



Вопросы 1. Чем объясняется наличие у Юпитера и Сатурна плотных и протяжённых атмосфер? 2. Почему атмосферы планет-гигантов отличаются по химическому составу от атмосфер планет земной группы? 3. Каковы особенности внутреннего строения планет-гигантов? 4. Какие формы рельефа характерны для поверхности большинства спутников планет? 5. Каковы по своему строению кольца планет-гигантов? 6. Какое уникальное явление обнаружено на спутнике Юпитера Ио? 7. Какие физические процессы лежат в основе образования облаков на различных планетах? 8*. Почему планеты-гиганты по своей массе во много раз больше, чем планеты земной группы?



Упражнение 15 Используя данные приложения VI, рассчитайте линейную и угловую скорости вращения на экваторах Земли и Юпитера.



Задание 13 Подготовьте доклад о природе одной из планет Солнечной системы.

§ 20. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ

1. Астероиды

Астрономы давно обратили внимание на слишком большой «пробел», существующий между орбитами Марса и Юпитера, и предполагали, что там может находиться ещё неизвестная планета. В 1801 г. после длительных поисков в этом промежутке действительно была открыта планета, которая по традиции получила имя, взятое из древней мифологии, — Церера. Она оказалась слишком маленькой по сравнению с другими известными в ту пору планетами — её диаметр около 1000 км. Однако выяснилось, что в этой части Солнечной системы Церера вовсе не единственная планета. Вскоре были открыты Паллада (550 км), Веста (530 км) и др. (рис. 4.19). Кроме Весты, ни одна из них не видна невооружённым глазом. Эти объекты стали называть малыми планетами или **астероидами** (звездоподобными), поскольку даже в телескоп они видны как светящиеся точки, похожие на звёзды. Эти малые планеты

и другие, обнаруженные за последние два столетия, обращаются в основном между орбитами Марса и Юпитера, образуя так называемый *пояс астероидов*. К концу XX в. в этом поясе было открыто более 100 тыс. объектов. Наиболее крупные из них имеют шарообразную форму, а те, размер которых менее 100 км, в большинстве своём — неправильную. Общая масса всех этих тел составляет не более $1/1000$ массы Земли.

Стало очевидно, что в состав Солнечной системы входит также множество малых тел, орбиты которых очень сильно меняются под действием планет.

Метеориты, которые попадают в руки человека после падения на Землю, являются, как правило, обломками астероидов. Они могут сотни миллионов лет двигаться по своим орбитам вокруг Солнца, как и остальные, более крупные тела Солнечной системы. Но если их орбиты пересекаются с орбитой Земли, то они могут с ней столкнуться. Это возможно потому, что эксцентриситеты орбит астероидов (а тем более их частей) больше, чем эксцентриситеты орбит больших планет. В перигелии некоторые из них оказываются ближе к Солнцу, чем Земля, а другие в афелии — дальше, чем Юпитер и даже Сатурн. Известно несколько астероидов, которые периодически проходят на расстоянии менее 1 млн км от нашей планеты (рис. 4.20). Так, Гермес в 1937 г. отделяло от Земли всего 800 тыс. км, а в 1989 г. астероид диаметром около 300 м прошёл от неё на расстоянии менее 650 тыс. км. 15 февраля 2013 г. астероид Дуэнде (размер 30 м) прошёл на расстоянии всего в 27 тыс. км от центра Земли, что в 14 раз ближе Луны! Интересно, что в этот же день, на несколько часов раньше, под Челябинском упал метеорит, который не имел никакого отношения к астероиду Дуэнде.

Современные наблюдательные средства, в частности приборы, установленные на космических аппаратах, обнаружили, что в окрестностях Земли каждый месяц пролетает несколько тел размером от 5 до 50 м. К настоящему времени известно более 6000 объектов, периодически сближающихся



Рис. 4.19. Размеры астероидов

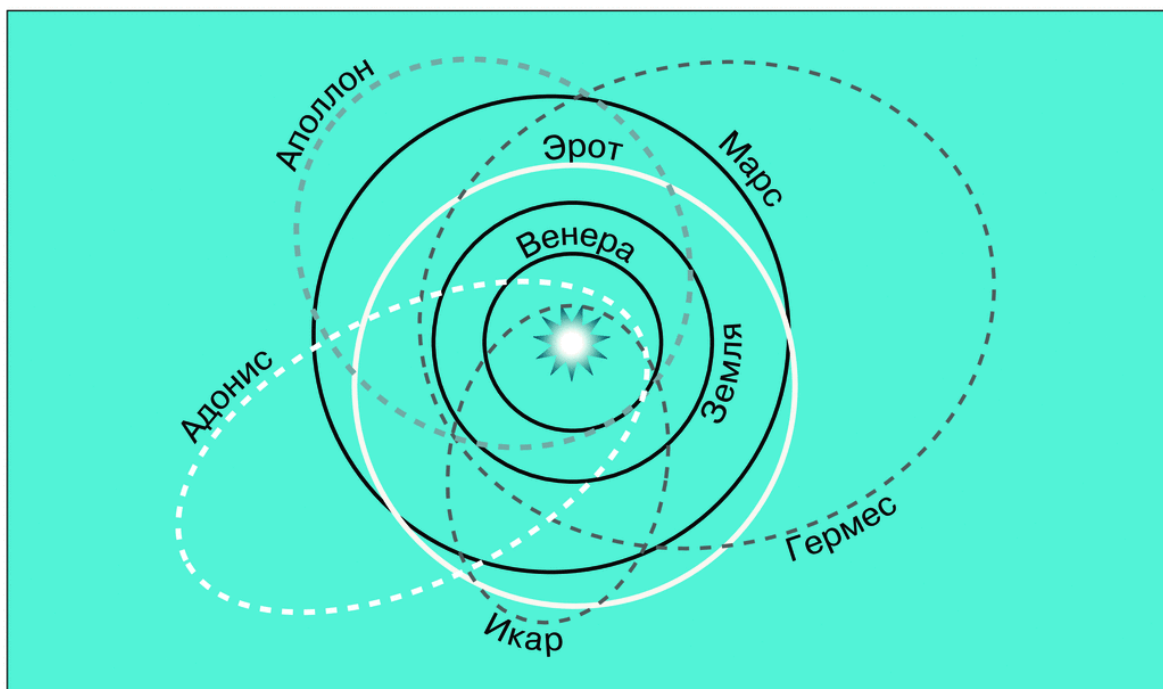


Рис. 4.20. Орбиты астероидов, пролетающих вблизи Земли

с Землёй. Из них около 900 имеют размеры более 1 км, в том числе свыше 100 таких объектов считаются потенциально опасными для нашей планеты. Опасения по поводу возможного столкновения таких тел с Землёй значительно усилились после падения на Юпитер кометы Шумейкеров—Леви 9 в июле 1995 г. Это стимулировало поиски и отслеживание комет и астероидов, которые пересекают орбиту Земли, а также разработку способов, которые позволят избежать столкновения (вплоть до уничтожения этих тел). Нет особых оснований считать, что количество столкновений с Землёй может сколько-нибудь заметно увеличиться в будущем (ведь «запасы» метеоритного вещества в межпланетном пространстве постепенно истощаются). Из числа столкновений, имевших катастрофические последствия, можно назвать лишь падение в 1908 г. Тунгусского метеорита — объекта, который, по современным представлениям, был ядром небольшой кометы.

С помощью космических аппаратов впервые удалось с расстояния в несколько десятков тысяч километров получить изображения малых планет. Как и предполагалось, породы, составляющие их поверхность, оказались аналогичны тем, которые распространены на Земле и Луне.

Подтвердились представления о том, что небольшие астероиды имеют неправильную форму, а их поверхность испещрена кратерами. Так, размеры Гаспры $19 \times 12 \times 11$ км (рис. 4.21). У астероида Ида (размеры $56 \times 28 \times 28$ км) обнаружен спутник (Дактиль) размером около 1,5 км, который, находясь от его центра на расстоянии около 85 км, обращается с периодом примерно 24 ч (см. рис. 2 на цветной вклейке XIII). В подобной «двойственности» заподозрено около 50 астероидов.



Рис. 4.21. Астероид Гаспра

Постоянное совершенствование телескопов, а также использование современных приёмников излучения (ПЗС-матрицы) способствовало резкому увеличению числа вновь открываемых астероидов. К концу первого десятилетия XXI в. было зарегистрировано уже более 400 тыс. астероидов, около 180 тыс. из них получили порядковые номера, поскольку для них были надёжно вычислены орбиты. Собственные имена получили почти 15 тыс. астероидов.

2. Карликовые планеты

После открытия большого числа астероидов, а в 1846 г. — и планеты Нептун, в астрономии начались длительные поиски «транснептуновой» планеты. Лишь в 1930 г. за орбитой Нептуна на расстоянии около 40 а. е. удалось открыть Плутон. Оказалось, что по размерам и массе он меньше Луны, а по плотности существенно отличается от планет обеих групп. В 1978 г. у него был обнаружен очень крупный спутник Харон (рис. 4.22). Начатые в эти годы систематические поиски других столь же далёких объектов привели к открытию множества малых тел между орбитами Юпитера и Нептуна. Затем в 1992 г. за орбитой Нептуна был открыт объект диаметром около 280 км. К настоящему времени известно уже около 1500 тел, находящихся в этой части Солнечной системы. Диамет-

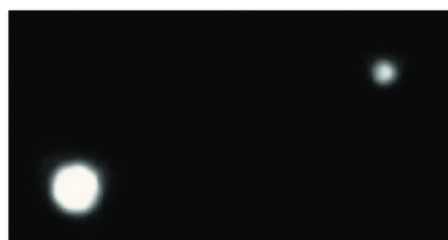


Рис. 4.22. Плутон со спутником Хароном

ры большинства из них составляют от 100 до 1000 км. Некоторые из них, как и Плутон, имеют спутники. Тем самым подтвердилось высказанное американским астрономом Дж. Койпером ещё в середине прошлого века предположение о существовании за орбитой Нептуна на расстоянии 35—50 а. е. от Солнца ещё одного пояса малых тел, которые оказывают влияние на движение этой планеты.

Это событие имело неожиданное последствие для Плутона, который был «лишён звания» планеты. 24 августа 2006 г. решением XXVI Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза (МАС) было принято решение ввести новый класс объектов Солнечной системы — карликовая планета. Она должна удовлетворять следующим условиям:

- обращаться вокруг Солнца;
- не являться спутником планеты;
- обладать достаточной массой, чтобы сила тяжести пре-восходила сопротивление вещества, и поэтому тело планеты пребывало в состоянии гидростатического равновесия (а значит, имело форму, близкую к сферической);
- обладать не настолько большой массой, чтобы быть способной своим воздействием удалить малые тела с орбит, похожих на собственную.

Плутон стал прототипом карликовой планеты, а наиболее крупным объектом этого класса стала Эрида (диаметр 2400 км). Ещё две карликовые планеты — Хаумея и Макемаки — также относятся к поясу Койпера. В число планет-карликов включена также Церера, которая прежде считалась крупнейшим из астероидов.

Возможно, что именно пояс Койпера является остатком того самого протопланетного облака, из которого формировалась Солнечная система.

3. Кометы

Из-за своего необычного вида (наличие хвоста, который может простираться на несколько созвездий) **кометы** с древних времён обращали на себя внимание людей, даже далёких от астрономии. За всё время наблюдений было замечено и описано свыше 2000 комет (рис. 4.23).

Вдали от Солнца кометы имеют вид очень слабых туманных пятен. По мере приближения к нему у кометы появляется и постепенно увеличивается хвост, направленный в противоположную от Солнца сторону. У наиболее ярких комет хорошо заметны все три составные части: *голова*, *ядро* и *хвост*. При удалении от Солнца яркость кометы и её хвост уменьшаются. Она снова превращается в туманное пятно, а затем ослабевает настолько, что становится недоступной для наблюдений.

Кроме необычного внешнего вида, кометы обращали на себя внимание неожиданностью появления. Решить вопрос о том, откуда появляются кометы и как они движутся в пространстве, удалось только на основе закона всемирного тяготения. Наблюдая в 1680 г. комету, Ньютон вычислил её орбиту и убедился, что она, подобно планетам, обращается вокруг Солнца. Пользуясь советами Ньютона, его современник, английский учёный *Эдмунд Галлей* (1656—1742), вычислил орбиты нескольких комет, появлявшихся ранее, и обнаружил, что орбиты комет, наблюдавшихся в 1531, 1607 и 1682 гг., очень похожи. Он предположил, что это была одна и та же комета, периодически возвращающаяся к Солнцу, и впервые предсказал её очередное появление. В 1756 г. (уже после смерти учёного) комета действительно появилась и получила название кометы Галлея. Так была положена традиция называть кометы именами их первооткрывателей. Оказалось, что комета Галлея в афелии уходит

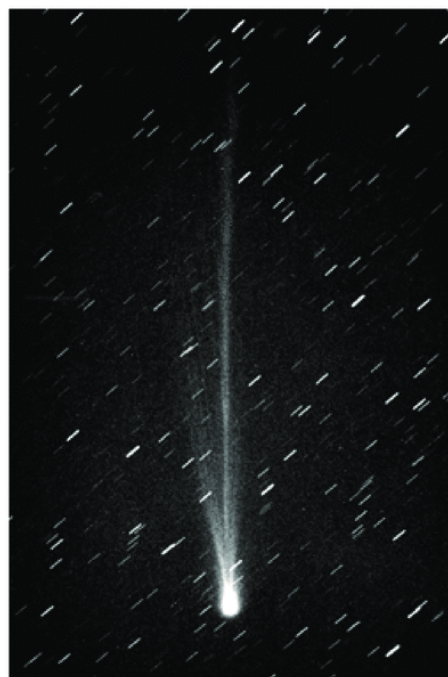


Рис. 4.23. Комета на звёздном небе



Эдмунд Галлей

за орбиту Нептуна, но затем вновь возвращается в окрестности Солнца, имея период обращения около 76 лет (рис. 4.24). Со времён Ньютона и Галлея вычислены орбиты более чем 700 комет.

Короткопериодические кометы (периоды обращения от трёх до десяти лет), двигаясь по вытянутым эллиптическим орбитам, удаляются от Солнца на 5—8 а. е. Наряду с ними существуют долгопериодические кометы, подобные комете Галлея, но уходящие в афелии за пределы планетной системы. Среди комет немало таких, которые наблюдались всего один раз и могут вернуться только через несколько столетий или не вернуться вовсе. В тех случаях, когда удаётся с достаточной точностью определить орбиту кометы, не представляет труда с помощью компьютера вычислить её положение в пространстве и указать, где и когда она будет видна. Масса комет не превышает тысячных долей массы земной атмосферы и в сотни миллионов раз меньше массы земного шара. При сближении комет с планетами, особенно с Юпитером, планеты своим тяготением могут существенно изменить форму орбиты и период обращения кометы. Тогда она может быть «потеряна».

Ежегодно наблюдается 15—20 комет, большинство которых видны только в телескоп. Некоторые из них оказываются новыми, неизвестными ранее. Так случилось, например, недавно, когда в 1996 и 1997 гг. появились две очень яркие, видимые даже невооружённым глазом кометы, хотя обычно та-

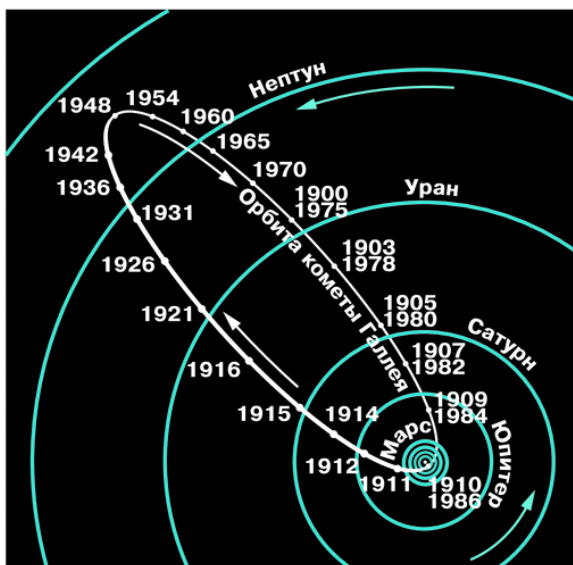


Рис. 4.24. Орбита кометы Галлея

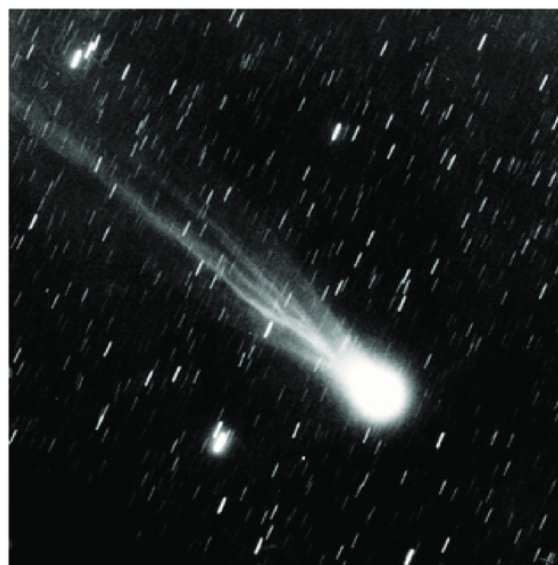


Рис. 4.25. Комета Хиакутаки

кие кометы появляются раз в 10—15 лет (рис. 4.25 и рис. 1 на цветной вклейке XIII). По традиции они названы фамилиями тех, кто их открыл. Это японский любитель астрономии *Юи Хиакутаки* и два американца — *Алан Хейл* и *Томас Бопп*.

Иногда у кометы образуется несколько хвостов различной длины и формы. Их классификация была предложена выдающимся русским учёным *Фёдором Александровичем Бредихиным* (1831—1904): **I тип** — длинный хвост, направленный почти прямо от Солнца; **II тип** — изогнутый и отклонённый от этого направления; **III тип** — короткий, почти прямой и отклонённый (рис. 4.26). Хвосты образуются частицами разного рода, для которых соотношение сил притяжения к Солнцу и сил, действующих в противоположном направлении, неодинаково. Во времена Бредихина в расчёт принималось лишь давление света; в настоящее время известно, что не менее существенную роль в формировании кометного хвоста играет солнечный ветер — поток заряженных частиц, летящих от Солнца. Солнечное излучение вызывает распад молекул, вылетевших из кометного ядра, а также образование ионов. Именно ионы атомов и молекул образуют плазменные хвосты I типа. Воздействие солнечного ветра на ионы кометного хвоста, которое в тысячи раз сильнее их притяжения Солнцем, нередко вызывает изломы хвостов I типа. Хвосты II типа составляют непрерывно выделяющиеся из ядра пылинки. Если же из ядра вылетает сразу целое облако пылинок, то появляются хвосты III типа. Пылинки, различные по раз-



Фёдор Александрович Бредихин

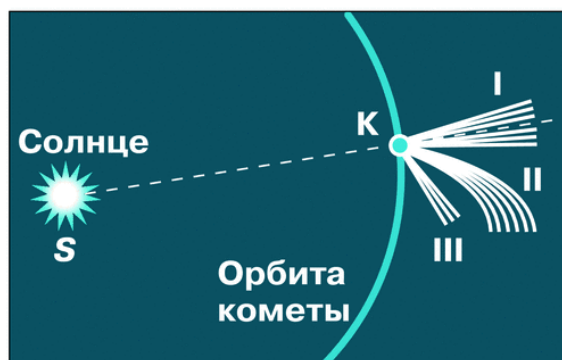


Рис. 4.26. Классификация кометных хвостов

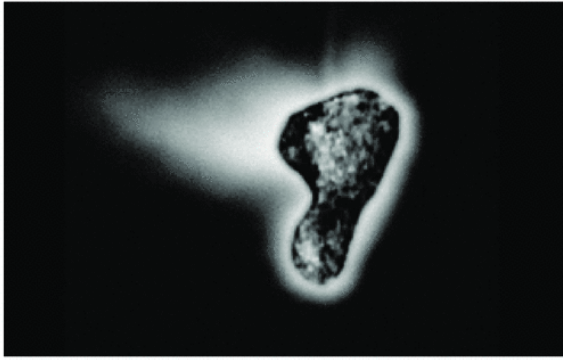


Рис. 4.27. Ядро кометы Галлея

мерам и массе, получают различные ускорения и движутся по разным орбитам, поэтому облако вытягивается и образует хвост.

Несмотря на внушительные размеры хвоста, который может превышать в длину 100 млн км, и головы, которая по диаметру может превосходить Солнце, кометы

справедливо называют «видимое ничто». Практически всё их вещество сосредоточено в небольшом ядре, которое удалось увидеть только с космических аппаратов, пролетевших в непосредственной близости от него. В 1986 г. КА «Вега-2» прошёл на расстоянии 8000 км от ядра кометы Галлея, а КА «Джотто» — на расстоянии 600 км. Оказалось, что ядро имеет длину всего 14 км, а ширину и толщину — вдвое меньше (рис. 4.27). Оно представляет собой снежно-ледяную глыбу с примесью замёрзших газов (циана, аммиака, углекислого газа и других соединений) и вкраплением мелких твёрдых частиц различного химического состава. В этом «грязном мартовском сугробе», как часто называют кометные ядра, содержится примерно столько замёрзшей воды, сколько в снежном покрове, выпавшем за одну зиму на территории Московской области. Интенсивное испарение замёрзших газов из ядра начинается после того, как комета пересечёт орбиту Юпитера. Газы захватывают с собой пыль и вместе с ней образуют голову кометы (её атмосферу), а также хвост. В момент сближения космических аппаратов с ядром (на расстоянии 0,8 а. е. от Солнца) была измерена его температура, которая составила около 350 К. С поверхности ядра, покрытой тёмным пористым веществом, каждую секунду испарялось примерно 40 т вещества — в основном воды. Примерно за сутки поверхностный слой полностью обновлялся — взамен улетевших пылинок «вытаивали» новые.

Предполагается, что общее число комет в Солнечной системе превышает десятки миллиардов. Считается, что Солнечная система окружена одним или даже несколькими об-

лаками комет, которые движутся вокруг Солнца на расстояниях, которые в тысячи и десятки тысяч раз больше, чем расстояние до самой дальней планеты Нептун (рис. 4.28). Там, в этом космическом сейфе-холодильнике, кометные ядра «хранятся» на протяжении миллиардов лет с момента образования Солнечной системы. Некоторые из них попадают внутрь планетной системы и наблюдаются как новые кометы. После этого, вследствие постоянной потери вещества, ядро кометы уже не может существовать долго. Твёрдые частицы, потерянные кометой, движутся в Солнечной системе самостоятельно.

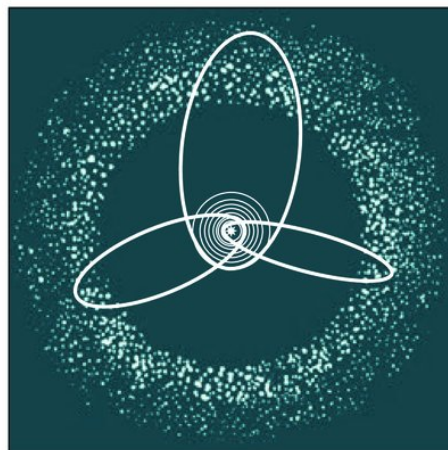


Рис. 4.28. Облако комет в Солнечной системе

4. Метеоры, болиды и метеориты

Метеоры, которые в старину называли «падающими звёздами», можно видеть практически в любую ясную ночь, если только не мешает свет Луны. Явление метеора вызывается метеорными телами или метеороидами — мелкими камешками и песчинками, влетающими в атмосферу Земли со скоростями в десятки километров в секунду. В спектре вспыхнувшего метеора наблюдаются линии кремния, кальция, железа и других металлов. Теряя скорость при торможении в атмосфере, метеороиды разогреваются, испаряются и практически полностью разрушаются, не долетев до поверхности Земли. На своём пути они ионизируют молекулы воздуха. Благодаря этому светящийся метеорный след отражает радиоволны, что позволяет с помощью радиолокаторов наблюдать метеоры не только ночью, но и днём.

Фотографируя один и тот же метеор из пунктов, отстоящих друг от друга на расстоянии 20—30 км, можно определить его параллактическое смещение и вычислить, на какой высоте он появился и на какой исчез. Обычно это происходит на высотах от 130 до 80 км. Если при фотографировании исполь-

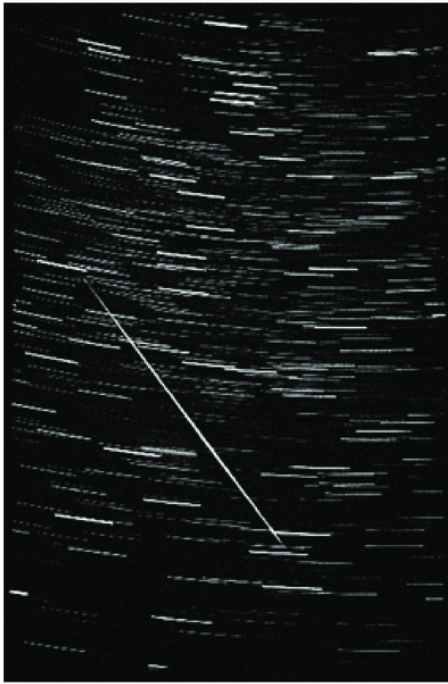


Рис. 4.29. След метеора на звёздном небе

зовать камеру, объектив которой периодически перекрывается вращающимся затвором, то по полученному прерывистому следу можно оценить скорость метеора (рис. 4.29).

Метеорные тела, догоняющие Землю, влетают в её атмосферу со скоростью не менее 11 км/с, а летящие навстречу — до 72 км/с. Они имеют массу от миллиграммов до нескольких граммов. Оставшаяся после разрушения этих тел мелкая пыль постепенно оседает на поверхность Земли.

Метеорные потоки наблюдаются ежегодно в определённые ночи, когда несколько (а иногда несколько десятков или даже со-

.....
тен) метеоров каждый час летят вдоль направлений, идущих из одной области неба, называемой **радиантом**. Такие метеорные потоки получают названия по имени созвездия, в котором расположен их радиант, например Драконида, Леониды, Персеиды. Наличие радианта означает, что до встречи с Землёй метеорные тела двигались почти параллельно, по близким орбитам. Ещё во второй половине XIX в. удалось установить, что орбита частиц метеорного потока Персеид практически совпадает с орбитой кометы Свифта—Туттля. Особенно очевидной связь метеорных потоков с кометами стала после наблюдений за кометой Биэлы, открытой ещё в 1772 г. и регулярно возвращавшейся каждые семь лет. В 1846 г. она распалась на две самостоятельные кометы, а с 1872 г. вместо них ежегодно в конце ноября стал наблюдаться метеорный поток.

Потерянные ядром кометы твёрдые частицы растягиваются вдоль всей орбиты, по которой движется комета, и образуют огромный тор из метеорного вещества (рис. 4.30). Частицы этого тора встречаются на пути нашей планеты в определённом месте её орбиты. Так, например, с орбитой кометы Галлея Земля сближается дважды в год — 4 мая и 22 октября. На это время приходятся два метеорных потока — майские

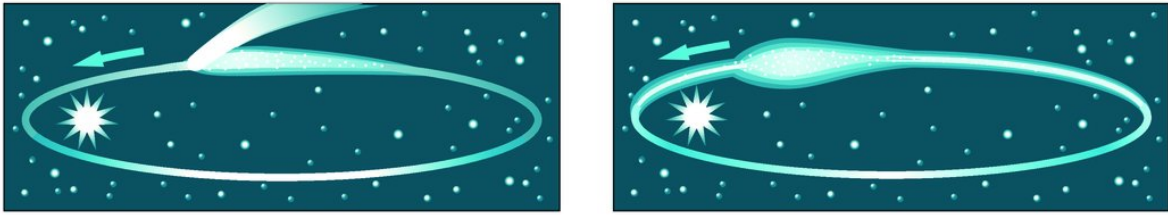


Рис. 4.30. Метеорное вещество на орбите

Аквариды и Ориониды. Поскольку метеорное вещество распределяется по орбите неравномерно, активность некоторых метеорных потоков периодически меняется. Так, метеорный поток Леониды даёт обильные метеорные дожди каждые 33 года.

Наблюдения метеорных потоков, имеющие научную ценность, могут проводить и успешно проводят юные любители астрономии.

Когда в атмосферу Земли попадает из космического пространства крупное тело, наблюдается явление, называемое **болидом**. Болиды имеют вид огненного шара и оставляют после своего полёта след, который иногда можно наблюдать в течение нескольких секунд или, в редких случаях, минут. Наиболее яркие болиды видны даже днём.

В отдельных случаях тело, вызвавшее появление болида, не успевает до конца испариться в атмосфере и падает на поверхность Земли в виде **метеорита** (см. рис. 3, 4 на цветной вклейке XIII).

По химическому составу различают *каменные, железные и железокаменные* метеориты. Железные метеориты состоят в основном из никелистого железа, содержащего 90% железа и 9% никеля. Подобное соотношение не встречается в земных минералах, так что железные метеориты достаточно легко отличить от пород земного происхождения (рис. 4.31). На их отполированной поверхности при

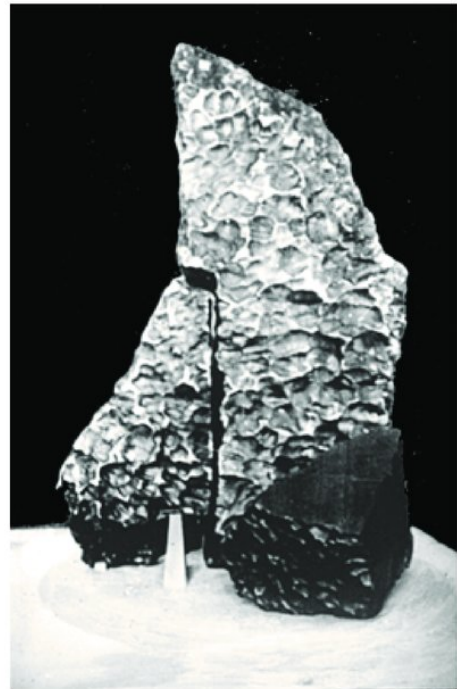


Рис. 4.31. Железный метеорит

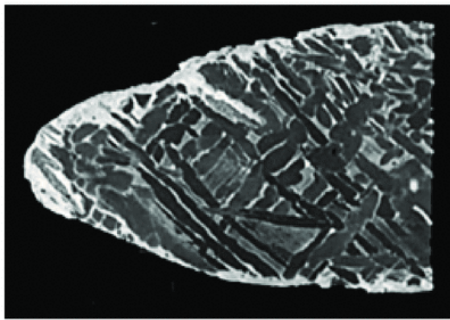


Рис. 4.32. Внутренняя структура железного метеорита

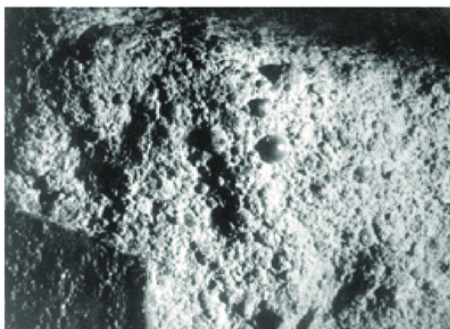


Рис. 4.33. Структура каменного метеорита с хондрами

травлении кислотой появляется своеобразная система продольных и поперечных полос (рис. 4.32). Такая структура возникает, когда расплавленные породы медленно остывают внутри тел диаметром свыше 200—300 км. Эти и другие данные свидетельствуют о том, что метеориты являются обломками астероидов.

Каменные метеориты составляют более 90% всех падающих на Землю метеоритов. Для большинства из них характерно наличие в их составе *хондр* — мелких круглых частиц размером от нескольких микрометров до сантиметра (рис. 4.33). Соотношение содержащихся в этих шариках серовато-коричневого цвета химических элементов точно такое же, как и в атмосфере Солнца. Возможно, в хондрах «законсервировано» вещество протопланетного облака.

В составе метеоритов обнаружено значительно меньшее число минералов, чем в земных горных породах. Это позволяет судить о процессах, которые происходили на ранних стадиях формирования Солнечной системы.

Кратеры на планетах земной группы, Луне и других спутниках планет имеют метеоритное происхождение. На Земле

методами аэрофотосъемки обнаружено около 130 подобных кратеров; их стали называть *астроблемами*. Одним из наиболее известных является Аризонский метеоритный кратер (США), имеющий диаметр более 1200 м и глубину 200 м (рис. 4.34). Считается, что образовался этот кратер примерно 5000 лет тому назад. Расчёты пока-

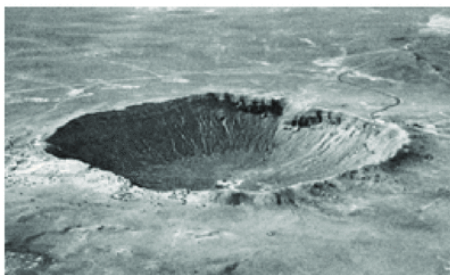


Рис. 4.34. Аризонский метеоритный кратер

зывают, что для его образования метеоритное тело должно иметь массу более 100 тыс. т.

К числу крупнейших метеоритов, падение которых наблюдалось, принадлежит Сихотэ-Алиньский массой около 100 т. Железный метеоритный дождь выпал 12 февраля 1947 г. в уссурийской тайге, так как в воздухе метеорит распался на тысячи кусков, поскольку состоял из непрочно скреплённых между собой железоникелевых кристаллов различного размера. Наиболее крупные из них массой в несколько тонн, достигнув Земли с большой скоростью, образовали более сотни кратеров и воронок. Самый большой из кратеров имел диаметр около 26 м и глубину 6 м.

Мощным взрывом завершился полёт огненного шара, наблюдавшийся 30 июня 1908 г. в Сибири и получивший название Тунгусского метеорита. При этом были повалены почти все деревья на площади поперечником около 40 км. Однако, несмотря на многолетние тщательные поиски, ни самого метеорита, ни метеоритного кратера найти не удалось. Вероятнее всего, в атмосферу Земли влетело ядро небольшой кометы, разрушение которого имело характер взрыва и произошло на высоте нескольких километров. Образовавшаяся при этом взрывная волна вызвала вывал леса, но для образования кратера её энергия оказалась недостаточной. Твёрдые частицы в виде шариков диаметром не более 1 мм, которые найдены в этом районе, очень похожи на те, которые встречаются на местах падения многих крупных метеоритов (рис. 4.35). Видимо, это всё, что осталось от ядра кометы после его взрыва.

15 февраля 2013 г. огромный метеорит взорвался, расколовшись на несколько десятков крупных обломков, при входе в атмосферу над Челябинской областью. Это первый в истории случай падения крупного метеорита в густонаселённой местности. Никогда ещё падение метеорита не наносило такого серьёзного ущерба — воздуш-

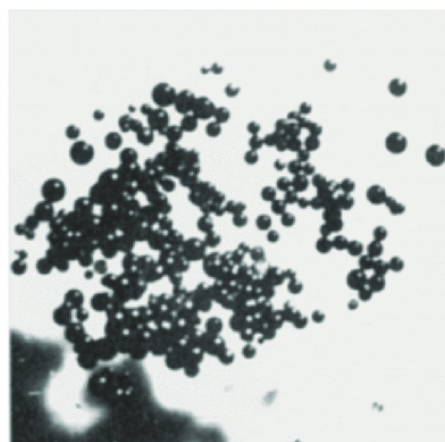


Рис. 4.35. Метеоритные шарики

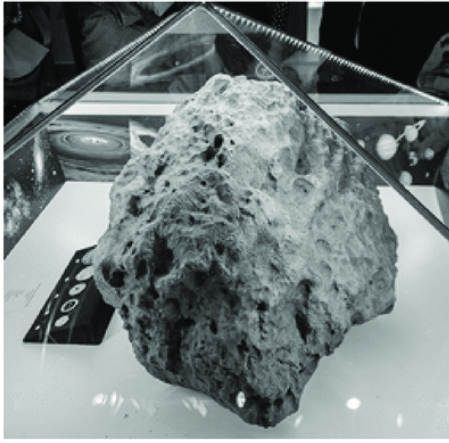


Рис. 4.36. Метеорит «Челябинск»

ная ударная волна повредила конструкции зданий, выбила стёкла, более тысячи человек обратились за медицинской помощью.

По оценкам учёных, размер челябинского метеорита до падения составлял около 19,8 м, а масса — от 7 тыс. до 13 тыс. т. На Землю упало всего от 4 до 6 т, т. е. около 0,05% изначальной массы. Со дна озера Чебаркуль были подняты наиболее крупные из фрагментов (рис. 4.36) общей массой 654 кг,

один из которых стал экспонатом Челябинского государственного краеведческого музея.



ВОПРОСЫ 1. Как отличить при наблюдениях астероид от звезды? 2. Какова форма большинства астероидов? Каковы примерно их размеры? 3. Чем обусловлено образование хвостов комет? 4. В каком состоянии находится вещество ядра кометы; её хвоста? 5. Может ли комета, которая периодически возвращается к Солнцу, оставаться неизменной? 6. Какие явления наблюдаются при полёте в атмосфере тел с космической скоростью? 7. Какие типы метеоритов выделяются по химическому составу?



УПРАЖНЕНИЕ 16 1. После захода Солнца на западе видна комета. Как относительно горизонта направлен её хвост? 2. Какова большая полуось орбиты кометы Галлея, если период её обращения 76 лет? 3. Сравните причины свечения планеты и кометы. Какие различия в их спектрах обусловлены этими причинами? 4. Орбиты двух комет лежат в плоскости земной орбиты, наименьшие их расстояния от Солнца составляют 0,5 и 2 а. е. Каждая из комет имеет на этом расстоянии хвост длиной 150 млн км. Могут ли эти кометы своим хвостом «зацепить» Землю? Полезно сделать чертёж. 5*. Опишите, какие превращения может испытать молекула воды, входившая в состав ядра кометы, под действием солнечного излучения. 6*. Оцените примерную ширину метеорного потока Персеид, зная, что метеоры этого потока наблюдаются с 17 июля по 24 августа.