

§ 16. Карликовые планеты и малые тела Солнечной системы

1. Карликовые планеты. В августе 2006 г. на Ассамблее Международного астрономического союза было принято новое определение планеты и впервые введено понятие «карликовая планета». **Карликовыми планетами** считаются объекты, вращающиеся вокруг звезды, имеющие гидростатически равновесную форму (шарообразную), но не расчистившие близлежащее пространство и не являющиеся спутниками больших планет.

До августа 2006 г. Плутон, открытый Клайдом Томбо в 1930 г., считался девятой планетой Солнечной системы. Однако по динамическим и физическим характеристикам он существенно отличался от других планет. В 1978 г. у Плутона был открыт спутник — Харон. Его диаметр составляет 1212 км, чуть больше половины диаметра Плутона, а соотношение масс — 1 : 8. Одни астрономы причисляли Харон к спутникам, другие считали систему Плутон — Харон двойной планетой. Согласно решению Международного астрономического союза, отличие двойной планеты от системы планета — спутник (например, Земля — Луна) кроется в расположении барицентра — общего центра масс. В первом случае этот центр находится в открытом космосе, во втором — внутри основной планеты, имеющей спутники.

Стало очевидным, что Плутон — лишь один из наиболее крупных известных до настоящего времени объектов **пояса Койпера**, причем по крайней мере один из объектов пояса (Эрида) является более крупным телом, чем Плутон (рис. 85).



Рис. 85. Сравнительные размеры Земли и карликовых планет



Планеты и карликовые планеты — это два разных класса объектов Солнечной системы. Кроме Плутона, карликовыми планетами считаются Церера, находящаяся между орбитами Марса и Юпитера, и объекты пояса Койпера — Эрида, Хаумеа и Макемаке (их фотографии см. в Атласе). По мнению астрономов, в области пояса Койпера находятся десятки карликовых планет, подобных Плутону.

2. Астероиды. Все другие объекты, кроме карликовых планет, обращающиеся вокруг Солнца и не являющиеся спутниками, называются **малыми телами** Солнечной системы. К данному типу относится большинство астероидов между Марсом и Юпитером, а также транснептуновые объекты пояса Койпера, кометы и все остальные тела, обращающиеся вокруг Солнца.

После 1801 г. между орбитами Марса и Юпитера были обнаружены карликовая планета Церера и множество астероидов. **Астероид** (малая планета) — малое тело Солнечной системы, имеющее неправильную форму и находящееся на гелиоцентрической орбите. К началу XX в. было обнаружено около 500 астероидов с диаметрами от нескольких десятков километров и больше. В апреле 2019 г. каталог пронумерованных астероидов содержал более 524 тыс. наименований. Всего открыто около 900 тыс. объектов, около 4 % из них имеют собственные названия.

Значительная часть (98 %) астероидов движется в плоскостях, близких к эклиптике, по орбитам с малым эксцентриситетом, располагаясь между орбитами Марса и Юпитера на расстоянии 2,2—4,5 а. е. от Солнца. Вокруг Солнца астероиды движутся в ту же сторону, что и большие планеты. Область пространства между орбитами Марса и Юпитера, где находится подавляющее большинство астероидов, называется Главным поясом астероидов.

По одной из гипотез астероиды представляют собой остатки некогда существовавшего множества планетезималей. Процесс формирования их в планету был когда-то приостановлен из-за возмущений со стороны быстро вращающегося гиганта Юпитера. В результате этого объединение вещества сменилось на дробление. Возмущения планет-гигантов изменяют орбиты астероидов, заставляя их сталкиваться друг с другом, с планетами и их спутниками. По другой версии предполагается, что астероиды возникли в результате разрушения гипотетической планеты, находившейся между Марсом и Юпитером.

В 1951 г. Джерард Койпер предсказал существование пояса астероидов за орбитой Нептуна. Теоретически этот пояс должен быть расположен на расстоянии 35—50 а. е. от Солнца. Возможно, это остаток первоначальной туманности, из которой сформировалась Солнечная система. Суммарная масса тел пояса Койпера сопоставима с массой Земли.



Рис. 86. Астероид Ида со спутником Дактиль

с размерами $33 \times 13 \times 13$ км и плотностью $2,7 \cdot 10^3$ кг/м³, близкой к плотности пород земной коры. Поверхность астероида покрыта пылью и усеяна кратерами и валунами (диаметром до 100 м).

Предполагается, что в Солнечной системе на расстоянии, не превышающем 100 а. е., находится около 1 млн малых тел размерами до 1 км. Орбиты астероидов увеличивают свой эксцентриситет до 0,8 из-за гравитационных сил со стороны планет-гигантов. Благодаря этому некоторые астероиды проникают внутрь орбит Марса, Земли и даже Меркурия. Число астероидов, имеющих диаметр более 1 км и пересекающих орбиту Земли, оценивается в 6500 объектов. Такие небесные тела могут сталкиваться с Землей не реже, чем один раз в 20 млн лет. Существует не менее 200 тыс. астероидов с поперечником 100 м и более, орбиты которых могут пересекать орбиту Земли. Вероятность столкновения с таким телом — примерно 1 раз в 5 тыс. лет, при этом на Земле образуется кратер с поперечником около 1 км.

29 января 2008 г. на опасно близком расстоянии от Земли (600 тыс. км) пролетел астероид размером 0,25 км. В ряде стран созданы Службы по слежению за опасными астероидами, чтобы в случае угрозы Земле провести работу по изменению их орбиты или уничтожению.

Первоначально астероидам давали имена мифологических богинь, потом просто женские имена. Когда иссякли и они, астероиды стали называть в честь известных ученых, различных стран и городов. Среди астероидов есть такие, названия которых связаны с Республикой Беларусь, — Минск, Белоруссия, Брест, Хатынь, Шагал, Витебск, Алферов, Голубев и др.

3. Метеориты. В межпланетном пространстве движется огромное количество каменных и железных тел, самых разнообразных по размерам, форме и составу. Эти тела получили название **метеоритных тел**. При вторжении такого тела в атмосферу Земли с космической скоростью в результате трения о воздух оно нагревается, начинает плавиться и светиться — на небе появляется яркий

Впервые сфотографировал поверхность астероидов межпланетный космический аппарат «Галилео». Следуя к Юпитеру, он запечатлел астероиды Гаспра и Ида со спутником Дактиль (рис. 86).

Первую мягкую посадку на поверхность астероида совершил космический аппарат NEAR 12 февраля 2001 г. Астероид Эрос оказался каменистым телом неправильной формы

огненный шар. Это явление получило название **болид** (от греч. βολιδος — метательное копьё). В ночное время болид ярко освещает местность на десятки и сотни километров вокруг. Очень яркие болиды видны даже днем при полном солнечном освещении. За огненным шаром вдоль его траектории остается след, представляющий в своем начале свечение ионизированных молекул воздуха и заканчивающийся струями пыли. Пылинки — это продукты разрушения метеоритного тела во время его движения в атмосфере, так как при полете с огромной скоростью тело нагревается до нескольких тысяч градусов. Вещество на его поверхности непрерывно расплавляется и частично испаряется: немедленно срыгается потоками воздуха и разбрызгивается в виде мельчайших капелек. Они и составляют пылевой след болида. Нарастающее уплотнение воздуха создает вокруг метеоритного тела ударную волну. Она вызывает такие звуковые явления, как грохот и гул.

Уцелевший от полного разрушения остаток метеоритного тела падает на поверхность Земли. Это и есть **метеорит**. Метеориты представляют собой обломки небесных тел Солнечной системы. Как правило, они получают свои названия по ближайшему к месту падения населенному пункту или географическому объекту.

Метеоритное тело, имеющее огромную начальную массу в десятки и сотни тысяч тонн, проходит всю толщу атмосферы, сохраняя космическую скорость в несколько километров в секунду. В результате удара происходит взрыв, на месте удара образуется метеоритный кратер, который может иметь размеры от нескольких метров до 100 км. Наиболее известен Аризонский кратер диаметром 1200 м, глубиной 180 м и высотой вала около 50 м (рис. 87). Возможно, он появился 30 тыс. лет назад. Кратеры большого размера (хорошо сохраняющиеся на поверхности Луны) на Земле обнаружить сложно. Они быстро разрушаются под воздействием воздуха, воды, ветра, растительности, заносятся слоем песка и грунта. Ученые с помощью космических снимков научились находить древние метеоритные кратеры на Земле. Сегодня обнаружено более 150 астроблем — «звездных ран», как их образно называют ученые. На территории Беларуси к астроблемам относят Логойскую впадину. Диаметр этого древнего кратера 17 км. Он расположен в 6—8 км северо-западнее города Логойска Минской области.

Все метеориты по составу подразделяются на три основных класса: каменные, железо-каменные и железные.



Рис. 87. Метеоритный кратер в Аризоне (США)

Каменные метеориты близки по составу к земным горным породам: содержат оксиды железа, кремния, магния. Около 85 % каменных метеоритов содержат хондры — сферические частицы размером от микроскопических зерен до горошины. Такие каменные метеориты называются **хондритами**, остальные каменные метеориты — **ахондритами**.

На территории Республики Беларусь найдено шесть крупных метеоритов. Например, в 1954 г. железный метеорит массой 300 кг найден у деревни Греск Слуцкого района Минской области.

Массы большинства метеоритов колеблются от сотен граммов до нескольких килограммов. Некоторые крупные тела разрушаются в атмосфере и выпадают множеством мелких осколков, как в 2013 г. в Челябинске. Падение сопровождалось распространением серии ударных волн, приведших к незначительным разрушениям зданий и ранениям людей.

4. Кометы. О кометах — «хвостатых звездах» — было известно с давних времен. Первые китайские записи о кометах относятся к третьему тысячелетию до н. э. Вдали от Солнца **комета** выглядит слабым туманным объектом. По мере приближения к Солнцу она становится ярче, увеличивается в размерах, у нее появляется хвост, направленный в противоположную от Солнца сторону.

Неожиданное появление яркой кометы, нарушающей небесную гармонию, всегда привлекало внимание людей и внушало им суеверный ужас. Комета считалась предвестницей войн, эпидемий и других несчастий (рис. 88).



Рис. 88. Древняя гравюра, рассказывающая о появлении кометы в Смоленске

За историю человечества наблюдалось около 6500 комет. Зарегистрировано в каталогах около 1000 таких объектов, определены элементы их орбит. Почти все кометы движутся по вытянутым орбитам с большим эксцентриситетом, близким к единице. Кометы подразделяются на **короткопериодические** (с периодом обращения меньше 200 лет) и **долгопериодические**. Первую периодическую комету обнаружил Эдмунд Галлей. Он вычислил орбиты 24 ярких комет, заметил сходство элементов орбит комет 1531, 1607 и 1682 гг. и предположил, что это последовательное возвращение одной и той же кометы, которая движется

по сильно вытянутой эллиптической орбите с периодом почти 76 лет. В полном соответствии с предсказанием Галлея ее обнаружили в 1758 г. За этой кометой закрепилось название «комета Галлея» (рис. 89). Она движется по орбите с большой полуосью $a = 17,94$ а. е. в направлении, противоположном движению Земли.

В строении кометы выделяются следующие элементы: ядро, голова и хвост.

Ядро кометы — это небольшое твердое ледяное тело, включающее тугоплавкие частички и органические соединения. До 80 % ядра кометы составляет водяной лед, а также замерзший углекислый газ, угарный газ, метан, аммиак и вкрапленные в лед металлические частицы. По результатам исследований, выполненных космическими аппаратами, ядро кометы Галлея представляет собой монолитное тело неправильной формы размерами 16×8 км, массой $3 \cdot 10^{14}$ кг и малой плотностью порядка 600 кг/м^3 .

Для установления характеристик ядер комет в 2004 г. к комете Чурюмова—Герасименко был запущен космический аппарат «Розетта». В 2014 г. отделившийся от «Розетты» спускаемый зонд «Филы» совершил посадку на поверхность кометы (рис. 90).

При приближении к Солнцу на расстоянии нескольких астрономических единиц у кометы образуется голова. Она возникает в результате нагрева ядра, испарения и выделения с его поверхности газов и пыли. Видимые поперечники голов комет с приближением к Солнцу достигают размеров 10^4 — 10^6 км. Под действием давления солнечного излучения на газы, окружающие голову кометы, образуется хвост. Хвосты ярких комет тянутся на сотни миллионов километров.

В зависимости от своей формы кометные хвосты подразделяются на несколько типов:

1. Хвост образуется при ускорении солнечным ветром кометных ионов и направлен в сторону, противоположную Солнцу.

2. Хвост несколько изогнут, состоит из пылинок, имеющих размер от долей до десятков микрон.

3. Хвост, состоящий из более крупной пыли, сильно изогнут под воздействием магнитного поля.



Рис. 89. Комета Галлея.
8 марта 1986 г.



Рис. 90. Космический аппарат «Розетта» и спускаемый зонд «Филы» проводят исследование кометы Чурюмова—Герасименко



Рис. 91. Разрушение кометы Шумейкеров—Леви-9 в окрестности Юпитера и падение ее фрагментов на планету



вошли в атмосферу планеты со скоростью 60 км/с (рис. 91). В результате возникли гигантские вихревые темные образования, сравнимые по размерам с размерами Земли. Существует вероятность столкновения ядер комет и с Землей.

5. Метеоры и метеорные потоки. При движении вокруг Солнца кометы распадаются. Вдоль их орбит вытягиваются шлейфы пыли, которые могут пересекать земную орбиту. Частичка, входя с космической скоростью в атмосферу Земли, сгорает и образует светящийся след. Это явление называется **метеором** (рис. 92). Сама частичка в этом случае называется **метеорным телом**.



Рис. 92. Яркий метеор

4. «Антихвост» — выброс из головы кометы направлен прямо к Солнцу.

Каждое возвращение кометы к Солнцу не проходит бесследно. Ядро кометы теряет около $\frac{1}{1000}$ своей массы. Поэтому, например, время существования кометы Галлея оценивается в 20 тыс. лет. Но кометы могут существовать и меньше, так как они подвергаются разрушениям вследствие внутренних напряжений, возникающих из-за нагрева их Солнцем или приливного воздействия Солнца и планет-гигантов. Погибают кометы также при падении на Солнце, столкновении с планетами и метеоритными телами. Документально зарегистрировано более 30 комет, распавшихся на отдельные компоненты на глазах наблюдателей. Так, в 1992 г. комета Шумейкеров—Леви-9 сблизилась с Юпитером и раздробилась на 22 осколка. Спустя два года, обогнув по орбите Юпитер, осколки

вошли в атмосферу планеты со скоростью 60 км/с (рис. 91). В результате возникли гигантские вихревые темные образования, сравнимые по размерам с размерами Земли. Существует вероятность столкновения ядер комет и с Землей.

Размеры метеорных тел, вызывающих явление метеора, находятся в пределах от нескольких микрон до нескольких сантиметров (дают очень яркое свечение). По некоторым оценкам приток метеорного вещества на Землю составляет около 50 тыс. тонн в год.

Около 1 % метеорных тел, встречающихся с Землей, прилетают из межзвездного пространства. Метеорные тела вторгаются в земную атмосферу со скоростью от 11 до 72 км/с, встречая на своем пути сильное и быстро на-

растающее сопротивление воздуха. Поверхность метеорного тела разогревается до нескольких тысяч градусов и превращается в раскаленный газ, который ионизирует окружающие молекулы воздуха. В результате чего наблюдатель на Земле видит светящийся огненный след.

Свечение метеора начинается на высоте 120 км и исчезает на высоте 60—80 км от поверхности Земли, когда тело полностью испаряется в земной атмосфере. Весь полет метеорного тела длится от десятых долей до нескольких секунд. Время наблюдения явления метеора зависит от скорости метеорного тела.

Свойства и природу метеорного вещества помогают изучать визуальные, фотографические, спектральные и радиолокационные наблюдения. Исследования показали, что весь комплекс метеорного вещества подразделяется на случайные (спорадические) метеорные тела и метеорные частицы, принадлежащие к метеорным роям.

Метеоры, появляющиеся в определенное время года и падающие десятками в час, принадлежат **метеорным потокам**, или «звездным дождям». Метеорные потоки наблюдаются, когда Земля пересекает орбиту метеорного роя. Видимые пути метеоров одного потока, спроецированные на небесную сферу и продолженные в обратном направлении, пересекаются в одной области на небе, называемой **радиантом** (рис. 93).

Метеорный поток носит имя того созвездия, в котором находится радиант, например Дракониды, Ориониды и др. Среди метеорных потоков встречаются



Рис. 93. Радиант метеорного потока





Рис. 94. «Звездный дождь» Леониды. Гравюра. 1833 г.

такие, интенсивность которых из года в год не меняется. Это значит, что метеорные частички распределены почти равномерно вдоль орбиты роя. Наиболее известным таким потоком является «поток Персеидов», наблюдающийся ежегодно в августе. Орбита этого роя совпадает с орбитой кометы 1862 III.

Один раз в 33 года наблюдаются метеорные потоки с радиантом в созвездии Льва, когда Земля встречается с самой плотной частью роя. Этот рой вызывает метеорный поток Леониды (рис. 94), наблюдающийся в середине ноября. Орбита данного метеорного роя практически совпадает с орбитой кометы 1866 I. Таким образом, точно установлено родство метеорных роев с кометами. Комета, разрушаясь, порождает метеорный рой.

! Главные выводы

1. Карликовая планета — объект шарообразной формы, движущийся по гелиоцентрической орбите, но не расчистивший близлежащее пространство.
2. Тела Солнечной системы, обращающиеся вокруг Солнца и не являющиеся планетами, карликовыми планетами и их спутниками, называются малыми телами.
3. К малым телам Солнечной системы относятся: астероиды (малые планеты), метеорные и метеоритные тела, кометы.
4. Астероидно-кометная опасность — вероятность столкновения Земли с кометным ядром или астероидом, которое может привести к катастрофическим последствиям.

? Контрольные вопросы и задания

1. Что понимают под карликовой планетой? Какие карликовые планеты вы знаете?
2. Расскажите, какие небесные объекты называют малыми телами.
3. Почему у астероидов нет атмосфер?
4. Какова связь комет с метеорами?
5. Существует ли опасность столкновения Земли с астероидом?
6. Охарактеризуйте смысл понятий «метеор», «метеорит», «болид».
7. Какова природа происхождения «звездных дождей»?
8. Что такое радиант метеорного потока?