

## 10. Карликовые планеты и малые тела Солнечной системы

### 10.1. 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.

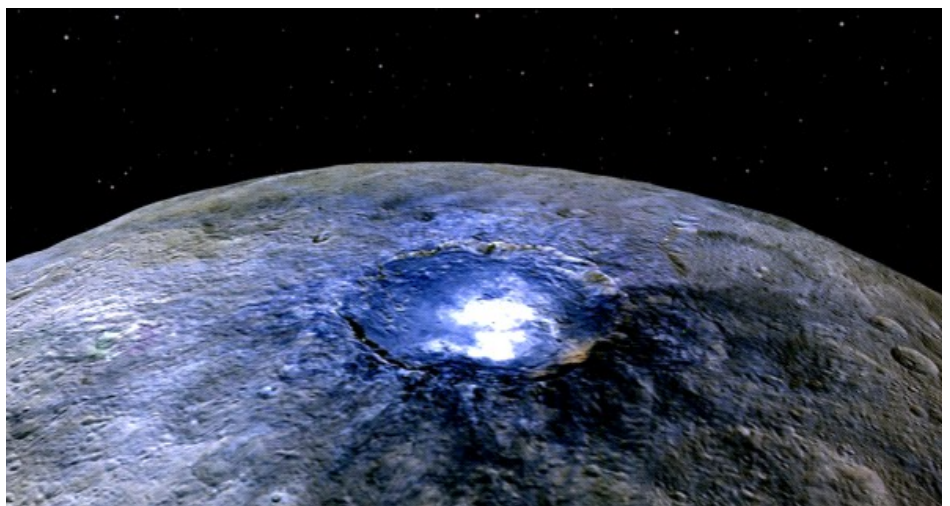
До августа 2006 г. Плутон, открытый в 1930 г., считался девятой планетой Солнечной системы. Однако по динамическим и физическим характеристикам он существенно отличался от других планет.

В 1978 г. у Плутона был открыт спутник – Харон. Его диаметр составляет 1205 км, чуть больше половины диаметра Плутона, а соотношение масс – 1:8 (см. рис.). 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. Карликовыми планетами считаются также «бывший» астероид Церера, находящийся между орбитами Марса и Юпитера, и объекты пояса Койпера – Эрида, Хаумеа и Макемаке.

В 2015 году зонд НАСА под названием «Рассвет» посетил Цереру – ледяной мир, который сразу вызвал необыкновенный интерес у ученых, благодаря наличию на его поверхности загадочных белых пятен (см. рис.).



На сегодняшний день, исследователи считают, что наблюдаемые на поверхности Цереры пятна представляют собой лед или солевые залежи.

Планеты и карликовые планеты – это два разных класса объектов Солнечной системы. Ниже показаны крупнейшие карликовые планеты в сравнении с Землей (см. рис.). По мнению астрономов, в области пояса Койпера находятся десятки карликовых планет, подобных Плутону, их обнаружение лишь вопрос времени.

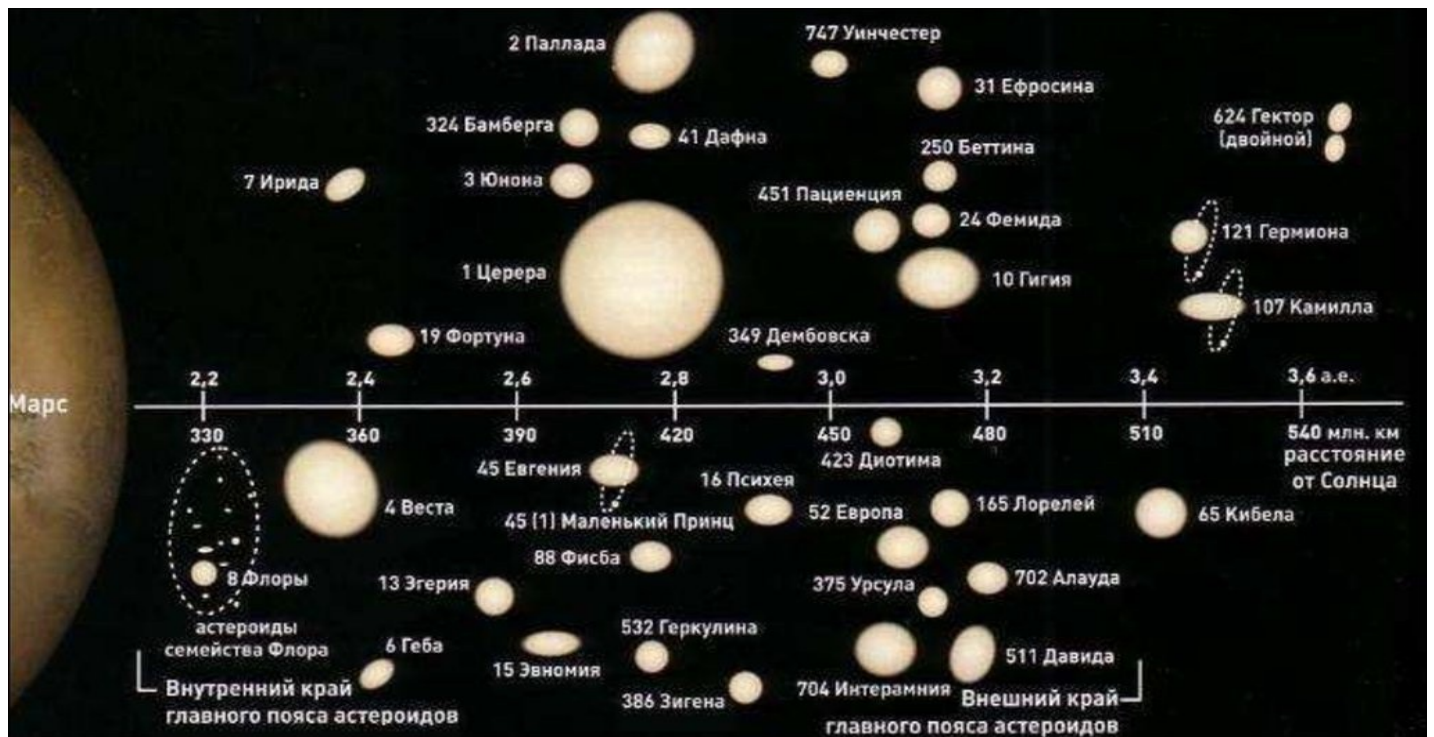


## 10.2. Астероиды

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. Ниже показан астероид Хирон.



К началу XX в. было обнаружено около 500 астероидов с диаметрами от нескольких десятков километров и больше. В настоящее время каталог пронумерованных астероидов содержит более 380 тыс., а всего открыто около 600 тыс. объектов. Крупнейшие астероиды показаны на рисунке.



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 Фэтон, находившейся между Марсом и Юпитером.

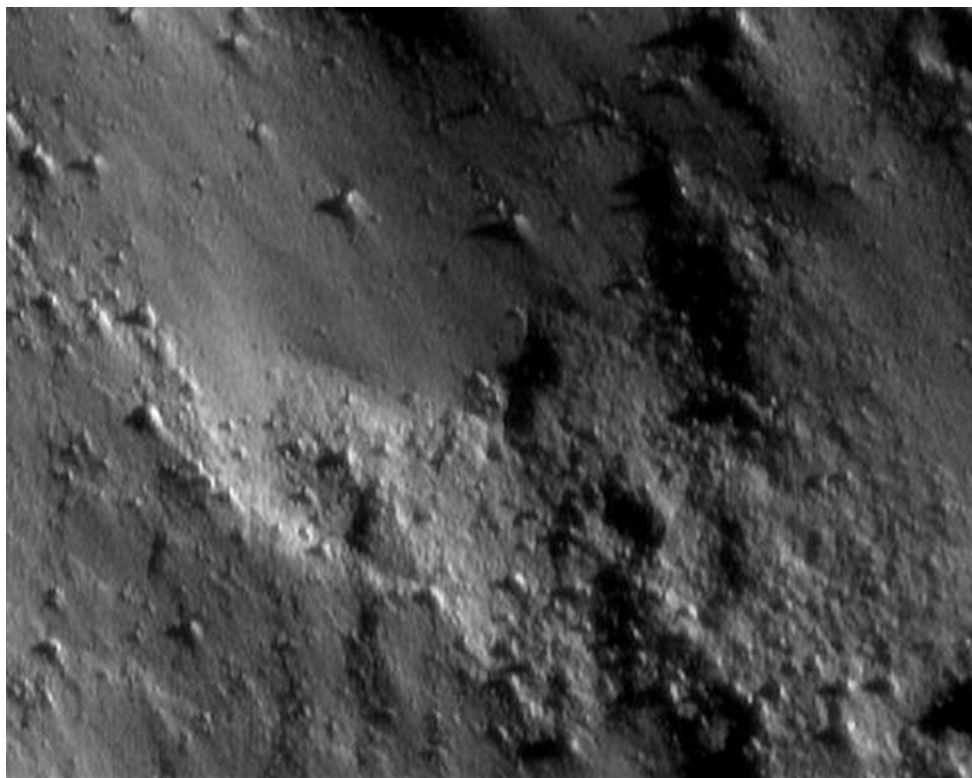
В 1951 г. Джерард Койпер предсказал существование пояса астероидов за орбитой Нептуна. Теоретически этот пояс должен быть расположен на расстоянии 35–50 а. е. от Солнца. Возможно, это остаток первоначальной туманности, из которой сформировалась Солнечная система.

Суммарная масса тел пояса Койпера сопоставима с массой Земли.

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



Первую мягкую посадку на поверхность астероида совершил космический аппарат NEAR 12 февраля 2001 г. Астероид Эрос оказался каменистым телом неправильной формы с размерами 33 x 13 x 13 км и плотностью 2700 кг/м<sup>3</sup>, близкой к плотности пород земной коры. Поверхность астероида (см. рис.) 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 Землёй 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. Поэтому в США, России и других странах 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 учёных, различных стран и городов.

### **10.3. 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 огненный шар. Это явление получило название болид (греч. bolidos – метательное копье) (см. рис.).



В ночное время болид ярко освещает местность на десятки и сотни километров вокруг. Очень яркие болиды видны даже днём при полном солнечном освещении. За огненным шаром вдоль его траектории остаётся след, представляющий в своём начале свечение ионизированных молекул воздуха и заканчивающийся струями пыли. Пылинки – это продукты разрушения метеоритного тела во время его движения в атмосфере, так как при полёте с огромной скоростью тело нагревается до нескольких тысяч градусов. Вещество на его поверхности непрерывно расплавляется и частично испаряется: немедленно срывается потоками воздуха и разбрызгивается в виде мельчайших капелек. Они и составляют пылевой след болида. Нарастающее уплотнение воздуха создаёт 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 населённому 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 (см. рис.). Возможно, он появился 30 тыс. лет назад. Кратеры большого размера (хорошо сохранившиеся на поверхности Луны) на Земле обнаружить сложно. Они быстро разрушаются под воздействием воздуха, воды, ветра, растительности, заносятся слоем песка и грунта. Учёные с помощью космических снимков научились находить древние метеоритные кратеры на Земле. Сегодня обнаружено более 150 астроблем – «звёздных ран», как их образно называют учёные.



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

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 зёрен до горошины. Такие каменные метеориты называются хондритами, остальные – ахондритами.

Самый крупный метеорит найден в 1920 г. близ населённого пункта Гоба в Юго-Западной Африке (см. рис.). Это железный метеорит массой около 60 т. Однако, такие крупные тела падают редко. Как правило, массы большинства метеоритов колеблются от сотен граммов до нескольких килограммов.



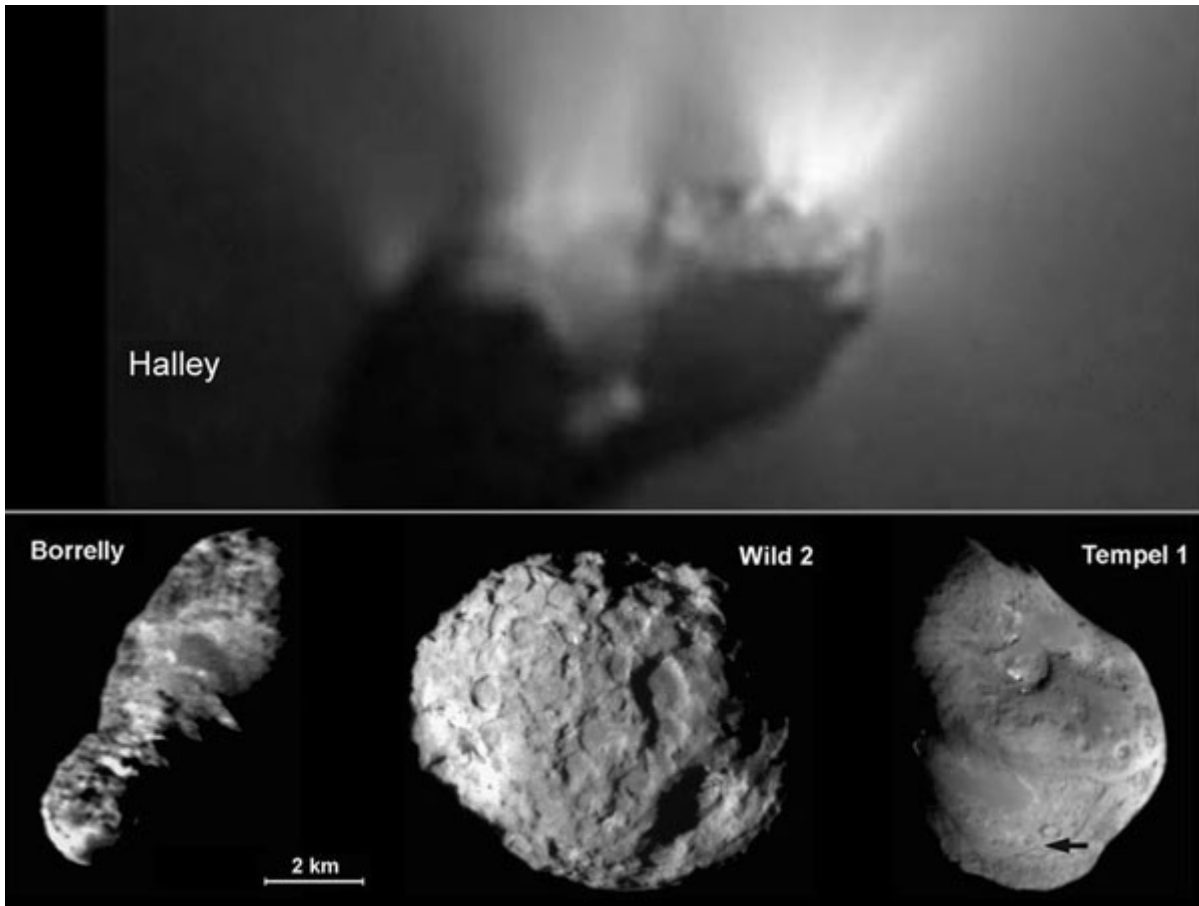
## 10.4. Кометы

О кометах, «хвостатых звёздах», было известно с давних времён. Первые китайские записи о кометах относятся к третьему тысячелетию до нашей эры. Вдали от Солнца комета выглядит слабым туманным объектом. По мере приближения к Солнцу она становится ярче, увеличивается в размерах, у неё 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.

За историю человечества уже наблюдалось около 3500 комет. Зарегистрированы в каталогах около 1000 таких объектов и 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 английский астроном Эдмунд Галлей. Он вычислил орбиты 24 ярких комет. Анализируя свой кометный каталог, Галлей 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 её обнаружили в 1758 г. За этой кометой закрепилось название «комета Галлея» (см. рис.). Она движется по орбите с большей полуосью  $a = 17,94$  а. е. в направлении, противоположном движению Земли.



В строении кометы выделяются следующие составные элементы: ядро, голова и хвост. Ядро кометы (см. рис.) – это небольшое твёрдое ледяное тело, включающее тугоплавкие частички и органические соединения.



До 80 % ядра кометы состоит из водяного льда, а также из замёрзшего углекислого газа, угарного газа, метана, аммиака и вкраплённых в лёд металлических частиц.

Есть в кометных льдах и более сложные вещества, вплоть до аминокислот. По результатам исследований, выполненных космическими аппаратами, ядро кометы Галлея (см. рис.) представляет собой монолитное тело неправильной формы размерами 16x8 км, массой  $3 \cdot 10^{14}$  кг и малой плотностью порядка  $600 \text{ кг/м}^3$ .



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. Например, хвост кометы Хиякутаки наблюдался растянутым на 300 млн км (см. рис.).





Концентрация частиц в хвостах комет очень низкая, её можно сравнить с межпланетной средой.

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 микрометров.
3. Хвост, состоящий из более крупной пыли, сильно изогнут под воздействием магнитного поля.
4. «Антихвост» – выброс из головы кометы направлен прямо к Солнцу.

Каждое возвращение кометы к Солнцу не проходит бесследно. Ядро кометы теряет около 1/1000 своей массы. Поэтому, например, время существования кометы Галлея оценивается в 20 тыс. лет. Но кометы могут существовать и меньше времени, 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 сблизилась с Юпитером и раздробилась на 22 осколка. Спустя два года, обогнув по орбите Юпитер, осколки упали в атмосферу планеты со скоростью 60 км/с (см. рис.). В результате возникли гигантские вихревые тёмные образования, сравнимые по размерам с размерами Земли. Существует и вероятность столкновения ядер комет с Землёй.



## 10.5. 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 (см. рис.). Сама частичка в этом случае называется метеорным телом.

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. т в год.

Около 1 % метеорных тел, встречающихся с Землёй, прилетает из межзвёздного пространства. Метеорные тела вторгаются в земную атмосферу со скоростью от 11 до 72 км/с, встречая на своём пути сильное и быстро нарастающее сопротивление воздуха. Поверхность метеорного тела разогревается до нескольких тысяч градусов и превращается в раскалённый 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 испарится в земной атмосфере. Весь полёт метеорного тела длится от десятых долей до нескольких секунд. Время наблюдения явления метеора зависит от скорости метеорного тела.

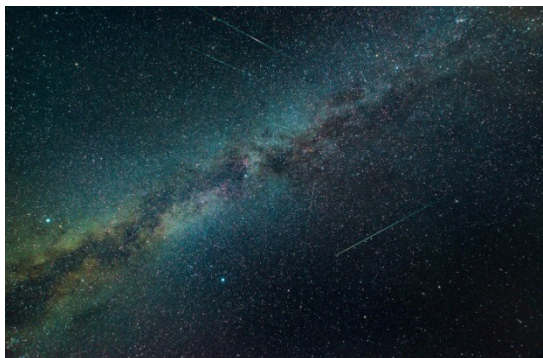
Свойства и природу метеорного вещества помогают изучать визуальные, фотографические, спектральные и радиолокационные наблюдения. Исследования показали, что весь комплекс метеорного вещества подразделяется на случайные (спорадические) метеорные тела и метеорные частицы, принадлежащие к метеорным роям.

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



Метеорный поток носит имя того созвездия, в котором находится радиант, например Дракониды, Ориониды и др. Среди метеорных потоков встречаются 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 Персеиды», наблюдающийся ежегодно в августе (см. рис.).



Орбита этого роя совпадает с орбитой кометы 1862III. Один раз в 33 года наблюдаются метеорные дожди с радиантом в созвездии Льва, когда Земля встречается с самой плотной частью роя. Этот рой вызывает метеорный поток Леониды (см. рис.), наблюдающийся в середине ноября.



Орбита данного метеорного роя практически совпадает с орбитой кометы 1866I. Таким образом, точно установлено родство метеорных роев с кометами. Комета, разрушаясь, порождает метеорный рой.

### Вопросы

1. Какие объекты считаются карликовыми планетами?
2. Когда Плутон был исключён из списка основных планет Солнечной системы?
3. По каким причинам Плутон был исключён из списка основных планет?
4. В каком месте Солнечной системы находятся объекты, аналогичные Плутону?

5. Какая карликовая планета является наиболее крупной?
6. все ли карликовые планеты находятся в поясе Койпера?
7. Какие объекты называются малыми телами Солнечной системы?
8. Дайте определение астероида.
9. Где находится подавляющее большинство астероидов?
10. Коротко опишите две гипотезы происхождения Главного пояса астероидов.
11. Как далеко от Солнца должен быть расположен пояс Койпера?
12. В процессе космических исследований совершали космические аппараты посадки на астероиды?
13. Существует ли опасность столкновения какого-либо астероида с Землёй?
14. Какие тела получили название метеоритных?
15. Что такое «болид»?
16. Что такое «метеорит»?
17. Откуда берутся «астроблемы»?
18. На какие классы все метеориты подразделяются по составу?
19. Какие объекты человечество называло «хвостатыми звёздами»?
20. Каково общее строение комет?
21. Коротко охарактеризуйте состав ядра кометы.
22. Что такое «голова» кометы, и как она образуется?
23. Как образуется «хвост» кометы?
24. Опишите основные типы кометных хвостов?
25. Что такое «метеор» и откуда они берутся?
26. Как и почему возникает свечение метеора?
27. Что такое метеорные потоки или «звёздные дожди»?
28. С чем связана периодичность метеорных дождей?