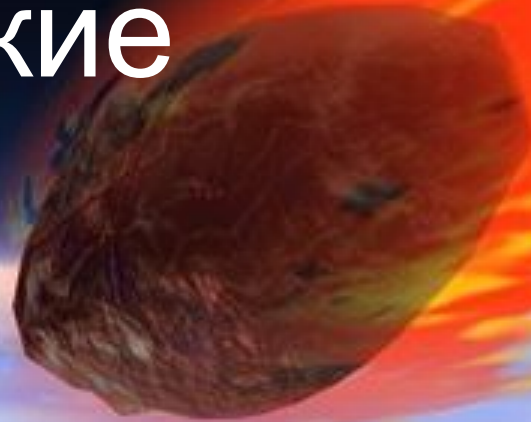
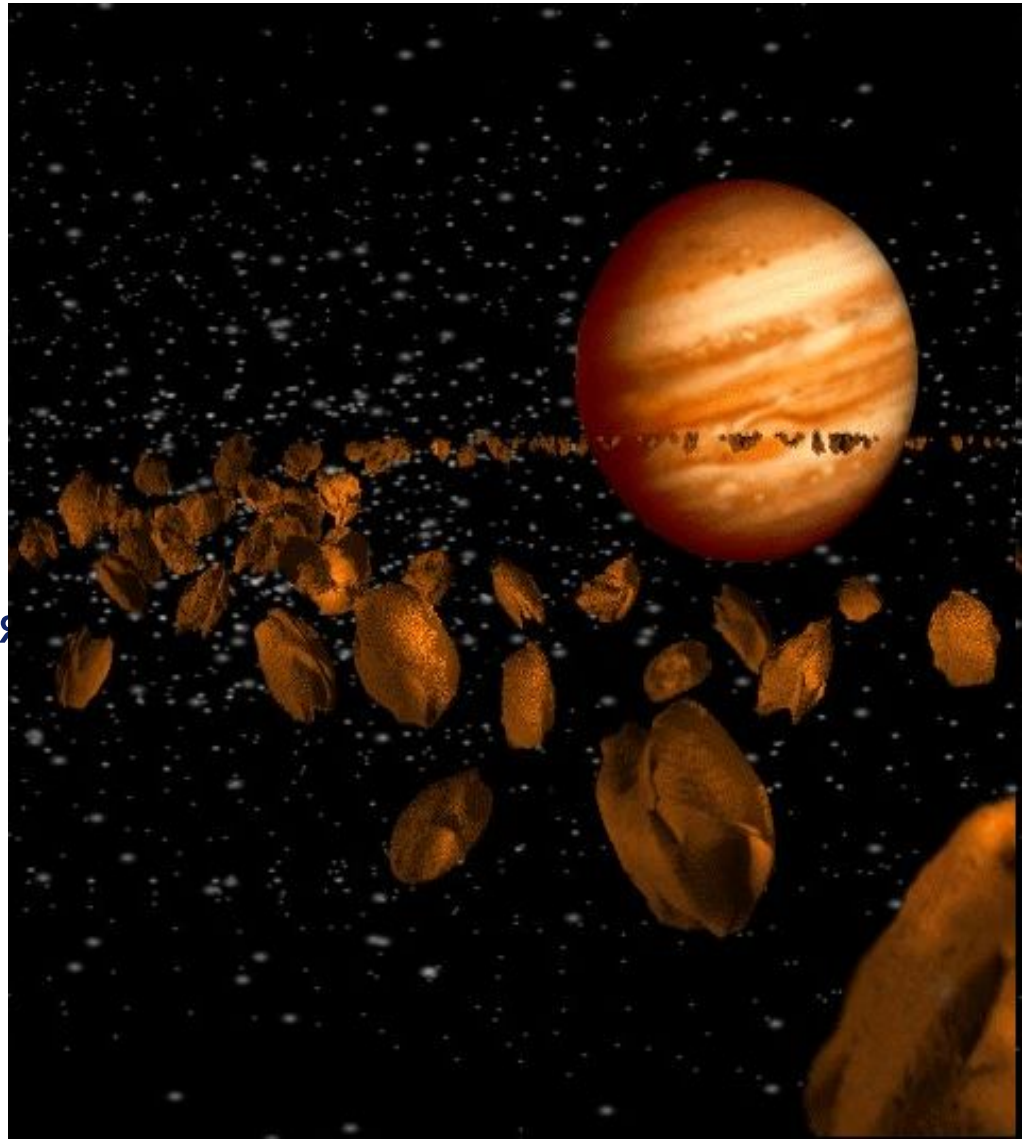


Астероиды -  
космические  
лилипуты





- ❖ В конце XVIII в. астрономы насчитывали в Солнечной системе семь планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн были известны с глубокой древности; в 1781 г. английский ученый Уильям Гершель заметил в большой телескоп седьмую планету, названную Ураном. К тому времени периоды обращения планет и размеры их орбит уже были определены с достаточной точностью методами небесной механики.

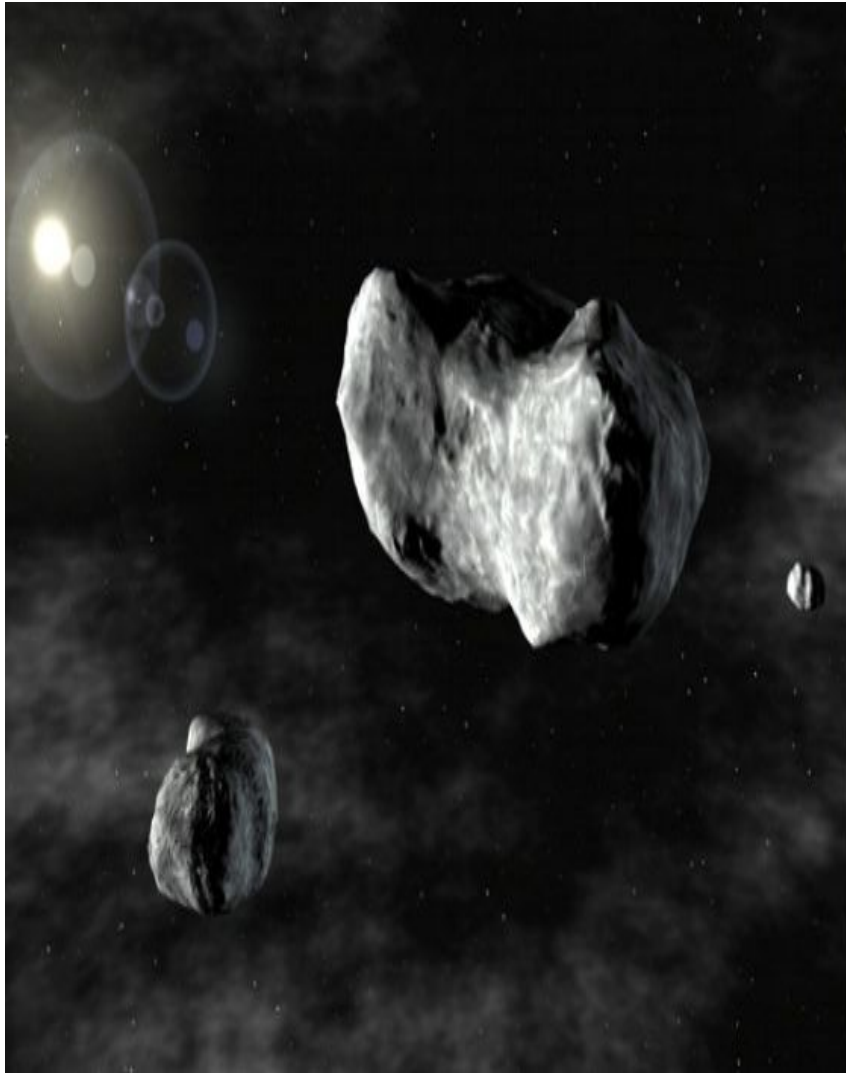




❖ Если начертить план орбит планет, то окажется, что расстояния планет от Солнца возрастают приблизительно в геометрической прогрессии. Данная закономерность получила название правила Тициуса - Бодде по именам обнаруживших ее немецких ученых. Но была непонятная "неточность". Обращал на себя внимание тот факт, что между Марсом и Юпитером имеется промежуток: планеты, соответствующей пятому члену ряда, нет. Астрономы более трех десятков лет с досадой и надеждой взирали на эту неувязку. Реальность здесь нарушала математическую гармонию.



Название астероида	Диаметр, км
1 Церера	1003
2 Паллад	608
4 Веста	538
10 Гигия	450
31 Ефросина	370
704 Интерамния	350
511 Давида	323
65 Кибела	309
52 Европа	289
451 Пациенция	276
15 Эвномия	272
16 Психея	250
48 Дорис	250
92 Ундина	250

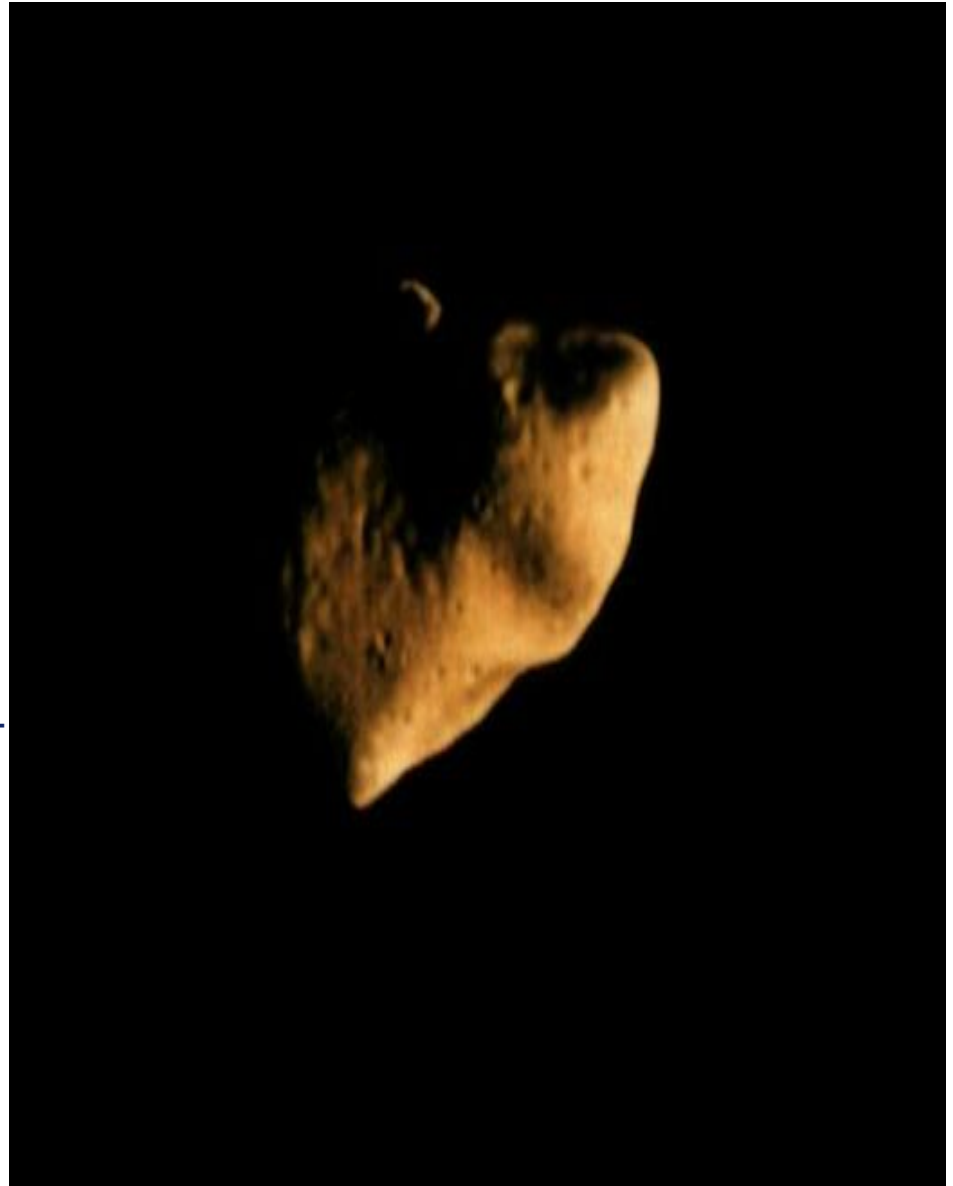


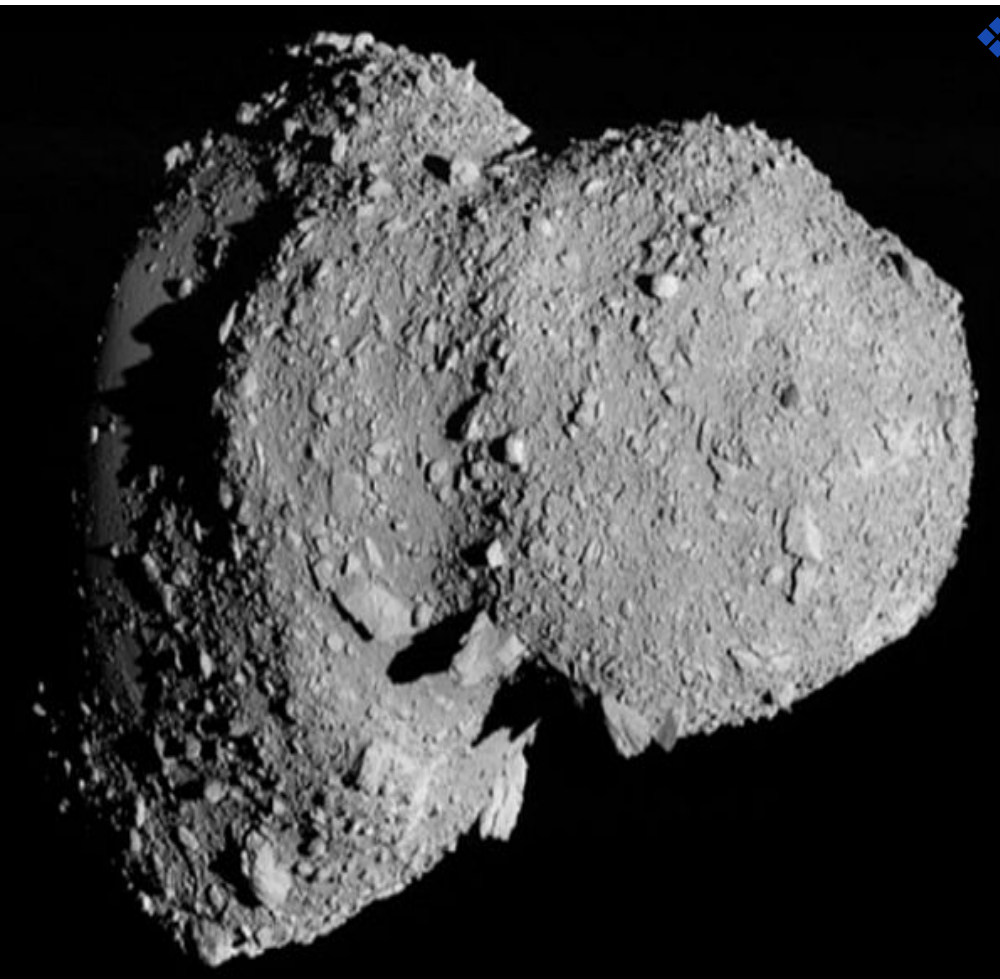
- ❖ И вот первый день нового, XIX столетия принес долгожданное открытие. В ночь на 1 января 1801 г. на обсерватории в Палермо (остров Сицилия) астроном Джузеппе Пиацци, занимаясь составлением каталога звезд в созвездии Близнецов, обнаружил слабую звездочку примерно 7-й величины, которая отсутствовала на звездных картах. Через несколько дней ученый к удивлению своему заметил, что звездочка движется, причем так, как должна перемещаться по небу планета, расположенная дальше Марса. К сожалению, сначала болезнь, потом неблагоприятные условия наблюдений прервали работу Пиацци. В результате слабый небесный объект затерялся среди звезд.





- ❖ Об открытии узнал молодой немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. Он разработал новый метод, позволявший по немногим наблюдениям рассчитать точную эллиптическую орбиту небесного тела и затем вычислить его положение на будущее время. Это стало большим достижением в области небесной механики. Через год утерянную планету нашли в предсказанном месте и больше уже не теряли. Пиацци предложил назвать ее Церерой - по имени древнеримской богини плодородия, покровительницы Сицилии.





Вдохновленные успехом, европейские астрономы следили за движением Цереры и неожиданно в марте 1802 г. вблизи нее обнаружили еще одну похожую маленькую планету. Ей дали имя Паллада в честь древнегреческой богини Афины Паллады. Удивительным оказалось то, что среднее расстояние от Солнца обеих планет практически совпадает и составляет 2,8 а.е. Именно на этом расстоянии должна была бы обращаться пятая планета в соответствии с правилом Тициуса - Бодде.



- ❖ В 1804 г. была открыта третья представительница этой семьи, получившая имя Юнона, а в 1807 г. - четвертая Веста. Все они были настолько малы, что даже при тысячекратных увеличениях выглядели слабыми звездочками, не имеющими заметного диска. Поэтому Уильям Гершель предложил называть новые планеты астероидами, т.е. "звездоподобными".







В последующие годы

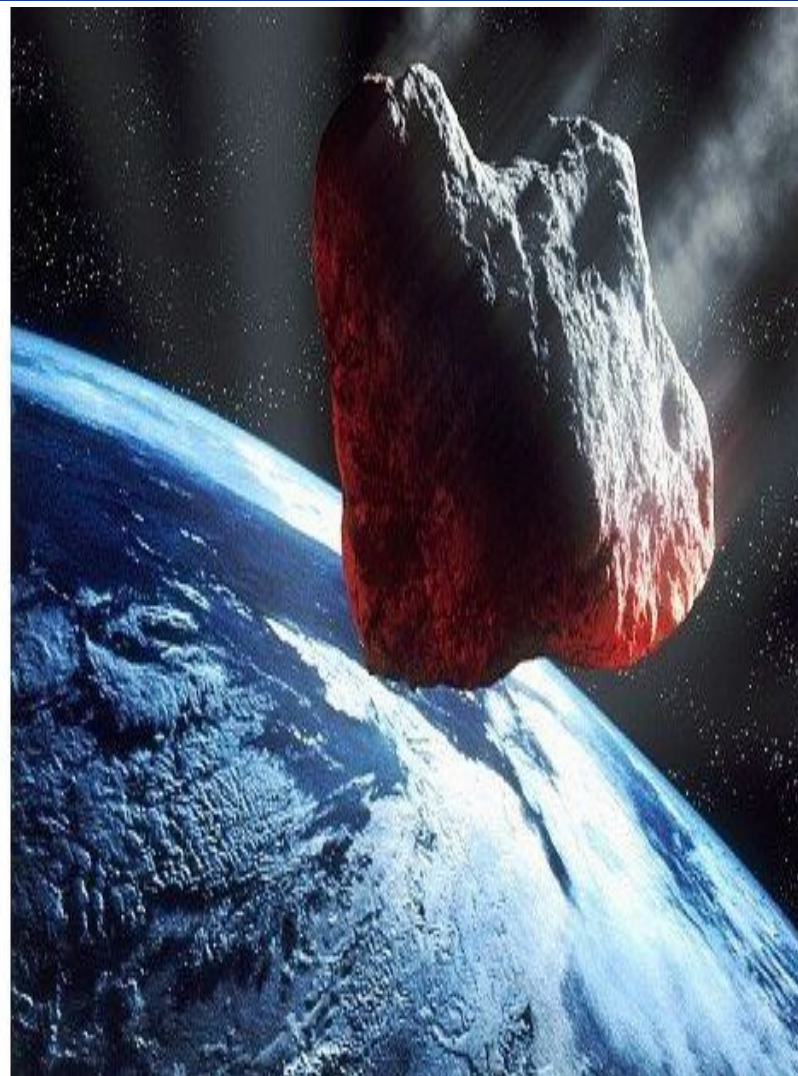
усовершенствование телескопов и изобретение фотографии вызвали все увеличивающийся поток открытий астероидов. К 1880 г. их было известно около 200, в 1923 г. замечен тысячный, на 1980 г. в списки занесено почти 2500. И с каждым годом их число становится все больше и больше. Кстати, о названиях. Сначала малым планетам давали имена древнегреческих и древнеримских богов и героев. Когда этот "репертуар" исчерпался, в ход пошли женские имена практически всех народов мира. Наверное, не найдется ни одной читательницы, которая не имела бы на небе своей планеты! Сейчас, правда, от этого правила стали отступать - имен не хватает... Планеты нарекают достаточно произвольно, больше полагаясь на номер, присвоенный в банке данных, за которым следит специальная комиссия Международного астрономического союза. Для примера приведем несколько названий астероидов: 2 Паллада, 224 Океана, 265 Анна... Пока открыты лишь самые крупные астероиды. Более мелких - еще многие миллионы.



# ПОЯС АСТЕРОИДОВ



- ❖ Орбиты большинства пронумерованных малых планет (98%) расположены между орбитами планет Марса и Юпитера. Их средние расстояния от Солнца составляют от 2,2 до 3,6 а.е. Они образуют так называемый главный пояс астероидов. Все малые планеты, как и большие, движутся в прямом направлении. Периоды их обращения вокруг Солнца составляют в зависимости от расстояния от трех до девяти лет. Нетрудно сосчитать, что линейная скорость приблизительно равна 20 км/с. Орбиты многих малых планет заметно вытянуты. Эксцентриситеты редко превышают 0,4, но, например, у астероида 2212 Гефест он равен 0,8. Большинство орбит располагается близк к плоскости эклиптики, т.е. к плоскости орбиты Земли. Наклоны обычно составляют несколько градусов, однако бывают и исключения. Так, орбита Цереры имеет наклон  $35^\circ$ , известны и большие наклонения







Если на макете Солнечной системы орбиты астероидов изобразить проволочными кольцами, то получится рыхлый ажурный тор хаотически переплетенных в пространстве эллипсов. В этом хаосе, однако, была подмечена интересная закономерность: отсутствуют астероиды с большими полуосями орбит, равными 3,3; 2,1 а.е. и некоторыми другими. На диаграмме, где показано количество астероидов в зависимости от радиуса орбиты, видны отчетливые пробелы. Их называли люками Кирквуда по имени обнаружившего этот эффект американского ученого. Оказывается, что в этих местах периоды обращения астероидов становятся соизмеримыми с периодом обращения самой большой и массивной планеты - Юпитера. За счет гравитационных сил возникает резонанс. Орбита астероида раскачивается слабым, но многократным гравитационным воздействием - Юпитера. В результате астероид покидает эту область пространства.



- ❖ Возможно, нам жителям Земли, наиболее важно знать астероиды, орбиты которых близко подходят к орбите нашей планеты. Обычно выделяют три семейства сближающихся с Землей астероидов. Они названы по имени типичных представителей - малых планет: 1221 Амур, 1862 Аполлон, 2962 Атон. К семейству Амурс относятся астероиды, орбиты которых в перигелии почти касаются орбиты Земли. "Аполлонцы" пересекают земную орбиту с внешней стороны, их перигелийное расстояние меньше 1 а.е. "Атонцы" имеют орбиты с большой полуосью меньше земной и пересекают земную орбиту изнутри. Представители всех указанных семейств могут встретиться с Землей. Что же касается близких проходов, то они случаются нередко.
- ❖ Например, астероид Амур в момент открытия находился в 16,5 млн километров от Земли, 2101 Адонис приблизился на 1,5 млн километров, 2340 Хатхор - на 1,2 млн километров. Астрономы многих обсерваторий наблюдали прохождение мимо Земли астероида 4179 Таутатис. 8 декабря 1992 г. он был от нас на расстоянии 3,6 млн километров





- ❖ Основное количество астероидов сосредоточено в главном поясе, но имеются важные исключения. Задолго до открытия первого астероида французский математик Жозеф Луи Лагранж изучал так называемую задачу трех тел, т.е. исследовал, как движутся три тела под действием сил тяготения. Задача очень сложна и в общем виде не решена до сих пор. Однако Лагранжу удалось найти, что в системе трех гравитирующих тел (Солнце - планета - малое тело) существует пять точек, где движение малого тела оказывается устойчивым. Две из этих точек находятся на орбите планеты, образуя с ней и Солнцем равносторонние треугольники.



- ❖ Спустя много лет, уже в XX в., теоретические построения воплотились в реальность. Вблизи лагранжевых точек на орбите Юпитера было открыто около двух десятков астероидов, которым дали имена героев Троянской войны. Астероиды - "греки" (Ахилл, Аякс, Одиссей и др.) опережают Юпитер на  $60^\circ$ , "тroyанцы" следуют на таком же расстоянии сзади. Согласно оценкам, число астероидов около точек Лагранжа может достигать нескольких сот.



# размеры и вещественный состав



- ❖ Чтобы узнать размер какого-либо астрономического объекта (если расстояние до него известно), необходимо измерить угол, под которым он виден с Земли. Однако не случайно астероиды называются малыми планетами. Даже в крупные телескопы при отличных атмосферных условиях, применяя очень сложные, трудоемкие методики, удается получить довольно нечеткие очертания дисков лишь нескольких самых крупных астероидов. Гораздо эффективнее оказался фотометрический метод. Существуют весьма точные приборы, измеряющие блеск, т.е. звездную величину небесного светила. Кроме того, хорошо известна освещенность, создаваемая Солнцем на астероиде. При прочих равных условиях блеск астероида определяется площадью его диска. Необходимо, правда, знать, какую долю света отражает данная поверхность. Эта отражательная способность называется альбедо. Разработаны методы его определения по поляризации света астероидов, а также по различию яркости в видимой области спектра и в инфракрасном диапазоне. В результате измерений и расчетов получены следующие размеры самых крупных астероидов.



- ❖ Считается, что астероидов с диаметрами более 200 км три десятка. Почти все они наверняка известны. Малых планет с поперечниками от 80 до 200 км, вероятно, около 800. С уменьшением размеров число астероидов быстро возрастает. Фотометрические исследования показали, что астероиды сильно различаются по степени черноты вещества, слагающего их поверхность. 52 Европа, в частности, имеет альбедо 0,03. Это соответствует темному веществу, по цвету похожему на сажу. Подобные темные астероиды условно называют углистыми (класс C). Астероиды другого класса условно именуются каменными (S), так как они, по-видимому, напоминают глубинные горные породы Земли. Альбедо S-астероидов значительно выше. К примеру, у 44 Низы оно достигает 0,38. Это самый светлый астероид. Изучение спектров отражения и поляриметрия позволили выделить еще один класс - металлические, или M-астероиды. Вероятно, на их поверхности присутствуют выходы металла, например никелистого железа, как у некоторых метеоритов.

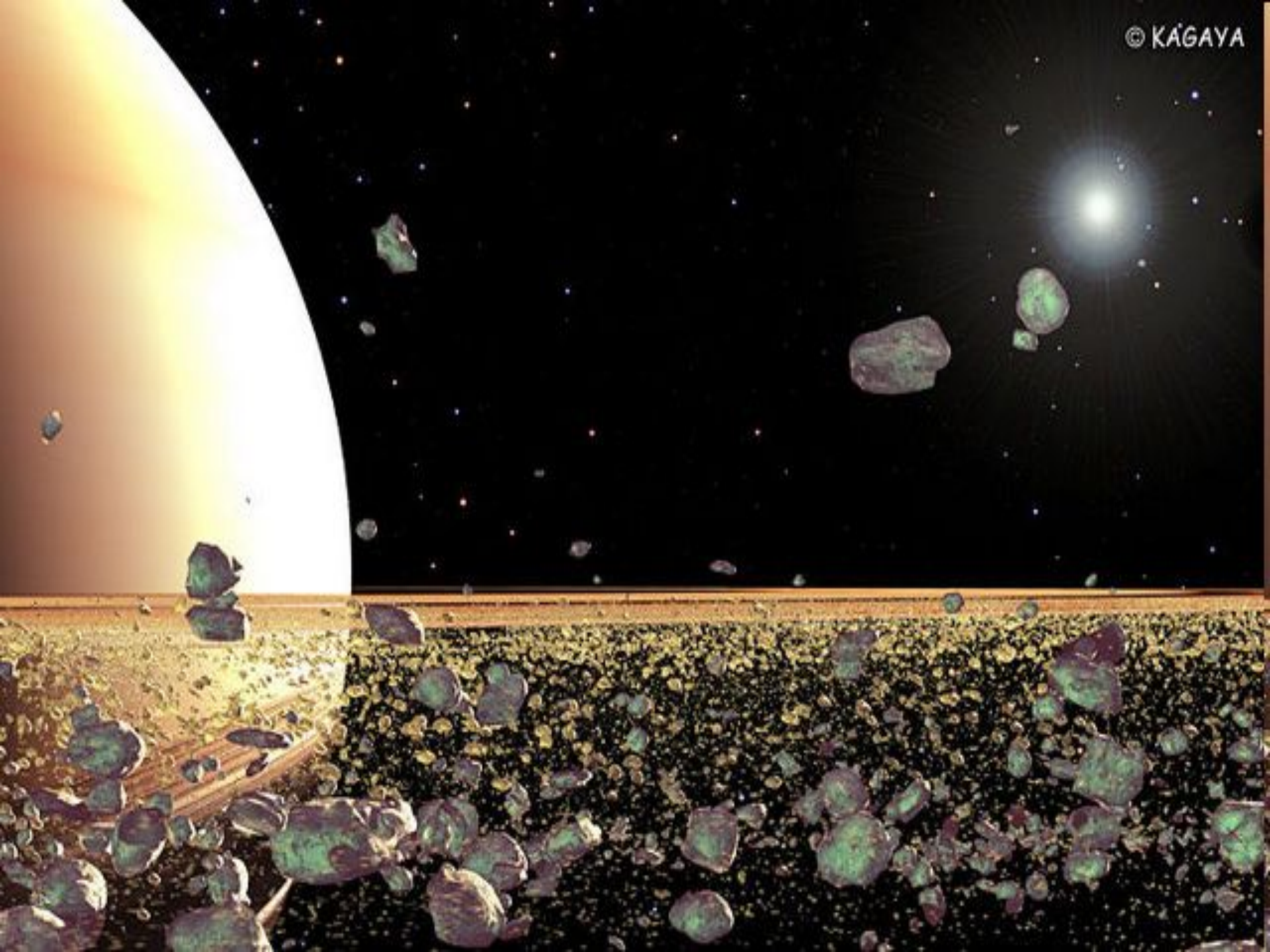




- ❖ С помощью весьма чувствительных фотометров были исследованы периодические изменения яркости астероидов. По форме кривой блеска можно судить о периоде вращения астероида и о положении оси вращения. Периоды встречаются самые разные - от нескольких часов до сотен часов. Изучение кривой блеска позволяет также сделать определенные выводы о форме астероидов. Большинство из них имеет неправильную, обломочную форму. Лишь самые крупные приближаются к шару.
- ❖ Характер изменения блеска некоторых астероидов дает основание предполагать, что у них есть спутники. Некоторые из малых планет, возможно, являются близкими двойными системами или даже перекатывающимися по поверхности друг друга телами.
- ❖ Но достоверные сведения об астероидах могут дать только наблюдения с близкого расстояния - с космических аппаратов. Такой опыт уже имеется. 29 октября 1991 г. американский космический аппарат "Галилео" передал на Землю изображение астероида 951 Гаспра. Снимок сделан с расстояния 16 тыс. километров. На нем хорошо просматриваются угловато-сглаженная форма астероида и его кратерированная поверхность. Уверенно можно определить размеры: 12x16 км.



- ❖ Долгое время не было известно астероидов, орбиты которых целиком лежали бы за пределами орбиты Юпитера. Но в 1977 г. удалось обнаружить такую малую планету - это 2060 Хирон. Наблюдения показали, что его перигелий (ближайшая к Солнцу точка орбиты) лежит внутри орбиты Сатурна, а афелий (точка наибольшего удаления) - почти у самой орбиты Урана, на далеких, холодных и темных окраинах планетной системы. Расстояние до Хирона в перигелии 8,51 а.е., а в афелии - 18,9 а.е. Были обнаружены и более дальние астероиды. Предполагается, что они образуют второй, внешний пояс астероидов.





До конца XIX века об астероидах сложилось представление как об одиночных телах. Такое представление было связано с тем, что наблюдательная аппаратура того времени не позволяла проводить сколь-либо детальное изучение малых планет. Однако, с развитием методов наблюдений и совершенствованием аппаратуры, картина стала меняться. Уже в начале XX века появились первые качественные наблюдения, свидетельствующие о двойственной природе некоторых малых планет. Так, были проведены детальные наблюдения астероида 433 Эрос, которые позволили усомниться в представлении об астероидах как монотелах. Однако таких наблюдений было немного, и они противоречили общепринятым взглядам, и лишь спустя несколько десятилетий, в течении которых проводились разнообразные наблюдения и теоретические расчеты, данные о двойственности некоторых астероидов были окончательно подтверждены.



СОСТАВ ЗАТЯЖИЛИ ПУНКТУ РАШЧАСТРА





- ❖ Метеориты крайне разнообразны, как разнообразны и их родительские тела - астероиды. В то же время поражает убогость их минералогического состава. Метеориты состоят, в основном, из железо-магнезиальных силикатов - оливинов и пироксенов разного состава, от почти чистого фаялита и ферросилита, не содержащих магния, до почти чистого форстерита и энстанита, не содержащих железа. Они присутствуют в виде мелких кристалликов или в виде стекла, обычно частично перекристаллизованного. Другой основной компонент - никелистое железо, которое представляет собой твердый раствор никеля в железе, и, как в любом растворе, содержание никеля в железе бывает различно - от 6-7% до 30-50%. Изредка встречается и безникелистое железо.
- ❖ Иногда в значительных количествах присутствуют сульфиды железа.



Прочие же минералы находятся в малых количествах. Удалось выявить всего около 150 минералов, и, хотя даже теперь открывают все новые и новые, ясно, что число минералов метеоритов очень мало по сравнению с обилием их в горных породах Земли, где их выявлено более 1000. Это свидетельствует о примитивном, неразвитом характере метеоритного вещества. Многие минералы присутствуют не во всех метеоритах, а лишь в некоторых из них.



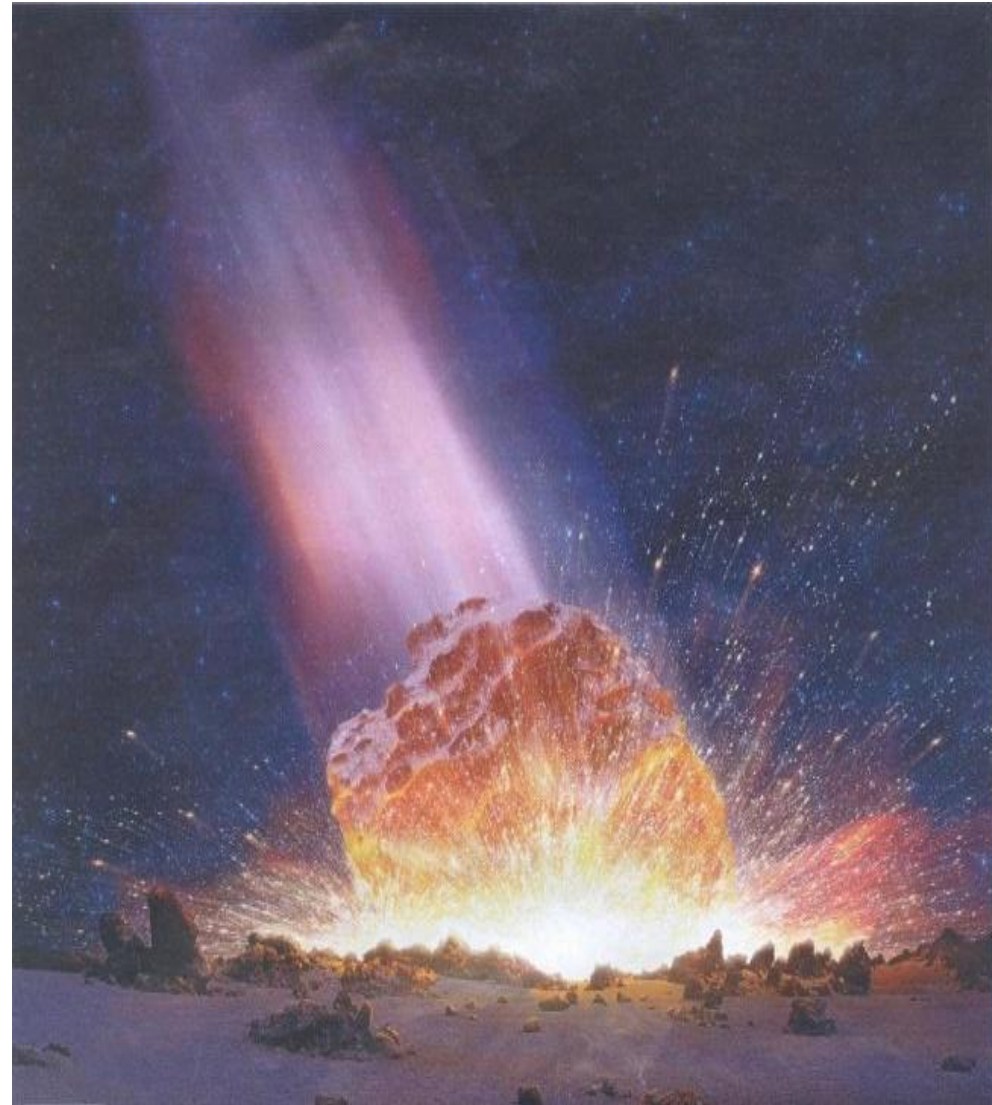


Наиболее распространены среди метеоритов хондриты. Это каменные метеориты от светлосерой до очень темной окраски с удивительной структурой: они содержат округлые зерна - хондры, иногда хорошо видимые на поверхности разлома и легко выкрашивающиеся из метеорита. Размеры хондр различны - от микроскопических до сантиметровых. Они занимают значительный объем метеорита, иногда до половины его, и слабо сцементированы межхондровым веществом матрицей. Состав матрицы бывает идентичен с составом хондр, а иногда и отличается от него. В межхондровом веществе нередко находят разбитые хондры и их обломки. Такая структура присуща только метеоритам (причем многим из них !) и не встречается больше нигде. Сложенные, в основном, железо-магнезиальными силикатами, хондриты содержат и мелкодисперсное никелистое железо, сульфиды и другие минералы.





- ❖ По поводу происхождения хондр существует много гипотез, но все они спорные. Короче говоря, происхождение хондр до сих пор не известно. Различают HH, H, L и LL-хондриты с очень высоким, низким и очень низким содержанием свободного металлического железа. Соответственно, при переходе от одного класса к другому убывает и общее содержание железа (свободного и входящего в силикаты). Кроме того, выделяют группу E-хондритов, в которых почти все железо находится в свободном состоянии, так что силикатам достается почти один магний, а также группу углистых C-хондритов, в которых очень мало железа, но почти все оно находится в силикатах.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**