Введение

1. Немного истории

2. Большая четверка

3. Вереница открытий. Кольцо астероидов

4. Семейства астероидов

5. Астероиды вблизи Земли

6. За пределами кольца

7. Движение астероидов

8. Форма и вращение астероидов

9. Температура астероидов

10. Состав астероидного вещества

11. Формирование астероидов

Заключение

Используемая литература

**Введение**

О том, что в Солнечной системе между орбитами Марса и Юпитера движутся многочисленные мелкие тела, самые крупные из которых по сравнению с планетами всего лишь каменные глыбы, узнали менее 200 лет назад. Их открытие явилось закономерным шагом на пути познания окружающего нас мира. Путь этот не был легким и прямолинейным, и лишь из дали сегодняшнего дня история открытия астероидов и их исследований, уже подернутая дымкой забвения, представляется довольно простой. Ушли в прошлое ошибки, сомнения, неудачи, отчаяние. Мы бережно храним кирпичики знания, добытого предками и позволяющего нам продвигаться вперед, но склонны забывать, каких усилий требовало приобретение того знания, которое досталось нам, и часто снисходительно смотрим на прошлое. А между тем человечеству постоянно требуется максимальное напряжение сил и способностей для разрешения клубка трудностей и противоречий.

Кто в эпоху открытия первых астероидов мог предположить, что эти малые тела Солнечной системы, тела, о которых еще недавно нередко говорили с оттенком пренебрежения, станут объектом внимания специалистов самых различных областей естествознания космогонии, астрофизики, небесной механики, физики, химии, геологии, минералогии, газовой динамики и аэромеханики ? Тогда до этого было еще очень далеко. Еще предстояло осознать, что стоит лишь наклониться, чтобы поднять с земли кусочек астероида - метеорит. Наука о метеоритах - метеоритика - зародилась в начала XIX в., когда были открыты и их родительские тела астероиды. Но в дальнейшем она развивалась совершенно независимо. Метеориты изучались геологами, металлургами и минералогами, астероиды астрономами, преимущественно небесными механиками. Трудно привести другой пример столь абсурдной ситуации : две разные науки исследуют одни и те же объекты, а между ними практически не возникает никаких точек соприкосновения, не происходит обмена достижениями. Это отнюдь не способствует осмыслению получаемых результатов. Но сделать ничего нельзя, и так все и остается, пока новые методы исследований - экспериментальные и теоретические - не поднимут уровень исследований настолько, что создадут реальную основу для слияния обеих наук в одну.

Это произошло в начале 70-х годов XX в., и мы стали свидетелями нового качественного скачка в познании астероидов. Об этом скачке и пути к нему я постарался наиболее понятным языком написать в этой работе. Скачок этот произошел не без помощи космонавтики, хотя космические аппараты еще не опускались на астероиды и еще не получено даже космического снимка хотя бы одного из них. Это - дело будущего, по-видимому, уже недалекого. А пока перед нами встают новые вопросы и ждут своего решения.

**1. Немного истории**

Давайте перенесемся во времена Кеплера. В поисках закономерности в распределении размеров орбит, уверенный в ее существовании, Кеплер не добился успеха. Трагическая смерть настигла его в 1630 г. в возрасте 59 лет. Но Кеплер успел прийти к выводу, что совершенству Солнечной системы мешает непомерно большой пустой промежуток между орбитами Марса и Юпитера и решил, что там должна находиться планета...

Cо времен Кеплера астрономы и философы не раз возвращались к той же теме - к поискам закономерностей в размерах планетных орбит и недостающих планет. Ни у сторонников Кеплера, ни у его противников (в числе которых был Кант) не было веских аргументов. Споры затягивались.

Наконец в 1766 г. скромный, мало известный профессор физики Иоганн Даниель Тициус фон Виттенберг впервые сформулировал найденный им закон планетных расстояний и привел его в переведенной им на немецкий язык книге "Созерцание природы" знаменитого в то время французского естествоиспытателя и философа Шарля Бонне. Но Тициус просто вставил его в подходящее место в текст Бонне, даже не указав рядом своей фамилии! Лишь во втором немецком издании книги Бонне, спустя шесть лет, он дал свой закон как примечание переводчика,

"Обратите внимание на расстояния между соседними планетами, -писал он,- и вы увидите, что почти все они возрастают пропорционально радиусам самих орбит. Примите расстояние от Солнца до Сатурна за 100 единиц, тогда Меркурий окажется удаленным от Солнца на 4 таких единицы; Венера - на 4+3=7 таких же единиц; Земля - на 4+6=10; Марс - на 4+12=16. Но смотрите, между Марсом и Юпитером происходит отклонение от этой, такой точной прогрессии. После Марса должно идти расстояние 4+24=28 единиц, на котором сейчас мы не видим ни планеты, ни спутника... Давайте твердо верить,- продолжал Тициус,- что это расстояние, без сомнения, принадлежит пока еще не открытым спутникам Марса... После этого неизвестного нам расстояния получается орбита Юпитера на расстоянии 4+48=52 единицы, а дальше расстояние самого Сатурна 4+69=100 таких единиц. Какое удивительное соотношение !"

К тому, что случилось в его законом дальше, Тициус уже не имел отношения. Долгое время за пределами Германии о законе ничего не было известно. А в самой Германии произошло следующее.

В том же 1772 г., когда вышло второе издание книги Бонне в переводе Тициуса, 25-летний немецкий астроном Иоганн Боде, ставший впоследствии широко известным ученым, прочитав "Созерцание природы", был потрясен тем, насколько точно истинные размеры планетных орбит описываются законом Тициуса. Боде сразу же поместил формулировку закона в своей книге "Руководство по изучению звездного неба", но забыл сослаться на Тициуса ! Правда, в отличие от Тициуса, Боде предсказывал на расстоянии 2,8 а .е. от Солнца существование не спутников Марса, а "большой планеты", которая должна совершать полный оборот вокруг Солнца за 4,5 года.

**2. Большая четверка**

В Палермо, на о. Сицилия итальянский астроном директор обсерватории Джузеппе Пиацци уже много лет вел наблюдения положений звезд для составления звездного каталога. Работа близилась к концу. В первый вечер XIX в., 1 января 1801 г., Пиацци обнаружил в созвездии Близнецов слабую звездочку, с блеском около 7m, которой почему-то не оказалось ни в его собственном каталоге, ни в каталоге Христиана Майера, имевшегося в распоряжении Пиацци. На следующий вечер оказалось, что звездочка имеет не те координаты, что накануне : она сместилась на 4' по прямому восхождению и на 3',5 по склонению. На третью ночь выяснилось, что ошибки нет и что звездочка медленно перемещается по небу. Шесть недель следил Пиацци за странной звездой,. Ни диска, которым должна была обладать планета, ни туманного вида, характерного для комет !

Почти две недели движение объекта было попятным (он смещался среди звезд к западу), 12 января словно застыл на месте, а затем сменил движение на прямое (к востоку). Такое поведение характерно для планет. За шесть недель объект сместился в общей сложности на 4o, но вид его остался неизменным. Объект казался Пиацци все более интересным. Но наблюдения прервала болезнь. Поправившись, Пиацци уже не смог найти его. Непрерывно перемещаясь, объект затерялся среди слабых звезд... В это время 23-летний, еще никому не известный, Карл Фридрих Гаусс увлекся созданием методов обработки астрономических наблюдений.

Он решил попытаться определить эллиптическую орбиту новой планеты по имеющимся данным. Для этого ему пришлось разработать новый метод, который прославил Гаусса и известен теперь в небесной механике как метод определения эллиптической орбиты по трем наблюдениям. Объединив результаты всех наблюдений с помощью созданного им же несколько раньше метода наименьших квадратов, Гаусс определил, что орбита объекта лежит между орбитами Марса и Юпитера и что большая полуось ее (2,8 а. е.) точно совпадает со значением, предсказанным законом Тициуса-Боде. Сомнений не осталось : это была искомая планета. Теперь по известной орбите Гаусс вычислил дальнейший путь объекта на небу (эмефриду).

Новой планете нужно было дать название. Пиацци предложил название Церера Фердинанда, посвящая планету своему королю. Но не обошлось без споров. Наполеон считал, что планету нужно назвать Юноной. Лаланд, бывший, к стати, учителем Пиацци, предложил назвать ее именем своего достойного ученика. Сохранилось название Церера.

Новая планета заняла, как будто, равноправное положение среди остальных, к радости астрономов, заполнив брешь между Марсом и Юпитером. И все же было ясно, что Церера обманула надежды астрономов. Тех, кто надеялся найти между Юпитером и Марсом большую планету, постигло разочарование. Церера, как и остальные планеты, была холодной и светила отраженным солнечным светом. Но как же слаб был этот свет ! Венера и Юпитер светили в сотни раз ярче. Она была слабее более далекого Урана, а ее диск не удавалось рассмотреть в лучшие телескопы того времени рефлекторы Вильяма Гершеля. Это означало одно : Церера очень невелика по размерам. Между Марсом и Юпитером двигалась планета-крошка.

В Берлине Генрих Вильгельм Ольберс, немецкий врач и астроном, член Парижской Академии наук, член Лондонского королевского общества и руководитель Берлинской обсерваторией, внимательно следил за движением Цереры. 28 марта 1802 г. он неожиданно неподалеку от нее обнаружил еще одну, но более слабую планетку (около 9m). Ольберс дал ей название Паллада, в честь Афины Паллады. Мало того, что Паллада двигалась тоже на расстоянии 2,8 а. е. от Солнца, уже занятом Церерой, ее орбита к тому же сильно отклонялась от плоскости эклиптики (на 35o). Почему же было две планеты-крошки, вместо одной большой, на расстоянии, предсказанном законом Тициуса-Боде ?

"Где тот прекрасный закономерный порядок, которому подчинялись планеты в своих расстояниях ? -сокрушался Ольберт в письме к Боде.Мне кажется, еще рано философствовать по этому поводу; мы должны сначала наблюдать и определять орбиты, чтобы иметь верные основания для наших предположений. Тогда, быть может, мы решим или по крайней мере приблизительно выясним, всегда ли Церера и Паллада пробегали свои орбиты в мирном соседстве, относительно одна от другой, или обе они являются только обломками, только кусками прежней большой планеты, которую взорвала какая-нибудь катастрофа. "

Место поисков новых астероидов было локализованно. Тертья планета между Марсом и Юпитером (около 8m) была открыта в созвездии Кита. ЕЕ обнаружил К. Гардинг в Лилиентале 1 сентября 1804 г. Ее посвятили, наконец, Юноне, снова римской богине. Далее 29 марта 1807 гю Ольберс открыл четвертую планету (около 6m), названную Вестой в честь римской богини домашнего очага и огня. Веста - единственный астероид, который иногда можно видеть невооруженным глазом.

Несмотря на малые размеры, Церера, Паллада, Юнона и Веста стали включаться в общий список планет, хотя потребность как-то выделить их ощущалась с самого начала. Пиацци предложил именовать новые члены Солнечной системы планетоидами (т.е. планетоподобными), а Гершель астероидами (звездоподобными) §а отсутствие у них видимого диска. Их называли и телескопическими планетами, так как они не были видны невооруженным глазом. В настоящее время используют термин "астероид", но наряду с ним существует и другой - "малая планета".

**3. Вереница открытий. Кольцо астероидов**

После открытия большой четверки астероидов в течение последующих 40 лет поиски новых астероидов оставались безуспешными. Ольберс так и не узнал, что между Марсом и Юпитером движется огромное множество астероидов, заполняющих толстый тор, именуемый кольцом астероидов. Он умер за пять лет до того, как началась вереница их открытий. Не дожили до этого ни Пиацци, ни Гардинг.

В конце 1845 года Карл Людвиг Генке открыл пятый астероид (9m,5), получивший название Астрея. Еще через полтора года - 1 июня 1847 г. - неутомимый Генке открывает шестой астероид, названный Гебой. В том же году американец Дж. Э. Хемд открывает Ирис и Флору, а чуть позже их же обнаруживает англичанин Д. Хтнд. Затем открытия следуют непрерывной чередой.

Четырнадцать астероидов за 9 лет (с 1852 по 1861 г.) открыл немецкий художник Герман Майер Соломон Гольдшмидт.

В 1860 г. было известно уже 62 астероида, к 1870 - 109, к 1880- 211. А затем новых астероидов стало появляться все меньше. Иссякли "запасы" крупных и довольно ярких объектов. Теперь открывали астероиды 13-14m, и лишь изредка попадался пропущенный ранее объект. Таким, к примеру, оказалась Папагена (около 8m), открытая лишь в 1901 г.

В сентябре-окрябре 1960 г. на обсерватории Маунт Паломар в США было проведено систематическое фотографирование небольшой области неба, размером 8 Х 12o, расположенной вблизи точки весеннего равноденствия. За два месяца было сфотографировано около 2200 астероидов вплоть до 20m, причем для 1811 из них удалось определить орбиты, хотя и не очень точные. Полагают, что общее число астероидов, движущихся в кольце, от крупнейших (1 Церера, диаметром около 1000 км) вплоть до тел поперечником 1 км достигает 1 млн.

Число астероидов быстро растет по мере уменьшения их размеров. В интервале от 1 до 100 км суммарное число тел, диаметр которых превышает D, оказывается обратно пропорционально квадрату диаметра : N~D-2. Именно такое распределения по размерам ожидается у осколков раздробленных тел, и, по-видимому, дробление астероидов во взаимных столкновениях уже давно и полностью завуалировало то распределение, которое было у молодых, едва успевших сфорироваться в протопланетном облаке первичных, небольших по размерам тел, называемых планетезималями.

**4. Семейства астероидов**

В 1876 г., когда было известно всего около 150 астероидов, Д. Ктрквуд пытался разобраться в "хаосе" астероидных орбит и нашел около 10 групп астероидов, каждая из которых состояла всего из 2-3 членов, двигавшихся по сходным орбитам. Среди них оказались, например, 3 Юнона и 97 Клота.

Казалось, что такие группы можно рассматривать, как связанные общностью происхождения и что члены групп - обломки более крупных тел. Попытки Кирквуда продолжил Ф. Тиссеран, составивший в 1891 г. свой список из 417 астероидов. Число групп росло по мере роста числа открытых астероидов.

По существу, это был вариант гипотезы Ольберса, только родство распространялось не на все астероиды, а на некоторые группы. Но дело оказалось совсем не таким простым, а родство в группах сомнительным.

Это стало ясно, когда японский астроном К. Хираяма в 1918-1919 гг. обратил внимание на то, что сходство орбит астероидов вовсе не означает, что эти астероиды в прошлом были частями одного, более крупного тела.

При большом числе астероидов не исключено объединение астероидов в группы из-за случайного сходства их орбит. Но главная ошибка заключалась в том, что в поисках "родственников" сравнивались современные орбиты астероидов. Между тем возмущения со стороны планет, накапливаясь с течением времени, могли постепенно до неузнаваемости и по-разному изменить орбиты тех астероидов, которые действительно являлись обломками одного и того же тела и действительно двигались в прошлом по сходным орбитам. С другой стороны, сходство современных орбит еще не означает, что и в далеком прошлом астероиды двигались по сходным орбитам. Поэтому, используя методику Кирквуда, если и можно обнаружить реальные группы "родственников", то лишь образовавшиеся совсем недавно, скажем, 1000 лет назад.

Хираяма поставил вопрос : можно ли выявить группы астероидов, связанных давним родством, т.е. семейства астероидов (как он их назвал), и как это сделать ?

Теория движения спутников планет с учетом возмущений, разработанная еще раньше Лангражем, указывала, что эксцентриситеты и наклоны орбит спутников остаются почти неизменными на больших промежутках времени, в то время как долготы перицентра и узла орбиты непрерывно меняются. Это привело Хираяму к идее "инвариантных" )неизменных) элементов астероидных орбит, которые тоже не менялись бы (или менялись медленно) под действием планетных возмущений. Такие элементы можно было использовать для поисков семейства астероидов. Хираяма нашел такие инвариантные элементы и назвал их собственными элементами орбиты, т. е. унаследованными астероидами от их "родителей". Конечно, при дроблении астероидов их обломки, получив разные, о малые добавки к орбитальной скорости, движутся по разным орбитам со слегка различными собственными элементами. Однако эти различия не настолько велики, чтобы помешать узнать члены семейства.

Вообще говоря, собственные элементы представляют собой кеплеровы элементы орбит астероидов, исправленные за вековые возмущения. У типичных орбит собственные наклоны и эксцентриситеты почти не подвержены вековым изменениям, и можно считать, что они оставались неизменными на протяжении миллиарда лет. Что касается долготы перигелия и долготы узла, то они меняются значительно быстрее. Сосбтвенная долгота перигелия очень медленно (со скоростью от десятков секунды до десятков минут дуги в год), но непрерывно растет, а собственная долгота узла убывает с той же скоростью. для тел в кольце астероидов периоды обращения перигелия и восходящего узла орбит вокруг Солнца порядка нескольких тысяч лет. Они возрастают с уменьшением размеров орбит.

Таким образом, астероиды долго "помнят" лишь наклон орбиты и ее эксцентриситет, но быстро "забывают" свой узел и перигелий.

Хираяма решил воспользоваться собственным наклоном и эксцентриситетом орбит для поисков семейств. Сначала, чтобы упростить расчеты, он учитывал только возмущения от Юпитера, пренебрегая более слабым влиянием Сатурна и остальных планет. Ему удалось выявить три семейства (семейства Фемиды, Эос и Корониды, названные по одному из членов семейств), а затем еще четыре и, менее уверенно, еще шесть. Но скоро Хираяме стало ясно, что учитывать воздействие Сатурна и других планет все же необходимо. Сатурн, например, оказывал заметное воздействие на астероиды с малым средним суточным движением. Сделав это, Хираяма приешл к выводу о существовании пяти семейств - Фемиды, Эос, Корониды, Марии и Флоры. К этим семействам он в 1923 г. отнес десятки известных астероидов. В дальнейшем они были пополнены астероидами, открытыми позднее.

Самым многочисленным оказалось семейство Флоры. Д. Бауэр, на основании уточненной им теории возмущений, разделил его на четыре отдельных семейства - I, II, III ии IV.

К 70-м годам стало ясно, что "семейственность" широко распространена среди астероидов : из 1697 нумерованных к этому времени астероидов 712 (или 42 %) были отнесены к 37 семействам. Они еще "помнят" орбиту родительского тела. Аналогичной оказалась ситуация у более мелких астероидов Паломар-Лейденского обозоения : из 980 новых астероидов 389 (40 %) вошли в то или иное семейство, уже известное или новое.

Семейство обнаруживает себя как область повышенной концентрации точек на распределениях собственных элементов орбит. Границы семейств проводятся не всегда уверенно, и отнесение астероида к тому или иному семейству иногда остается сомнительным. К тому же, когда разные исследователи учитывают возмущения от планет с разной степенью точности и отбирают члены семейства, пользуясь слегка разными критериями, они получают немного разные результаты. Однако эти различия не принципиальны и не позволяют сомневаться в самом существовании семейственности у астероидов. Японский исследователь И. Козаи к концу 70-х годов среди 2125 нумерованных астероидов около 3/4 отнес к 72 семействам. Американские исследователи Дж. Градье, К. Чепмен и Дж. Вильямс полагают, что число семейств превышает 100. Однако приходится быть внимательным, чтобы не принять за семейство случайную группу точек. Долгое время считали, что существует семейство Венгрии (a=1,8 a. e. ) и Фокен (a=2,4 a. e. ) на орбитах большого наклона (собственное наклонение 20-25O). Однако в действительности это лишь группы случайных астероидов, изолированные от остальной части кольца пустыми зонами вековых резонансов (рис. 26). Астероиды в них не связаны общностью происхождения точно так же, как члены групп Гильды, Аполлона, Амура или Атона.

Они имеют лишь сходную динамическую эволюцию орбит.

Пока не ясно, существует ли семейство Паллады, или мы снова, как в случае с Венгрией и Фокеей, имеем дело с группой астероидов, изолированной вековыми резонансами.

Многие семейства насчитывают десятки и сотни известных членов. Предполагают, что истинное число членов семейств на один - два порядка больше.

В конце 60-х годов астрофизик Х.Альвен попытался выявить в кольце астероидов (точнее, в уже известных семействах) соколки недавнего происхождения. Для этого он выделил орбиты, сходные не по двум, а по четырем собственным элементам (не считая большой полуоси), в том числе по собственной долготе перигелия и собственной долготе узла. В семействе Флоры I Альвен нашел 13 таких астероидов (из 23), а в семействах Флоры II, III и IV он обнаружил еще две группы, состоящие из 20 и 28 астероидов. Аналогичные группы были выявлены и в других семействах. Альвен назвал их струйными потоками, или просто струями, или потоками.

Как бы тесно ни оказались расположенными узлы орбит в момент образования осколков при дроблении родительского тела семейства, из-за небольших различий в размерах орбит через несколько сотен тысяч лет осколки все равно распределятся более или менее равномерно по всем долготам. Поэтому струйные потоки можно рассматривать как молодые образования, свидетельствующие о недавних дроблениях, происшедших уже в эпоху существования на Земле человека. Правда, сам Альвен придерживается иного мнения: он считает, что струйные потоки представляют собой структурные образования тел, находящихся на пути к аккумуляции (объединению).

Попытки выделить струйные потоки предпринимали и другие исследователи. Пользуясь слегка различными критериями отбора, они получали довольно противоречивые резулльтаты: и сами потоки, и их члены оказывались разными. Это дает повод сомневаться как в возможности обнаружения, так и в самом существовании многих из них.

Советский астрофизик Б.Ю.Левин показал, что значительная часть семейств и струй содержит лишь один довольно крупный астероид, резко выделяющийся среди остальных более мелких членов семейства или струи. Из 54 рассмотренных им семейств и струй у 14 (26%) крупнейший член превосходит остальные по массе на порядок и более. В четырех случаях (7%) различия по массе оказываются просто колоссальным - в 1000 раз и более. Это означает, что глава семейства имеет поперечник более, чем в 10 раз превосходящий поперечники остальных астероидов. Главами подобных семейств являются Церера и Веста.

Возникновение подобного семейства или струйного потока может быть связано со столкновением астероидов, сильно различающихся по массе, когда больший астероид не разваливается нацело, а лишь теряет в виде осколков значительную часть массы, а также с косыми, почти касательными столкновениями астероидов со сравнимыми массами. в последнем случае возможно образование семейств с двумя крупными членами. Таким семейством является содержащее 19 Фортуну и 21 Лютецию.

Но большинство семейств образовалось, по-видимому, при катастрофических разрушениях астероидов, давших начало этим семействам, и не содержит подобных астероидов - великанов.

Обломки, образовавшиеся при лроблении астероида, из-за слегка разных у них гелиоцентрических скоростей обгоняют друг друга, оставаясь в окрестностях орбиты родительского тела. В течение нескольких лет или десятков лет они растягиваются вдоль всей орбиты, образуя рой. Забавно, что уцелевшие "родители" семейств не терпят своих "детей". Родительские астероиды вычерпывают их из роя, причем из-за малой относительной скорости (десятки или сотни метров в секунду) встреча астероида со своим обломком не приводит к дальнейшему дроблению: осколок просто зарывается в реголит своих родителей (под реголитом понимается поверхностный слой, перемолотый падениями многочисленных мелких астероидных осколков). Впрочем, такая участь постигант очень немногоих.

Кроме того, путем гравитационного воздействия родители изгоняют свои обломки на периферию возникшего роя, снижая пространственную плотность тел в рое. Аналогичное действие оказывают на рой и планетные возмущения.

Однако с образованием семейств при дроблении астероидов дело обстоит совсем не так просто, как может показаться. Когда в 1982 году сотрудники Технологического института в Пасадене (США) Д.Дэвис, К.Чепмен, Р.Гринберг и С.Вайденшиллинг специально исследовали вопрос об образовании семейства Эос, то оказалось, что родительский астероид, размеры которого превышали, по-видимому, 180 км, прежде чем испытать катастрофическое столкновение с достаточно крупным объектом (в результате чего и должно было бы образоваться семейство), должен был столкнуться по крайней мере с десятком более мелких тел. Под действием их ударов родительский астероид должен был "развалиться" на блоки с характерными размерами порядка 10 км, которые удерживались друг около друга только силами тяготения. Между тем, сохранился объект поперечником в 98 км (это сам Эос). Можно предположить, что это сохранившийся 20-процентный остаток массы, состоящий из неразлетевшихся юлоков. Но тогда, как полагают исследователи, следующее по величине тело должно было бы иметь поперечник всего 5 км. Между тем второй по величине член семейства имеет поперечник 80 км. Лишь с помощью серии весьма искусственных предположений удается обойти эти трудности.

**5. Астероиды вблизи Земли**

Почти 3/4 века не подозревали, что не все астероиды движутся между орбитами Марса и Юпитера. Но вот ранним утром 14 июня 1873 г. Джеймс Уотсон на обсерватории Энн Арбор (США) открыл астероид 132 Аэрту. За этим объектом удалось следить всего три недели, а потом его потеряли. Однако результаты определения орбиты, хотя и неточной, убедительно свидетельствовали, что перигелий Аэрты находится внутри орбиты Марса.

На астероиды, которые бы приближались к орбите Земли, оставались неизвестны до конца онца XIX в. Теперь их число превышает 80.

Первый астероид вблизи Земли был открыт только 13 августа 1898 г. В этот день Густав Витт на обсерватории Урания в Берлине обнаружил слабый объект, быстро перемещающийся среди звезд. Большая скорость свидетельствовала о его необычайной близости к Земле, а слабый блеск близкого предмета - об исключительно малых размерах. Это был 433 Эрос, первый астероид-малютка поперечником менее 25 км. В год его открытия он прошел на расстоянии 22 млн. км от Земли. Его орбита оказалась не похожа ни на одну до сих пор известную. Перигелием она почти касалась орбиты Земли (q=1,46 a. e.) и была так мала по размерам (a=1,46 a. e.), что афелий не достигал кольца астероидов (q'=1,78 a. e.)

Через 13 лет, 3 октября 1911 г., Иоганн Пализа в Вене открыл 719 Альберт, который мог подходить к Земле почти так же близко, как Эрос (q=1,19 a. e.). Почти на такой же орбите Макс Вольф в Гейдельберге в 1918 г. открыл 887 Алинду, а Вальтер Бааде в Бергедорфе, в 1924 г., на орбите чуть больших размеров - 1036 ганнимед. В 1929 г. к этим астероидам добавился 1627 Ивар и перигелием более близким к Земле, чем у Эроса (q=1,12 a. e.), афелием, расположенным в середине кольца астероидов (q'=2,60 a. e.).

112 марта 1932 г. Эжен Дельпорт на обсерватории в Уккле (Бельгия) открыл уж совсем крошечный астероид на орбите с перигелийным расстоянием q=1,08 a. e. Это был 1221 Амур поперечником менее 1 км, прошедшем в год открытия на расстоянии 16,5 млн. км от Земли.

**6. За пределами кольца**

Через несколько лет после Эроса, в 1904 г., был открыт астреоид 588 Ахилл, движущийся по орбите больших размеров, далеко за пределами кольца астероидов, почти точно по орбите Юпитера. Затем было открыто еще около 20 астероидов до 14m, движущихся примерно по орбите Юпитера. Все они получили общее название троянцы, так как названы в честь героев Троянской войны - греков и торянцев. Астероиды-греки опережают Юпитер примерно на 60o, а астероиды-троянцы следуют на таком же угловом расстоянии позади него. Только Гектор и Патрокл находятся не в своих группах Все они довольно крупные объекты - диаметром порядка 150 км - так долго оставались неоткрытыми из-за большой удаленности.

Немногочисленные объекты были открыты и между кольцом астероидов и орбитой Юпитера. Некоторые из них могут близко подходить к орбите Юпитера и даже выходить за ее пределы. Однако астероиды, орбиты которых целиком лежали бы за пределами орбиты Юпитера, не были известнытн до 1977 г., хотя на основании общих космогонических соображений неоднократно высказывались идеи о возможности существования крупных тел между орбитами Юпитера и Сатурна, являющихся, как и астероиды, сохранившимися остатками протопланетных тел.

В октябре 1977 г. Чарльз Ковал в США открыл небывало далекий объект : он двигался на расстоянии 16,7 а. е. от Солнца и получил предварительное обозначение 1977 UB. Из-за большого расстояния объект очень медленно перемещался на фоне звезд, и потребовалось бы очень долго следить за ним, чтобы определить его орбиту с большой точностью.

Однако через несколько месяцев, после предварительного определения орбиты и расчетов прошлых эфемерид, изображение объекта удалось найти на старых снимках неба, сделанных в разных обсерваториях в 1976, 1969, 1962, 1941 гг. и даже в 1895 г. Объект получил название Хирон и номер 2060.

В настоящее время Хирон движется по орбите с большой полуосью a=13,70 a. e., затрачивая на одно обращение вокруг Солнца 50,7 года.

Его орбита довольно эксцентрична (e=0,379), так что перигелий находится слегка внутри орбиты Сатурна (q=8,51 a. e.), а афелий почти у самой орбиты Урана (q'=18,90 a. e.). Орбита Хирона наклонена к плоскости эклиптики всего на 6o,9. Размеры самого тела составляют 160-640 км.р

**7. Движение астероидов**

Все открытые до сих пор астероиды обладают прямым движением : они движутся вокруг Солнца в ту же сторону, что и большие планеты (i<90o). У подавляющего большинства астероидов орбиты не сильно отличаются друг от друга : они слабо эксцентричны и имеют малый или умеренный наклон. Поэтому-то почти все астероиды движутся, оставаясь в пределах тороидального кольца. Сечение этого кольца плоскостью zr, перпендикулярной плоскости эклиптики и проходящей через Солнце. Границы кольца несколько условны : пространственная плотность астероидов (число астероидов в единице объема) падает по мере удаления от центральной части, что на рисунке отражено менее густой штриховкой периферических областей сечения. Если по мере движения астероида по орбите упомянутую плоскость zr вращать (вокруг оси, перпендикулярной плоскости эклиптики и проходящей через Солнце) вслед за астероидом (так, чтобы он все время оставался в этой плоскости), то астероид за один оборот опишет в этой плоскости некоторую петлю. Примеры таких петель показаны на рисунке. Большая часть подобных петель лежит в пределах заштрихованной области, как у Цереры и Весты, движущихся по малоэксцентричным и мало наклоненным орбитам. У немногих астероидов из-за значительного эксцентриситета и наклона орбиты петля, как у Паллады (i=35o), выходит за пределы этой области или даже целиком лежит вне ее, как у атонцев. Поэтому астероиды встречаются и вдали за пределами кольца.

Объем пространства, занятого кольцом-тором, где движется 98 % всех астероидов, огромен - около 1,6\*1026 км3. Для сравнения укажем, что объем Земли составляет всего 1012 км3.м3.

Большие полуоси орбит астероидов, принадлежащих кольцу, заключены в интервале от 2,2 од 3,2 а. е. Астероиды движутся по орбитам с линейной (гелиоцентрической) скоростью около 20 км/с, затрачивая на один оборот вокруг Солнца от 3 до 9 лет. Их среднесуточное движение заключено в пределах 400-1200''.

Эксцентричность этих орбит невелики - от 0 до 0,2 и редко превышает 0,4. Но даже при очень малом эксцентриситете, всего в 0,1, гелиоцентрическое расстояние астероида во время движения по орбите меняется на несколько десятых долей астрономической единицы, а при e=0,4 на 1,5 - 3 а. е., в зависимости от размеров орбиты.

Наклон орбит к плоскости эклиптики составляют обычно от 5 до 10o. Но при наклоне в 10o астероид может отклониться от плоскости эклиптики примерно на 0,5 а. е., при наклоне 30o гходить от нее на 1,5 а.е.

По среднесуточному движению астероиды принято делить на пять групп. Многочисленные по составу группы I, II и III включают астероиды, движущиеся, соответственно, во внешней (наиболее удаленной от Солнца), центральной и внутренней зонах кольца. В центральной зоне преобладают астероиды сферической подсистемы, тогда как во внутренней зоне 3/4 астероидов являются членами плоской системы.

По мере перехода от внутренней зоны к внешней становиться все больше круговых орбит: в группе III эксцентриситет e<0,14 имеют всего 36% астероидов, в группе II таких 44%, а в группе III -60%. Вероятно, это объясняется тем, что Юпитер, движущийся за внешней окраиной кольца, "вычистил" свои окрестности : тела на больших эксцентричных орбитах могли, приближаясь к Юпитеру, испытывать сильные возмущения с его стороны и в результате выметались из кольца и даже из планетной системы. Сохранились лишь тела на менее эксцентричных орбитах, недостижимые для этого гиганта Солнечной системы.

Все астероиды кольца находятся, если так можно выразиться, в безопасной зоне. Но и они все время исаытывают возмущения со стороны планет. Самое сильное воздействие на них оказывает, конечно, Юпитер.

Поэтому их орбиты непрерывно меняются. Если быть совсем строгими, то нужно сказать, что путь астероида в пространстве представляет собой не эллипсы, а незамкнутые квазиэллиптические витки, укладывающиеся радом друг с другом. Лишь изредка - при сближении с планетой - витки заметно отклоняются один от другого. Планеты возмущают, конечно, движение не только астероидов, но и друг друга. Однако возмущения, испытываемые самими планетами, малы и не меняют структуры Солнечной системы. Они не могут привести к столкновению планет друг с другом. С астероидами дело обстоит иначе. Из-за больших эксцентриситетов и наклонов орбит астероидов под действием планетных возмущений меняются довольно сильно даже в том случае, если не происходит сближений с планетами. Астероиды отклоняются со своего пути то в одну, то в другую сторону. Чем дальше, тем больше становятся эти отклонения : ведь планеты непрерывно "тянут" астероид, каждая к себе, но сильнее всех Юпитер. Наблюдения астероидов охватывают еще слишком малые промежутки времени, чтобы можно было выявить существенные изменения орбит большинства астероидов, за исключением отдельных редких случаев. Поэтому наши представления об эволюции их орбит основаны на теоретических соображениях. Коротко они сводятя к следующему.

Орбита каждого астероида колеблется около своего среднего положения, затрачивая на каждое колебание несколько десятков или сотен лет. Синхронно меняются с небольшой амплитудой ее полуось, эксцентриситет и наклон. Перигелий и афелий то приближаются к Солнцу, то удаляются от него. Эти колебания включаются как составная часть в колебания большего периода - тысячи или десятки тысяч лет. Они имеют несколько другой характер. Большая полуось не испытывает дополнительных изменений. Зато амплитуды колебаний эксцентриситета и наклона могут быть намного больше. При таких масштабах времени можно уже не рассматривать мгновенных положений планет на орбитах : как в ускоренном фильме астероид и планета оказываются как бы размазанными по своим орбитам. Становится целесообразным рассматривать их как гравитирующие кольца. Наклон астероидного кольца к плоскости эклиптики, где находятся планетные кольца - источник возмущающих сил, - приводит к тому, что астероидное кольцо ведет себя подобно волчку или гироскопу. Только картина оказывается более сложной, потому что орбита астероида не является жесткой и ее форма меняется с течением времени.

Орбита астероида вращается так, что нормаль к ее плоскости, восстановленная в том фокусе, где находится Солнце, описывает конус.

При этом линия узлов вращается в плоскости эклиптики с более или менее постоянной скоростью по часовой стрелке. В течение одного оборота наклонение, эксцентриситет, перигелийное и афелийное расстояния испытывают два колебания. Когда линия узлов совпадает с линией аспид (а это случается дважды за один оборот), наклон оказывается максимальным, а эксцентриситет минимальным. Форма орбиты становится ближе к круговой, малая полуось орбиты увеличивается, перигелий максимально отодвинут от Солнца, а афелий приближен к нему (поскольку q+q'=2a=const). Затем линия узлов смещается, наклон уменьшается, перигелий движется к Солнцу, афелий - прочь от него, эксцентриситет растет, а малая полуось орбиты сокращается. Экстремальные значения достигаются, когда линия узлов оказывается перпендикулярной линии аспид. Теперь перигелий расположен ближе всего к Солнцу, афелий дальше всего от него, и обе эти точки сильнее всего отклоняются от эклиптики.

Исследования эволюции орбит на длительных промежутках времени показывают, что описанные изменения включаются в изменения еще большего периода, происходящие с еще большими амплитудами колебаний элементов, причем в движение включается и линия аспид.

Итак, каждая орбита непрерывно пульсирует, да и к тому же еще и вращается. При малых e и i их колебания происходят с малыми амплитудами. Почти круговые орбиты, лежащие к тому же вблизи плоскости эклиптики, меняются едва заметно. У них все сводится к легкой деформации и слабому отклонению то одной, то другой части орбиты от плоскости эклиптики. Но чем больше эксцентриситет и наклон орбиты, тем сильнее проявляются возмущения на больших промежутках времени.

Таким образом, планетные возмущения приводят к непрерывному перемешиванию орбит астероидов, а стало быть, и к перемешиванию движущихся по ним объектов. Это дает возможным столкновения астероидов друг с другом. За минувшие 4,5 млрд. лет, с тех пор как существуют астероиды, они испытали много столкновений друг с другом. Наклоны и эксцентриситеты орбит приводят к непараллельности их взаимных движений, и скорость, с которой астероиды проносятся один мимо другого (хаотичная компонента скорости), в среднем составляет около 5 км/с. Столкновения с такими скоростями ведут к разрушению тел.

**8. Форма и вращение астероидов**

Астероиды так малы, что сила тяжести на них ничтожна. Она не в состоянии придать им форму шара, какую придает планетам и их большим спутникам, сминая и утрамбовывая их вещество. Большую роль при этом играет явление текучести. Высокие горы на Земле у подошвы "расползаются", так как прочность пород оказывается недостаточной для того, чтобы выдержать нагрузки во многие тонны на 1 см3,и камень, не дробясь, не раскалываясь, течет, хотя и очень медленно.

На астероидах поперечником до 300-400 км из-за малого веса там пород подобное явление текучести вовсе отсутствует, а на самых крупных астероидах оно происходит чрезвычайно медленно, да и то лишь в их недрах. Поэтому "утрамбованы" силой тяжести могут быть лишь глубокие недра немногих крупных астероидов. Если вещество астероидов не проходило стадии плавления, то оно должно было остаться "плохо упакованным", примерно, каким возникло на стадии аккумуляции в протопланетном облаке. Только столкновения тел друг с другом могли привести к тому, что вещество постепенно уминалось, становясь менее рыхлым. Впрочем, новые столкновения должны были дробить спрессованное вещество.

Малая сила тяжести позволяет разбитым астероидам существовать в виде агрегатов, состоящих из отдельных блоков, удерживающихся друг около друга силами тяготения, но не сливающихся друг с другом. По той же причине не сливаются с ними и опустившиеся на поверхность астероидов их спутники. Луна и Земля, соприкоснувшись друг с другом, слились бы, как сливаются (хотя и по другой причине) соприкоснувшиеся капли, и через некоторое время получилось бы одно, тоже шарообразное тело, по форме которого нельзя было бы догадаться, из чего оно получилось.

Впрочем, все планеты Солнечной системы на заключительном этапе формирования вбирали в себя довольно крупные тела, не сумевшие превратиться в самостоятельные планеты или спутники. Теперь их следов уже нет.

Лишь самые крупные астероиды могут сохранять свою шарообразную форму, приобретенную в период формирования, если им удастся избежать столкновения с немногочисленными телами сравнимых размеров. Столкновения с более мелкими телами не смогут существенно изменить ее. Мелкие же астероиды должны иметь и действительно имеют неправильную форму, сложившуюся в результате многих столкновений и не подвергавшуюся в дальнейшем выравниванию под действием силы тяжести. Кратеры, возникшие на поверхности даже самых крупных астероидов при столкновении с мелкими телами, "не заплывают" с течением времени. Они сохраняются др тех пор, пока не будут стерты при следующих ударах об астероид мелких тел, или сразу уничтожены ударом крупного тела. Поэтому горы на астероидах могут быть гораздо выше, а впадины гораздо глубже, чем на Земле и других планетах : среднее отклонение от уровня сглаженной поверхности на крупных астроидах составляет 10 км и более, о чем свидетельствуют радиолокационные наблюдения астероидов.

Неправильная форма астероидов подтверждается и тем, что их блеск необычайно быстро падает с ростом фазового угла. У Луны и Меркурия аналогичное уменьшение блеска вполне объясняется только уменьшением видимой с Земли доли освещенной Солнцем поверхности : тени гор и впадин оказывают слабое влияние на общий блеск. Иначе обстоит дело с астероидами. Одним лишь изменением освещенной Солнцем доли поверхности астероида столь быстрое изменение их блеска, которое наблюдается, объяснить нельзя. Основная причина (особенно у астероидов малых размеров) такого характера изменения блеска заключается в их неправильной форме и крайней степени изрытости, из-за чего на освещенной Солнцем стороне одни участки поверхности экранируют другие от солнечных лучей.

**9. Температура астероидов**

Астероиды - насквозь холодные, безжизненные тела. В далеком прошлом их недра могли быть теплыми и даже горячими за счет радиоактивных или каких-то иных источников тепла. С тех пор они уже давно остыли. Впрочем, внутренний жар никогда не согревал поверхности : поток тепла из недр был неощутимо мал. Поверхностные слои оставались холодными, и лишь столкновения время от времени вызывали кратковременный локальный разогрев.

Единственным постоянным источником тепла для астероидов остается Солнце, далекое и поэтому греющее очень плохо. Нагретый астероид излучает в космическое пространство тепловую энергию, причем тем интенсивнее, чем сильнее от нагрет. Потери покрываются поглощаемой частью солнечной энергии, падающей на астероид, которая убывает обратно пропорционально квадрату гелиоцентрического расстояния. Опираясь на эти рассуждения и используя закон Стефана-Больцмана, получили, что у С-астероидов на расстоянии 2,76 а. е. от Солнца (среднее расстояние Цереры) максимальная температура в подсолнечной точке достигает 170 К, а на расстоянии 5,2 а. е. (среднее расстояние троянцев) - 125 К. Светлые S-астероиды согреваются хуже, потому что из-за большого альбедо они поглощают примерно на 10% меньше солнечной энергии. Такие светлые астероиды, как Веста, поглощают примерно на 20% меньше солнечной энергии.

Если усреднить температуру по всей освещенной поверхности, получим, что у астероидов сферической формы средняя температура освещенной поверхности в 1,2 раза ниже, чем температура в подсолнечной точке.

Из-за вращения астероидов температура их поверхности быстро меняется. Нагретые Солнцем участки поверхности быстро остывают из-за низкой теплоемкости и малой теплопроводности слагающего их вещества. В результате по поверхности астероида бежит тепловая волна. Она быстро затухает с глубиной, не проникая в глубину даже на несколько десятков сантиметров. Глубже температура вещества оказывается практически постоянной, такой же, как в недрах астероида - на несколько десятков градусов ниже средней температуры освещенной Солнцем поверхности. У тел, движущихся в кольце астероидов, ее грубо можно принять равной 100-150 К.

Как ни мала тепловая инерция поверхностных слоев астероида, все же, если быть совсем строгими, то следует сказать, что температура не успевает принимать равновесного значения с изменением условий освещения. Утренняя сторона, не успевая согреваться, всешда чуть-чуть холоднее, чем следовало бы, а вечерняя сторона оказывается чуть-чуть теплее, не успевая остывать. Относительно подсолнечной точки возникает легкая асимметрия в распределении температур.

Максимум теплового излучения астероидов лежит в области длин волн порядка 20 мкм. Поэтому их инфракрасные спектры должны выглядеть как непрерывное излучение с интенсивностью, монотонно убывающей в обе стороны от максимума. Это подтверждается наблюдениями 10 0 Гигии, 39 Летиции и 40 Гармонии, проведенными О. Хансеном в диапазоне 8-20 мкм.

Однако, когда Хансен попытался на основании этих наблюдений определить температуру астероидов, она оказалась выше расчетной (около 240 К), и причина этого до сих пор не ясна.

Низкая температура тел, движущихся в кольце астероидов, означает, что диффузия в астероидном веществе "заморожена". Атомы не способны покидать свои места. Их взаимное расположение сохраняется неизменным на протяжении миллиардов лет. Только благодаря этому мы можем изучать особенности расположения, возникшие в пылинках еще до вхождения в астероид, исследовать тонкие каналы - треки, пробитые частицами космических лучей в астероидом веществе, находившемся когда-то на повехности этих тел, а потом замурованном в метеоритах, обнаруживать на поверхности отдельных частиц, извлеченных из метеоритов, крошечные кратерочки микронных размеров, созданных столкнувшимися с ними пылинками. Изоляция способна вызвать к жизни диффузию только у тех астероидов, которые движутся по орбитам с малыми перигелийными расстояниями (благодаря чему сильно приближаются к Солнцу), но лишь в поверхностных слоях и на короткое время. Следы такой диффузии несомненно несет в себе приповерхностное вещество астероида Икар. Ведь в перигелии поверхность Икара нагревается примерно до 1000 К.

Вещество тех метеоритов, которые приближались к Солнцу, например, метеоритов Вашугал, Старое Песьяное и других (о чем можно судить, исследуя орбиты метеоритов), тоже должно носить следы такой диффузии следы кратковременного, но неоднократно повторяющегося нагрева. Эти следы пока не идентифицированы, но, может быть, размороженная на время диффузии явилась причиной аномально коротких (как бы отожженных) треков от космических лучей, обнаруженных в метеорите Марьялахти советскими исследователями В. П. Перелыгиным и другими.

**10. Состав астероидного вещества**

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 колличествах 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 стравнению 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 светло-серой 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 межд хондровым веществом матрицей. Состав матрицы бывает идентичен с составом хондр, а иногда и отличается от него. В меж хондровом 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 хондир существует много гипотез, но все они спорные. Короче говоря, происхождение хондр до сих пор не известно. Различают HH, H, L и LL-хондритыс 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 железа находится в свободном состоянии, так что силикатам достается почти один магний, а также группу углистых С-хондритов, в которых очень мало железа, но почти все оно находится в силикатах.

**11. Формирование астероидов**

В период формирования Солнца условия в протопланетом диске не были, конечно, одинаковыми на разных расстояниях от Солнца и менялись с течением времени. Вещество оставалось холодным только вдали от Солнца. Вблизи него было сильно прогрето и пыль подвергалась полному или частичному испарению. Лишь позднее, когда газ остыл, она сконденсировалась снова, но большая часть летучих веществ, содержащихся в межзвездных пылинках, оказалась потеряна и в новую пыль уже не вошла. Эволюция протопланетного диска привела к формированию в нем планетезималей, из которых потом выросли планеты. Состав планетезималей, формировавшихся на разных гелиоцентрических расстояниях, из-за разного состава пыли, пошедшей на их постройку, был различным.

Так уж случилось, что астероиды - это планетезимали, сформировавшиеся на границе горячей и холодной зоны протопланетного диска, сохранившиеся до наших дней. Хотя кольцо астероидов имеет небольшую протяженность (всего около 1 а. е.), различие условий в нем было, по-видимому, достаточным, чтобы сформировать непохожие друг на друга S- и С-астероиды. Вполне логично думать, что S-астероиды сформировались в более теплой зоне, на меньших гелиоцентрических расстояниях, чем С-астероиды, а теперь медленно перемешиваются. Однако, поскольку вообще сохранились лишь те тела, которые сформировались на наиболее устойчивых орбитах, полного перемешивания их за истекшие 4,5 млрд. лет не произошло. Поэтому-то до сих пор С-астероиды тяготеют к внешней части кольца, а S-астероиды - к внутренней. Но, сталкиваясь друг с другом, они загрязняют поверхность друг друга своим веществом, и, вероятно, поэтому цвет S- и C-астероидов медленно меняется с гелиоцентрическим расстоянием.

Астероиды формировались в протопланетном облаке как рыхлые агрегаты. Малая сила тяжести не могла спрессовать сгустившиеся из пыли планете зимали. За счет радиоактивного тепла они разогревались. Этот разогрев, как показали расчеты Дж. Вуда, шел весьма эффективно : ведь рыхлые тела хорошо удерживают тепло. Разогрев начался еще на стадии роста астероидов. Их вещество в центральных частях грелось, спекалось, и, может быть, даже плавилось, а на поверхности астероидов все еще продолжала высыпаться пыль, пополняя рыхлый, теплоизолирующий слой.

Основным источником разогрева сейчас принято считать алюминий-26, тот самый алюминий-26, который за миллион лет до формирования астероидов был впрыснут вместе с веществом сверхновой звезды в протосолнечную туманность.

Столкновения астероидов между собой на первых порах тоже вели к уплотнению их вещества. Астероиды становились компактными телами. Но в дальнейшем возмущения от выросших ланет привели к росту скоростей, с которыми происходили столкновения. В результате уже более или менее компактные тела были разбиты. Столкновения повторялись неоднократно, дробя, встряхивая, перемешивая, сваривая обломки, и снова дробя. Вот почему современные астероиды представляют собой, скорее всего, плохо упакованные глыбы.

К земной орбите мелкие астероидные обломки, поступают, конечно, из кольца астероидов. Это происходит благодаря еще не вполне ясному в деталях механизму последовательной резонансной раскачки орбит под действием планетных возмущений. Но раскачка происходит лишь в некоторых зонах кольца. Астероиды из разных мест кольца поступают неодинаково эффективно, и обломки в окрестностях земной орбиты могут вовсе не быть представителями тех объектов, которые движутся за орбитой Марса.

А в земной атмосфере выживают только самые медленные и самые прочные из них, что приводит к дальнейшему отбору. Поэтому в наших коллекциях, несомненно, отсутствуют многие разновидности астероидного вещества, и, возможно, что представление об астероидном веществе, как о веществе плотном и компактном, не что иное, как устаревшее, навеянное метеоритами заблуждение.

**Заключение**

Как бы ни были велики успехи изучения астероидов сегодня, будущее принадлежит, вероятно, исследованиям с помощью космических аппаратов. Они могут снять многочисленные трудности, стоящие перед исследователями, но, можно не сомневаться, поставят перед ними и новые проблемы.

**Используемая литература**

- А. Н. Симоненко "Астероиды или тернистые пути исследований" Москва "Наука", 1985 г.

- Ю. А. Рябов "Движение небесных тел" Москва "Наука", 1988 г.

- М. М. Дагаев, В.М. Чаругин "Астрофизика" Москва "Просвещение", 1988 г.