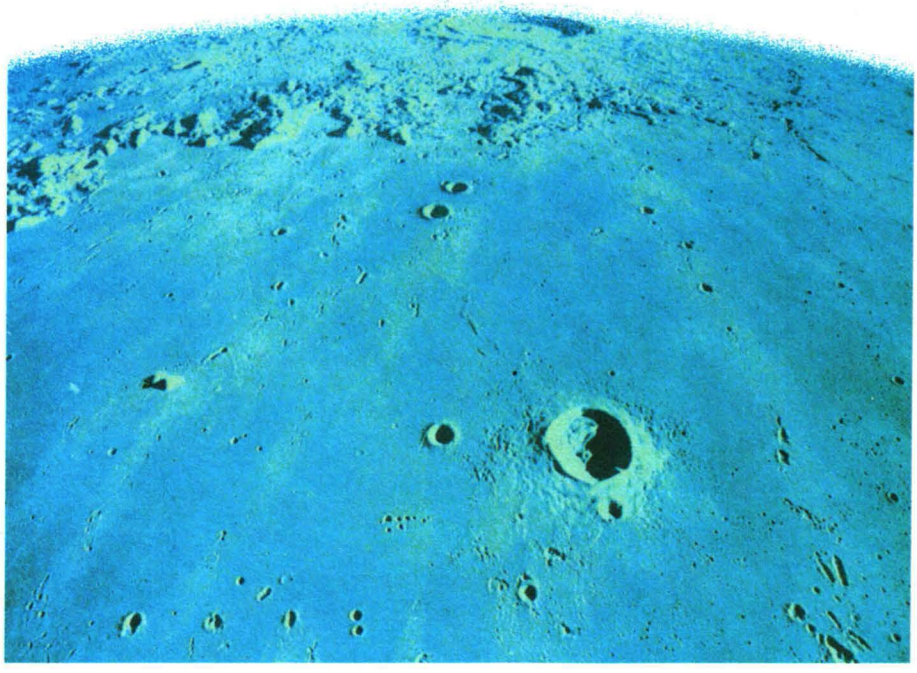
Бо́льшую часть поверхности Луны занимают гористые пространства. Составляя в XVII в. лунную карту, итальянские астрономы Джованни Риччоли (1598—1671) и Франческо Гримальди (1618—1663) для лунных хребтов употребили названия земных горных систем — Альпы, Апеннины, Пиренеи, Карпаты, Кавказ. Кратерам были присвоены имена великих астрономов и математиков. Поэтому, например, некоторые самые заметные лунные кольцевые горы называются Птолемей, Архимед, Коперник, Кеплер, Ньютон... Не забыли составители карты и себя: два больших кратера они назвали «Риччоли» и «Гримальди». ■

Как возникли кратеры на Луне. Происхождение современной картины лунной поверхности долго оставалось загадкой. Астрономы пытались объяснить, как возникли на Луне кратеры и «моря», почему кольцевых гор так много на Луне и нет (как полагали ранее) на Земле. Некоторые теории приписывали кратерам вулканическое происхождение, другие — метеоритное.

Во второй половине XX в. американские ученые провели несколько экспериментов, в результате которых было доказано метеоритное происхождение кратеров. Один из экспериментов заключался в том, что космические аппараты «Рейнджер» в июле 1964 г. фотографировали с близкого расстояния поверхность естественного спутника Земли. Оказалось, что на Луне имеются и совсем маленькие — вплоть до сантиметровых — кратеры. Впоследствии американские астронавты установили на Луне специальные пластинки, на которых могли оставлять свои следы метеориты. Дальнейшие исследования показали, что лунная поверхность должна иметь кратеры даже микроскопических размеров. Они образуются от ударов мельчайших метеоритов, которые долетают до поверхности спутника, поскольку им не препятствует атмосфера.

В результате второго эксперимента было доказано, что происхождение кратеров не связано с вулканической деятельностью. Американские космические аппараты «Маринер-9» (1971 г.) и «Викинги» (1976 г.) фотографировали кратеры на спутниках Марса — Фобосе и Деймосе. Ученые обнаружили на этих маленьких небесных объектах (их поперечники не превышают 15 км) точно такие же кратеры, как на Луне, хотя и на Фобосе, и на Деймосе нет и не может быть никаких вулканов.

В 1974 г. с небольшого расстояния была сфотографирована поверхность Меркурия — планеты, также не имеющей атмосферы. К своему удивлению, ученые увидели на снимках... копию Луны! На Меркурии были обнаружены аналогичные кратеры и «моря», но немного меньшие по размерам. Подобные кольцевые образования со временем были найдены на спутниках планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна и на астероидах! ■



Кратер Коперник.

Солнечное затмение. Когда Луна при своем движении вокруг Земли полностью или частично заслоняет Солнце, происходят солнечные затмения. Луна в этот момент бывает в фазе новолуния и находится недалеко от одного из своих узлов. Такое положение наш спутник занимает примерно 68 дней в году (точнее, два раза по 34 дня с промежутком в полгода). За эти дни обязательно произойдет по крайней мере два новолуния — следовательно, солнечное затмение может наблюдаться не менее двух раз в год. Однако максимальное число возможных солнечных затмений в году равно пяти, т. к. в этих 68 днях может «поместиться» и 4—5 новолуний. Подобное наблюдалось в 1935 г. и не повторится до 2206 г.

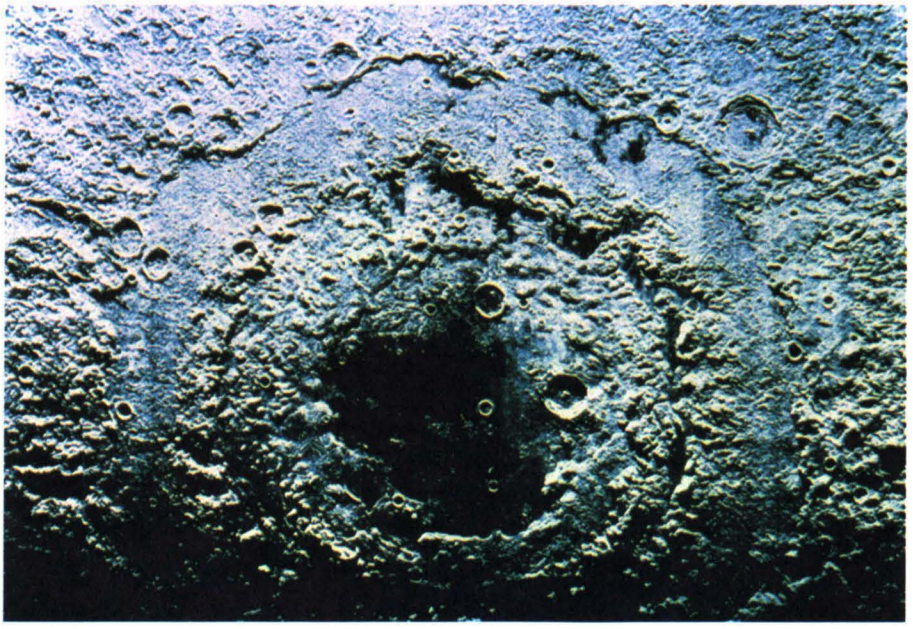
Путь лунной тени по земной поверхности называется полосой полного солнечного затмения. Ее ширина зависит от взаимного положения Земли, Луны и Солнца. Чаще всего она колеблется от 40 до 100 км. По обе стороны полосы полного солнечного затмения располагается более широкая зона частного солнечного затмения, охваченная расходящимся конусом лунной полутени. Наблюдателю видна здесь часть солнечного диска, не закрытого Луной. Когда наш спутник находится на минимальном расстоянии от Земли, ширина лунной полутени составляет примерно 3,5 тыс. км. Длительность полного солнечного затмения не превышает 7 мин 31 с.

Если во время солнечного затмения Луна находится в наибольшем удалении от Земли, то лунный диск окажется немного меньше солнечного и лунная тень не будет доходить до Земли. В таком случае наблюдатель увидит кольцеобразное солнечное затмение. Вокруг темного диска Луны блестит узкое солнечное кольцо. ■

Лунные лучи. Кроме кратеров и горных хребтов, поверхность Луны имеет ряд других интересных особенностей. От некоторых кратеров веером расходятся длинные светлые полосы, которые астрономы назвали лучами. Особенно заметны они у таких кольцевых гор, как Коперник, Тихо, Кеплер. Лучи тянутся на сотни и тысячи километров и не отбрасывают теней при любой высоте Солнца над горизонтом Луны. Количество «лучистых» кратеров, видимых с Земли в полнолуние, доходит до трехсот. Происхождение и природа лучей до конца пока не ясны, хотя ученые предполагают, что при падении большого метеорита, оставившего кратер, светлая порода «разлеталась» на сотни километров, образуя лучи.

На лунной поверхности имеются трещины. Самые большие из них простираются в длину на 300 км, имеют ширину до 50 км и несколько сотен метров в глубину. На видимой стороне спутника астрономы насчитали около 500 трещин.

«18 июня 1178 г. наблюдали вспышку на Луне, при которой «отвалился» рог месяца» (из старинной хроники). Возможно, это был удар метеорита по Луне, при котором образовался кратер названный впоследствии по имени Джордано Бруно.



Море Восточное с протяженными складчатыми горными хребтами.

Встречаются на Луне и длинные крутые обрывы. Например, Прямая стена, расположенная в юго-восточной части Моря Облаков, имеет длину около 100 км и высоту примерно 300 м. ■

Лунные «моря». На Луне, особенно во время полнолуния, заметны темные пятна, так называемые «моря» — они отчетливо различимы даже невооруженным глазом. Эти области лунной поверхности получили свое название в XVII в., т. к. в те времена астрономы были уверены, что на нашем спутнике действительно существуют обширные водные пространства. Некоторые наблюдатели, у которых было слишком богатое воображение, утверждали, что видели там даже корабли. Тот факт, что на поверхности Луны, лишенной атмосферы, не может быть водоемов, окончательно выяснился только в XIX в. Однако название — «моря» — так и закрепилось за некоторыми характерными областями Луны.

Лунные «моря» на самом деле представляют собой огромные равнины темного цвета. Всего на нашем спутнике насчитывается 14 «морей», они расположены на той стороне, которая всегда обращена к Земле, и ими занято 40% видимой с Земли поверхности Луны. На обратной стороне нашего спутника вообще нет значительных равнинных областей.

Как показали исследования, проведенные с помощью космических аппаратов, лунные «моря» покрыты базальтовыми лавами, содержащими в больших количествах железо и магний. Более светлые лунные материки состоят главным образом из разновидностей базальтов, но с меньшим содержанием этих элементов.

Анализ образцов лунного грунта, доставленных американскими астронавтами и советскими лунными станциями, позволил определить, что возраст этих пород находится в пределах от 3,13 до 4,4 млрд лет. Ученые установили, например, что Море Дождей возникло 3,87 млрд лет назад. Лунные материки немного «старше» — им 3,9—4,1 млрд лет, а древнейшие породы нашего спутника (подобно самым древним земным) образовались 4,6 млрд лет назад. Столько же лет и древнейшим метеоритам. Следовательно, именно таков возраст всей Солнечной системы. ■

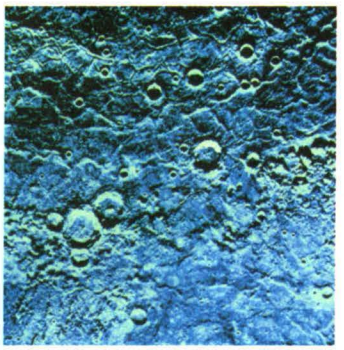
Лунное затмение. Лунное затмение происходит тогда, когда Луна попадает в земную тень, также имеющую форму конуса. В этом случае наш спутник должен находиться позади Земли, в противоположной от Солнца стороне, вблизи линии, которая соединяет центры этих небесных тел. Фазовый угол при этом будет равен 0 градусов — это период полнолуния. Попадая в тень Земли, Луна «лишается» солнечного света, поэтому лунное затмение видно на всем ночном полушарии Земли, и для всех точек этого полушария начинается и заканчивается в один и тот же момент времени (при этом часы в разных точках будут показывать разное местное время).

Луна движется по небу с запада на восток, и первым входит в земную тень ее восточный край. «Ущерб» постепенно увеличивается, и видимый диск Луны принимает форму серпа.

Если Луна полностью войдет в земную тень, то произойдет полное затмение Луны. Если в земной тени окажется только часть лунной поверхности, то лунное затмение будет частным. Полное лунное затмение может продолжаться до 2 часов. ■

Меркурий. Царство жары

Ближайшая к Солнцу планета Меркурий была известна людям еще в древности. Однако из-за того, что Меркурий периодически появляется то с одной, то с другой стороны Солнца, а также в силу неверного представления о строении Солнечной системы, долгое время считалось, что это две разные планеты. Древние египтяне называли их именами богов Сета и Гора, индусы — Буддой и Рогинеей, греки — Аполлоном и Гермесом.



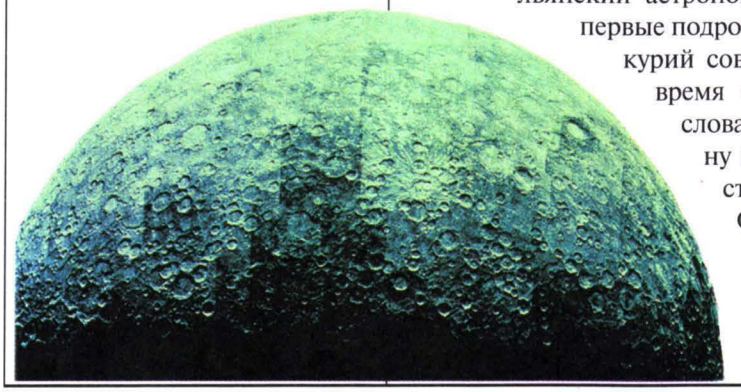
Поверхность Меркурия не сильно, но отличается от поверхности Луны.

Название «Меркурий» — по имени бога торговли, покровителя путешественников — дали подвижной планете римляне. Оно сохранилось за планетой и в какой-то мере отражает видимые свойства этого самого «быстрого» светила. Ведь бог торговли, по преданию, перемещался с большой скоростью благодаря своим крылатым сандалиям. ■

Положение Меркурия и его движение. Поскольку Меркурий очень близок к Солнцу — среднее расстояние между ним и нашим светилом составляет 58 млн км, — это довольно яркий объект. Однако долгое время планета оставалась неизученной, т. к., теряясь в ослепительных лучах Солнца, она была практически недоступна наблюдателям. Только к середине XX в. ученые смогли достичь некоторых результатов.
Орбита Меркурия наклонена к орбите Земли на 7°. Поэтому планета иногда находится то выше линии годичного движения Солнца по небосводу (эклиптики), то ниже. Она совершает оборот вокруг центрального светила за 88 суток — это меркурианский год.
Меркурий движется вокруг Солнца по вытянутой эллиптической орбите. Значение этого отклонения — эксцентриситет — для Меркурия равно 0,206. Поэтому планета то приближается к Солнцу на расстояние 46 млн км, то удаляется от него примерно на 70 миллионов километров. ■

Что было известно о Меркурии до космической эры. Меркурий среди планет Солнечной системы превосходит размерами лишь Плутон. Он немного больше Луны (диаметр Меркурия равен 4878 км) и потому является очень трудным объектом для изучения с Земли. Даже в самые лучшие периоды видимости при наблюдении в наиболее мощные телескопы эта планета выглядит как небольшой диск с еле заметными пятнами на поверхности.
Внимательно наблюдая эти пятна, астрономы пытались определить период вращения «неуловимой» планеты. В 1889 г. после семи лет наблюдений итальянский астроном Джованни Скиапарелли (который составил первые подробные карты Марса) пришел к выводу, что «Меркурий совершает только одно обращение вокруг оси за время одного обращения вокруг Солнца». Другими словами, Меркурий «подставляет» Солнцу всегда одну и ту же сторону — подобно тому, как Луна постоянно обращена к Земле одним полушарием. Следовательно, на одной стороне планеты царит бесконечный слепящий жаркий день, а на другой — вечная стылая ночь... Такое представление о вращении Меркурия принималось за истину вплоть до 60-х гг. XX столетия. ■

Мозаичное изображение планеты Меркурий, полученное космическим аппаратом «Маринер-10».



Новые открытия. В 1962 г. группа астрономов из Мичиганского университета, наблюдая Меркурий при помощи радиотелескопа, установила, что температура теневой поверхности планеты выше, чем можно было бы предположить. Не сомневаясь в истинности выводов Скиапарелли, астрономы начали искать подходящие объяснения этому интересному факту. Была выдвинута гипотеза, что на Меркурии, возможно, существует атмосфера — именно она и переносит тепло с дневного полушария на ночное.

В 1965 г. американские астрономы Ральф Дайс и Гордон Петтинджил провели радиолокацию Меркурия, использовав гигантский радиотелескоп обсерватории недалеко от города Аресибо (Пуэрто-Рико). Изучив отраженные сигналы, они пришли к выводу, что предположения о том, как вращается Меркурий, ошибочны. Планета делает один оборот вокруг своей оси за 59 суток и поэтому не может быть постоянно повернута к Солнцу одной стороной.

Немного погодя известный итальянский астроном Джузеппе Коломбо заметил, что период вращения планеты вокруг оси составляет две трети от периода ее обращения вокруг центрального светила. Следовательно, Меркурий, стремительно летя по своей орбите, трижды «встречает» новые сутки за время двух оборотов вокруг Солнца. Это замечательный пример так называемых резонансов в самом центре Солнечной системы. ■

«Вновь открытая» планета. Наземные наблюдения Меркурия могли дать только очень скудные сведения об этой планете. Астрономам же — для правильного представления о Солнечной системе — нужны были гораздо более подробные данные. Поэтому 4 ноября 1973 г. с мыса Канаверал (США) стартовала ракета «Атлас-Центавр», которая вывела на орбиту (по направлению к Венере) космический аппарат «Маринер-10». Пройдя мимо Венеры 5 февраля 1974 г., он по инерции продолжал двигаться дальше, к Меркурию — цели своего путешествия.

К удивлению ученых, оказалось, что она сильно напоминает лунную поверхность. Так же, как у Луны, у Меркурия нет атмосферы. Впрочем, некоторые отличия все же существуют.

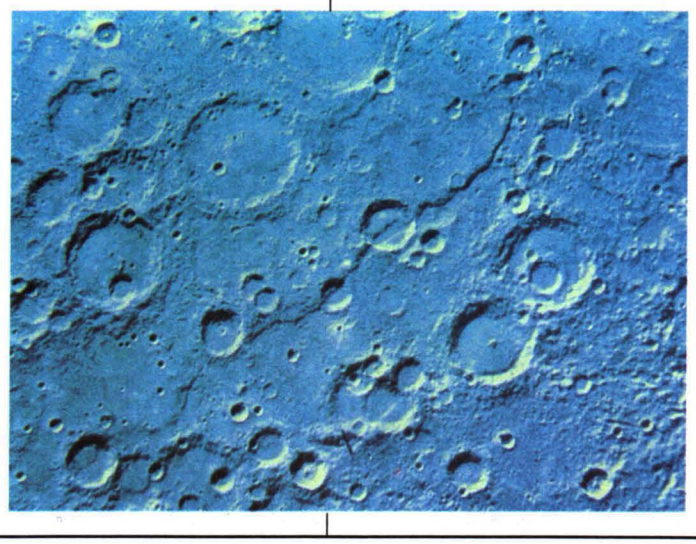
Даже в областях, усеянных многочисленными кратерами, между ними заметны протяженные равнины. Кратеры на планете, как правило, разделены довольно сглаженными площадками — это образцы «древней» поверхности Меркурия, сохранившейся со времени ее образования при формировании Солнечной системы.

Ученые установили, что планета имеет собственное магнитное поле. Следовательно, в центре Меркурия должно находиться железное ядро. Масса планеты составляет 0,055 земной. Ученые рассчитали, что диаметр железного ядра равен 3600 км. Таким образом, несмотря на свою «лунообразность», Меркурий все же довольно сильно отличается от естественного спутника Земли, который не имеет ни тяжелого ядра, ни магнитного поля.

Когда «Маринер-10» скользил над ночной стороной планеты, приборы, установленные на борту космического аппарата, зафиксировали температуру -173° С. В полдень температура здесь поднимается до 427° С. Таким образом, Меркурий и в этом «перещеголял» Луну. ■

Самое большое образование на поверхности Меркурия — так называемый бассейн Калорис, имеющий диаметр 1300 км. Он окружен горами, которые поднимаются на высоту два километра над близлежащими равнинами. Бассейн носит имя «Калорис» (от лат. calor — «тепло»), потому что через каждые два меркурианских года, когда планета максимально приближается к Солнцу, он становится самым жарким местом на планете.

Такой бассейн, как полагают астрономы, мог образоваться только при столкновении Меркурия с крупным небесным телом. Возможно, в эпоху кратерообразования — 3—4 млрд лет назад — огромный астероид, обрушившись на планету, оставил «в память о себе» этот шрам на ее поверхности. ■



Основная деталь поверхности Меркурия — кратеры.

В 1610 г. Галилео Галилей с помощью своего телескопа открыл, что Венера, подобно Луне, изменяет свою видимую форму. В течение месяца она была видна в разных фазах — от узенького серпа до полного диска.

Открытие Галилея нанесло мощный удар по противникам гелиоцентрического учения Коперника. Великий польский астроном был убежден, что планеты Венера и Меркурий обращаются вокруг Солнца, подобно Земле и Луне. Следовательно, они должны изменять свой вид, как и Луна. Но человек не может разглядеть фазы планет. Поэтому Галилей говорил: «Я увидел глазом то, в чем мой разум не сомневался и раньше».

Однако в то время учение Коперника считалось неверным и даже вредным, т. к. в науке господствовала геоцентрическая гипотеза устройства мира, согласно которой Земля — центр Мироздания. Противники учения Коперника утверждали, что планеты не являются небесными «землями», не обращаются вокруг Солнца и имеют собственное свечение, — все утверждения о каких-то изменениях их вида не являются правомерными. Галилей, убежденный в истинности взглядов Коперника, наконец-то получил доказательство его правоты. ■

Облачный покров Венеры в ультрафиолетовых лучах.

Венера. Утренняя и вечерняя звезда

Еще в древности люди заметили, что иногда после захода Солнца на розовом небе появляется очень яркая вечерняя звезда. В Древней Греции звезду называли «Геспер», в Древнем Риме — «Веспер», что означает «вечер».

Кроме того, похожее светило появлялось периодически и перед восходом Солнца — утренняя звезда была настолько ярка, что не терялась на небе даже при дневном свете. У этого светила было другое имя — древние греки называли его «Эосфор» («предвещающий зарю»), а римляне — «Люцифер» («несущий свет»). Постепенно наши предки пришли к выводу, что обе звезды на самом деле один и тот же небесный объект — планета Венера.

Ближайшая к Земле планета. Эта удивительная планета — ближайшая к Земле и вторая по расстоянию от Солнца (108,2 млн км). Но поскольку в действительности орбита Венеры не идеальная окружность, а эллипс, самое близкое расстояние от планеты до Солнца равно 107 млн км, а самое дальнее — 109 млн км. Один оборот вокруг нашего светила она совершает за 224,6 земных суток.

Венера единственная из всех планет Солнечной системы вращается вокруг оси по часовой стрелке. Наклон оси вращения Венеры к плоскости ее орбиты равен почти 90°. Из-за таких необычных сочетаний одни сутки на Венере равны 117 земным. День и ночь там длятся почти 59 земных суток.

Поскольку Венера расположена ближе к Солнцу, чем Земля, поток солнечного излучения, падающий на ее поверхность, должен быть в несколько раз больше. Однако примерно 25% излучения Солнца рассеивается в мощном облачном слое Венеры. Специалисты подсчитали, что на поверхности планеты почти так же светло, как и на поверхности Земли в облачный день.

Венера долгое время оставалась для астрономов «планетой загадок». Плотно окруженная облаками, она к тому же не имела спутника, по орбитальному движению которого ученые смогли бы определить массу планеты. Лишь в 1895 г., при исследованиях орбит Меркурия, Венеры, Земли и Марса, астрономам удалось определить массу Венеры — 81,5% от массы Земли.

Диаметр планеты равен 12 100 км. Это значение было получено после исследования Венеры с помощью космических аппаратов. Зная радиус и массу Венеры, астрономы определили силу тяжести на ее поверхности: она составляет 89% земной. Это значит, что человек, имеющий вес 80 кг, на Венере будет весить немного больше 70 кг.

В атмосфере Венеры. Картина А. Соколова.

Магнитного поля у Венеры не обнаружено. Плотность ее равна 5,24 г/см^3 (средняя плотность Земли составляет 5,52 г/см^3). ■

Атмосфера Венеры. Существование атмосферы Венеры было обнаружено в 1761 г. русским ученым Михаилом Ломоносовым. Однако долгое время с Земли можно было наблюдать только надоблачный слой венерианской атмосферы. В 1932 г. ученые, исследуя спектр Венеры, обнаружили полосы, характерные для углекислого газа. В 1934 г., после проведения очень тщательных наблюдений, выяснилось, что количество углекислого газа над облачным слоем Венеры в 1500 раз превышает его количество во всей атмосфере Земли! Какова же тогда атмосфера Венеры? Ответ на этот и многие другие вопросы дали космические аппараты, опустившиеся на поверхность загадочной планеты.

Оказалось, что атмосфера Венеры на 96% состоит из углекислого газа (в 400 раз больше, чем в земной атмосфере) с небольшой примесью азота (около 4%), сернистого газа (0,01—0,02%) и угарного газа (несколько тысячных процента).

Количество кислорода в атмосфере планеты ничтожно мало̀ (меньше тысячной доли процента). Кроме того, в составе атмосферы был обнаружен водяной пар (0,1%).

На поверхности планеты крайне жарко — около 500° С. Давление атмосферы здесь очень велико — примерно в 90 раз больше, чем на Земле.

Космические корабли для исследований Венеры приходится конструировать так, чтобы они могли выдержать сокрушительную, раздавливающую силу давления атмосферы. В 1970 г. первый космический корабль, прибывший на эту планету, смог «продержаться» в существующих условиях лишь около часа. Ужасающе высокая температура на Венере объясняется

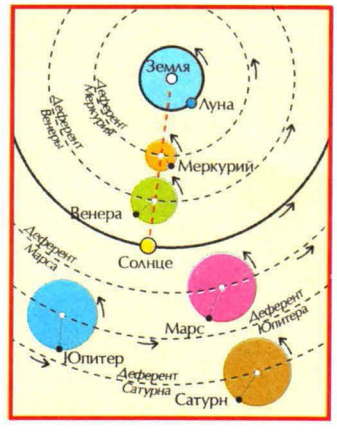
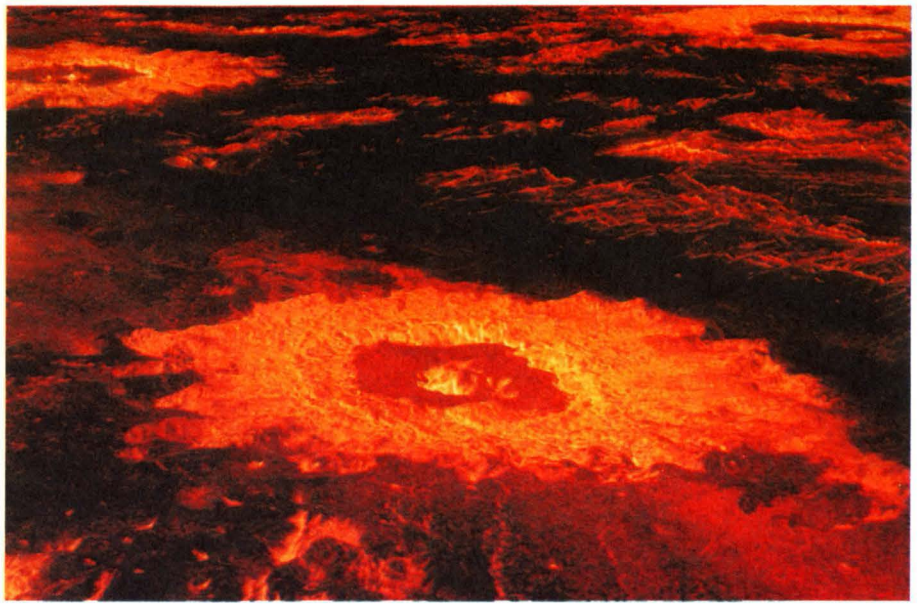
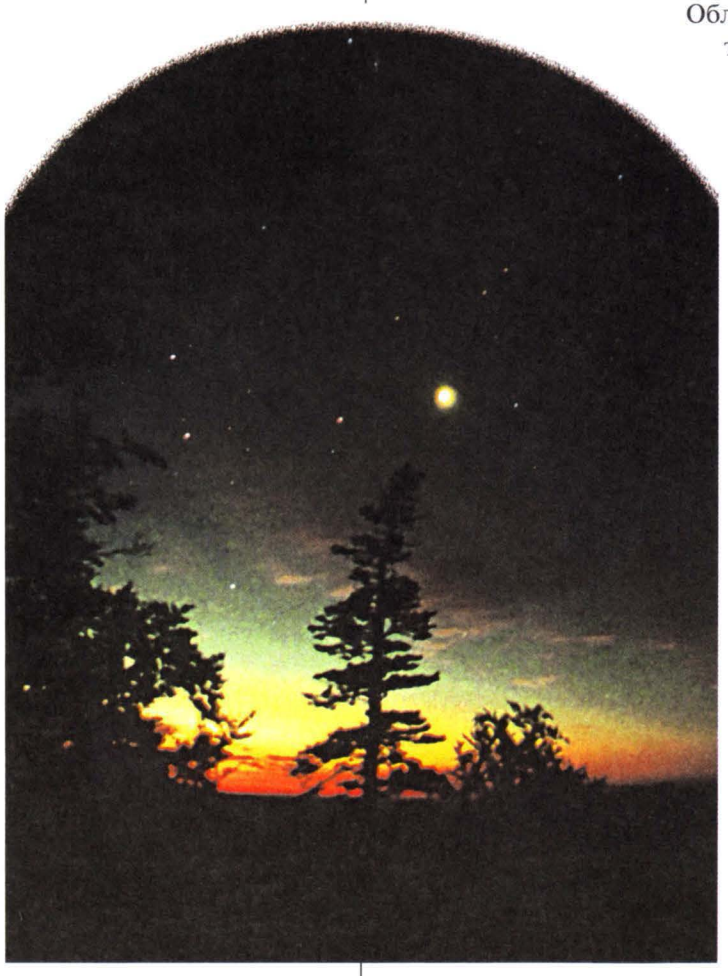


Схема системы мира Клавдия Птолемея.



Кратеры на поверхности Венеры.



Венера на фоне утренней зари. Снимок сделан на плато Лагонаки в горах Северного Кавказа.

сильным парниковым эффектом. Атмосфера, состоящая из углекислого газа и водяного пара, интенсивно поглощая инфракрасные (тепловые) лучи, испускаемые нагретой поверхностью планеты, «окутывает» ее подобно теплому одеялу.

Облачный слой Венеры располагается на высотах 49—70 км. Здесь температура близка к 200 К (–73° С). Облака по плотности напоминают легкий туман, только капельки их состоят из насыщенного водного раствора серной кислоты. Большая протяженность этого облачного слоя делает поверхность Венеры недоступной для земных наблюдателей.

Во время очень тщательных наблюдений с Земли ночного полушария Венеры астрономы зафиксировали в ее атмосфере краткие вспышки, похожие на земные молнии. Ученые полагают, что грозы на Венере более часты и интенсивны, чем на Земле.

Скорость ветра вблизи поверхности Венеры невысока и достигает всего лишь нескольких метров в секунду. Зато на высотах, где расположен облачный слой, зафиксированы ураганные ветры. ■

Поверхность Венеры. Каменистая пустыня с бескрайними равнинами, следы лавовых потоков и множество отдельных камней — такой предстала Венера на первых снимках, переданных автоматическими станциями. Самое удивительное: здесь, на планете с плотной атмосферой, были обнаружены многочис-

ленные неглубокие кратеры с диаметрами от 30 до 700 км. Особенно много их в районе экватора Венеры.

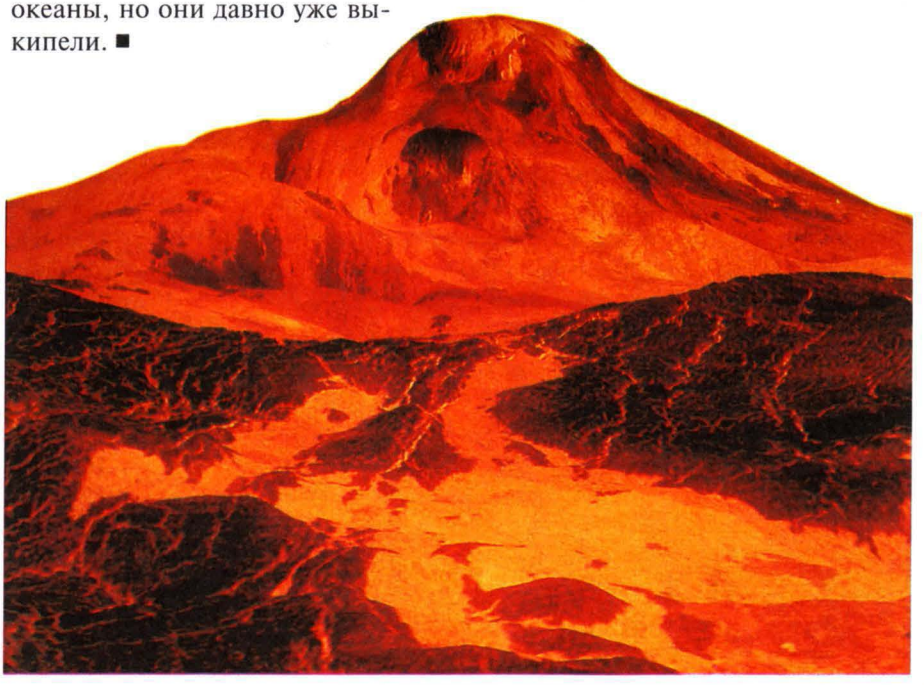
Такая неожиданная находка свидетельствует о том, что в истории планеты был период, когда атмосфера у нее отсутствовала и метеоры могли достигать ее поверхности. В целом Венера оказалась наиболее «гладкой» из всех планет земной группы.

На поверхности Венеры с помощью радиоволн обнаружены два обширных плоскогорья, по размерам соответствующих материкам на Земле. Афродита и Иштар — так назвали эти плоскогорья, на 3—5 км возвышающиеся над окружающими равнинами. Здесь же были найдены грандиозные вулканы. Максвелл на плоскогорье Иштар имеет высоту 12 км, поперечник подошвы почти 1000 км. Диаметр кратера на его вершине достигает 100 км. Очень велики Гаусс и Герц на плоскогорье Афродита, но их высота меньше — 6—8 км. ■

Венера и Земля. Ближайшая к Земле планета, похожая на нее размерами и массой, в то же время имеет и много отличий. Почему же развитие этих планет пошло разными путями — ведь образовались они из одной протосолнечной туманности, следовательно, должны иметь похожий химический состав? Причины этого астрономы пока точно не знают.

Предположительно, 4,5 млрд лет назад, когда наша Земля только сформировалась, ее атмосфера была такой же плотной, как и на Венере, и состояла из углекислого газа. Однако Земля, расположенная чуть дальше от Солнца, не была столь горячей, как Венера. В результате дожди вымывали углекислый газ из атмосферы, поскольку он хорошо растворяется в воде, и «направляли» его в океаны. Из раковин и костей морских животных возникали горные породы — такие, как мел и известняк, в состав которых входят углерод и кислород.

В атмосфере Венеры не очень много воды. А вследствие парникового эффекта температура атмосферы вплоть до высоты 50 км превышает точку кипения воды. Возможно, в прошлом на Венере существовали океаны, но они давно уже выкипели. ■



Венера, вулкан Маат с вытекающей лавой.

Как выглядит небо Венеры. Высокая плотность атмосферы у поверхности Венеры способствует тому, что в ней зеленые и желтые лучи сильно рассеиваются, а синие поглощаются в нижних слоях некоторыми газообразными соединениями. Поэтому здесь нет привычного голубого неба, а цвет его над горизонтом планеты — желто-зеленый.

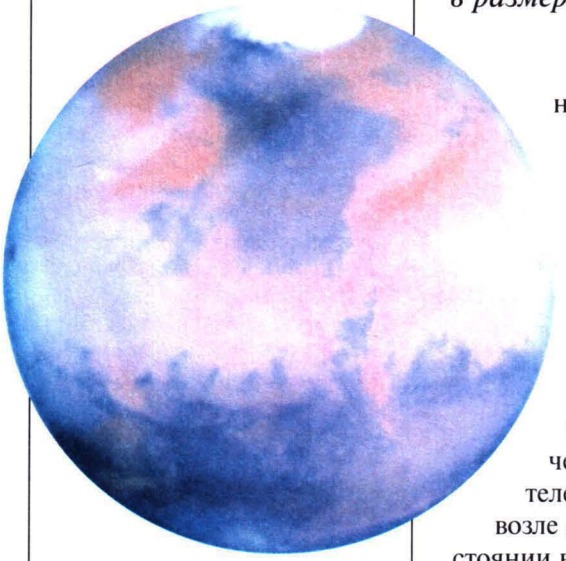
Днем — из-за того что слои газа, прилегающие к поверхности Венеры, сильно нагреваются — может происходить отклонение лучей света вверх (с земной точки зрения это аномалия). Создается удивительная иллюзия: отдаленные предметы кажутся близкими. Например, телевизионные камеры станции «Венера-13» «увидели» холм, который в действительности может быть небольшой кочкой.

Солнечные сутки на Венере очень длинны — один только рассвет здесь длится 3—5 земных дней и ночей! Кстати говоря, восхода Солнца в обычном, земном понимании на этой планете не бывает. Поскольку прямой солнечный луч не способен «пронизать» 20-километровую толщу облаков, то они постепенно становятся просто светлее. Ночь на Венере долгая — она «окутывает» планету темнотой на целых два земных месяца!

С поверхности Венеры не видно звезд. Препятствием служит плотный слой сернокислого тумана (это и есть облака Венеры). ■

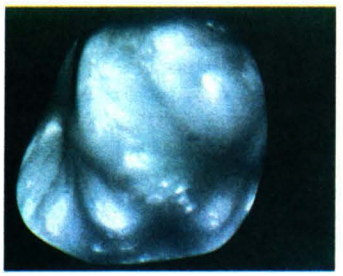
Тайны Марса

Марс — четвертая по удаленности от Солнца планета. Он расположен в полтора раза дальше от нашего светила, чем Земля. Эта небольшая планета имеет массу в девять раз меньше земной. Средний радиус Марса — 3388 км, и он уступает Земле в размере почти в два раза.

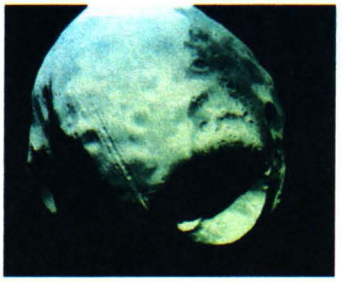


Плотность Марса — 3,94 г/см^3, что на 30% меньше плотности нашей планеты. Его магнитное поле очень слабо, а сила тяжести на поверхности составляет всего 38% от земной. Марсианский день длится 24,6 часа, а времена года здесь заметно длиннее, чем на Земле, т. к. один оборот вокруг Солнца наш сосед совершает за 687 обычных суток. ■

Спутники Марса. В 1877 г. (в год великого противостояния Земли и Марса — когда расстояние между этими планетами становится минимальным) американский астроном Асаф Холл (1829—1907) обнаружил у Марса два спутника. Он дал им названия Фобос и Деймос — «Страх» и «Ужас», в честь спутников древнеримского бога войны Марса. В крупный телескоп эти спутники видны как тусклые, слабо светящиеся точки возле яркого диска Марса. Фобос обращается вокруг планеты на расстоянии всего в 1,4 ее диаметра, делая один оборот за 7,6 часа. Деймос — на расстоянии в 3,4 диаметра, облетая вокруг Марса за 30,2 часа. ■



Спутник Марса Деймос.

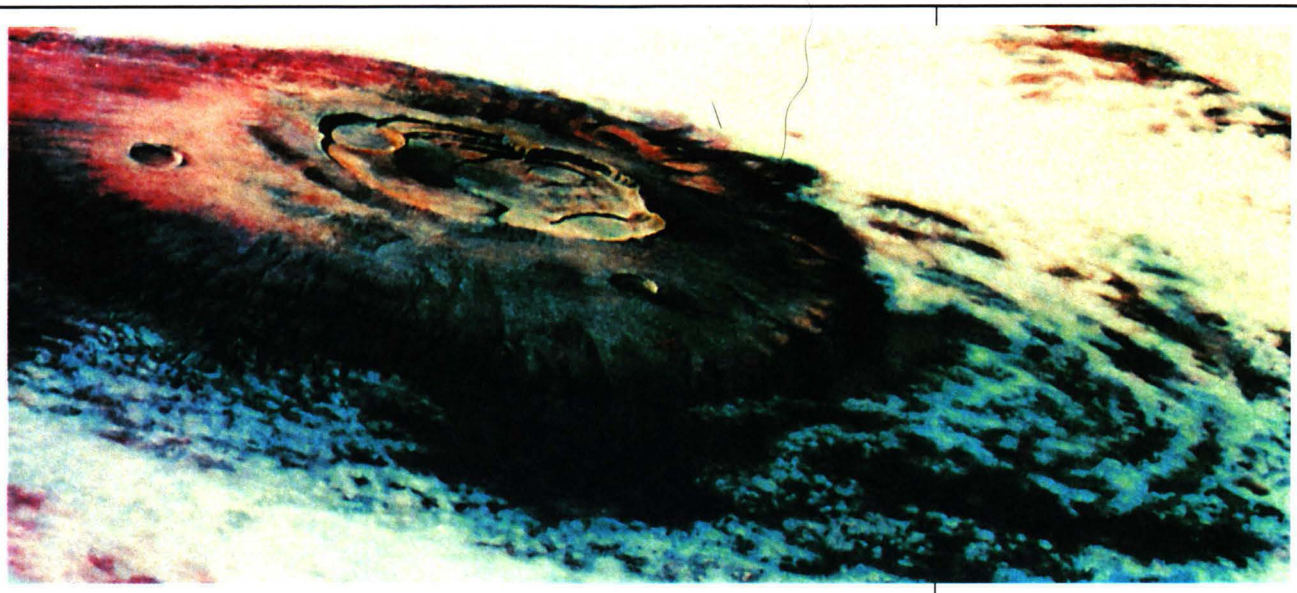


Спутник Марса Фобос.

Поверхность и атмосфера Марса. При наблюдениях в телескоп на Марсе можно заметить темные пятна сухих марсианских «морей» и белые полярные шапки. В 1965 г. американская станция «Маринер-4» передала первую серию фотографий Марса. Как пишет астроном Дж. Поллак, она «многих разочаровала, ибо показала нам однообразную, покрытую кратерами планету, очень похожую на Луну». Две сотни марсианских фотографий, переданных «Маринером-6» и «Маринером-7» в 1969 г., подтвердили эти данные. Многие ученые решили, что если Марс до такой степени мертв геологически, то он мертв и биологически.

В 1971 г. на орбиту вокруг Марса вышли советские аппараты «Марс-2» и «Марс-3» и американский «Маринер-9». Полученные с них данные показали, что снимки первых трех «Маринеров» (которые зафиксировали южное полушарие Марса) не являются типичными для всей планеты. В южном полушарии сконцентрированы древние горы, покрытые кратерами, что очень напоминает лунный пейзаж.

Северное же полушарие Марса изобилует молодыми равнинами и огромными вулканами. Северные области Марса свидетельствуют об активной геологической деятельности на планете — здесь найдены колоссальные вулканы, высотой до 27 км, и гигантские кратеры; огромные глубокие каньоны, которые тянутся на тысячи километров, и сотни высохших русел древних рек. Сильные ветра, достигающие скорости 100 м/с (или 360 км/ч!), переносят с места на место огромное количество пыли и формируют в северном полушарии рельеф в виде гигантских песчаных дюн, очень похожих на земные. Сила марсианских ветров тем удивительнее, что атмосфера этой планеты примерно в сто раз разреженнее земной. 95% приходится на углекислый газ, остальные составляющие марсиан-



Марс. Гора Олимп.

ской атмосферы — азот и аргон. В ней также содержится кислород (всего лишь десятые доли процента) и есть следы водяного пара.

Обычная вода здесь превратилась в лед и повсеместно встречается в марсианском грунте, находящемся в состоянии вечной мерзлоты.

Интересная гипотеза была высказана американскими учеными К. Саганом и Д. Уоллесом — согласно расчетам под многометровым слоем вечной мерзлоты на Марсе могут существовать подземные озера и даже реки!

Средняя температура на поверхности Марса −60° С. Перепады температуры, в зависимости от времени года и суток, достигают 100—150 градусов. Лишь марсианское лето может порадовать жителя Земли — температура воздуха в полдень поднимается здесь до +25 градусов. Зимой у полюсов температура достигает −125° С, при этом углекислый газ превращается в лед (знакомый многим «сухой лед», который часто используют продавцы мороженого). Поэтому полярные шапки Марса состоят из смеси нетающего водного льда и замерзшей углекислоты, которая испаряется в марсианские летние месяцы и выпадает в виде снега в зимние. Такой углекислотный снег выпал зимой 1979 г. в районе посадки аппарата «Викинг-2». ■

Загадочные каналы Марса. О ярком красноватом Марсе, названном так в честь римского бога войны, написано огромное количество фантастических романов и рассказов.

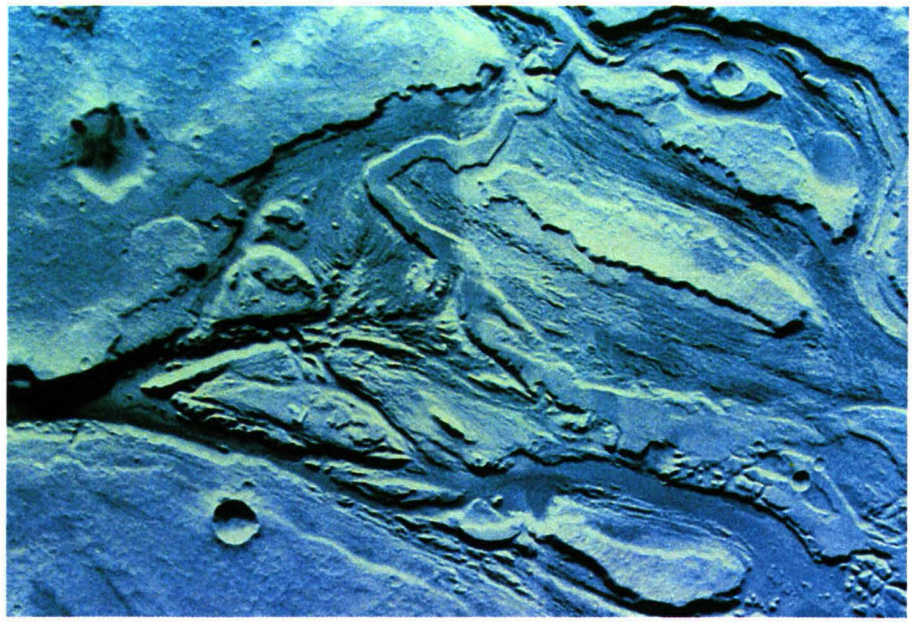
Подобная популярность Марса в последние 100 лет связана с надеждами отыскать на этой планете жизнь. В 1877 г., в благоприятный для наблюдений момент противостояния Марса и Земли, итальянский астроном Джованни Скиапарелли начал тщательное изучение поверхности планеты в телескоп. Основное внимание он уделил каналам — крупным протяженным структурам на Марсе. Они простирались на большие расстояния, распадались на параллельные линии, меняли свой цвет и вид в зависимости от марсианского времени года.

Скиапарелли писал после многолетних наблюдений: «...эта удивительная картина, и в особенности то, что эти полосы оказались проведенными с совершенной геометрической точностью, как если бы здесь применялись линейка и циркуль, побудила многих видеть в таких образованиях резуль-

Интересно, что английский писатель Джонатан Свифт писал в романе «Путешествие Гулливера» в 1726 г. о лапутянах: «Кроме того, они открыли две маленькие звезды, или два спутника, обращающиеся около Марса. Ближайший из них удален от центра этой планеты на расстояние, равное трем ее диаметрам, второй находится от нее на расстоянии пяти таких же диаметров. Первый совершает свое обращение в течение 10 часов, а второй в течение 21 с половиной часа...» Таким образом, Свифт предсказал существование двух спутников Марса за 150 лет до их реального открытия и при этом довольно точно указал размеры их орбит.

Это предсказание вызвало к жизни массу легенд, включая даже миф о контактах Свифта с инопланетянами. ■

Летом 1997 г. на Марс прилетел американский аппарат «Пасфайндер». С невысокой платформы, окруженной смятой парашютной тканью, на поверхность Марса медленно спустился колесный автоматический вездеход. Около месяца он бродил среди древних камней и песка, делая анализы грунта и передавая на Землю уникальные фотографии. ■



Высохшее русло марсианской реки.

Через несколько лет планируется провести чрезвычайно сложную операцию по доставке на Землю образцов «свежего» марсианского грунта. Удастся ли это дерзкое предприятие? Найдут ли ученые жизнь или ее следы в этих образцах? Были ли на Марсе многоклеточные живые организмы: растения и животные? Можно надеяться, что в ближайшие годы астрономы раскроют многие тайны прошлого и настоящего Красной планеты. Это позволит воссоздать реальные картины истории Марса и опровергнуть (или подтвердить) версии писателей-фантастов, не обремененных проблемами научной достоверности. Такие писатели представляли марсиан наследниками древней и развитой цивилизации, зачастую (как в романе Герберта Уэллса «Война миров») выступающими в роли жутких захватчиков-вампиров...■

тат работы разумных существ, обитающих на этой планете». Астроном осторожно добавлял, что такие предположения «не заключают в себе ничего невозможного».

Гипотезу о наличии жизни на Марсе и существовании там обширной растительности активно поддерживали известный американский астроном Персиваль Лоуэлл, русский астроном Гавриил Тихов, английский астроном Хэролд Спенсер-Джонс и многие другие исследователи. Основатель Флагстаффской обсерватории в штате Аризона, Лоуэлл сам тщательно изучал в телескоп каналы Марса. Он писал в своей книге «Марс как пристанище жизни»: «Наблюдатель стоит здесь, по-видимому, перед проявлением деятельности интеллекта, родственного его собственному...» Лоуэлл даже вычислил, что мощность искусственной водонапорной машины для наполнения каналов на Марсе должна в 4000 раз превосходить мощность Ниагарского водопада. Другие астрономы, например Эдуард Барнард, не подтверждали этих наблюдений марсианских каналов.

В 1940 г. Спенсер-Джонс, подводя итоги более чем полувековой дискуссии, писал: «...нам представляется правильным признать, что геометрической сети тонких каналов на Марсе не существует». Тем не менее астроном считал, что на Марсе «мы нашли мир, на котором возможность существования той или иной формы жизни не может быть исключена. Здесь мы имеем ясные указания на изменения, которые могут быть приписаны только растительности и ее произрастанию... Марс, хотя он и является пристанищем жизни, есть умирающий мир».

Согласно современным представлениям, климат Марса в прошлом мог быть гораздо более благоприятным для жизни, а атмосфера плотнее и теплее настоящей. И если жизнь зародилась на древнем Марсе, то при его охлаждении она могла постепенно приспособиться к новым суровым условиям. Американские аппараты «Викинг-1» и «Викинг-2», высадившись на Марс в 1976 г., провели эксперимент, который должен был показать, есть ли все-таки жизнь на этой планете. Однако данные эксперимента не дали однозначных результатов.

Новая эпоха в вопросе о марсианской жизни настала в августе 1996 г. Впрочем, начать надо с захватывающего случая, который произошел

15 млн лет назад. В то время на Марс упал огромный астероид. Взрыв колоссальной силы взметнул вверх массу грунта и камней. Удар был настолько силен, что их небольшая часть улетела в космическое пространство — слабая гравитация и разреженная атмосфера не смогли задержать эти камни. Миллионы лет они блуждали в космосе, часть из них достигла Земли.

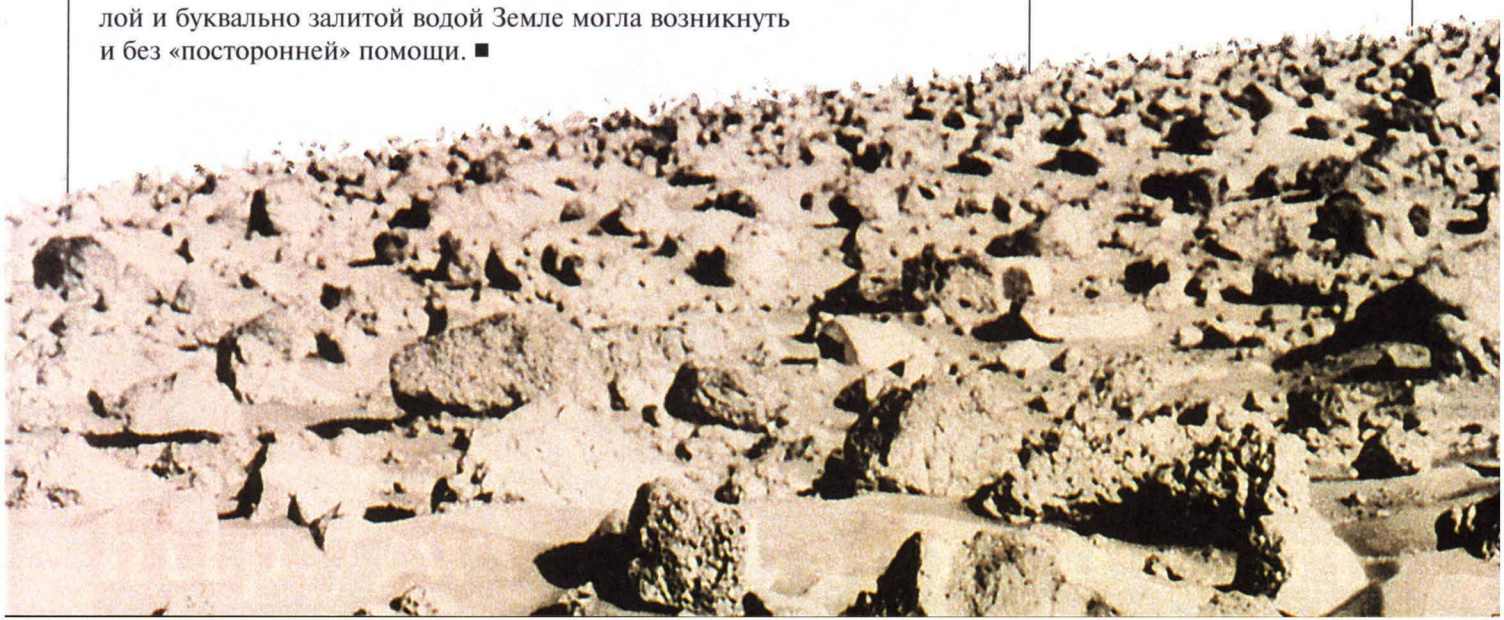
Ученым очень удобно искать космических «пришельцев» на ледниковом антарктическом щите. В канун нового года — 27 декабря 1984 г. — специалист по метеоритам американка Роберта Скоур нашла в Антарктиде странный метеорит картофелеобразной формы весом почти в 2 кг. Этот и еще несколько метеоритов были позже идентифицированы как марсианские камни — сделать такой вывод помогли мелкие пузырьки атмосферы Марса, которые содержались в толще подобных небесных пилигримов. Марсианский метеорит, найденный Скоур (ALH84001), самый древний по возрасту — 3,6 млрд лет. Он как минимум в три раза старше, чем остальные найденные марсианские камни. В Антарктиде он пролежал невостребованным 13 тыс. лет.

Тщательный анализ этого метеорита был проведен с помощью современных методов и мощных микроскопов учеными из Космического центра им. Джонсона в Хьюстоне, Стэнфордского университета, Университета штата Джорджия (США) и Мак-Гилловского университета в Монреале (Канада). В результате было выявлено несколько свидетельств существования жизни на Марсе еще 3,6 млрд лет назад — примерно такой же возраст имеют и первые живые организмы на Земле. Ученые доказали, что минералы, находящиеся в марсианском метеорите, образовывались при наличии воды. В нем также были найдены сложные органические молекулы. Кроме того, ученые обнаружили здесь магнетиты и другие минералы, которые на нашей планете образуются при участии микробов и практически никогда не встречаются в обычных «безжизненных» метеоритах. Мощный микроскоп Космического центра им. Джонсона сфотографировал в марсианском метеорите палочкообразные и яйцеобразные структуры, которые, по мнению исследователей, являются окаменелыми отпечатками одноклеточных марсианских организмов. Размер самых крупных марсианских бактерий в 100 раз меньше толщины человеческого волоса.

Открытие марсианской жизни кардинально изменило осторожное отношение ученых к внеземной жизни. По-видимому, жизнь в космосе (как в Солнечной системе, так и возле других звезд) является распространенным явлением. Возникли гипотезы и о «марсианском» происхождении жизни на Земле — благодаря аналогичному марсианскому метеориту, попавшему на нашу планету миллиарды лет назад. Впрочем, жизнь на теплой и буквально залитой водой Земле могла возникнуть и без «посторонней» помощи. ■

Равнина Аргир.

Каменистая пустыня на Марсе.



7 января 1610 г. Галилео Галилей взглянул в свой небольшой самодельный телескоп на Юпитер и первым из астрономов увидел оранжевый кружок — диск планеты. А спустя почти 400 лет, в декабре 1995 г., космический аппарат «Галилео» стал первым искусственным спутником Юпитера и сбросил в его атмосферу устройство с научными приборами (зонд).

Возле Юпитера побывало несколько космических «роботов», сделанных человеком: в 1973 г. «Пионер-10», в 1974 г. — «Пионер-11». Эти легкие (258 кг) и простые аппараты передали на Землю несколько сотен фотографий планеты и ее спутников. Аппараты «Пионер» были разведчиками, показавшими, что полеты во внешние области Солнечной системы возможны и космический корабль может, не получив повреждений, пролететь сквозь пояс астероидов. В 1979 г. к Юпитеру были отправлены более тяжелые (815 кг каждый) и совершенные космические аппараты «Вояджер-1» и «Вояджер-2», передавшие тысячи цветных фотографий как самого Юпитера, так и многих его спутников (три из которых были открыты благодаря этим фотографиям). ■

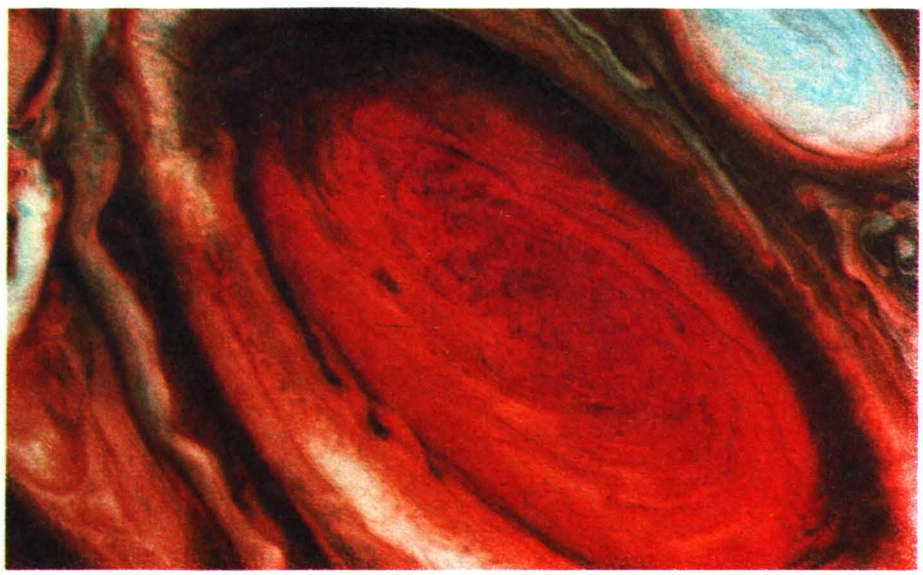
ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТЫ

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы

Планета Юпитер знакома людям с древних времен: яркую точку желтоватого цвета легко отыскать на ночном небе — сильнее могут сиять только Венера и Марс. До изобретения телескопа ученые знали о Юпитере не очень много. Было известно, что планета обращается вокруг Солнца и находится от него дальше, чем Марс, но ближе, чем Сатурн.

Юпитер — пятая по расстоянию от Солнца планета и самая крупная из планет-гигантов, в 318 раз превосходящая по массе Землю. Диаметр Юпитера в 11 раз больше земного, он равен 142 700 км. Если бы этот гигант был полым, то внутри него удалось бы поместить 1400 земных шаров! Его масса в 2,5 раза превышает массу других планет, а также их спутников, астероидов, метеоритов и комет вместе взятых — т. е. на долю Юпитера приходится более 2/3 всего вещества нашей планетной системы.

Планета-гигант неторопливо плывет по своей орбите, совершая один оборот вокруг Солнца за 12 земных лет. Юпитер движется со скоростью 13,1 км/с — более чем в два раза медленнее Земли. Сутки на Юпитере короче земных: самая большая планета Солнечной системы успевает обернуться вокруг своей оси всего за 9,9 часа. Столь быстрое вращение сплющило Юпитер — наблюдаемый в телескоп диск планеты имеет форму эллипса, а не круга.



Большое Красное Пятно — грандиозный атмосферный вихрь, наблюдаемый на Юпитере свыше 300 лет.

Юпитер располагается в 5,2 раза дальше от Солнца, чем Земля, и получает от нашего светила в 27 раз меньше тепла. Однако, несмотря на это, температура его поверхности намного выше, чем должна быть в подобных условиях. Это объясняется тем, что планета-гигант имеет собственное тепловое излучение — оно поступает из ее недр и примерно вдвое превышает поток энергии, получаемый от Солнца.

Сила тяжести на поверхности Юпитера в 2,5 раза больше, чем на Земле. Поэтому любому телу, чтобы преодолеть его притяжение и улететь в космическое пространство, надо иметь скорость 61 км/с (на поверхности Земли вторая космическая скорость равна 11,2 км/с). Мощное магнитное поле Юпитера в 12 раз сильнее земного, но синяя стрелка компаса здесь покажет не на север, а на юг. ■

Самая большая планета Солнечной системы — Юпитер. В верхней части планеты видно Большое Красное Пятно.

Атмосфера Юпитера. Юпитер окружен слоем атмосферы толщиной 1000 км. Это не позволяет ученым разглядеть, что происходит на его поверхности. Густая атмосфера Юпитера оказалась бы губительной для человека. По составу она похожа на солнечную: в ней преобладают газы — водород (82%) и гелий (13%). Однако здесь присутствуют в очень небольших количествах и другие химические вещества: метан, аммиак, водяные пары и ацетилен. Это достаточно зловонный и ядовитый газовый состав. Скорее всего, такой же была и первичная атмосфера Земли 4 млрд лет тому назад.

В верхней части атмосферы Юпитера с помощью небольшого телескопа можно разглядеть темные (красновато-коричневые) и светлые (белесые) полосы. Постоянно меняя свои очертания, они тянутся через весь диск планеты параллельно ее экватору. Такую «полосатость» придают Юпитеру облака в атмосферных течениях, двигающихся в разные стороны с большой скоростью (100 м/с).

Широко известен исследователям колоссальный атмосферный вихрь овальной формы — Большое Красное Пятно. По размеру оно превосходит диаметр Земли, имея ширину приблизительно 14 тыс. км, а длину — 30—40 тыс. км. Период круговорота облаков в этом вихре — неделя. Астрономы не знают, когда возникло Большое Красное Пятно. Первым увидел этот атмосферный вихрь итальянский астроном Джованни Кассини более 300 лет назад — в 1665 г.

Ученые предполагают, что Большое Красное Пятно может существовать даже тысячи лет, но причину такой долгой его жизни объяснить пока не могут. Пятно иногда почти исчезает, потом появляется снова. В 1994—1995 гг. оно было едва заметно с Земли. Подобные атмосферные вихри на Юпитере возникают часто, но размеры их намного меньше, и за год или два они разрушаются.

В атмосфере Юпитера есть несколько облачных ярусов. Верхний слой облаков довольно тонкий, он составляет менее 0,01 радиуса планеты. Здесь холодно (−100° С), но давление — как у поверхности Земли. Некоторые

Жан Доминик Кассини и астроном Жан Пикар в 1672 — 1674 гг. создали первую современную карту Франции. При этом долготу ученые определяли, наблюдая затмения спутников Юпитера. Полученные значения отличались высокой точностью. В результате западное побережье Франции оказалось почти на 100 км ближе к Парижу, чем на старых картах. Рассказывают, что по этому поводу король Людовик XIV шутливо посетовал — мол, по милости топографов территория страны уменьшилась в большей степени, чем увеличила ее королевская армия. ■

Царь планет Юпитер излучает в пространство почти в два раза больше тепловой энергии, чем получает от Солнца. Для объяснения этого факта некоторые астрономы выдвинули интересную гипотезу: планета-гигант, в процессе своего возникновения чуть было не ставшая звездой, имеет собственный энергетический источник!

В действительности все оказалось проще. У Юпитера нет своей «ядерной топки» — его тепло не возникает в результате превращения водорода в гелий, как это происходит в звездах. Планета-гигант на самом деле отличный аккумулятор тепла — медленно остывая, она отдает свой «первородный» жар, полученный миллиарды лет назад.

Впрочем, Юпитер «не дотянул» до звезды совсем немного. Его масса такова, что при ее увеличении всего в 100 раз в недрах планеты-гиганта, сжимаемых чудовищно высоким давлением, могла бы начаться термоядерная реакция. Юпитер превратился бы в звезду, и на небе Земли засияли бы два солнца... ■

облака имеют красноватый оттенок, который говорит о том, что в них много сложных химических соединений, образующихся под влиянием излучения Солнца, внутреннего тепла планеты и мощных разрядов атмосферных молний, длина которых достигает тысячи километров.

Немного ниже плавают красно-коричневые облака, а температура здесь выше (всего -10° С). Почти над самой поверхностью Юпитера уже полетнему тепло ($+20^{\circ}$ С). Водяной пар образует еще один слой облаков. Некоторые ученые предполагают, что существует четвертый ярус облаков, состоящий из соединений аммиака. Под ним начинается поверхность Юпитера. ■

От поверхности до ядра планеты. Наибольшая часть глубинной области Юпитера в основном состоит из водорода. Под огромным давлением он превращается здесь из газа в жидкость. На глубине около 100 км простирается безбрежный океан жидкого водорода. Ученые предполагают, что четкая граница между водородным океаном и атмосферой отсутствует. На поверхности Юпитера образуется газо-жидкая водородная смесь, поэтому кажется, что водород кипит.

В глубинах водородного океана Юпитера давление и температура начинают быстро расти. На расстоянии примерно 46 тыс. км от центра Юпитера водород уже не может существовать в виде молекул и переходит в жидкое металлическое состояние. На этой глубине давление достигает колоссальной величины — 3 млн атмосфер, температура — 11 тыс. градусов. Поверхность этого металлического океана сияет ярче солнечной. В металлическом водородном океане молекула водорода распадается на атомы, электроны отщепляются и жидкость становится электропроводящей. Гигантские течения в металлическом океане Юпитера порождают его мощное магнитное поле, простирающееся далеко за пределы поверхности планеты.

На расстоянии 12 тыс. км от центра Юпитера давление возрастает до 100 млн атмосфер, а температура – до $30\,000^{\circ}$ С.

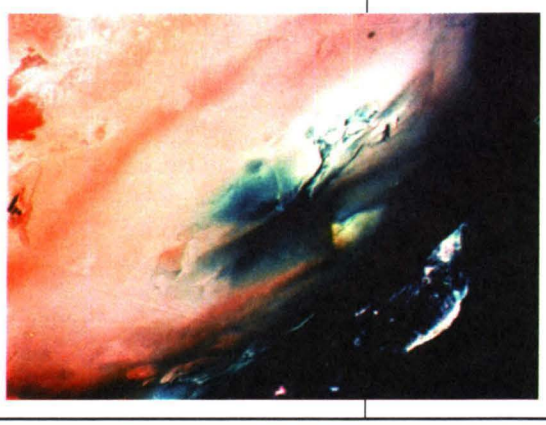
Здесь начинается «небольшое» (в 15 земных масс) каменно-железное — вопреки всем «водородным» традициям Юпитера — ядро планеты. Астрономы предполагают, что при своем рождении планета-гигант «захватила» огромное количество астероидов — все тяжелые вещества, из которых они состояли, «утонули» в водородном океане и сконцентрировались в центре Юпитера. ■

Спутники Юпитера. Очень интересна спутниковая система Юпитера — на сегодняшний день ученым известны 16 «лун», обращающихся вокруг огромной планеты.

Честь открытия первых четырех наиболее крупных спутников Юпитера — Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто — принадлежит Галилео Галилею.

Они настолько ярки, что заметны рядом с планетой даже в полевой бинокль. Общее название этих объектов — «галилеевы спутники», хотя за несколько дней до открытия Галилея их наблюдал немецкий астроном Марий (приняв, правда, эти небесные тела за звезды). Позднее он же придумал им названия, взяв имена из древнегреческих мифов. Ио, Европа и Каллисто — героини античных мифов о Зевсе-Юпитере, Ганимед — любимец Зевса, виночерпий на пирах богов-олимпийцев... ■

Поверхность Ио — ближайшего к Юпитеру галилеева спутника.



Извержение вулкана на Ио. Картина А. Соколова.

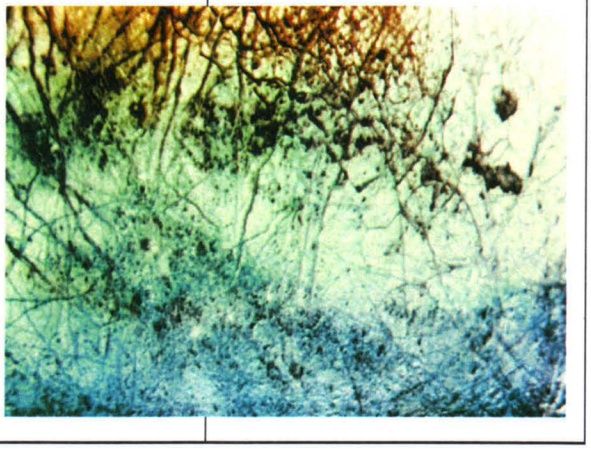
Ио. Самый близкий к Юпитеру крупный спутник — желто-оранжевая Ио — имеет радиус орбиты 422 тыс. км. Ио видна на небе Юпитера как яркий красноватый диск (или полумесяц) лунных размеров. Период обращения спутника составляет всего 42,5 ч, т. е. он движется с огромной скоростью.

По массе и диаметру (3630 км) Ио похожа на Луну. Но, в отличие от мертвого спутника Земли, Ио вулканически активна. Американские космические станции обнаружили на ее поверхности 12 активных вулканов. Их жерла выбрасывают султаны двуокиси серы высотой 100—300 км (часть вещества даже преодолевает тяготение и улетает на орбиту вокруг Юпитера). ■

Европа. Этот спутник с диаметром 3138 км (немного меньше Ио) имеет свой неповторимый облик. У Европы очень светлая поверхность, покрытая ледяным панцирем толщиной 1—2 км, под которым располагается водный океан.

Молодая («всего» сто миллионов лет) ледяная поверхность Европы покрыта глобальной сетью светлых и темных полос, тянущихся на тысячи километров. Их появление связано с тем, что ледяная кора спутника довольно подвижна и раскалывается от внутренних напряжений. На поверхности Европы почти нет следов ударных метеоритных кратеров, которые возникали в «седую» старину. Ученые нашли здесь только пять кратеров, имеющих диаметры от 10 до 30 км. Под глубоким, в сотни километров, океаном Европы скрывается массивное силикатное ядро. Средняя плотность спутника меньше, чем у Ио, — 3 г/см^3. Это различие объясняется большей удаленностью Европы от Юпитера: 671 тыс. км. ■

Сеть светлых и темных полос на поверхности Европы.



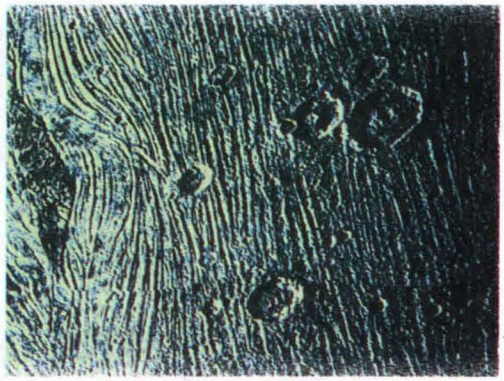
Ганимед. Самый крупный спутник Юпитера (и всей Солнечной системы) имеет диаметр 5262 км. Ганимед расположен на расстоянии 1,07 млн км от планеты. 40% поверхности Ганимеда занимает древняя ледяная кора, «усыпанная» множеством метеоритных крате-

В астрономии имя Роберта Гука известно в основном благодаря его работам по оптике и небесной механике. Вместе с голландским ученым Христианом Гюйгенсом он усовершенствовал телескоп. Наблюдая планету-гигант Юпитер, Гук заметил на ее поверхности интересную деталь (возможно, знаменитое Красное Пятно). За время наблюдений, от ночи к ночи, она перемещалась по поверхности планеты, и таким образом Гук в 1664 г. обнаружил, что Юпитер вращается вокруг оси. Тем самым ученый доказал, что за оптическими наблюдениями будущее высокоточной астрономии. ■

На спутниках Юпитера нет заметной атмосферы, поэтому над будущими обитателями юпитерианских научных баз раскинется черное звездное небо, украшенное гигантским оранжевым шаром Юпитера, небольшим Солнцем и многочисленными «лунами». ■

ров. 3,5 млрд лет назад в результате мощных геологических процессов на спутнике образовались обширные бороздчатые области — они занимают 60% площади Ганимеда.

Спутник имеет мантию из водного льда и каменное ядро. Плотность Ганимеда — 1,93 г/см^3. Его поверхность покрыта многометровым слоем рыхлой каменно-ледяной крошки и пыли. ■

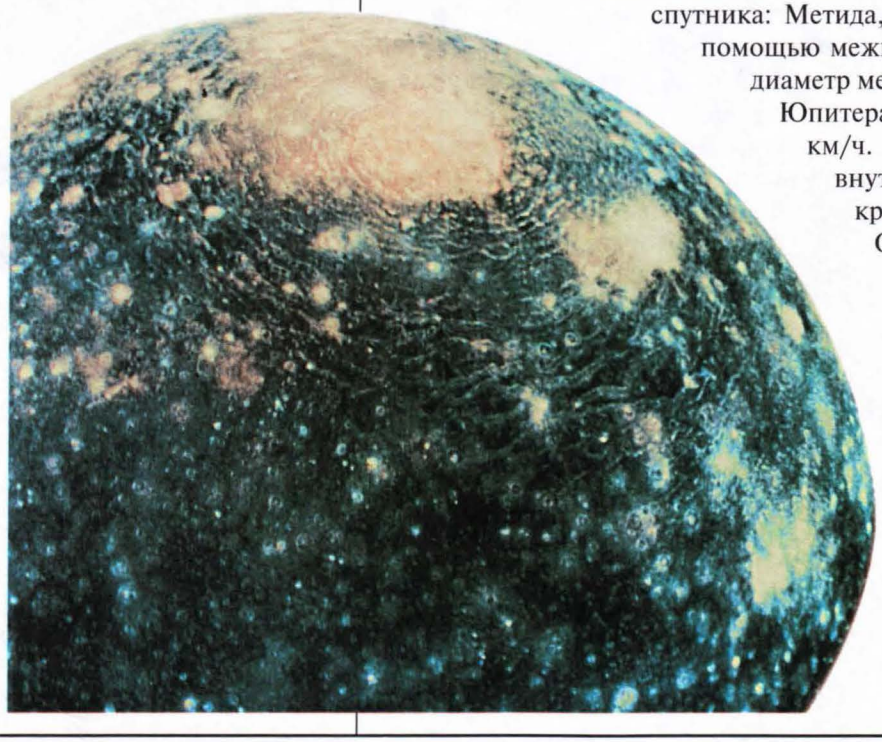


Ганимед. Борозды на поверхности.

Каллисто. Второй по величине спутник Юпитера имеет диаметр 4800 км. Каллисто обращается на расстоянии 1,88 млн км от Юпитера с периодом 16,7 суток. Плотность темного силикатно-ледяного спутника низка — 1,83 г/см^3. В отличие от более активного геологически Ганимеда, вся ледяная поверхность Каллисто очень стара и покрыта многочисленными метеоритными кратерами.

Из всех тел Солнечной системы Каллисто, вероятно, обладает наибольшим числом кратеров. Огромный астероид стал причиной образования Вальхаллы — кратера размером 350 км, окруженного кольцевыми горными хребтами, простирающимися на 2000 км от места падения астероида. ■

Второй по величине спутник Юпитера Каллисто.



Внутренние и внешние спутники Юпитера. Кроме галилеевых спутников во владения Юпитера входят четыре маленьких близких спутника (движутся внутри орбиты Ио) и восемь внешних спутников. Последние вращаются настолько далеко от планеты, что не видны с Юпитера невооруженным глазом. Три внутренних спутника: Метида, Адрастея и Теба — открыты с помощью межпланетных станций. Они имеют диаметр менее 100 км и обращаются вокруг Юпитера со скоростью свыше 100 тыс. км/ч. Четвертый, самый крупный из внутренних спутников, — темно-красная Амальтея.

Она похожа на огурец неправильной формы. Амальтея имеет размеры 270×165×150 км и состоит из тугоплавких пород. Этот спутник был обнаружен американским астрономом Эдуардом Барнардом в 1892 г.

Внешние спутники Юпитера называются нерегулярными, т. е. их орбиты значительно вытянуты и наклонены. Двигаясь по своим орбитам, они могут менять удаленность от Юпи-

тера в 1,5—2 раза, причем их отклонение от экваториальной плоскости достигает многих миллионов километров.

Внешние спутники Юпитера — черные и неправильной формы — разделяются на две группы. В первую — группу Гималии — также входят Леда, Лиситея и Элара, а во вторую — группу Пасифе — Ананке, Карме и Синопе. Все они были открыты с помощью наземных телескопов в период 1904— 1974 гг.

Группа Гималии обращается на среднем расстоянии 11,1—11,7 млн км от Юпитера, а группа Пасифе — в 21,2—23,7 млн км. Самый внешний спутник Юпитера расположен в 200 раз дальше самого близкого внутреннего спутника планеты. Группа Гималии облетает Юпитер за 240—260 дней, а группа Пасифе — за 620—760 дней.

Диаметры внешних спутников малы — в группе Гималии от 16 км (Леда) до 180 км (Гималия); в группе Пасифе — от 30 до 70 км. Наиболее поразителен тот факт, что группы Гималии и Пасифе обращаются вокруг Юпитера по-разному: последняя движется в обратную (по отношению к планете и остальным спутникам) сторону! ■

Внутренний спутник Юпитера темно-красная Амальтея.

Кольцо Юпитера.

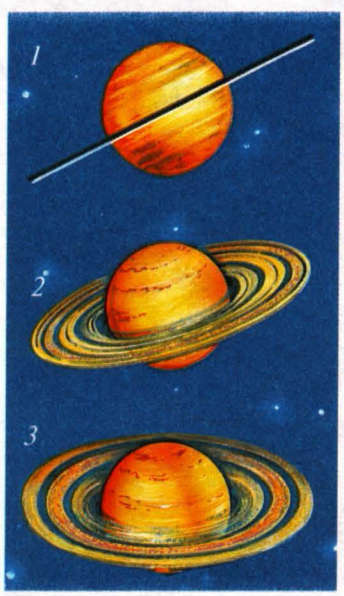
Юпитер неисчерпаем на экзотические феномены: в его атмосфере полыхают полярные суперсияния, он порождает мощные радиоразряды, выбрасывает в космическое пространство потоки мелких твердых частиц...

В марте 1979 г. американские «Вояджеры» обнаружили кольцо Юпитера, состоящее из каменных частиц. Плотная часть этого кольца располагается в радиусе от 123 до 129 тыс. км от поверхности планеты. Кольцо Юпитера достаточно тонкое — 30 км толщиной и отражает только ничтожное количество падающего на него света. Более разреженное пылевое гало, образующее толстый слой над основным кольцом, простирается до ближайших спутников. ■

Планета-гигант Юпитер и его четыре спутника.
1 — Юпитер; 2 — Ганимед;
3 — Ио; 4 — Каллисто;
5 — Европа.

Галилей опубликовал весть о своем открытии распространенным в эпоху Возрождения способом: в письме коллеге Иоганну Кеплеру он приводит зашифрованную строчку — на первый взгляд совершенно бессмысленный набор из латинских букв. После их перестановки в нужном порядке получилась следующая фраза: «Отдаленнейшую из планет наблюдал тройною» (тогда Уран и Нептун еще не были открыты и Сатурн считался самым далеким объектом Солнечной системы). ■

Вид колец Сатурна в разное время.
1 — минимальное раскрытие. Кольца видны с ребра;
2 — промежуточный этап раскрытия — примерно через три года;
3 — максимальное раскрытие — примерно через семь с половиной лет. Кольца отчетливо видны в телескоп.



Сатурн. Окольцованная планета

Вид Сатурна в телескоп необычайно эффектен: светящийся шар окружен очень симметричным и тонким ярким кольцом. Оно такое громадное, что на нем может уместиться сотня таких планет, как Земля. Подобные образования других планет-гигантов — Юпитера, Урана и Нептуна — выглядят бледно по сравнению с грандиозным снежным обручем Сатурна.

Сатурн — шестая планета по расстоянию от Солнца и вторая по размерам среди планет-гигантов. Он расположен в 9,5 раза дальше от нашего светила, чем Земля, и почти в два раза дальше, чем Юпитер. Двигаясь со скоростью 9,6 км/с, планета совершает один оборот по орбите примерно за 30 лет.

Экваториальный радиус светло-желтой планеты меньше юпитерианского; он равняется 60,3 тыс. км. По химическому составу Сатурн похож на Солнце, а также и на Юпитер, но масса его в 3,3 раза меньше, чем у последнего, и составляет 95 масс Земли. Плотность Сатурна самая низкая среди всех планет Солнечной системы — она равна 0,69 г/см^3. Таким образом, этот гигант мог бы плавать в воде (при условии, что нашелся бы океан достаточных размеров).

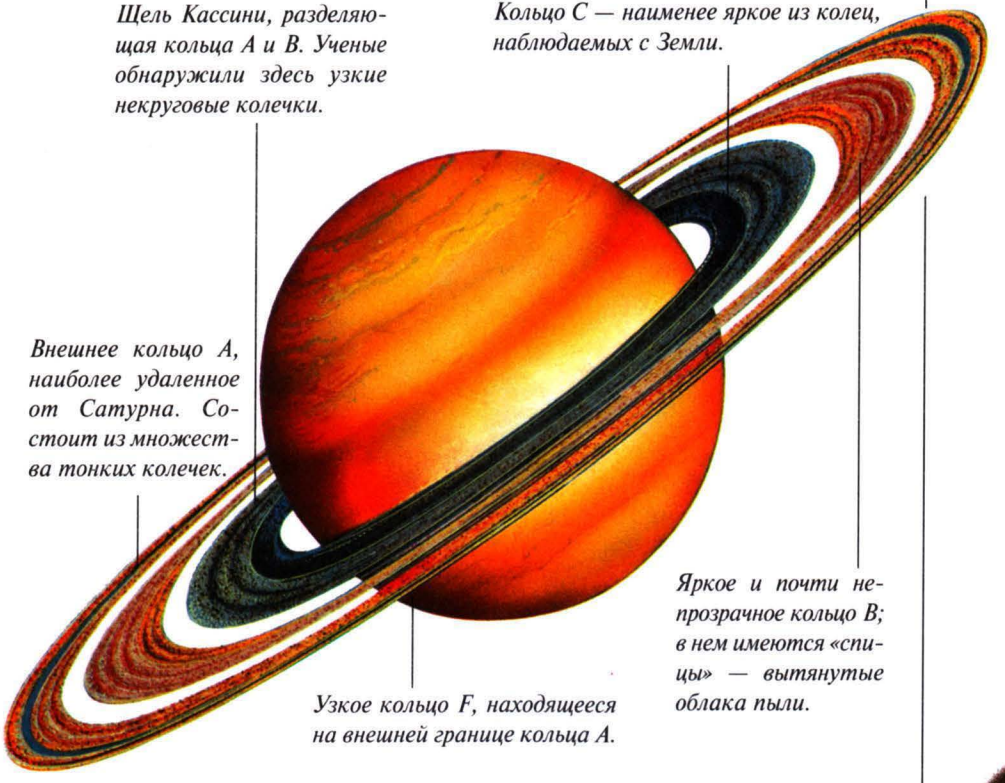
Длительность суток на Сатурне определить непросто. Ученые фиксировали движение облаков на экваторе и таким образом определили, что долгота дня должна составлять 10,2 часа. Но атмосфера Сатурна на разных широтах вращается с разной скоростью. Поэтому астрономы принимают за длину дня также такую характеристику, как период изменения магнитного поля (которое рождается в глубине Сатурна), — в таком случае период обращения планеты равен 10,7 часа. ■

История исследований Сатурна в XVII—XIX веках.

В течение многих столетий Сатурн неизменно притягивал внимание астрономов. В июле 1610 г. Галилео Галилей, взглянув в свой телескоп на эту планету, обнаружил по ее краям два туманных пятна. «Боковые звезды» — так назвал эти непонятные образования астроном — были неподвижны и не «прятались» за планетным диском.

В 1612 г. кольцо поменяло свое положение — развернулось ребром к Земле. «Туманные пятна» исчезли из поля зрения телескопа Галилея. «Сатурн съел своих детей?» — раздумывал астроном, так и не понявший природы этих странных образований возле планеты. Только в 1655 г. молодой голландский ученый Христиан Гюйгенс (1629—1695), наблюдая в свой новый телескоп, обнаружил, что Сатурн окружен кольцом.

В том же году Гюйгенс открыл крупнейший спутник Сатурна — Титан. В 1659 г., проведя тщательные проверки, Гюйгенс опубликовал труд «Система Сатурна». Здесь ученый объяснил периодичность феномена исчезновения колец, который ставил в тупик еще Галилея, а также предсказал последующие даты этих исчезновений (т. е. время, когда кольца будут видны с ребра): июль 1671, март 1685, декабрь 1700 гг. Этот труд подвергся острой критике со стороны ученых-консерваторов: просвещенная Европа отказывалась поверить «в кольцо, надетое на планету».



Однако кольцо прилежно исчезало — в соответствии с вычислениями Гюйгенса, что подтверждало правоту великого голландца. Так началась длинная и захватывающая история исследований колец и самой системы Сатурна, в которых приняли участие такие знаменитые астрономы, механики и математики, как Кассини, Лаплас, Кант, Максвелл, Пуанкаре, Ковалевская и многие другие.

В 1671—1672 гг. директор Парижской обсерватории Жан Доминик Кассини открыл еще два спутника Сатурна, которые впоследствии были названы Япет и Рея. В 1675 г. ученый обнаружил, что кольцо планеты неоднородно, оно разделено темной полосой. Эта «щель» была названа «делением Кассини». В 1684 г. этот же астроном открыл еще два спутника Сатурна — Диону и Тефию.

В 1715 г. сын Кассини — астроном Жак Кассини — высказал правильную мысль о том, что кольца Сатурна на самом деле являются «скоплением спутников», вращающихся в одной плоскости вокруг планеты.

Спустя 40 лет известный философ и астроном Иммануил Кант в труде «Всеобщая естественная история и теория неба» первым предсказал существование расслоенности колец Сатурна. Ученый совершенно справедливо представил себе кольцо в виде плоского диска, состоящего из сталкивающихся частиц, которые двигаются вокруг планеты по законам Кеплера.

В 1837 г. астроном Иоганн Франц Энке открыл возле внешнего края колец узкую щель, названную впоследствии «делением Энке».

К концу XIX в. были открыты очередные спутники «окольцованной планеты» — Мимас, Энцелад, Гиперион и Феба. Они были названы в честь героев античных мифов о титанах и гигантах. ■

Джованни Доменико (Жан Доминик) Кассини — первый директор Парижской обсерватории.

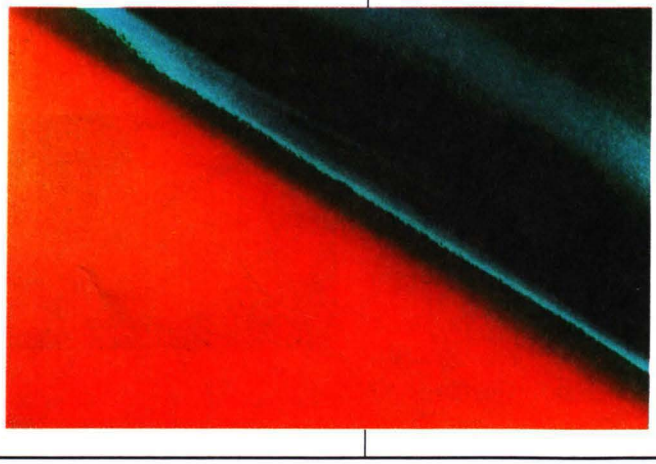
Сатурн. Снимок с космического аппарата «Вояджер-1».

Исследования Сатурна в XX веке. Наиболее важные данные о Сатурне были получены в XX в. с помощью космических аппаратов. Три

По расчетам на основе небесной механики, по некоторым косвенным признакам астрономами высказываются предположения, что у Сатурна, возможно, есть еще не открытые внешние обратные спутники. Они могут располагаться в два раза дальше от Сатурна, чем Феба. ■

В 2004 г. аппарат «Кассини» сбросит в облака Титана спускаемый на парашюте зонд. Вот тогда, возможно, ученые узнают часть секретов этого нового мира — фактически неизученной планеты, с океаном из жидких углеводородов, метановыми дождями, грозами и сменой времен года. Есть ли там континенты и острова? Какие сложные органические молекулы выплеснуты метановым прибоем на ледяные пляжи Титана? ■

Край поверхности Титана — на снимке заметна атмосфера этого спутника.



межпланетные станции посетили систему планеты-гиганта в течение нескольких лет — «Пионер-11» в 1979 г., «Вояджер-1» и «Вояджер-2» в 1980—1981 гг. Они передали на Землю тысячи фотографий самого Сатурна, его колец и спутников. На многих снимках можно различить детали размером до нескольких километров!

Космический телескоп «Хаббл» в 1995 г. — когда кольца Сатурна стали видны с ребра и перестали мешать наблюдениям — открыл еще четыре спутника, доведя их количество до 22.

15 октября 1997 г. к Сатурну стартовал американо-европейский межпланетный аппарат «Кассини», который должен в 2004 г. стать первым искусственным спутником планеты и сбросить зонд в атмосферу Титана. ■

Планета. Вследствие меньшей силы тяжести Сатурн имеет более протяженную атмосферу, чем Юпитер. Густой слой верхних светлых перистых аммиачных облаков делает его не таким цветным и полосатым. Вдоль экватора Сатурна движется мощное атмосферное течение, имеющее ширину в десятки тысяч километров. Его скорость — 500 м/с — в четыре раза выше типичных скоростей юпитерианских атмосферных течений, а с земной точки зрения подобное «дуновение» просто сверхзвуковой ветер! На Сатурне также наблюдаются пятна атмосферных вихрей и грандиозные штормы, заметные даже с Земли. ■

Спутники Сатурна. Почти все спутники окольцованной планеты светлые и состоят преимущественно из водного льда. Плотность их вещества — 1,2—1,4 г/см^3 (за исключением Титана). Спутники Сатурна можно разделить на малые (диаметром 10—100 км) и крупные (свыше 200 км). У последних формируется внутреннее каменистое ядро.

Маленькие ледяные спутники, открытые в конце XX в. возле колец Сатурна (в зоне 134—151 тыс. км от центра планеты), напоминают неровные обломки. На многих из них видны метеоритные кратеры. ■

Самый крупный спутник. Титан — второй по величине спутник в Солнечной системе. Больше него по размерам только Ганимед — спутник Юпитера. В Титане заключено 95% массы всей сатурнианской системы спутников. Его диаметр — 5150 км. Таким образом, Титан даже больше планеты Меркурий. Радиус орбиты Титана — 1222 тыс. километров, а средняя плотность невелика, хотя максимальна для системы Сатурна — 1,88 г/см^3. Все другие спутники имеют меньшую плотность. Титан уникален тем, что обладает мощной (толщиной 200 км) атмосферой с несколькими слоями облаков. Это единственный спутник в Солнечной системе, поверхность которого нельзя наблюдать в телескоп. ■

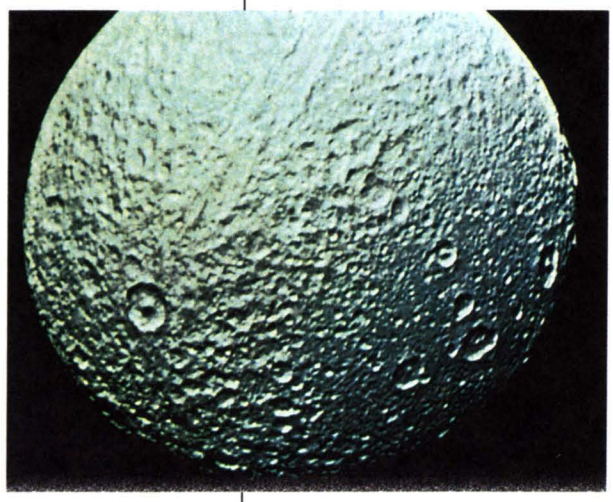
Другие крупные спутники. Крупные спутники (кроме Титана) по мере их удаления от Сатурна располагаются так: Мимас, Энцелад, Тефия, Диона, Рея, Гиперион, Япет и Феба.

Мимас и Энцелад обращаются на расстоянии 185 и 238 тыс. км от Сатурна. Они открыты Вильямом Гершелем в 1789 г. Спутники почти одинаковы по размерам: диаметр Мимаса — 420 км, а Энцелада — 512 км. На Мимасе расположен кратер Гершель размером 130 км (1/3 от диаметра самого

спутника). Скорее всего, это след от падения огромного метеорита. Будь последний немного больше, спутник вполне мог бы распасться на отдельные части.

Энцелад отражает практически 100% падающего на него света и поэтому является самым светлым телом Солнечной системы. Возможно, его поверхность покрыта сплошным слоем сверкающего инея. Ученые предполагают, что на Энцеладе могут существовать водные вулканы (гейзеры), которые при извержении обновляют иней на поверхности спутника и служат источником вещества для пылевого разреженного кольца вдоль его орбиты. Причина вулканической активности спутника пока не ясна.

Орбита Тефии (диаметр 1046 км) расположена в 295 тыс. км от Сатурна. На одной стороне поверхности этого спутника имеется кратер Одиссей размером 400 км, а на другой — гигантская трещина «Каньон Итака». Длина этой «прорехи» — 3 тыс. км, а ширина — 65 км. Возможно, спутник треснул при ударе метеорита. Тефия имеет примечательную особенность: на ее орбите располагаются еще два маленьких, диаметром 20 км, спутника — Телесто и Калипсо (они называются коорбитальными).



Тефия. Гигантская трещина на ее поверхности, возможно, образовалась при ударе метеорита.

Еще дальше от Сатурна, на расстоянии 377 тыс. км, находится Диона (ее диаметр — 1120 км). Этот спутник практически близнец Тефии, с той разницей, что имеет только один маленький коорбитальный спутник — Елену (диаметр 35 км). Тефию и Диону в 1684 г. открыл Кассини.

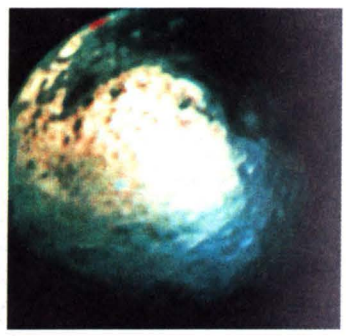
Перед Титаном расположена Рея — второй по размерам (диаметр 1528 км) спутник в системе Сатурна. Радиус его орбиты — 527 тыс. км. На поверхности спутника, покрытой древней корой, видно много кратеров. Рея также была открыта Кассини в 1672 г.

Следом за Титаном плывет по своей орбите Гиперион — темный спутник неправильной формы размером 224—360 км. Его отличает хаотическое собственное вращение, период которого изменяется буквально в течение недель. Титан связан с Гиперионом резонансом 4 : 3 — на четыре оборота, которые совершает самый крупный спутник планеты вокруг Сатурна, приходится три орбитальных оборота Гипериона. Радиус его орбиты — 1481 тыс. км. Спутник открыл в 1848 г. американец Джордж Бонд.

Япет — второй спутник, который был обнаружен у Сатурна астрономом Кассини в 1671 г. Этот спутник достаточно велик — его диаметр 1436 км. Япету принадлежит третье место по размерам среди спутников Сатурна. Радиус его орбиты — 3561 тыс. км. Япет примечателен тем, что его полушария по яркости различаются в 10 раз. «Ведущая» сторона спутника (которая обращена вперед при орбитальном движении) черна как уголь, а «тыльная» — светла как снег! Поверхность Япета сильно изрыта кратерами.

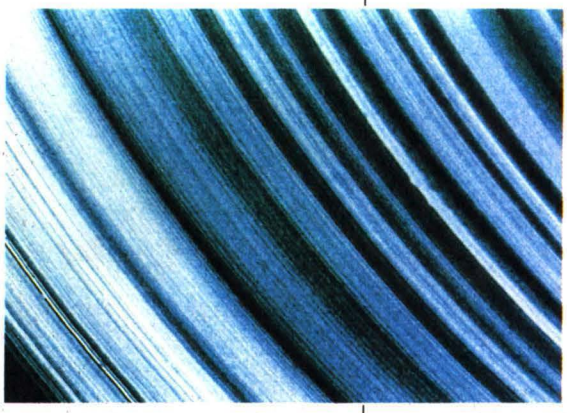
Феба — самый темный и самый далекий (12,95 млн км) спутник Сатурна — была открыта в 1898 г. американским астрономом Эдуардом Пикерингом (1846—1919). Она обращается вокруг планеты в обратном направлении, тратя на свой путь по орбите полтора года! Диаметр шарообразной Фебы — 220 км. Ученые заметили, что у Сатурна, Юпитера и Урана на самом краю их спутниковых систем располагается «обратный» спутник, — это явно не случайный факт. ■

Малые спутники. Сразу за внешним краем колец Сатурна недалеко друг от друга двигаются десять маленьких ледяных спутников. Два спутника — Янус и Эпиметиус — расположены практически на одной орбите средним радиус которой 151 тыс. км. Они периодически меняются местами, и тогда то один, то другой спутник находится чуть-чуть ближе к планете. ■



Япет — третий по размеру среди спутников Сатурна.

Кольца Сатурна. При наблюдениях с Земли в телескоп хорошо видны три кольца Сатурна (A, B и C) различной яркости. Максимальный



Тонкая структура кольца В.

Как же образовались кольца Сатурна? Сейчас установлено, что подобные образования у других планет-гигантов представляют собой остатки огромного околопланетного облака. Из его внешних областей сформировались спутники.

Во внутренней зоне процесс образования подобных тел — т. е. неограниченный рост крупных частиц — был «запрещен» разрушительными столкновениями между крупными частицами колец. Оказывается, скорости таких взаимных соударений растут при приближении к планетам и возле каждой из них существует область (размером примерно в диаметр планеты), где любая крупная частица эффективно разрушается соседними. Именно на этих расстояниях от планеты и находятся кольца, состоящие из множества мелких частиц.

Структура кольца А.

радиус внешнего кольца равен 136,8 тыс. км. Заметная щель Кассини, разделяющая кольца А и В черной полосой, имеет радиус 177,5—122,2 тыс. км. Яркое и почти непрозрачное кольцо В заканчивается на расстоянии 92 тыс. км от центра планеты. Чуть ближе к планете располагается прозрачное кольцо С.

Современные данные показывают, что кольца состоят из рыхлых снежных частиц, имеющих размеры менее нескольких метров. Снег представляет собой частицы обычного водного льда. Часть колец загрязнена более темным веществом, природу которого определить пока не удалось. Толщина колец фантастически мала и составляет всего 10—20 м.

Поразительной особенностью колец оказалась их расслоенность на тысячи отдельных колечек, которые можно сравнить с бороздками на граммофонной пластинке. Тонкая структура наблюдается в кольцах С и В, кольцо А более однородно, но, возможно, имеет мелкомасштабное расслоение в сотни метров. Подобное строение удивительных колец Сатурна связано с внутренними процессами переноса вещества и частыми взаимными столкновениями частиц.

Внешние спутники Сатурна своим притяжением вызывают в снежных кольцах спиральные волны — в большом количестве они наблюдаются во всех частях колец, но особенно много их во внешнем кольце А. Спутниковые резонансы (когда период обращения спутника, например, строго в два раза больше периода обращения частиц кольца) образуют так называемые «волны плотности» (движущиеся в плоскости колец) или «изгибные волны», отклоняющие снежные частицы от плоскости кольца. Появление щели Кассини астрономы связывают с действием ранее существовавшей спиральной волны, возникающей от резонанса кольца со спутником Мимасом, которая выбросила все частицы из этого участка.

Вокруг Сатурна существуют и некруговые кольца. Например, на внешней границе кольца А размещается узкое эллиптическое кольцо F, окруженное двумя спутниками-«пастухами» — Прометеем и Пандорой. В кольце С и щели Кассини ученые обнаружили узкие некруговые колечки, обязанные своим появлением резонансному влиянию внешних спутников.

Интересный феномен наблюдается в кольце В — здесь периодически возникают живущие не более 3—4 ч облака пыли, вытянутые по радиусу. Их называют «спицами».

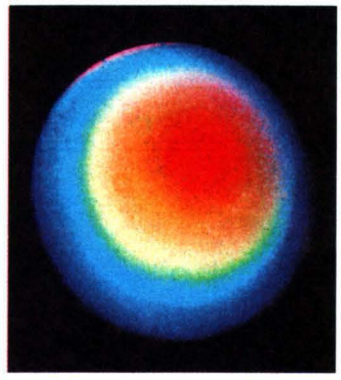
Астрономы связывают возникновение «спиц» с действием магнитного поля Сатурна на заряженную пыль колец.

Если собрать все частицы кольца в единый слой в плоскости вращения, то толщина этого рыхлого снежного сугроба составит от 50 см до нескольких метров — т. е. от 10 до 100 граммов снега на квадратный сантиметр поверхности. Суммарная масса ледяных колец Сатурна сравнима со спутником Мимасом, диаметр которого свыше 400 км.

Частицы вращаются вокруг Сатурна со скоростью около 10 км/с. Но относительно друг друга частицы движутся очень медленно: 1—2 миллиметра в секунду. Подобным образом в состоянии невесомости возле космонавта медленно плавают незакрепленные предметы, несмотря на то что сама орбитальная станция летит вокруг планеты с огромной скоростью. ■

Уран. Аквамариновая планета

Самая голубая планета — далекий Уран — седьмая по расстоянию от Солнца. Масса Урана гораздо меньше, чем у других планет-гигантов, и составляет примерно 14,5 масс Земли. Радиус планеты — 25,4 тыс. км, а плотность — 1,28 г/см^3. Время обращения Урана вокруг своей оси — 17,2 часа. 84 года требуется аквамариновой планете, чтобы «пробежать» со скоростью 6,8 км/с по орбите (в 19 раз превышающей земную) вокруг Солнца.



Уран — седьмая по расстоянию от Солнца планета.

Примечательная особенность планеты состоит в том, что наклон ее оси вращения составляет 98 градусов: Уран вращается как бы «лежа на боку» и даже немного «вниз головой». Причина этой неординарности Урана, которой обладает также маленький Плутон, все еще не ясна. Возможно, огромный планетоид (протопланета), имеющий массу почти как у Земли, врезался в Уран и «уронил» его на бок. Ученые не исключают, что для планетных осей вращения «лежачее» положение является (по каким-то динамическим причинам) не менее стабильным, чем вертикальное. Следует отметить, что 15 спутников Урана расположены в экваториальной плоскости планеты, т. е. плоскость этой системы почти перпендикулярна плоскости орбиты, как плоскость «колеса обозрения» в городских парках перпендикулярна земной поверхности.

Планета-лежебока получает почти в 400 раз меньше света, чем Земля. Это мало для ее обогрева, но вполне достаточно для освещения — примерно столько же света попадает на поверхность Земли сразу после захода Солнца, в начале сумерек. Освещенность на Уране в тысячу раз больше, чем на Земле в ясную ночь при полнолунии. ■

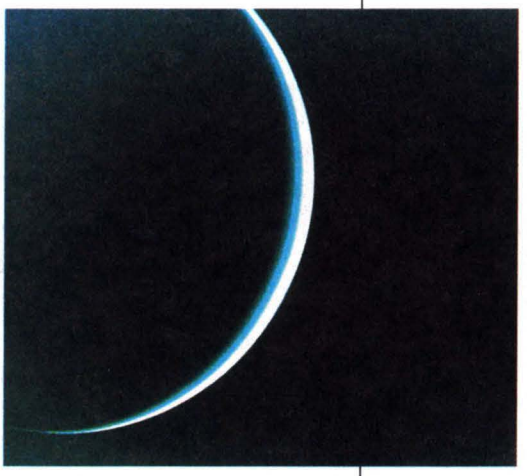
Атмосфера Урана. Причиной аквамаринового цвета планеты является суровый мороз в верхних слоях водородно-гелиевой атмосферы Урана. При температуре –218° С здесь сконденсировалась метановая дымка. Этот густой туман поглощает красные солнечные лучи и отражает свет в голубой и зеленой частях солнечного спектра. Все антициклоны и атмосферные течения, которые так украшают диски других планет-гигантов, на Уране оказались скрытыми под голубой метановой дымкой. Лишь изредка сквозь этот туман пробивается белая аммиачная туча. По скоростям движения приполярных аммиачных облаков ученые определили скорость ветра на больших высотах — 100 м/с.

В верхней атмосфере Урана космический аппарат «Вояджер-2» зарегистрировал различные «электросияния», вызванные потоками заряженных быстрых частиц (так что полярные сияния — достаточно типичное явление для планет с атмосферой и магнитным полем). Сильное магнитное поле Урана сравнимо с земным, однако его полюса отклоняются от географических почти на 60 градусов: компас на Уране будет указывать вовсе не на географический полюс планеты!

Строение Урана значительно отличается от строения Юпитера и Сатурна. Мощная газовая водородно-гелиевая атмосфера имеет толщину около 8 тыс. км (треть радиуса планеты!). Давление атмосферы Урана достигает 200 тыс. земных атмосфер. Под ней располагается плотный океан из воды,

Долгое время — вплоть до конца XVIII в. — ученые считали, что Солнечная система заканчивается орбитой Сатурна. Однако 13 марта 1781 г. произошло важнейшее в истории космической науки открытие, причем принадлежит оно не профессиональному астроному, а любителю.

Англичанин Вильям Гершель, скрипач, гобоист и органист, увлекался астрономией. Зарабатывая на жизнь уроками музыки, он наблюдал по ночам небесные светила с помощью собственноручно изготовленных телескопов. Однажды весной Гершель обнаружил в созвездии Близнецов светлый кружок — он менял свое положение на фоне неподвижных звезд и не походил ни на одну из них. Предположив, что неизвестный объект является кометой, Гершель сообщил об открытии в Гринвичскую обсерваторию. К лету наблюдений накопилось достаточно для того, чтобы определить орбиту этой «кометы». Необходимые вычисления выполнил петербургский академик Андрей Лексель. Именно он и выяснил, что Гершель на самом деле открыл новую планету Солнечной системы, которая расположена в 19 раз дальше от нашего светила, чем Земля. ■



Серп Урана.

Очередной раз Уран приковал к себе внимание астрономов 10 марта 1977 г. — планета, двигаясь по небу, должна была закрыть своим диском яркую звезду. Это предсказанное событие наблюдали многие ученые, в частности сотрудники обсерватории им. Дж. Койпера, размещенной на самолете «Боинг». Поднявшись на многокилометровую высоту (оставив под собой основную часть земной атмосферы) и фиксируя свет звезды в телескоп почти метрового диаметра, астрономы предполагали измерить параметры атмосферы Урана. На летающей обсерватории приборы начали прогревать заранее, и они, к удивлению ученых, стали фиксировать кратковременные затмения звезды еще до ее захода за диск Урана. Девять раз «мигнула» звезда до момента покрытия ее планетой. Та же картина повторилась и после того, как диск Урана открыл звезду. Аналогичные, правда не столь многочисленные, затмения зафиксировали и наземные наблюдатели. Так были обнаружены девять удивительных узеньких колечек далекой планеты. ■

аммиака и метана. Этот океан очень горячий — температура на его поверхности достигает 2200 °С.

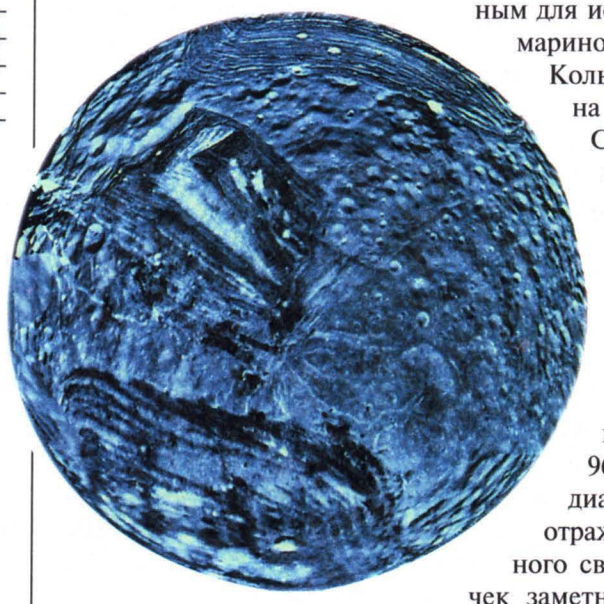
Давление в недрах Урана недостаточно для образования слоя металлического водорода. По расчетам астрофизиков, аммиачно-метаново-водная оболочка толщиной в 10 тыс. км содержит в себе центральное ядро, состоящее из камня и железа. На поверхности расплавленного внутреннего ядра температура в 7 тыс. градусов соседствует с давлением 6 млн атмосфер. ■

Спутники и кольца Урана. В спутниковую систему Урана входят 15 объектов. Два крупнейших спутника — Титанию и Оберон — открыл Гершель в 1787 г. Они расположены на расстоянии примерно 587 и 438 тыс. км от Урана. Эти спутники почти близнецы: их диаметры 1523 и 1578 км. И Оберон, и Титания покрыты древней ледяной корой, припорошенной каменистым веществом и сильно изрытой метеоритными кратерами. На Титании видны крупные тектонические разломы поверхности и имеются следы действовавших в древности вулканов.

В 1851 г. другой любитель-астроном— англичанин Уильям Лассел (1799—1880) — обнаружил два других спутника Урана — Ариэль и Умбриэль. Они тоже очень близки по размерам: Умбриэль имеет диаметр 1169 км, а Ариэль — 1158 км. Их расстояние от Урана соответственно 267 и 191 тыс. км. Однако выглядят эти спутники по-разному: Умбриэль — темен и отражает 19% падающего света, а Ариэль — светлый спутник и отражает 40% света.

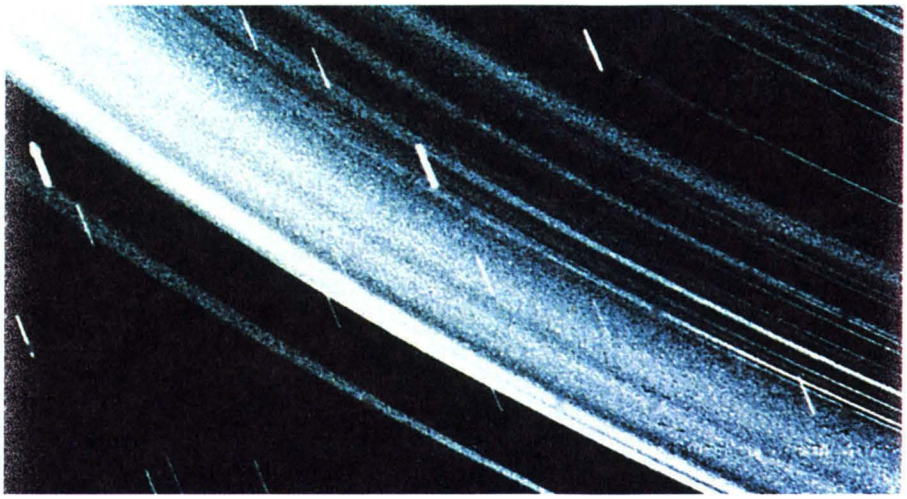
Пятый спутник Урана — Миранда — был открыт в 1948 г. американцем Джерардом Койпером. Миранда обращается вокруг планеты на расстоянии всего в 130 тыс. км. Этот небольшой — диаметром 472 км — спутник носит на себе следы бурного геологического прошлого, активного движения и расплавления ледяной коры.

Конечно, в наземный телескоп невозможно увидеть детальные особенности поверхностей спутников Урана. Они были исследованы уже в конце XX в., который оказался очень плодотворным для исследователей системы аквамариновой планеты.



Миранда.

Кольца Урана совсем не похожи на светлые и широкие кольца Сатурна — они очень узки, это почти паутинки вокруг планеты. А частицы, их составляющие, очень темны. Радиусы орбит колец — 40—50 тыс. км, а ширина каждого колечка составляет всего 1—10 км. Только широкая часть внешнего кольца «эпсилон» достигает 96 км. Частицы колец имеют диаметр в несколько метров и отражают всего около 3% солнечного света. Форма Урановых колечек заметно отличается от круговой.



Узкие кольца Урана, открытые в 1977 г.
Снимок с космического аппарата «Вояджер-2», январь 1986 г.

Почти все они слегка вытянуты, имеют небольшую эллиптичность и (или) наклонение к экваториальной плоскости. Часть колечек отличается переменной шириной, нарастающей к удаленной точке (апоцентру) кольца.

В 1985 г. российские астрономы Николай Горькавый и Алексей Фридман обнаружили, что расположение девяти узких колечек не случайно, а подчиняется интересным резонансным соотношениям. Например, если предположить наличие спутника Урана на орбите в 66 450 км, то его резонансы будут расположены сразу вблизи двух колец. Этот гипотетический спутник должен вращаться ровно в два раза медленнее самого внутреннего кольца (резонанс 1:2), при этом на каждые два его оборота будут приходиться точно три оборота самого внешнего кольца (резонанс 2:3).

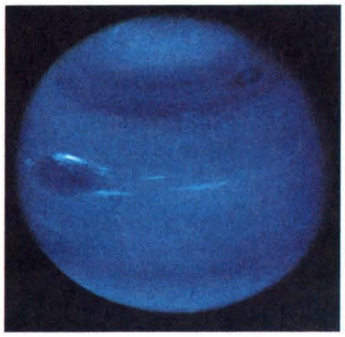
После тщательного анализа расположения девяти узких колец Урана было найдено шесть орбит, на которых могут располагаться еще не открытые спутники. Эту гипотезу проверили очень быстро: через полгода после публикации статьи с предсказанием невидимых спутников Урана американский космический аппарат «Вояджер-2» открыл спутник Порцию на радиусе 66 085 км. Лишь 365 км отделяло орбиту реального спутника от предсказанной! Другие вычисленные орбиты также оказались очень близки к реальным. Возле предсказанной орбиты в 62 470 км была обнаружена Дездемона (ее орбитальный радиус — 62 676 км). Возле орбиты в 61 860 км объявилась Крессида (61 777 км), а гипотетическому спутнику, удаленному от планеты на 58 600 км, хорошо соответствует Бианка — ее орбита составляет 59 173 км.

Десять новых спутников были открыты «Вояджером-2». Таким образом, количество «лун» возле голубой планеты, увеличилось до пятнадцати. Все новые спутники черны как уголь. Самый крупный из них — Пэк — имеет диаметр 154 км. На нем видны кратеры. Пэк — наиболее удаленный от Урана спутник из всех открытых «Вояджером-2». Он обращается на расстоянии 86 тыс. км от планеты, как раз между кольцами и Мирандой. Все остальные новые спутники располагаются между Пэком и кольцами, причем самый внутренний спутник — Корделия — чуть ближе к планете, чем самое внешнее кольцо. ■

Титания.

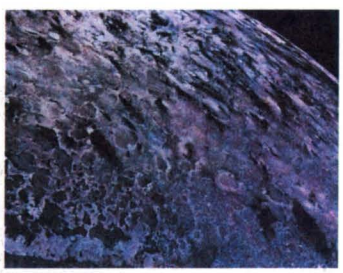
История исследования системы Урана продолжается и в настоящее время. В конце 1997 г. астрономический мир взволновала новость об открытии двух новых спутников Урана, обращающихся на расстоянии 6 и 8 млн км от планеты. Пространственные размеры спутниковой системы Урана увеличились сразу в 15 раз! Диаметры новых спутников невелики: 80 и 160 км, и они, по-видимому, очень темны. Первые снимки, на которых были обнаружены спутники, сделаны 6 и 7 сентября 1997 г. на 5-метровом Хейловском телескопе на Маунт-Паломар. Открытие совершила американо-канадская группа: Ф. Никольсон, Дж. Бернс, Б. Гладман, Дж. Кавелаарс. Самая поразительная особенность новых спутников — они обращаются в обратную сторону и, видимо, имеют большое наклонение и эксцентриситет, т. е. их орбиты совсем не похожи на орбиты других 15 спутников Урана. Следует отметить, что все еще нет общепринятой теории образования обратных спутников, которые открыты у всех четырех планет-гигантов. ■

Ариэль.



Нептун — последняя планета-гигант в Солнечной системе.

В течение многих лет астрономов приводил в недоумение один непреложный факт — Уран, следуя по своей орбите, постоянно «сбивается с пути». Иногда он появляется в рассчитанном положении раньше времени, иногда оказывается там с опозданием. Ученые понимали, что подобное может происходить только в том случае, если на планету оказывают действие какие-то мощные силы притяжения. Следовательно, должна существовать еще одна планета, расположенная за Ураном. Теоретики рассчитали ее координаты, и в 1846 г. эта неизвестная планета — Нептун — была найдена астрономами в течение одной ночи наблюдений. Независимо друг от друга положение Нептуна вычислили англичанин Джон Адамс (1819—1892) и француз Урбен Леверье (1811—1877). ■



Крупнейший спутник Нептуна — Тритон. На полярной шапке видны черные следы азотных гейзеров. Фото «Вояджера-2».

Нептун. Предсказанная планета

В 1834 г. английский астроном-любитель Томас Хассей первым предположил, что Уран может оказаться не последней планетой Солнечной системы. Астроном выдвинул идею, что особенности движения Урана позволяют вычислить положение на небе новой планеты, а затем и увидеть ее в телескоп.

На краю планетной системы. Нептун — предпоследняя, восьмая по расстоянию от Солнца планета. Его невозможно увидеть с Земли невооруженным глазом. По яркости он приблизительно в 6 раз слабее Урана и расположен в 30 раз дальше (4,5 млрд км) от нашего светила, чем Земля, — на самом краю планетной системы.

От «соседа» Урана его отделяет громадное расстояние — 1,6 млрд км. Здесь могли бы разместиться орбиты пяти планет: от Меркурия до Юпитера включительно! Двигаясь со скоростью 5,4 км/с, Нептун совершает один оборот вокруг Солнца за 165 лет. Таким образом, за время, прошедшее с момента открытия, он не успел совершить даже одного оборота по своей орбите. Нептун — четвертый и последний газовый гигант в планетной системе Солнца. Он значительно меньше по размерам, чем Юпитер и Сатурн, но зато во многих отношениях очень похож на Уран. Нептун в 17 раз массивнее и в 58 раз объемнее Земли. Его средний диаметр равен 49,5 тыс. км — в четыре раза больше земного. Плотность Нептуна (1,55 г/см^3) немного превосходит плотность Урана, а их магнитные поля почти одинаковы и сравнимы с земным.

Период вращения планеты вокруг оси — 16 часов. Из-за огромной удаленности от центра планетной системы Нептун получает в сотни раз меньшее количество солнечной энергии, чем то, которое приходит на Землю. Температура в его атмосфере –220° С, а на поверхности –213° С. Несмотря на то что Нептун расположен дальше Урана, их температуры практически равны. Следовательно, у Нептуна имеется внутренний запас тепловой энергии — планета отдает в 3 раза больше тепла, чем получает от Солнца.

Атмосфера Нептуна напоминает атмосферы Юпитера и Сатурна, но содержит меньше водорода и гелия. Его облачная система крайне слаба по сравнению с системами этих гигантских планет. Но все же на Нептуне обнаружены пятна атмосферных вихрей, самый крупный из которых назван Большим Темным Пятном. Есть там также тонкие перистые облака, которые состоят из метана. Согласно расчетам, в центре Нептуна должно находиться тяжелое ядро, состоящее из силикатов, а также металлов и других элементов. ■

Спутники Нептуна. В октябре 1846 г. астроном-любитель англичанин Лассел открыл спутник Нептуна — Тритон. Это небесное тело оказалось во многих отношениях уникальным.

Тритон — один из самых крупных спутников в Солнечной системе (его диаметр — 3200 км), в нем содержится практически вся масса спутниковой системы Нептуна. Тритон находится на расстоянии 355 тыс. км от центра планеты и совершает оборот вокруг нее за шесть дней. Он является внутренним спутником, за ним расположена Нереида — внешний спутник Нептуна. Тритон — обратный спутник: он вращается в направлении, противоположном направлению вращения планеты.

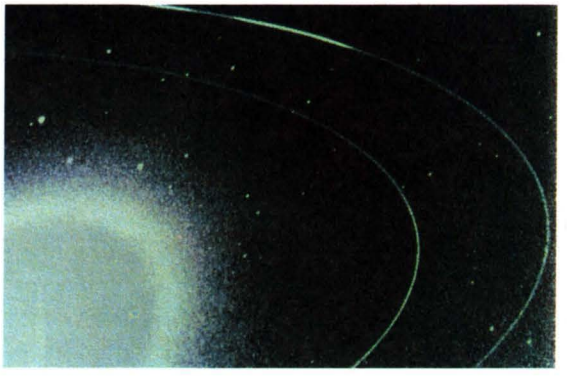
В 1949 г. американский астроном Джерард Койпер открыл второй спутник Нептуна — Нереиду. В отличие от Тритона она маленькая — диаметр 350 км. Нереида тоже оказалась уникальным объектом: ее орбита наиболее сильно вытянута (эксцентриситет 0,75) по сравнению с орбитами других спутников Солнечной системы. Расстояние между Нереидой и Нептуном в апогее ее орбиты в 7 раз больше, чем в перигее. Нереида оказалась самым внешним спутником Нептуна со средним радиусом орбиты 5,5 млн км. Она делает оборот вокруг Нептуна за 360 дней.

Тритон стал вторым спутником в Солнечной системе (после Титана), который имеет значительную атмосферу. Она состоит из азота с примесью метана. Давление на поверхности спутника в 70 тыс. раз меньше, чем на Земле, а температура составляет -235° С. Тритон — самое холодное тело Солнечной системы, исследованное космическим аппаратом. Этот спутник, в противоположность всему остальному «семейству» Нептуна, имеет светлую поверхность, отражающую 70—90% солнечного света.

«Вояджер-2» обнаружил на розоватом Тритоне громадные скалы, водяной лед, изрезанный трещинами, и узорчатые равнины. Метеоритных кратеров на Тритоне практически нет. Поверхность спутника ледяная, из-за низкой температуры там замерзает не только вода, но и азот. Именно из прозрачного азотного льда состоит южная полярная шапка Тритона.

К своему удивлению, астрономы обнаружили в этом заледенелом мире гейзеры, которые при извержении выбрасывали султаны газа многокилометровой высоты. Ученые предположили, что при наступлении весны — продолжительность этого времени года здесь превышает 40 лет — полярная шапка южного полюса Тритона нагревается лучами Солнца и там образуются подледные области (линзы) с жидким азотом. Он-то и прорывается наружу в виде гейзеров. Достигнув высоты примерно 8—10 км, столб гейзера разносится ветром в разреженной атмосфере на многие десятки километров. ■

Кольца Нептуна. После того как в 1977 г., во время затмения Ураном звезды, были обнаружены его кольца, астрономы начали вести аналогичные наблюдения в районе Нептуна. В середине 80-х гг. возле этой планеты были открыты кольца, показавшиеся ученым довольно странными: они были неполными, как бы разорванными. Этим образованиям присвоили названия «дуг», или «арок». Внутри арок ученые обнаружили отдельные сгустки частиц, отстоящие друг от друга на сотни километров и вместе образующие как бы цепочки. В каждой арке имеется уплотнение шириной 15 км, окруженное большим 50-километровым прозрачным пылевым шлейфом. Измерения космического аппарата показывали, что плотность дуги сильно уменьшается на расстоянии в несколько сотен километров. Объяснить существование таких скоплений частиц очень трудно: если у каждой из частиц арки свой (т. е. отличный от других) период обращения, то все скопление быстро растянется вдоль орбиты и арка превратится в кольцо. ■



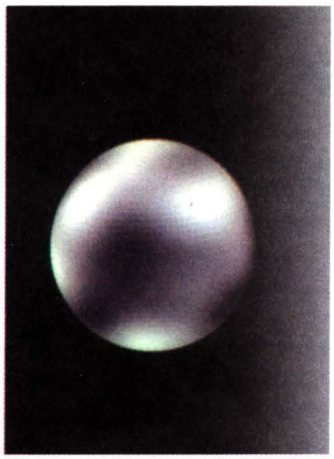
Уникальная система колец Нептуна. На внешнем кольце, названном в честь астронома Адамса, видны три дуги. Фото «Вояджера-2».

Открытие Нептуна. В 1834 г. английский астроном-любитель Томас Хассей первым предположил, что Уран может оказаться не последней планетой Солнечной системы. Астроном выдвинул идею, что особенности движения Урана позволяют вычислить положение на небе новой планеты, а затем и увидеть ее в телескоп. Летом 1843 г. 24-летний англичанин, студент Кембриджского университета Джон Адамс приступил к анализу данных о движении Урана и попытался рассчитать местонахождение предполагаемой планеты.

В 1843—1845 гг. Адамс получает все более точные результаты, но опубликовать свои вычисления не решается. Лишь в сентябре 1845 г. он пришел со своими расчетами к астроному Джорджу Эри, директору Гринвичской обсерватории. Тот не поверил молодому ученому — никогда ранее планеты не открывали на основе расчетов — и не предпринял даже попытки отыскать новую планету на указанном Адамсом месте. Чуть позже за решение этой же проблемы взялся 34-летний французский астроном Урбен Леверье. Ему повезло больше. Летом 1846 г. Леверье представил в Парижскую обсерваторию свои выкладки (его результаты практически совпали с данными Адамса). Увы, французские астрономы тоже не спешили проверить выводы молодого ученого. Тогда Леверье, теряя терпение, посылает немецкому астроному Иоганну Галле письмо, в котором просит его заняться поисками новой планеты. Получив 23 сентября это послание, Галле направил телескоп в указанную точку неба. Через несколько часов он действительно разглядел — на очень близком расстоянии от предсказанного положения — едва различимый диск планеты. ■

Плутон. На окраине Солнечной системы

Плутон расположен в 40 раз дальше от Солнца, чем Земля, и, соответственно, тепла и света получает в 1600 раз меньше. Само же Солнце видно на плутоновом небе не привычным слепящим диском, а яркой звездой.



Плутон — самая удаленная от Солнца планета.

В греческой мифологии Плутон — это один из богов, владыка Подземного мира и Царства мертвых. Другое имя его — Аид — означает «ужасный», а также «царство теней». Поэтому открытая в первой половине XX в. на «периферии» Солнечной системы девятая планета получила имя этого мрачного божества. ■

Плутон был открыт на обсерватории, основанной в 1894 г. американским астрономом Персивалем Ловеллом и предназначенной специально для планетных исследований. Великолепный наблюдатель, Ловелл много лет изучал Марс и был убежден, что его «каналы» искусственные.
В 1915 г. астроном, исследуя возмущения в движении Урана и Нептуна, предположил, что их причиной может быть новая, девятая планета. Рассчитать орбиту этого пока не известного объекта удалось, используя его изображения, найденные на фотографиях 1910-х гг. Однако отыскать на небе новую планету никак не удавалось. Ловелл организовал в обсерватории систематические поиски этого объекта, в результате которых тот был открыт в 1930 г. молодым астрономом Клайдом Томбо (род. 1906 г.).
Планету назвали Плутоном. А столь долгие поиски объясняются достаточно просто — планета видится с Земли как объект 15-й звездной величины, наблюдать который можно только в мощный телескоп. Из-за большой удаленности планеты от Солнца (среднее расстояние — 39,5 а. е., или 5900 млн км) долгое время ученые не знали достоверно ни одного параметра Плутона: размера, массы, средней плотности. Известна была только его орбита — очень вытянутая (эксцентриситет 0,25), период обращения 248 лет и наклон к плоскости эклиптики 17°.
Ситуация изменилась в 1978 г. Американский астроном Джеймс Кристи обнаружил, что Плутон имеет спутник. Вскоре ему дали имя Харон (в греческой мифологии это перевозчик душ умерших в Царство мертвых).
Харон образует с Плутоном столь же тесную пару, как и Луна с Землей, поэтому эти небесные тела вполне можно называть «двойной планетой». Расстояние между ними составляет 20 тыс. км, период обращения спутника вокруг Плутона равен 6,4 суток.
Ученые вычислили массу Плутона — она равна примерно 1/6 массы Луны. Наблюдая прохождения Харона перед диском Плутона, пришедшиеся на 1985—1990 гг., астрономы определили размеры планеты и спутника: диаметр Плутона оказался 2290 км, а Харона — 1190 км. Средняя плотность вещества далекой планеты, определенная по массе и размеру, составляет 2,1 г/см^3, что меньше плотности скальных пород, но вдвое превышает плотность льда. ■

Атмосфера и поверхность Плутона. В 1976 г. американские астрономы обнаружили, что Плутон имеет разреженную атмосферу, состоящую, как показали исследования, из метана. Атмосферное давление у поверхности планеты очень мало (например, у поверхности нашей планеты оно больше в 7 тыс. раз). Плутон покрыт метановым льдом и поэтому имеет сероватый оттенок, в отличие от Харона, который кажется красноватым. Видимо, на его поверхности преобладают обычные скаль-

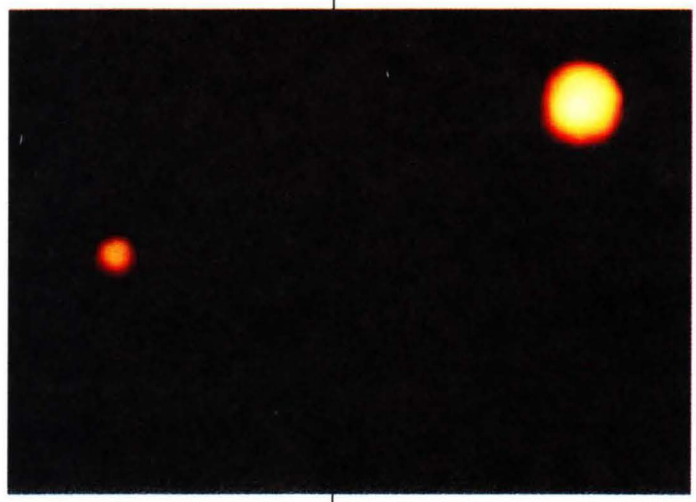
ные породы. Ученые смогут убедиться в верности своих предположений, когда к Плутону полетит космический корабль.

9 сентября 1989 г. эта далекая планета прошла ближайшую к Солнцу точку орбиты (перигелий).

В результате того, что орбита Плутона сильно вытянута, с 1979 г. и по 1999 г. планета находилась на более близком расстоянии к Солнцу, чем Нептун! Это время можно назвать «Плутоновым летом», хотя температура у поверхности планеты колебалась (по разным оценкам) от −228 до −206° С.

В «зимний период», когда Плутон наиболее сильно удалится от Солнца (будет находиться в афелии), планета станет получать почти в три раза меньше солнечного тепла. Температура на Плутоне снизится до −240° С.

В начале XXII в., когда Плутон станет виден, как звезда 17-й величины, ученые снова смогут наблюдать цикл покрытий и прохождений Харона. ■

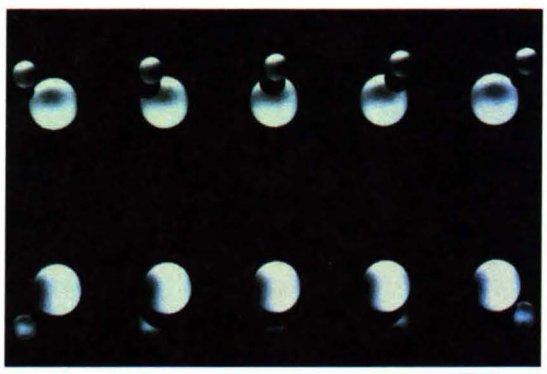


Плутон и его спутник — Харон.

Плутон — Харон. На небе Плутона Юпитер и Сатурн выглядят как звезды 3-й величины. Уран в период наибольших сближений бывает чуть ярче, чем кажется с Земли. Нептун светит еще на одну звездную величину ярче и различим на небе как слабенькая звездочка 6-й величины. Землю, Венеру и Марс в лучах Солнца здесь можно увидеть только в телескоп... Впрочем, наблюдатель плутонового неба обязательно отметил бы интересный факт. Харон, сияющий на фоне знакомых землянам созвездий, застыл над одной точкой планеты, словно отказываясь принимать участие в суточном движении звезд, Солнца и планет.

Такое поведение спутника связано с тем, что периоды осевого вращения Плутона и обращения вокруг него Харона равны. Сутки на Плутоне длятся 6,4 земных суток. Столько же времени требуется Харону, чтобы один раз облететь вокруг своей планеты. Этот естественный синхронный спутник — уникальный случай в Солнечной системе. На Земле люди специально запускают подобные синхронные спутники на геостационарную орбиту, чтобы они помогали осуществлять радио- и телевизионную связь между удаленными друг от друга местами на нашей планете.

Можно сказать, что двойная планета Плутон — Харон — в своем роде уникальна. Самая маленькая планета Солнечной системы имеет самый массивный (относительно массы планеты) спутник. Кроме того, орбита Плутона резко отличается по некоторым параметрам от остальных планетных орбит. Все это не могло не рождать самые разные соображения, гипотезы, версии... ■



Цикл покрытий и прохождений Харона.

Сразу после открытия Плутона, еще до того, как у него был обнаружен спутник, астрономы высказали предположение, что эта планета может быть... бывшим спутником Нептуна. Действительно, на удивление малая его плотность свидетельствует о том, что Плутон, скорее всего, состоит изо льдов — аналогично большинству спутников внешних планет. Медленное вращение Плутона вокруг оси, по мнению астронома Джерарда Койпера, вызвано приливным действием планет-гигантов. Загадкой для ученых остаются особенности орбит двух спутников планеты Нептун (Тритона и Нереиды)...

Однако каким же образом Нептун мог «потерять» свой спутник? Возможно, в далеком прошлом, когда планета и ее спутники только начинали формироваться в протопланетном диске, с Нептуном произошла какая-то катастрофа. В результате орбиты его спутников получились сильно искаженными, а один из них вышел из области притяжения планеты и превратился в независимый небесный объект Солнечной системы — Плутон. ■

Предельные размеры Солнечной системы можно вычислять по-разному. Поскольку Солнечная система выглядит уплощенной, то имеет смысл говорить отдельно о ее размерах в направлениях, лежащих в плоскости эклиптики и перпендикулярных ей. Например, и в том и в другом случае можно оценивать размер Солнечной системы по внешнему диаметру гипотетического кометного облака Эпика — Оорта. Некоторые ученые считают, что оно может простираться до 500 тыс. а. е. от Солнца. Это уже сравнимо с расстоянием до ближайшей к Солнцу звезды Проксима Центавра — примерно 270 тыс. а. е.

Кометы могут удаляться от Солнца на сотни астрономических единиц. Если считать, что вес ближайшей к Солнцу звездной системы Альфа Центавра (состоящей из трех объектов) составляет немногим более двух солнечных масс, то на расстоянии примерно 100 тыс. а. е. гравитационные силы, с которыми наше центральное светило и эта система будут притягивать попавшую между ними комету, сравняются. Можно и это расстояние принять за размеры Солнечной системы.

С другой стороны, направление на Альфу Центавра не единственное — и ничто не мешает существованию комет с большими афелийными расстояниями в других направлениях.

Однако кометы с сильно вытянутыми орбитами представляют для астрономов объекты, достаточно трудные для наблюдений, поэтому их афелийное расстояние вычисляется с большими погрешностями. Расчеты ученых могли бы подтвердиться в последующее возвращение «небесной странницы», но увы... Таких случаев для комет, периоды обращения которых занимают несколько тысяч лет, пока не зафиксировано. ■

МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Астероиды. Кометы. Метеороиды

Кроме Солнца и девяти больших планет со спутниками «население» Солнечной системы составляют так называемые малые тела. Их принято делить на три класса: астероиды, кометы и метеорные тела (метеороиды).

Астероиды. Планеты-карлики. В ночь на 1 января 1801 г. — первый день XIX столетия — итальянский астроном Джузеппе Пиацци (1746—1826) обнаружил на небе небольшую звездочку, которая «вела себя немного странно». Дальнейшие наблюдения показали, что она медленно, но заметно перемещается на фоне других звезд. Исходя из этого Пиацци сделал вывод, что открыл новую планету; ученый назвал ее Церерой в честь древнеримской богини плодородия.

Немного позже немецкий математик и астроном Карл Фридрих Гаусс (1777—1855) вычислил орбиту Цереры. Оказалось, что она располагается между орбитами Марса и Юпитера, т. е. как раз там, где, согласно правилу планетных расстояний Тициуса — Боде, должна находиться еще одна планета Солнечной системы. Открытие было поистине удивительным — наконец-то астрономы отыскали давно предсказанную, но до сих пор не найденную планету! Не менее удивительным, впрочем, было и то, что новая планета так мало заметна, — Церера имела всего лишь 6-ю звездную величину, хотя находилась не так уж далеко от Земли. Вывод следовал только один — эта планета должна иметь совсем небольшие размеры.

Астрономам пришлось удивиться снова в 1802 г., когда немецкий астроном Генрих Ольберс (1758—1840) открыл между Марсом и Юпитером еще одну планету — Палладу. В 1804 г. немецкий астроном К. Гардинг там же обнаружил третью планету — Юнону, а в 1807 г. астрономы открыли Весту. Все четыре планеты обращались по близким орбитам и имели малые размеры: диаметр Цереры — около 900 км, Паллады и Весты — около 400 км, Юноны — около 200 км.

В течение почти 40 лет новых открытий не было, так что астрономы имели все основания полагать, что четырьмя малыми планетами дело и ограничится. Впрочем, это мнение разделяли не все: почтовый чиновник Генке из прусского городка Дриссен начиная с 1830 г. систематически осматривал небо в небольшой телескоп в надежде найти еще одну малую планету. Его усилия были вознаграждены лишь через 15 лет: в декабре 1845 г. он открыл пятую планету — Астрею, а в июле 1847 г. — шестую, Гебу.

В августе того же года английский астроном Джон Хайнд обнаружил Ириду, в октябре — Флору. А дальше открытия малых планет посыпались «как из рога изобилия». К концу XIX в. было уже известно более четырехсот

Сравнительные размеры среднего астероида и здания Московского государственного университета.

подобных небесных тел. Дело пошло еще быстрее после 1891 г., когда немецкий астроном Макс Вольф (1863—1932), а за ним и другие применили для обнаружения малых планет фотографический метод.

Оказалось, что между Марсом и Юпитером движется множество маленьких небесных тел или *астероидов* (буквально — «звездоподобные»).

К концу XX в. их было открыто почти 20 тыс.

Ученые пытались объяснить возникновение этого так называемого «пояса астероидов». Генрих Ольберс выдвинул гипотезу, согласно которой между Марсом и Юпитером когда-то существовала большая планета, раздробившаяся на части в результате какой-то грандиозной катастрофы. Астрономы даже придумали красивое название этой гипотетической планете: Фаэтон. Ее осколки сейчас и наблюдаются как множество астероидов. Однако от гипотезы Ольберса пришлось отказаться — даже «сложив» все малые планеты вместе, ученые получали в итоге небесное тело, диаметр которого ненамного превышал 2000 км. Для большой планеты этого мало. Скорее всего, пояс астероидов представляет собой скопление тел, которые служили для «создания» планет. ■

Движение и орбиты астероидов. Каждый астероид при открытии получает личный номер и название. Вначале, когда астероидов было мало, им по аналогии с названиями больших планет давали имена богов или богинь древнеримских мифов. Причем малым планетам с типичными орбитами присваивали женские имена, а астероидам с какими-либо особенностями — мужские. Затем это правило перестало строго соблюдаться, и астероиды начали называть в честь великих людей (1379 Ломоносова), государств (1541 Эстония) и т. д.

Примерно для 6 тыс. малых планет орбиты надежно определены. Астероиды обращаются вокруг Солнца в ту же сторону, что и большие планеты (против часовой стрелки). Почти всем им требуется от трех до шести лет, чтобы сделать полный оборот вокруг Солнца. Орбиты астероидов сильно вытянуты, поэтому некоторые из них то удаляются за орбиту Сатурна, то приближаются к Марсу и Земле.

Созвездия — группы наиболее приметных звезд — были выделены и названы человеком еще в глубокой древности. И сейчас даже далекий от астрономии человек может перечислить названия хотя бы некоторых созвездий — Большая Медведица, Кассиопея, Орион, Андромеда... И конечно же, у всех на слуху созвездия, входящие в Зодиак: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. Однако не каждому известно, что и самые яркие звезды также имеют очень звучные и красивые названия. Они были даны этим светилам в древности, причем каждый народ именовал их по-своему. За большинством звезд в современной астрономии закрепились собственные имена, придуманные арабскими астрономами, т. к. в Европу эта наука пришла с Востока.

Главная звезда в Малой Медведице — Полярная — известна благодаря своей близости к Северному полюсу мира. Эта звезда служит отличным ориентиром на ночном небе.

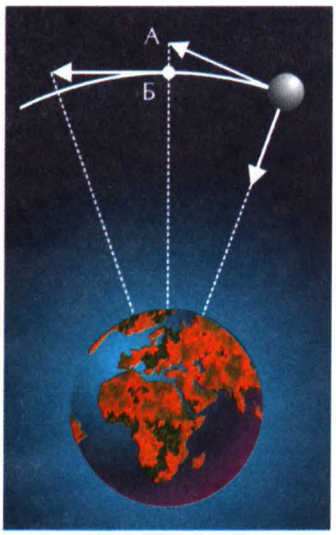
Самое яркое светило созвездия Андромеды имело арабское название «Сиррах ал-Фарас». Европейцы, именуя звезду, часто использовали обе части названия по отдельности, причем «ал-Фарас» постепенно превратился в Альферац.

Созвездие Гидры не очень легко отыскать на небосводе — оно имеет только одну яркую звезду. Понятно, почему арабы присвоили ей название «Альфард» — «Одинокая».

Некоторые названия светил пришли из других языков. Самую яркую звезду Большого Пса — кроме того, ярчайшую звезду на небе — греки назвали Сириусом (от «сериос» — «сверкающая»). Главная звезда Девы называется «Спика», что в переводе с латинского означает «Колос». ■

Комета Хиякутаки, наблюдавшаяся в 1996 г.

Закон всемирного тяготения. С помощью сложных математических расчетов Ньютон пришел к выводу, что между всеми телами существует взаимное притяжение, которое сам ученый назвал «тяготением». Оно зависит от того, какими массами обладают притягивающиеся тела и каково расстояние между ними.
Исходя из универсального характера тяготения и пользуясь выведенными законами классической механики, Ньютон объединил в единую систему все явления, вызываемые гравитацией: начиная от падения яблока на землю и кончая океанскими приливами и движением всех тел Солнечной системы. ■

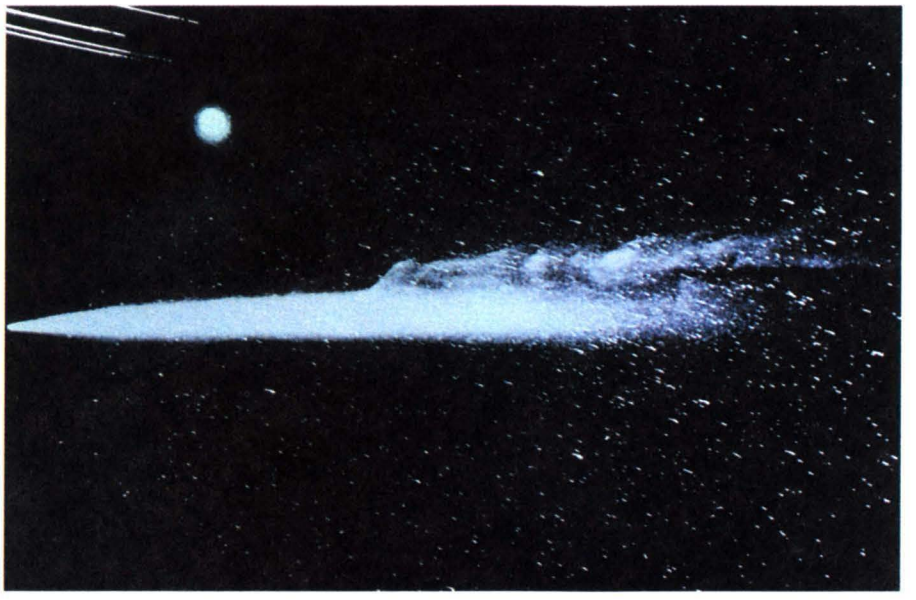


Сила тяготения Земли удерживает на орбите Луну, не позволяя ей улететь в космическое пространство (по направлению к точке А).
Луна, все время «падая» на Землю, движется по дуге (в направлении точки Б).

Например, в 1937 г. астероид Гермес прошел на расстоянии 580 тыс. км от Земли — всего лишь в полтора раза дальше Луны.
Другой астероид, Икар, открытый в 1949 г., при движении попадает даже внутрь орбиты Меркурия и каждые 19 лет сближается с Землей (последний раз такое случилось в 1987 г.). В это время Икар располагается «всего» в нескольких миллионах километров от нашей планеты, и его можно наблюдать в обсерваториях. ■

Группы астероидов. Несколько малых планет движутся вне основного пояса астероидов. Это — группа Гильды (среднее расстояние от Солнца 3,95 а. е., или 590 млн км), малые планеты Туле (4,28 а. е., или 640 млн км), Гидальго (5,8 а. е., или 870 млн км) и открытый в 1977 г. Хирон. Обращаясь на своей орбите, Хирон то заходит немного внутрь орбиты Сатурна, то приближается к орбите Урана. Возможно, что, кроме Хирона, есть и другие отдаленные астероиды.
Особую группу астероидов составляют троянцы — они получили такое название потому, что им присваивают имена героев Троянской войны (Гектор, Ахилл, Патрокл, Менелай и др.). «Троянцы» образуют две устойчивые группы, расположенные вдоль орбиты Юпитера. На расстоянии 60^{o} впереди планеты движется группа «греков», а на 60^{o} позади — группа «защитников Трои». Солнце, Юпитер и каждый из «троянцев» образуют почти равносторонний треугольник. Такое движение, как доказал в 1772 г. французский математик, механик и астроном Жозеф Луи Лагранж (1736—1813), является устойчивым. В настоящее время астрономам известно около 50 «троянцев».
Кроме того, обнаружены три группы малых планет, движущихся ближе к Солнцу, чем Марс. Это группа Амура, куда входят астероиды, заходящие внутрь орбиты Марса; группы Аполлона и Атона, члены которых проникают внутрь орбиты Земли. Астероиды последних двух групп могут даже сталкиваться с Землей. Такое падение вызовет катастрофические последствия. ■

Пояс Койпера. В последние годы XX столетия в астрономии произошло одно из важных событий — на самой окраине Солнечной системы, за Нептуном, был открыт второй пояс астероидов. Существование



Комета Галлея в 1910 г.

«Она навела столь великий ужас, что иные умерли от страха, а другие захворали...» — так писали в 1528 г. о «хвостатой звезде», сияющей на небе. ■

Оценки энергетики падения «кометного поезда» на Юпитер свидетельствуют, что для Земли встреча с подобным телом может окончиться катастрофой. Жизнь на ее поверхности будет уничтожена. Поэтому астрономы всерьез изучают вероятности так называемой «астероидной», «кометной» и даже «метеороидной» опасности, обусловленной столкновением космического тела с Землей. ■

«внешних» астероидов предсказал американский ученый Джерард Койпер (1905—1973), поэтому его называют «поясом Койпера».

К концу 1999 г. было открыто около 100 тел из пояса Койпера, но, скорее всего, их там намного больше — как и во «внутреннем» поясе астероидов. Койперовские астероиды имеют размеры в несколько сотен километров и расположены в 10—20 раз дальше от Солнца, чем астероиды главного пояса. С окраины нашей планетной системы Солнце выглядит всего лишь яркой звездой и не дает никакого тепла, поэтому внешние астероиды, скорее, ледяные, чем каменные.

После открытия пояса Койпера некоторые астрономы стали считать планету Плутон просто самым большим астероидом, принадлежащим внешнему поясу. ■

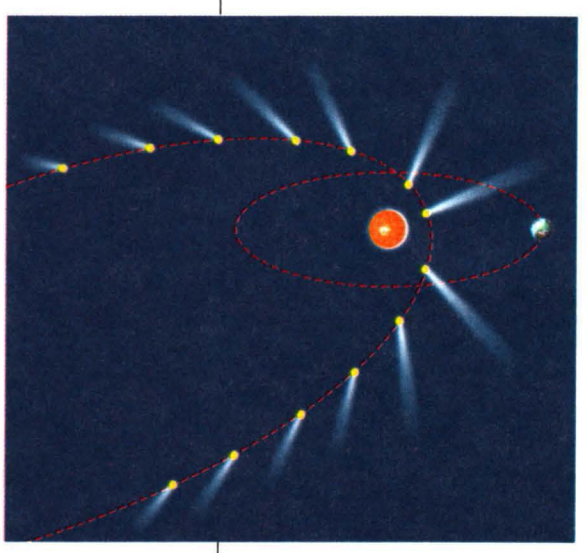
Кометы. «Хвостатые звезды». С незапамятных времен комет боялись, т. к. их появление на небосводе было столь внезапным и загадочным, а вид так необычен, что суеверные люди считали эти небесные тела предвестниками всякого рода несчастий: голода, стихийных бедствий, эпидемий, войн...

Иногда, правда очень редко, такие события действительно совпадали с появлениями «хвостатых звезд», что запоминалось надолго и лишь укрепляло веру в зловредное действие комет.

Ученые, не подверженные подобным суевериям, длительное время считали, что кометы — это «что-то», порожденное испарениями в атмосфере Земли (как облака, к примеру). Однако такие взгляды были поколеблены под влиянием наблюдений датского астронома Тихо Браге — он, а за ним и другие ученые выяснили, что кометы находятся далеко за пределами земной атмосферы. Они движутся в пространстве примерно на таком же расстоянии от Земли, как и другие планеты.

В 1682 г. английский астроном Эдмунд Галлей, вычислив орбиты трех комет, сиявших на небе в 1531, 1607 и

Эллиптическая орбита кометы. Хвост всегда направлен от Солнца.



В начале марта 1993 г. американские астрономы Юджин и Каролина Шумейкеры и Дэйвид Леви независимо друг от друга открыли новую комету.

Проходя в июле 1992 г., т. е. еще до «открытия», около Юпитера, небесная гостья (ее стали называть кометой Шумейкер — Леви 9, т. к. это была девятая открытая этими учеными комета) была захвачена «свирепым богом» и перешла с гелиоцентрической орбиты на юпитероцентрическую. Мало того, обращаясь вокруг Юпитера, комета подошла к нему слишком близко. При этом в соответствии со строгими законами небесной механики тело кометы было разорвано на куски приливными силами Юпитера.

На следующем витке комета Шумейкер — Леви 9, пройдя на расстоянии 20 тыс. км от Юпитера, образовала своеобразный «кометный поезд», состоящий из 21 куска. На гигантской скорости, составляющей 60 км/с, он врезался в густую атмосферу планеты. Падение растянулось на целую неделю — с 18 по 23 июля 1994 г. Единственное, что омрачило триумф астрономии, — обломки кометы падали на невидимой стороне Юпитера, которая в это время была недоступна наблюдениям с Земли. Но поскольку планета-гигант вращается вокруг своей оси, ученые смогли вскоре увидеть результаты космической катастрофы.

Самые крупные куски достигали километровых размеров — при мгновенном испарении подобной «горы» в плотной атмосфере планеты происходит грандиозный взрыв. На Юпитере взметнулись столбы газа. Вокруг каждой точки падения образовались кольцевые волны — это в водородном океане планеты возникли исполинские цунами многокилометровой высоты.

В атмосфере на местах взрывов обломков появились гигантские, в несколько десятков тысяч километров, черные пятна. Они были хорошо различимы с Земли даже в небольшой телескоп. ■

1682 гг., с удивлением сделал вывод, что на самом деле наблюдения относились... к одной комете, которая обращается вокруг Солнца с периодичностью 75—76 лет по очень вытянутому эллипсу. Галлей рискнул предположить, что новое возвращение к Солнцу и к Земле космической гостьи случится в 1758 г.

Предсказание астронома блестяще оправдалось. Так было доказано, что движение комет подчиняется тем же законам, что и движение других небесных тел. После этого комета (ей присвоили имя Галлея) появлялась на небосводе трижды: так было в 1835, 1910 и 1986 гг.

И каждое «чудесное явление» позволяло астрономам применять для ее исследования все более современные средства и способы.

В 1910 г. комету впервые сфотографировали, а в 1986 г. для более близкого знакомства с небесной гостьей были отправлены пять космических станций.

Ученые не только предсказали будущее кометы Галлея, но и отследили по летописям ее прошлые возвращения к Солнцу. Оказалось, что небесную путешественницу наблюдали начиная с 467 г. до н. э. Много сообщений о комете Галлея оставили древние китайские и японские астрономы. Первое наблюдение кометы в Европе относится к 837 году. Зарисовки небесной странницы, сделанные в древности, свидетельствуют, что и в те далекие времена она выглядела так же, как в эпоху Галлея.

Подобные возвращающиеся кометы назвали периодическими. В XIX в. уже было известно несколько десятков таких комет, и астрономы подозревали, что на самом деле их значительно больше.

В настоящее время ученые обнаружили примерно 200 периодических комет, которые регулярно приближаются к Солнцу. Многие из них входят в так называемые семейства. Например, приблизительно 50 самых короткопериодических комет (их полный оборот вокруг Солнца длится 3—10 лет) образуют семейство Юпитера. Немного малочисленнее семейства Сатурна, Урана и Нептуна (к последнему, в частности, относится знаменитая комета Галлея). ■

Строение комет. Как правило, кометы состоят из «головы» — небольшого яркого сгустка-ядра, которое окружено светлой туманной оболочкой, состоящей из газов и пыли.

У ярких комет с приближением к Солнцу образуется «хвост» — слабая светящаяся полоса, которая в результате светового давления и действия солнечного ветра всегда направлена в противоположную от нашего светила сторону.

Обломки кометы Шумейкер — Леви 9 летят на Юпитер.

Ядро кометы Галлея. Снимок с космического аппарата «Джотто».

Великий немецкий астроном Иоганн Кеплер утверждал: «Комет так же много, как рыб в океане»... ■

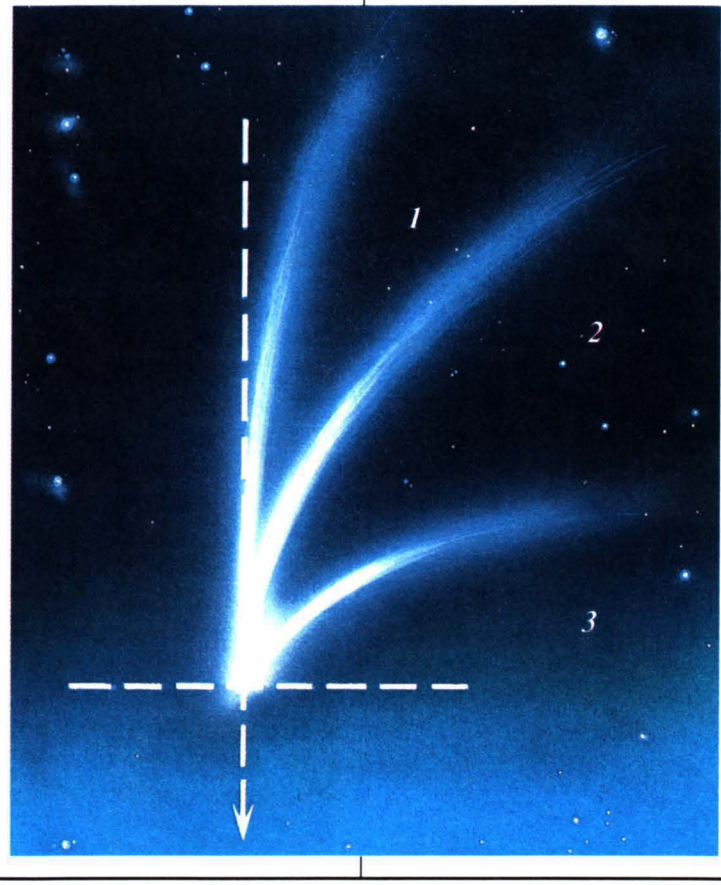
Хвосты небесных странниц комет различаются длиной и формой. У некоторых комет они тянутся через все небо. Например, хвост кометы, появившейся в 1744 г., был равен 20 млн километров. А комета, которую наблюдали в 1680 г., имела хвост, протянувшийся на 240 млн километров.

Хвосты комет не имеют резких очертаний и практически прозрачны — сквозь них хорошо видны звезды, — т. к. образованы из чрезвычайно разреженного вещества. Состав его разнообразен: газ или мельчайшие пылинки, или же смесь того и другого. По сути, это «видимое ничто»: человек может наблюдать хвосты комет только потому, что газ и пыль светятся. При этом свечение газа связано с его ионизацией ультрафиолетовыми лучами и потоками частиц, выбрасываемых с солнечной поверхности, а пыль просто рассеивает солнечный свет.

Теорию хвостов и форм комет разработал в конце XIX в. русский астроном Федор Бредихин (1831—1904). Ему же принадлежит и классификация кометных хвостов.

Бредихин предложил относить хвосты комет к основным трем типам: прямые и узкие, направленные прямо от Солнца; широкие и немного искривленные, уклоняющиеся от Солнца; короткие, сильно уклоненные от центрального светила.

Астрономы объясняют столь различные формы кометных хвостов следующим образом. Частицы, из которых состоят кометы, обладают неодинаковым составом и свойствами и по-разному отзываются на световое давление. Таким образом, пути этих частиц в пространстве «расходятся», и хвосты космических путешественниц приобретают разные формы. ■



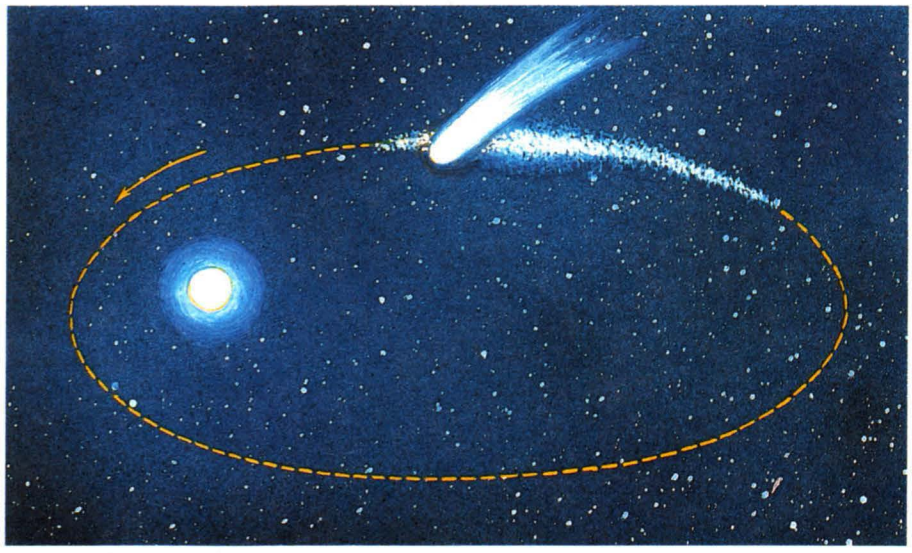
Формы кометных хвостов.
1 — прямой, узкий;
2 — искривленный, широкий;
3 — короткий.

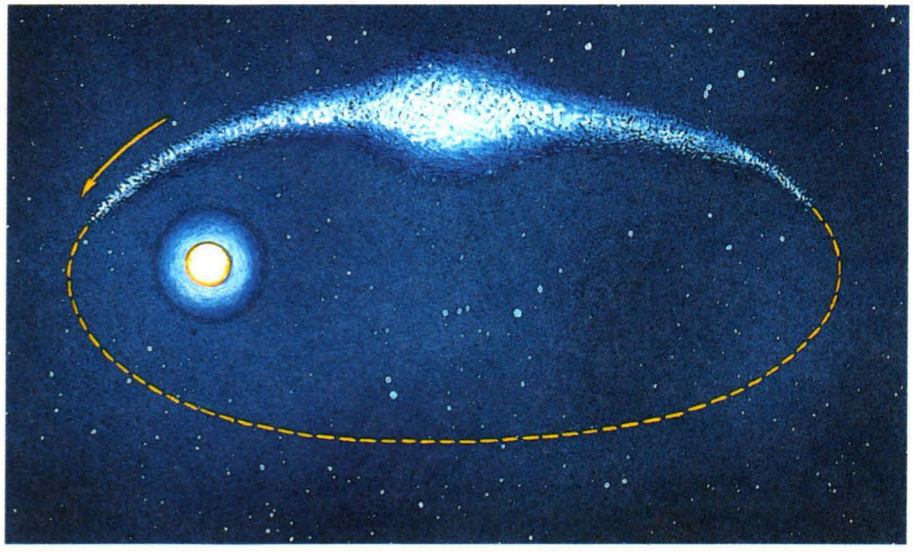
Кометы вблизи. Что же представляют собой сами кометы? Исчерпывающее представление о них астрономы получили благодаря успешным «визитам» в 1986 г. к комете Галлея российских космических аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» и европейского

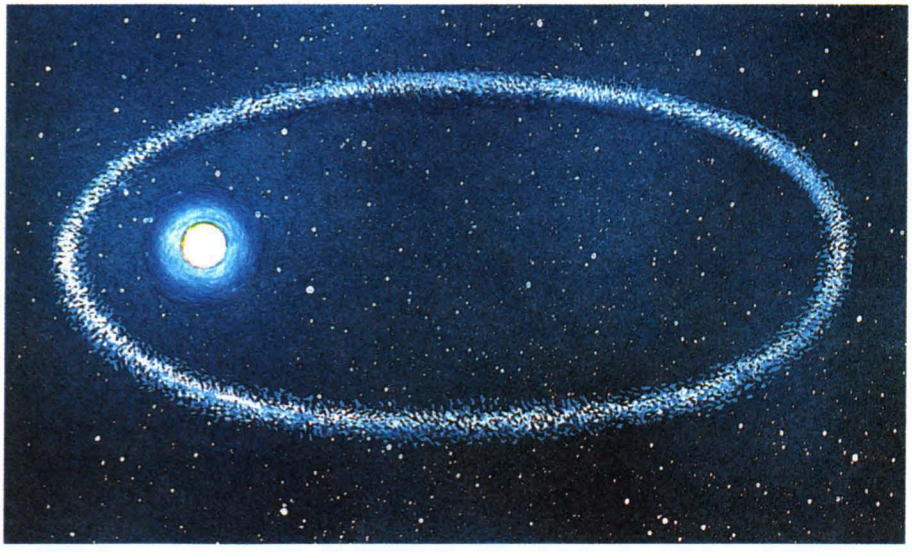
Образование метеорного роя. Этап I — постепенное разрушение кометы, находящейся на гелиоцентрической орбите.

Этап II — комета полностью разрушилась, но образовала компактный рой на орбите.

Этап III — рой постепенно «размазался» по орбите (небольшие комки могут сохраняться).







Метеор, влетевший в земную атмосферу, может иметь довольно крупные размеры и весить уже не доли грамма, а килограммы или даже тонны! В таком случае это уже не частичка, а метеорное тело. Земной наблюдатель воспринимает его как стремительно несущийся по небу сияющий шар — болид, за которым, как правило, тянется огненный хвост, рассыпаются искры.

Полет болида длится несколько секунд, а потом на небе недолго слабо светится туманный след. Он непрерывно меняет свою форму, изгибается, а потом разрывается на части ветром. Болид не всегда летит бесшумно, изредка слышен шорох и треск, как при электрическом разряде.

Иногда — особенно в тех случаях, когда болид очень крупный и яркий, — через некоторое время после его исчезновения слышится раскатистый грохот. Поэтому неудивительно, что в отдаленные времена полет болидов вызывал в народе суеверный ужас — люди принимали эти сверкающие шары с огненными хвостами и извивающимися следами за огненных змеев или драконов. ■

«Джотто». Многочисленные приборы, установленные на этих аппаратах, передали на Землю изображения ядра кометы и разнообразные сведения о ее оболочке.

Оказалось, что ядро кометы Галлея состоит в основном из обычного льда (с небольшими включениями углекислых и метановых льдов), а также пылевых частиц. Именно они образуют оболочку кометы, а с приближением ее к Солнцу часть из них — под давлением солнечных лучей и солнечного ветра — переходит в хвост.

Размеры ядра кометы, как правильно рассчитали ученые, равны нескольким километрам: 14 — в длину, 7,5 — в поперечном направлении. Ядро кометы имеет неправильную форму и вращается вокруг оси, которая, как предполагал еще немецкий астроном Фридрих Бессель (1784—1846), практически перпендикулярна плоскости орбиты кометы. Период вращения оказался равен 53 часам — что опять-таки хорошо согласовалось с вычислениями астрономов.

Массы комет ничтожны — примерно в миллиард раз меньше массы Земли. Поэтому «небесные гостьи» никак не влияют на планеты Солнечной системы. В мае 1910 г. Земля, например, проходила сквозь хвост кометы Галлея, но никаких изменений в движении нашей планеты не произошло. ■

Метеоры. «Падающие звезды». В 1852 г. астрономы наблюдали необычное явление: комета Биэлы, известная с 1826 г., распалась на части. В 1859 г. распавшаяся комета снова прошла около Земли, и к этому времени ее части разошлись на большое расстояние. Позже комету никто не видел, но в 1872 и 1885 гг. — как раз в то время, когда Земля должна была проходить вблизи орбиты исчезнувшей кометы Биэлы, — на небе наблюдался «звездный дождь».

Яркие «звезды» вспыхивали, стремительно, с частотой в несколько десятков тысяч в час, пролетали по небу и гасли. Астрономы предположили, что этот «звездный дождь» не что иное, как остатки распавшейся кометы.

Подобные «звездные дожди» — явление довольно редкое. Чаще приходится наблюдать другое: вдруг, словно сорвавшись с «небесного гвоздя», пролетает по небу и мгновенно исчезает яркая звездочка. Такое падающее светило называют метеором. Метеоры — это в основном частички распавшихся комет, более мелкие по размерам и массам, чем кометы. Влетая в земную атмосферу с огромной скоростью, они встречают очень сильное сопротивление воздуха. Частички мгновенно нагреваются до такой высокой температуры, что начинают дробиться и испаряться — сгорать, вызывая эффектное явление стремительно падающей звезды.

Ученые определили, что в основном метеоры пролетают в слое атмосферы на высоте от 55 до 120 км над поверхностью Земли и, как правило, не достигают ее поверхности, испаряясь в воздухе. Яркие метеоры называют болидами. ■

Метеорные потоки. В некоторые дни года на ночном небе можно наблюдать интересное явление: из одной точки, появляясь последовательно один за другим, «вылетают» метеоры и веером разлетаются во все стороны. Место на небосводе, откуда появляются «падающие звезды», называется радиантом. Частички метеорного потока летят в пространстве параллельно друг другу и кажутся разлетающимися только из-за перспективы.

Наиболее подробно изучен учеными метеорит, упавший 9 октября 1992 г. около 8 часов вечера в штате Нью-Йорк (США). В этот день в американском городе Пикскилле был детский праздник, и на улицах оказалось много людей с видеокамерами. В результате ученые получили шесть фильмов полета болида, снятых из разных точек. Огненный шар летел в направлении с запада на восток, и его видели в штатах Огайо и Пенсильвания. А в Западной Виргинии полет болида был зафиксирован футбольными болельщиками с помощью видеокамер (это был день футбольных матчей). Это позволило вычислить орбиту небесного камня и проследить процесс его частичного разрушения в атмосфере. Из 70 фрагментов метеорита, хорошо заметных на снимках, до Земли долетел только один. Он угодил в багажник стоящего около дома автомобиля. Владелица машины мисс Мичелле Кнапп, услышав вой охранной системы, выбежала и обнаружила в пробитом багажнике камень массой 12,3 кг. Она тут же позвонила в ближайший университет, и вскоре к ее дому прибыли ученые. В США обнаружение метеорита — дело прибыльное. Обычно здесь подобную находку оплачивают в расчете 1 доллар за 1 грамм метеоритного вещества. Однако этот камень был оценен в 70 000 долларов. ■

Радиант метеорного потока — та точка на небе, из которой как бы вылетают метеоры.

В 1989 г. был запущен астрометрический спутник «Гиппарх», задачей которого являлось высокоточное определение положений многих тысяч звезд с недостижимой для земных наблюдений точностью.

Спутник проработал на орбите до 1993 г. и практически полностью оправдал возложенные на него надежды. Проницающая способность космического инструмента позволила с высокой точностью определить положения нескольких квазаров и оптически видимых радиоисточников и соотнести их с далекими, «неподвижными» внегалактическими источниками. С этого момента началась новая эра в развитии фундаментальной астрометрии и всех связанных с ней дисциплин.

Основным результатом работы спутника стали два астрометрических каталога — «Гиппарх» и «Тихо». Первый содержал положения 120 тыс. небесных объектов (с угловой точностью около 1 миллисекунды), а также их параллаксы и предварительные значения собственных движений. Второй содержал те же величины (но чуть менее точные) уже для более чем 400 тыс. звезд. ■

В середине XIX в. астрономы научились определять орбиты метеоров в Солнечной системе. Итальянский астроном Джованни Скиапарелли, а затем российский астроном Федор Бредихин доказали, что метеорные потоки, рои частиц, движутся по орбитам, которые ранее «принадлежали» исчезнувшим кометам, и, таким образом, являются в основном продуктами постепенного распада кометных ядер.

Подобные потоки называют по имени (латинскому) созвездия, в котором расположен их радиант. Знаменитая комета Галлея является прародительницей двух метеорных потоков: Аквариды (наблюдаются 1—9 мая) и Ориониды (20—24 октября). Комета Джакобини — Циннера породила поток Драконииды (10 октября), комета 1862 III — поток Персеиды (12 августа), комета 1866 I — поток Леониды (15—17 ноября), комета Энке — поток Тауриды (30 июня) и т. д.

Большинство метеорных тел не принадлежит к какому-либо потоку — астрономы называют их спорадическими. Возможно, это остатки потоков, распавшихся под влиянием гравитационных сил больших планет. ■

Что такое метеориты? Частички не до конца сгоревших метеоров и болидов, достигающие поверхности Земли, астрономы называют метеоритами. Это единственные внеземные тела, доступные для непосредственного наблюдения. Исследование их помогает ученым узнать состав и природу небесных тел.

По своему составу метеориты бывают разными: примерно 92,8% «падающих звезд» каменные, 5,7% — железные, а остальные 1,5% — железно-каменные. Однако в силу того, что каменные метеориты практически не сохраняются после удара о Землю, их очень трудно обнаружить. Поэтому среди найденных метеоритов оказывается намного больше редких железных.

Обычно упавший метеорит бывает горячим или теплым, но не раскаленным, т. к. за несколько секунд полета в атмосфере он не успевает сильно прогреться. Отмечены даже случаи, когда упавший камень покрывался ледяной корочкой — его поверхность охлаждалась за счет очень низкой температуры сердцевины, конденсировала из воздуха влагу и замораживала ее.

Чаще всего метеориты обнаруживаются после метеоритных дождей, которые происходят, когда метеоритное тело рассыпается в воздухе. За последние 300 лет ученые отметили около 60 подобных дождей. Несмотря на то что обломки рассеиваются на площади в десятки квадратных километров, многие из них удается найти. Чаще всего обнаруживают метеориты, попавшие в крыши домов или оранжерей, а удары по людям чрезвычайно редки. Самое древнее письменное сообщение о падении небесного камня, найденное в китайских летописях, относится к 654 г. до н. э. По свидетельству римского историка Тита Ливия, около 2000 г. до н. э. упал железный метеорит во Фригии. В течение долгого времени он находился в руках жрецов и служил предметом поклонения. Затем небесный камень перевезли в Рим, где поклонялись ему свыше 500 лет. Метеориты становились предметом культа и в более поздние времена. Так, в городе Мекке, религиозном центре ислама, в стену храма Каабы вделан небольшой каменный метеорит — «Черный камень». Он имеет полукруглую форму и красновато-черный цвет. Этот камень до сих пор является святыней и предметом поклонения мусульман. ■

Наряду с созданием астрономических институтов в центре России возникли обсерватории на юге страны — в Крыму, в республиках Закавказья и Средней Азии. Настоятельная необходимость в их строительстве объяснялась тем, что южные обсерватории позволяют проводить наблюдения тех небесных тел, которые не видны на севере и в средних широтах. ■

Экспедиция ученых на месте падения Тунгусского метеорита. Лежащие веером деревья позволили определить место, над которым произошел взрыв небесного тела.

Начиная со второй половины XIX в. в штате Аризона (США) известен кратер «Каньон дьявола». Его диаметр — 1240 метров, а глубина — 170. Ученые выдвигали разные гипотезы о его происхождении: одни считали кратер вулканическим, другие — результатом взрыва водяного пара, третьи принимали его за карстовый провал.

Однако у индейцев, коренных жителей Аризоны, существовала легенда о том, что некогда огненный бог на сверкающей колеснице спустился на землю, и кратер — место его «приземления».

В 1906 г. геолог Д. Барринджер доказал, что Аризонский кратер имеет ударное, а не вулканическое происхождение. При дальнейших многочисленных исследованиях было найдено около 12 т метеоритного вещества. Ученые считают, что «Каньон дьявола» возник около 50 тыс. лет назад в результате падения на Землю железно-никелевого метеорита диаметром около 60 м, летящего со скоростью 20 км/с. Энергия взрыва при образовании кратера оценивается в 10—20 мегатонн.

Аризонский метеоритный кратер не единственный, обнаруженный на поверхности Земли. К настоящему времени известно свыше 230 больших ударных кратеров — их называют астроблемами («звездые раны»). Наибольшие из них имеют диаметр до 200 км. Впрочем, далеко не вся поверхность Земли обследована, особенно это касается дна океанов. Но даже и на поверхности нашей планеты может быть открыто множество новых кратеров и астроблем. ■

Первенство по размерам среди найденных метеоритов удерживает метеорит Западная Гоба, найденный в Намибии. Он продолжает лежать на месте падения, т. к. его масса составляет 60 т. Известно еще несколько метеоритов с массой свыше 10 т. Есть сведения, что в районе Шингетти, в пустыне Адрар (Мавритания), находится огромный метеорит длиной около 100 м, высотой около 45 м и массой порядка 100 тыс. т. Его никогда не видели ученые (т. к. он находится в глухом уголке пустыни, вдали от населенных пунктов), хотя образец, доставленный в Европу, показывает, что это, несомненно, железный метеорит.

Самый крупный из наблюдавшихся во время падения метеоритов упал 12 февраля 1947 г. на Дальнем Востоке в отрогах хребта Сихотэ-Алинь. Болид был виден в радиусе 400 км. Его заметили в 10 часов 38 минут в Хабаровске и во многих других местах Приморья. После исчезновения болида долго слышались грохот и гул, наблюдались сотрясения воздуха, а пылевой след от огненного шара не рассеивался два часа. Сообщения наблюдателей из разных мест позволили ученым найти место падения метеорита, снежный покров помог обнаружить его следы. Экспедиция Академии наук, которую возглавили академик В.Г. Фесенков и Е.Л. Кринов, выявила 24 кратера, имеющих в поперечнике больше 9 м (один из них достигал 26 м) и огромное число воронок. Как определили ученые, метеорит еще в воздухе распался и выпал в виде «каменного дождя» на площади в три квадратных километра (было обнаружено больше 3500 его обломков). По составу метеорит оказался железным, поэтому многие из его мелких осколков удалось найти с помощью миноискателей. Общая масса найденного материала составила 27 т, а самая крупная часть метеорита — 1745 кг. Предполагается, что он имел исходную массу, близкую к 70 тоннам и размер около 2,5 м. Упади такая глыба на какой-нибудь город, случилось бы много бед...

30 июня 1908 г. в безлюдной тайге у реки Подкаменная Тунгуска (приток Енисея) произошло событие, до сих пор волнующее умы ученых. Неопознанное космическое тело взорвалось на высоте около 8 км. Энергия взрыва, по современным оценкам, превысила энергию взрыва 1000 атомных бомб, подобных сброшенной на Хиросиму. Взрывная волна несколько раз обогнула земной шар. При этом долгое время наблюдались необычайной красоты зори, что объяснялось выбросом в верхнюю атмосферу масс распыленного вещества.

Существует мнение, что данный метеорит был ядром кометы и состоял преимущественно из водяного льда. Впрочем, ученые пока не могут дать однозначный ответ на вопрос — что же представляло собой Тунгусское космическое тело. ■

ПРИЛОЖЕНИЕ

Характеристики спутников планет Солнечной системы

Основные сведения о наиболее ярких звездах, видимых в России

Астрономические знаки

Основные сведения о Земле

Основные сведения о Луне

Основные сведения о планетах

Основные сведения о Солнце

Основные достижения космонавтики

Характеристики спутников планет Солнечной системы

Планета	Спутник	Радиус орбиты (тыс. км)	Диаметр спутника (км)	Открыватель и год обнаружения	Комментарии об особенностях данного спутника
Земля	Луна	384,4	3474,8	Неизвестен	Многократное увеличение орбиты из-за приливов. Образование столь крупной Луны непонятно
Марс	Деймос	23,459	10,4 x 15	Холл, 1877	Один из самых маленьких
	Фобос	9,378	18,4 x 26,8	Холл, 1877	Орбита уменьшается из-за торможения об атмосферу
Юпитер	Метис	128,2	40	Синнотт,1979/80	Спутники на внешнем крае кольца Юпитера
	Адрастея	128,5	16 x 26	Джунт, Дэниелсон,1979	
	Амальтея	181,3	134 x 262	Бернард, 1892	Красноватый спутник-«огурец»
	Теба	222,0	90 x 110	Синнотт, 1979/80	
	Ио	422,6	3660	Галилей,1610	Вулканически активна, с черными озерами горячей серы
	Европа	670,9	3130	Галилей,1610	Водный океан, покрытый льдом. Возможна жизнь
	Ганимед	1070	5268	Галилей,1610	Самый крупный спутник С.с.
	Каллисто	1883	4808	Галилей,1610	Рекордная плотность метеоритных кратеров на поверхности
	Леда	11 094	10	Коваль, 1974	Четыре нерегулярных спутника с сильно вытянутыми и наклонными орбитами (группа Гималии)
	Гималия	11 480	170	Перрине, 1904/5	
	Лиситея	11 720	24	С. Николсон,1938	
	Элара	11 737	80	Перрине, 1904/5	
	Ананке	21 200	20	С. Николсон,1951	Четыре нерегулярных спутника (группа Пасифе), обращаются в обратную сторону. Происхождение связано с захватом
	Карме	22 600	30	С. Николсон,1938	
	Пасифе	23 500	36	Мелотт, 1908	
	Синопе	23 700	28	С. Николсон,1914	

Планета	Спутник	Радиус орбиты (тыс. км)	Диаметр спутника (км)	Открыватель и год обнаружения	Комментарии об особенностях данного спутника
Сатурн	Пан	133,6	20	Шоувалтер и др. 1990	Спутник в кольце (щели Энке)
	Атлант	137,67	27×37	Террил, 1980	Один из пяти спутников за внешним краем кольца А
	Прометей	139,35	68×148	Коллинс и др., 1980	Внутренний «пастух» кольца F
	Пандора	141,70	62×110	Коллинс и др., 1980	Внешний «пастух» кольца F
	Эпиметей	151,422	110×138	Фаунтин, Ларсон, Уолкер, 1966/80	Спутник на одной орбите с Янусом. Коорбитальные спутники, меняющиеся орбитами
	Янус	151,472	154×194	Дольфюс, 1966/80	
	Мимас	185,54	420,6	Гершель, 1789	Крупный кратер Гершель (130 км)
	Энцелад	238,04	512,4	Гершель, 1789	Самый светлый спутник С.с. Возможен водный вулканизм
	Тефия	294,67	1046	Кассини, 1684	Имеет два коорбитальных спутника
	Телесто	294,67	15×30	Рейтима и др., 1980	Коорбитальный спутник впереди Тефии
	Калипсо	294,67	16×30	Паскю и др., 1980	Коорбитальный спутник позади Тефии
	Диона	377,42	1120	Кассини, 1684	Имеет один коорбитальный спутник
	Елена	378,06	35	Лекашо, Лаке, 1980	Коорбитальный спутник впереди Дионы
	Рея	527,1	1528	Кассини, 1672	Второй по размерам спутник Сатурна
	Титан	1221,86	5150	Гюйгес, 1655	Мощная облачная атмосфера и метано-этановый океан
	Гиперион	1481,0	224×360	У. и Дж. Бонд, 1848	Связан с Титаном резонансом 4:3
	Япет	3560,8	1436	Кассини, 1671	Полушария отличаются по яркости
	Феба	12 954	210×230	Пиккеринг, 1898	Спутник с обратным вращением

Планета	Спутник	Радиус орбиты (тыс. км)	Диаметр спутника (км)	Открыватель и год обнаружения	Комментарии об особенностях данного спутника
Уран	Корделия	49,771	26	«Вояджер-2»,1986	Расположен внутри колец
	Офелия	53,796	30	«Вояджер-2»,1986	Спутник на краю колец
	Бианка	59,173	42	«Вояджер-2»,1986	Спутники вызвали образование колец своими резонансами 2:3 и 3:4
	Крессида	61,777	62	«Вояджер-2»,1986	
	Дездемона	62,676	54	«Вояджер-2»,1986	
	Джульетта	64,352	84	«Вояджер-2»,1986	
	Порция	66,085	108	«Вояджер-2», 986	Спутник с резонансами 1:2 и 2:3
	Розалинда	69,942	54	«Вояджер-2»,1986	
	Белинда	75,258	66	«Вояджер-2»,1986	
	Пэк	86,00	154	«Вояджер-2»,1985	
	Миранда	130,00	471,6	Койпер, 1948	Признаки плавления спутника
	Ариэль	192,00	1157,8	Лассел, 1851	Самый светлый спутник Урана
	Умбриэль	267,00	1169,4	Лассел, 1851	Самый темный спутник Урана
	Титания	438,00	1577,8	Гершель, 1787	Крупнейший спутник Урана
	Оберон	587,00	1522,8	Гершель, 1787	Древняя кора с кратерами
	S/997U1	6000	80	Ф.Николсон, Бернс, Гладман и др., 1997	Спутники с обратным обращением
	S/997U2	8000	160		
Нептун	Наяда	48,23	58	«Вояджер-2»,1989	Спутники, расположенные внутри колец, возможно, в зоне гравитационной неустойчивости
	Таласса	50,07	80	«Вояджер-2»,1989	
	Деспина	52,53	148	«Вояджер-2»,1989	
	Галатея	62,95	158	«Вояджер-2»,1989	
	Ларисса	73,55	208	«Вояджер-2»,1989	
	Протей	117,64	436	«Вояджер-2»,1989	Второй по размерам спутник Нептуна
	Тритон	355,0	2705,2	Лассел, 1846	Разреженная азотная атмосфера, азотные гейзеры
Плутон	Нереида	5562	340	Койпер, 1949	Спутник с самой вытянутой орбитой (эксцентриситет 0.75)
	Харон	19,6	1186	Христи, 1978	Самый большой спутник по отношению к планете

Основные сведения о наиболее ярких звёздах, видимых в России

Звезда	Видимая звездная величина, m	Температура K	Светимость*	Масса*	Радиус*	Расстояние, св. год
Альдебаран α Тельца	1,06	3500	160	5	45	68
Альтаир α Орла	0,9	8400	10	2	1,6	16
Антарес α Скорпиона	1,2	3100	9100	19	750	360
Арктур α Волопаса	0,2	4100	105	4	26	36
Бетельгейзе α Ориона	0,9	3100	22 100	20	900	650
Вега α Лиры	0,1	10 600	52	3	3	27
Денеб α Лебедя	1,3	9800	16 000	15	50	820
Капелла α Возничего	0,2	5200	142	3	16	45
Кастор β Близнецов	2,0	10 400	26	3	2,5	45
Поллукс α Близнецов	1,2	4600	33	3,5	11	35
Полярная α Малой Медведицы	2,1	6200	5100	10	70	650
Процион α Малого Пса	0,5	6900	11	1,5	2	11
Регул α Льва	1,3	13 200	154	5	4	84
Ригель β Ориона	0,3	12 800	79 000	20	90	1100
Сириус α Большого Пса	−1,6	10 400	22	3	1,7	8,7
Спика α Девы	1,25	16 800	750	15	7	160

*Светимость, масса и радиус указаны по отношению к Солнцу

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

Знаки тел Солнечной системы

Солнце	☉
Луна	☾
Марс	♂
Меркурий	☿
Юпитер	♃
Венера	♀
Сатурн	♄
Земля	♁
Уран	♅
Нептун	♆
Плутон	♇

Знаки зодиакальных созвездий

Овен (а также точка весеннего равноденствия)	♈
Телец	♉
Близнецы	♊
Рак (а также точка летнего солнцестояния)	♋
Лев (а также знак восходящего узла орбиты)	♌
Дева	♍
Весы (а также точка осеннего равноденствия)	♎
Скорпион	♏
Стрелец	♐
Козерог (а также точка зимнего солнцестояния)	♑
Водолей	♒
Рыбы	♓

Знаки фаз Луны

Новолуние	●
Первая четверть	☽
Полнолуние	○
Последняя четверть	☾

Основные сведения о Земле

Экваториальный радиус	6378,16 км
Полярный радиус	6356,78 км
Средний радиус	6371 км
Масса	$5{,}98\times10^{24}$ кг
Средняя плотность	5,52×103 кг/м^3
Средняя скорость орбитального движения	29,8 км/с
Ускорение свободного падения	9,8 м/с^2
Первая космическая скорость	7,9 км/с
Вторая космическая скорость	11,2 км/с
Третья космическая скорость (минимальная скорость, необходимая для полета за пределы Солнечной системы)	16,7 км/с
Наклон плоскости экватора к плоскости орбиты	23° 26'
Период вращения (по отношению к звездам)	23 ч 56 мин
Продолжительность солнечных суток	24 ч

Основные сведения о Луне

Среднее расстояние от Земли	384 400 км
Сидерический период обращения	27,3 суток
Период вращения вокруг оси	27,3 суток
Синодический период обращения	29,5 суток
Эксцентриситет орбиты	0,05
Наклон орбиты к плоскости эклиптики	5,1°
Средняя орбитальная скорость	1,03 км/с
Наибольший видимый угловой диаметр	33'40”
Линейный диаметр	3476 км
Масса	7,35×1022 кг (0,012 массы Земли)
Средняя плотность	$3{,}34\times10^3$ кг/м^3
Ускорение свободного падения на поверхности	1,62 м/с^2 (0,16 земного g)
Вторая космическая скорость	2,38 км/с

Основные сведения о планетах

Планета	Расстояние от Солнца (в а. е.)*)	Экваториальный радиус планеты (км)	Масса планеты (**)	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения
Меркурий	0,387	2439	0,055	88 сут.	58,8 сут.
Венера	0,723	6051	0,816	224,7 сут.	243 сут.
Земля	1,0	6378	1	365,24 сут.	$23^h56^m4^s$
Марс	1,524	3393	0,107	687 сут.	$24^h37^m23^s$
Юпитер	5,20	71 400	317,8	11,86 лет	9^h50^m
Сатурн	9,540	60 400	95,2	29,46 лет	10^h14^m
Уран	19,18	24 300	14,6	84,01 лет	10^h49^m
Нептун	30,07	25 050	17,2	164,8 лет	15^h40^m
Плутон	39,44	1150	0,0025	247,7 лет	6 сут.

Основные сведения о Солнце

Среднее расстояние от Земли	1,496×108 км
Масса	1,99×1030 кг (332 900 масс Земли)
Средняя плотность	1,4×103 кг/м^3
Ускорение свободного падения	274 м/с^2 (27,9 земного g)
Вторая космическая скорость на поверхности	620 км/с
Температура фотосферы	5770 K
Температура солнечной короны	1,5×10^6 K
Температура в центральных областях	1,5×10^7 K
Светимость	3,83×10^{26} Вт
Видимая звездная величина	–26,7m
Абсолютная звездная величина	+4,8m
Спектральный класс	G2
Средняя продолжительность цикла солнечной активности	11 лет
Расстояние от Солнца до центра Галактики	8000 пк ≈ 26 тыс. св. лет
Скорость движения вокруг центра Галактики	250 км/с
Период обращения вокруг центра Галактики	200 млн лет

Основные достижения космонавтики

4 ноября 1957 г.	— запущен первый искусственный спутник Земли (СССР). Начало космической эры.
18 декабря 1958 г.	— запущен первый спутник связи — активный ретранслятор («Атлас-Скор», США).
2 января 1959 г.	— запуск космической ракеты «Мечта». Выход за пределы действия земного тяготения (СССР).
12 сентября 1959 г.	— запуск космического аппарата «Луна-2» (СССР), достигшего поверхности Луны.
4 октября 1959 г.	— запуск космического аппарата «Луна-3» (СССР). Он обогнул Луну, пройдя в 6200 км от ее поверхности, и сфотографировал примерно 2/3 обратной стороны спутника Земли.
1 апреля 1960 г.	— вывод на орбиту первого метеорологического искусственного спутника Земли «ТИРОС-1» (США).
12 апреля 1961 г.	— Юрий Гагарин на космическом корабле «Восток» (СССР) совершил первый в мире полет в космос.
19 августа 1964 г.	— вывод первого спутника связи «Синком-3» (США) на геостационарную орбиту с периодом обращения 24 ч, так что спутник всегда «висит» над одной и той же точкой на поверхности Земли.
12 октября 1964 г.	— запущен первый многоместный космический корабль «Восход-1» с космонавтами Владимиром Комаровым (командир корабля), Константином Феоктистовым (научный сотрудник) и Борисом Егоровым (врач).
18 марта 1965 г.	— первый выход в открытый космос осуществил Алексей Леонов («Восход-2», СССР).
31 января 1966 г.	— запуск космического аппарата «Луна-9» (СССР), который впервые в мире осуществил мягкую посадку на Луну и передал на Землю изображение лунной поверхности.

12 июня 1967 г. — запуск космического аппарата «Венера-4» к планете Венера (СССР). Космический аппарат, преодолев расстояние примерно 350 млн км, вошел в атмосферу планеты и впервые осуществил плавный спуск в атмосфере другой планеты.

16 июля 1969 г. — запуск космического корабля «Аполлон-11» (США), который 21 июля достиг Луны и произвел первую высадку людей на ее поверхность. Это были американцы Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин.

19 апреля 1971 г. — вывод на орбиту первой орбитальной станции-лаборатории «Салют» (СССР).

23 июля 1972 г. — вывод на орбиту первого искусственного спутника Земли («Лэндсат-1», США) для исследования природных ресурсов нашей планеты из космоса.

3 марта 1972 г. — запуск космического корабля «Пионер-10» (США). 4 декабря 1973 г. космический корабль пролетел на расстоянии 131 тыс. км от Юпитера и провел первые исследования этой планеты с пролетной траектории. Это первый аппарат, покинувший пределы Солнечной системы.

30 мая 1974 г. — вывод на орбиту, близкую к геостационарной, искусственного спутника Земли «АТС-6» (США). Первые эксперименты по непосредственному телевещанию на малогабаритные антенны.

17 июля 1975 г. — первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей разных стран: «Союз-19» (СССР) с А.А. Леоновым и В.Н. Кубасовым и «Аполлон» (США) с Т. Стаффордом, Д. Слейтоном и В. Брандом.

20 августа 1975 г. — запущен космический аппарат «Викинг-1» (США), который впервые совершил успешную мягкую посадку на планету Марс 20 июля 1976 г. и передал на Землю телевизионное изображение марсианской поверхности.

20 января 1978 г. — вывод на орбиту первого автоматического грузового транспортного корабля «Прогресс» (СССР).

12 апреля 1981 г. — вывод на орбиту первого транспортного космического корабля многоразового использования «Спейс шаттл» («Колумбия») с Дж. Янгом и Р. Криппеном (США).

30 июня 1982 г. — вывод на орбиту первого спутника-спасателя «Космос-1383» (СССР) международной системы «Коспас-Сарсат». Такие спутники позволяют не только принимать сигналы бедствия (SOS), но и определять координаты терпящих бедствие.

1998 г. — вывод на околоземную орбиту космической станции-лаборатории «Альфа», на которой работают приборы разных стран. Наблюдения, проведенные ими с этой станции, помогут раздвинуть границы познания Вселенной.

БОЛЬШАЯ СЕРИЯ ЗНАНИЙ

Вселенная

Выпускающий редактор *О. Медведская*
Технический редактор *Н. Лисицына*
Внешнее оформление *Д. Шишко*
Корректор *О. Мещерякова*

В 84 Большая серия знаний. **Вселенная**/Коллектив авторов. — М.: ООО «ТД «Издательство Мир книги». «Русское энциклопедическое товарищество», 2006. — 128 с.: илл.

УДК 087.5 [55+91] (031)
ББК 22.6

Подписано в печать 16.01.2006г.
Формат 84x108 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура «Ньютон».
Печ. л. 8.
Тираж 36 000 экз.
Заказ № 0600130.

ООО «Торговый дом «Издательство Мир книги»,
Адрес: 111024, г. Москва, ул. 2-я Кабельная, д. 2, стр. 6
Отдел реализации:
Телефон: (495) 974-29-76, 974-29-75. Факс: (495) 742-85-79
E-mail: commerce@mirknigi.ru

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов
в ОАО «Ярославский полиграфкомбинат».
150049, Ярославль, ул. Свободы, 97.

ЯПК

ISBN 5-486-00540-7

Большая Серия Знаний

ВСЕЛЕННАЯ

Новый том энциклопедии посвящен
одной из самых увлекательных наук, астрономии.
С древних времен люди задавались вопросом, что же такое Вселенная?
На протяжении веков ученые пытались разгадать
тайны мироздания, и только в XX веке благодаря полетам в космос
человек приблизился к пониманию процессов, происходящих
во Вселенной, частью которой является и наша планета Земля.
Как возникли звезды и планеты? Что такое Млечный Путь,
и что находится за его пределами? Каково строение галактик?
Из чего состоит Солнце? Почему на Земле день сменяется ночью,
а зима летом? Одиноки ли мы во Вселенной? Эти и многие другие
вопросы в увлекательной и доступной форме освещены
в книге «Вселенная», написанной ведущими
российскими учеными-астрономами.

МИР КНИГИ