

# Астероиды

The image depicts a vast space environment. In the upper right, a bright yellow sun glows, casting a long, thin lens flare across the scene. To the left of the sun, a small, crescent-shaped planet is visible against the dark background of space, which is filled with numerous small, distant stars. The lower half of the image shows a dense field of asteroids of various sizes and shapes, ranging from tiny specks to larger, more detailed rocks. The overall color palette is dominated by the yellow of the sun and the dark, blackish-green of the deep space.

# Астероиды

## История открытий

В 1772 открыто И.Тичиусом (1729-1796) и Э. Бодэ (1747-1826)

$a = 0,3 * n + 0,4$  где  $n=0,1,2,4,8,16,32,64...$

Что за планета между Марсом и Юпитером имеет число  $n=4$  ?

| Планета  | n        | a           |          |
|----------|----------|-------------|----------|
|          |          | вычисленное | реальное |
| Меркурий | 0        | 0,4         | 0,387    |
| Венера   | 1        | 0,7         | 0,723    |
| Земля    | 2        | 1           | 1,000    |
| Марс     | 4        | 1,6         | 1,524    |
| <b>?</b> | <b>8</b> | <b>2,8</b>  | <b>?</b> |
| Юпитер   | 16       | 5,2         | 5,203    |
| Сатурн   | 32       | 10          | 9,583    |
| Уран     | 64       | 19,6        | 19,187   |
| Нептун   | 128      | 38,8        | 30,020   |

# Астероиды

## История открытий

- В 1781 Уильям Гершель открыл планету Уран. Его среднее гелиоцентрическое расстояние соответствовало правилу Тициуса-Боде.
- В конце XVIII века Франц Ксавер организовал группу из 24 астрономов, которая с 1789 начала целенаправленный поиск планеты, находящуюся согласно правилу Тициуса-Боде на расстоянии около 2,8 а.е. от Солнца — между орбитами Марса и Юпитера.
- По иронии судьбы первый астероид, Церера, был обнаружен итальянцем Пиацци, не участвовавшим в этом проекте, случайно 1 января 1801.
- Три других — Паллада, Юнона и Веста были обнаружены в последующие несколько лет — последний, Веста, в 1807.
- Ещё через 8 лет бесплодных поисков большинство астрономов решило, что там больше ничего нет, и прекратило исследования.

# Астероиды

## История открытий

- Однако Карл Людвиг Хенке проявил настойчивость, и в 1830 возобновил поиск новых астероидов. Пятнадцать лет спустя он обнаружил Астрею, первый новый астероид за 38 лет. Он также обнаружил Гебу менее чем через два года.
- После этого другие астрономы подключились к поискам, и далее обнаруживалось не менее одного нового астероида в год .
- В 1891 Макс Вольф впервые использовал для поиска астероидов метод астрофотографии, при котором на фотографиях с длинной экспозицией астероиды вследствие своего движения оставляли короткие светлые линии относительно точечных изображений звезд.
- Этот метод значительно увеличил количество обнаружений по сравнению с ранее использовавшимися методами визуального наблюдения: Вольф в одиночку обнаружил 248 астероидов, начиная с 323 Бруция, тогда как до него было обнаружено немногим более 300.

# Астероиды

## 20 первых открытых астероидов

| Название   | Номер | Расст. от Солнца (а.е) |      | Период<br>обращ. (лет) | Наклон<br>орбиты, ° | Диаметр (км) | Когда и кто открыл          |
|------------|-------|------------------------|------|------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
|            |       | мин                    | мак  |                        |                     |              |                             |
| Церера     | 1     | 2,55                   | 3,05 | 4,160                  | 10,58               | 960x932      | 1.01.1801г, Дж. Пиацци      |
| Паллада    | 2     | 2,11                   | 3,42 | 4,607                  | 34,84               | 570x525x482  | 28.03.1802г, Г.В. Ольберс   |
| Юнона      | 3     | 1,98                   | 3,35 | 4,358                  | 12,97               | 240          | 1.09.1804г, К.Гардинг       |
| Веста      | 4     | 2,15                   | 2,57 | 3,630                  | 7,14                | 530          | 29.03.1807г, Г.В. Ольберс   |
| Астрея     | 5     | 2,10                   | 3,06 | 4,139                  | 5,3                 | 117          | 8.12.1845г, К. Л. Генке     |
| Геба       | 6     | 1,93                   | 2,92 | 3,778                  | 14,8                | 204          | 1.07.1847г, К. Л. Генке     |
| Ирида      | 7     | 1,84                   | 2,94 | 3,686                  | 5,5                 | 209          | 13.08.1847г, Дж. Э.Хемд     |
| Флора      | 8     | 1,86                   | 2,55 | 3,267                  | 5,9                 | 151          | 18.10.1847г, Дж.Э.Хемд      |
| Медина     | 9     | 2,09                   | 2,68 | 3,684                  | 5,6                 | 151          | 26.04.1848г, Грэхэм         |
| Гигия      | 10    | 2,84                   | 3,46 | 5,593                  | 3,8                 | 450          | 12.04.1849г, А. де Гаспарис |
| Партенопа  | 11    | 2,20                   | 2,70 | 3,840                  | 4,6                 | 150          | 11.05.1850г, А. де Гаспарис |
| Виктория   | 12    | 1,82                   | 2,85 | 3,568                  | 8,4                 | 126          | 13.09.1850г, Дж.Р.Хинд      |
| Эгерия     | 13    | 2,36                   | 2,80 | 4,135                  | 16,5                | 244          | 2.11.1850г, А.де Гаспарис   |
| Ирена      | 14    | 2,16                   | 3,01 | 4,163                  | 9,1                 | 158          | 19.05.1851г, Дж.Э.Хемд      |
| Эвномия    | 15    | 2,15                   | 3,14 | 4,300                  | 11,7                | 272          | 29.07.1851г, А. де Гаспарис |
| Психея     | 16    | 2,53                   | 3,32 | 5,000                  | 3,1                 | 250          | 17.03.1852г, А.де Гаспарис  |
| Фетида     | 17    | 2,13                   | 3,52 | 3,880                  | 5,6                 | 109          | 17.04.1852г, Р.Лютер        |
| Мельпомена | 18    | 1,80                   | 2,80 | 3,480                  | 10,1                | 150          | 24.06.1852г, Дж.Э.Хемд      |
| Фортуна    | 19    | 2,06                   | 2,83 | 3,816                  | 1,6                 | 215          | 22.08.1852г, Дж.Э.Хемд      |
| Массалия   | 20    | 2,06                   | 2,76 | 3,737                  | 0,7                 | 131          | 19.09.1852г, А.де Гаспарис  |

# Астероиды

## История открытий



- К 1 января 1901 года число открытых астероидов составило 463.
- В минувшем веке темпы открытий еще более увеличились. За первое десятилетие были открыты 270 малых планет, за второе - 245, за третье - 340, за четвертое - 627.
- К 1 января 1951 года количество найденных астероидов составило 2153.
- К началу 2004г число открытых астероидов составило более 230 тысяч. Из них число объектов с хорошо определенными параметрами орбит - 66000. Названия присуждены только 11000 астероидам.
- 2/3 новых астероидов удалось обнаружить за последние три года.
- В последнее время в связи с совершенствованием методов астрономических наблюдений количество открытых астероидов удваивается каждые два года, но присвоение новых названий идет с "постоянной скоростью" - примерно 1200 названий в год.

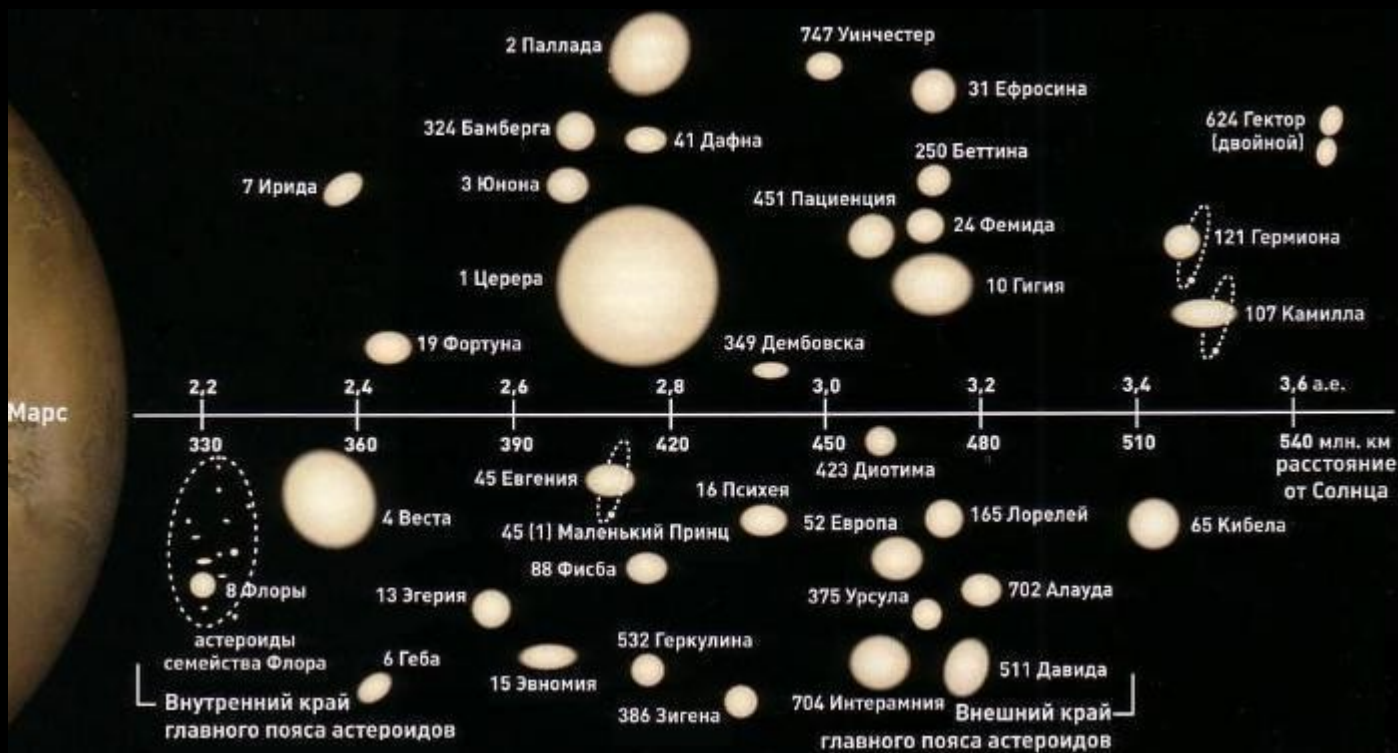
# Астероиды

## Общие данные

- Полагают, что насчитывается до полумиллиона астероидов с диаметром более полутора километров.
- Общая масса всех астероидов меньше одной тысячной массы Земли.
- Большинство орбит астероидов сконцентрировано в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера на расстояниях от 2,0 до 3,3 а.е. от Солнца.
- Все открытые до сих пор астероиды обладают прямым движением.
- Имеются, однако, и астероиды, чьи орбиты лежат ближе к Солнцу, типа группы Амура, группы Аполлона и группы Атена. Кроме того, имеются и более далекие от Солнца, типа центавров. На орбите Юпитера находятся троянцы, которых открыто уже более 1560 (первый открыт в 1906 году).
- 21 августа 2001 года был открыт маленький астероид 2001 QR322 на орбите Нептуна - его первый "троянец".

# Астероиды

## Главный пояс астероидов



- Главный пояс астероидов расположен на расстоянии 2,0 - 3,3 а.е.
- Периоды обращения составляют в зависимости от расстояния 3 - 9 лет.
- Эксцентриситеты астероидов редко превышают 0,4.
- Наклоны орбит обычно составляют несколько градусов (от 5° до 10°).



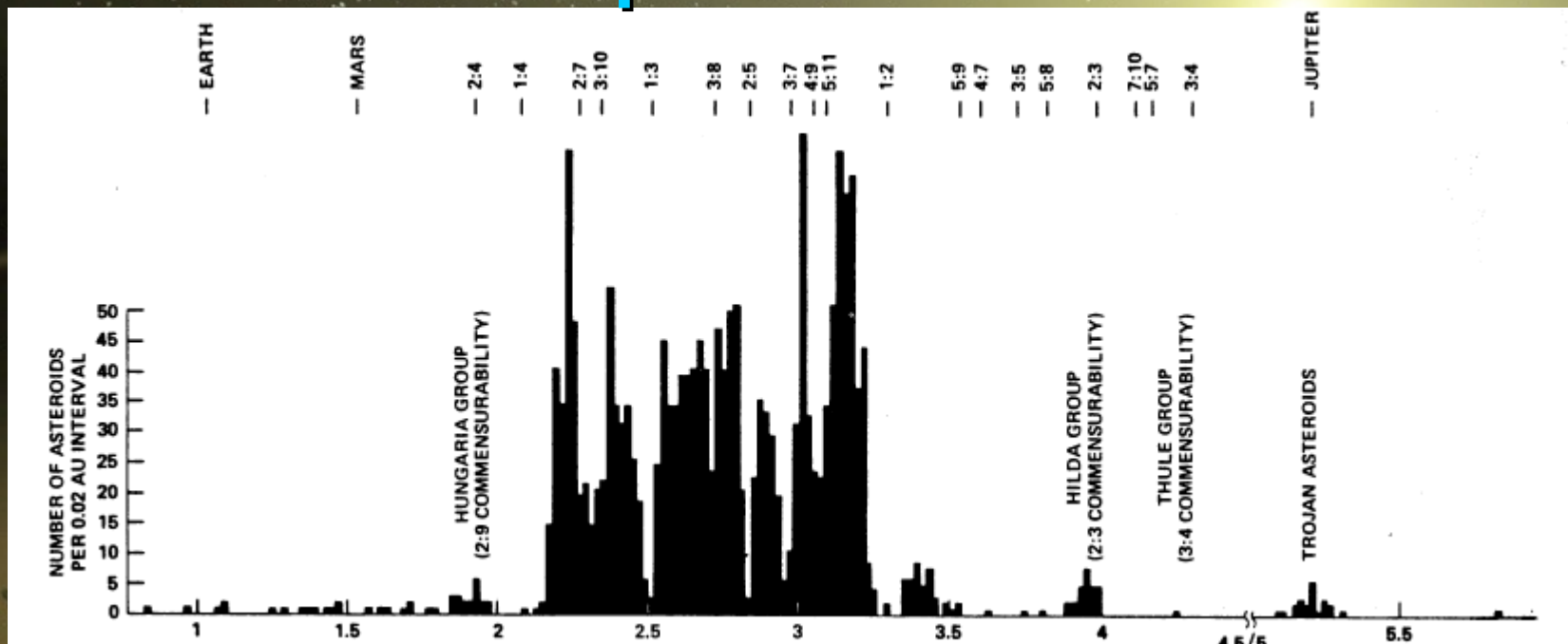
# Астероиды

## Главный пояс астероидов

- Объем пространства, занятого кольцом-тором, где движется 98 % всех астероидов, огромен - около  $1,6 \cdot 10^{26}$  км<sup>3</sup>.
- Пропорции различных типов астероидов в различных частях пояса заметно меняются.
- На внутреннем краю 60% астероидов составляют кремнистые, а 10% - углистые; на внешнем крае ситуация другая - 80% углистых и только 15% кремнистых.
- Пояс астероидов разделяет внутреннюю и внешнюю части Солнечной системы.

# Астероиды

## Главный пояс: резонансы



Характерным свойством Главного пояса является наличие астероидов, отношение средних движений которых и больших планет равно отношению целых чисел. В этом случае астероид движется в резонансе с планетой.

Одни резонансы образуют устойчивые популяции астероидов (например, семейства Гильды, Туле, Гекубы), а другие ведут к выметанию малых тел из определенных областей пространства (так называемые люки Кирквуда).

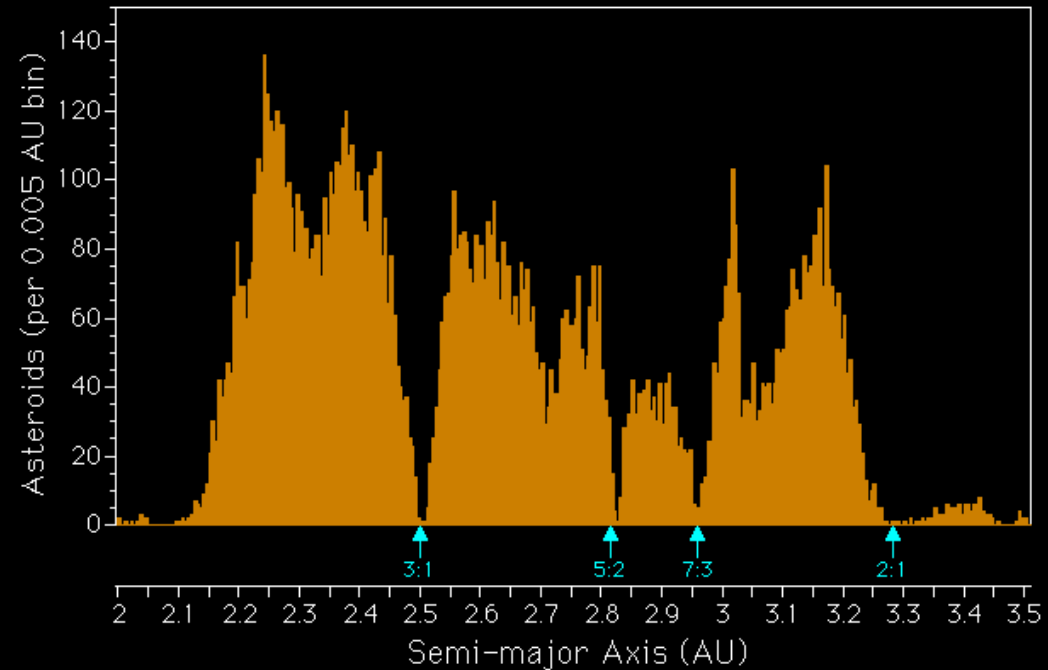
# Астероиды

## Люки Кирквуда

- Ненаселенные области в радиальном распределении астероидов, возникающие из-за резонансов их периодов обращения с периодом обращения Юпитера, называются “люками Кирквуда”.

- В распределении астероидов имеются заметные пустоты, соответствующие отношениям периодов 4:1, 3:1, 5:2, 7:3 и 2:1 с периодом Юпитера.
- Любые астероиды, находившиеся ранее на таких орбитах, подверглись бы регулярным возмущениям из-за гравитационного взаимодействия с Юпитером. Объяснение этого факта было дано Д. Кирквудом в 1857г.
- Однако на расстояниях больше 3 а.е. от Солнца подобные резонансы (в отношениях 3:2, 4:3 и 1:1) соответствуют уже не пустым промежуткам, а изолированным группам астероидов. Причины этого до сих пор не поняты.

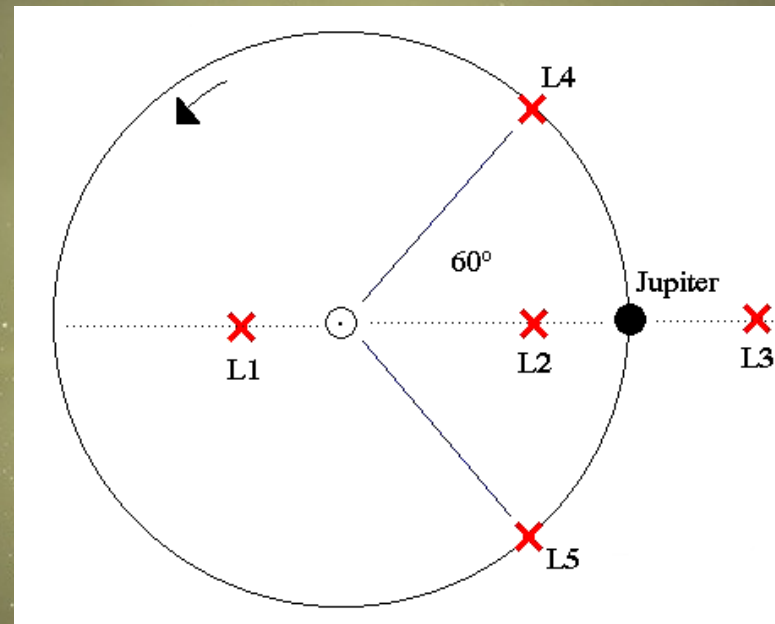
Main Asteroid Belt Distribution  
Kirkwood Gaps



# Астероиды

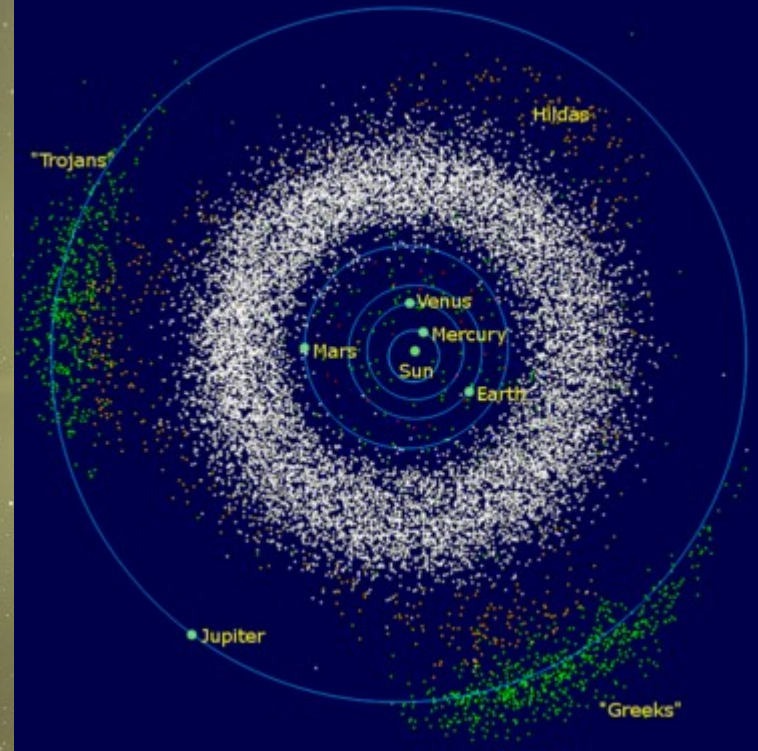
## Троянцы

- В 1906г был открыт первый астероид (588) Ахилл движущийся на орбите Юпитера.
- Еще в XVIIIв. Лагранж доказал, что существует устойчивая конфигурация трех тел, находящихся в так называемых треугольных точках либрации - частном решении ограниченной задачи трех тел.
- Три тела, взаимно притягивающиеся по закону Ньютона, при определенных условиях могут все время движения оставаться вблизи вершин равностороннего треугольника.
- Каждый троянец движется на  $60^\circ$  впереди или позади Юпитера на его орбите. Семейство троянцев Юпитера к 2004г составляет 1640 объектов, причем группа ведущих троянцев в полтора раза больше группы ведомых.



# Астероиды

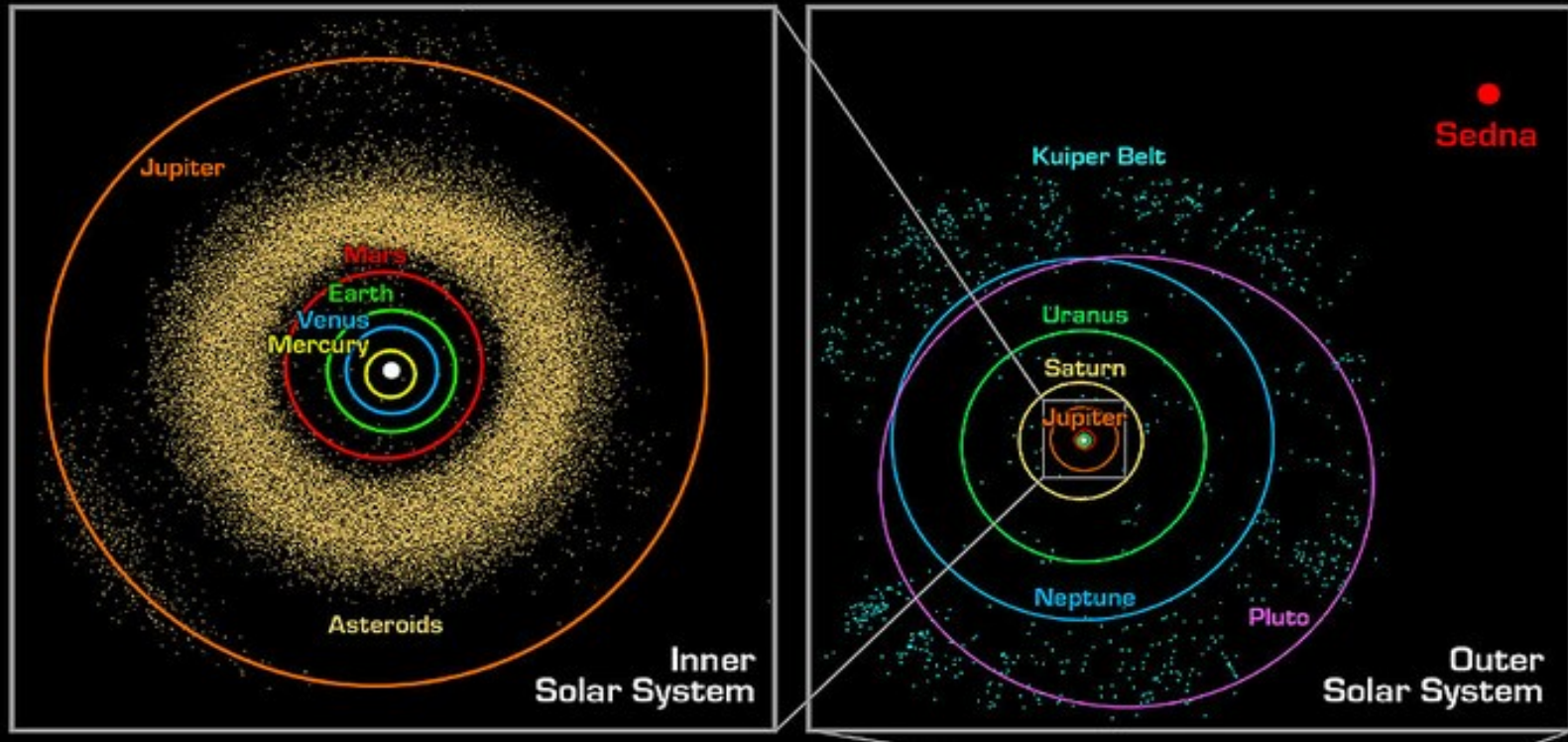
## Троянцы



- Другие большие планеты - Сатурн, Уран и Нептун - также должны иметь трояноподобные тела в соответствующих треугольных точках Лагранжа.
- Открыты шесть троянцев на орбите Марса, причем пять в точке либрации L5, один в L4. Они имеют почти круговые орбиты с большой полуосью 1.52 а.е. и диаметры от 1 до 4км.
- 21 августа 2001 года в лагранжевой точке L4 на орбите Нептуна открыт маленький астероид 2001 QR322. Его большая полуось его почти круговой орбиты составляет 30 а.е. период равен периоду обращения Нептуна вокруг Солнца, т.е. 166 лет. Размер троянца 230км. В 2004г был открыт второй, а сейчас известно уже 4 астероида троянца у Нептуна.

# Астероиды

## Пояс Койпера



- Пояс Койпера-Эджворда – область, простирающаяся от орбиты Нептуна (30 а.е.) до 150 а.е., населенная небольшими ледяными телами, по размерам близкими к астероидам.

# Астероиды

## Пояс Койпера



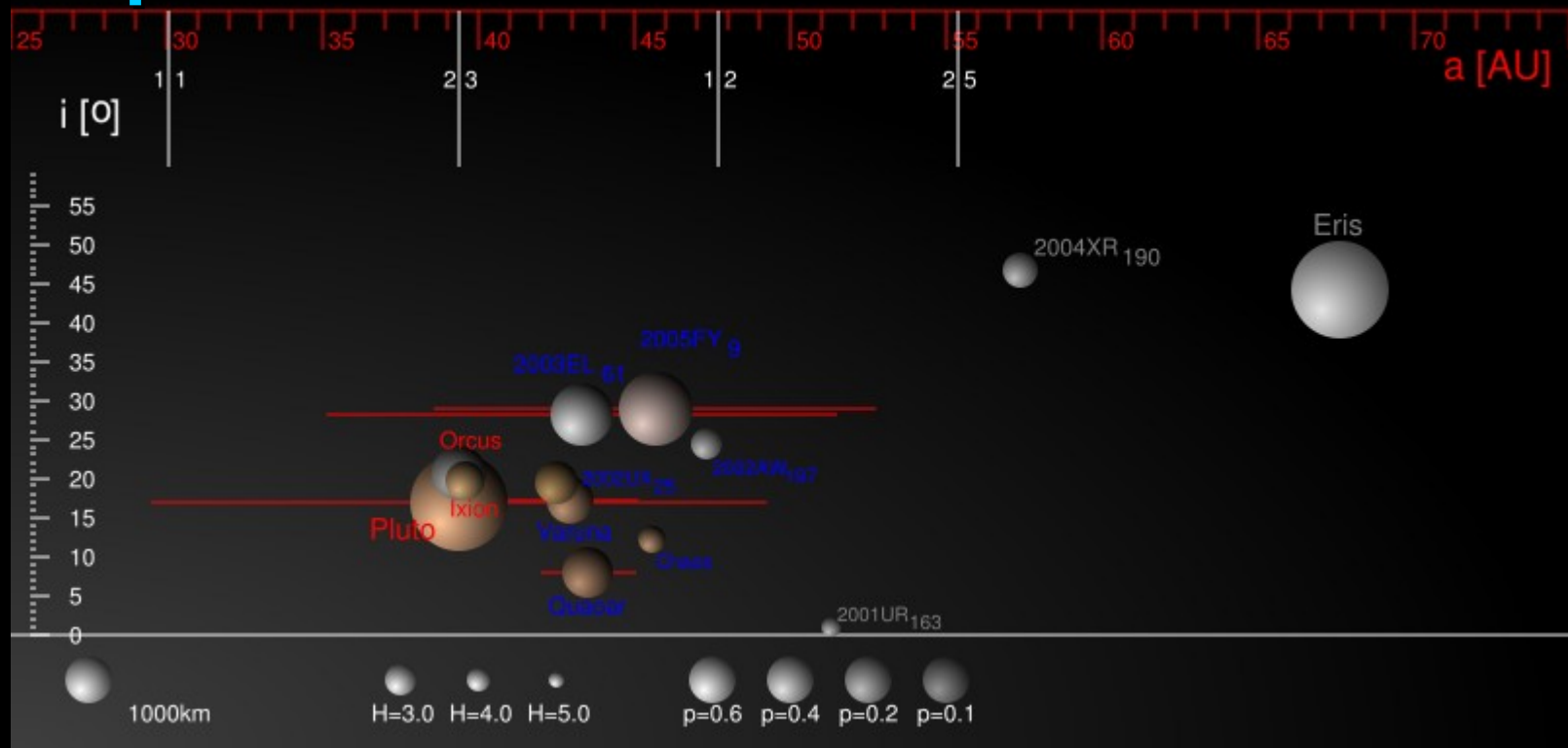
• Голландский планетолог Герард Койпер в 1951г. Предсказал наличие пояса за орбитой Нептуна, который является источником короткопериодических комет. Однако ирландский теоретик Кеннет Эджворт предположил это еще раньше, в 1943 -1949г.г.

• Первый объект 1992QB<sub>1</sub>, входящий в пояс Койпера был открыт 30 августа 1992 года на расстоянии около 50 а.е. от Солнца.

• В 1993 году пояс Койпера пополнился еще 5 объектами. В 1994 году были открыты 12 планет, в 1995 году - 15, в 1996 году - 14, в 1997 году - 18, в 1998 году - 41. В 1999 году были найдены 125 объектов, а в 2000 году - 135. За первое полугодие 2001г обнаружено только 13 планет. Общее число объектов в поясе Койпера стало составлять 379.

# Астероиды

## Карликовые планеты



В ноябре 1999г. был открыт транснептунианский объект Варуна с диаметром 2000км. 2 июля 2001г астрономы открыли еще один астероид 2001 KX76 с диаметром 1270 км, что больше чем диаметр Цереры (932 км) и спутника Плутона Харона (1200 км). В начале октября 2002г открыт объект 2002 LM60 (назван Quaoar) диаметр которого – 1280км.



# Астероиды

## Карликовые планеты



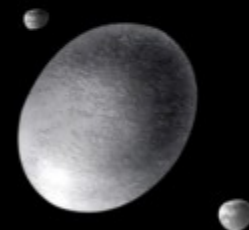
Eris



Pluto



2005 FY<sub>9</sub>



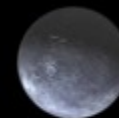
2003 EL<sub>61</sub>



Sedna



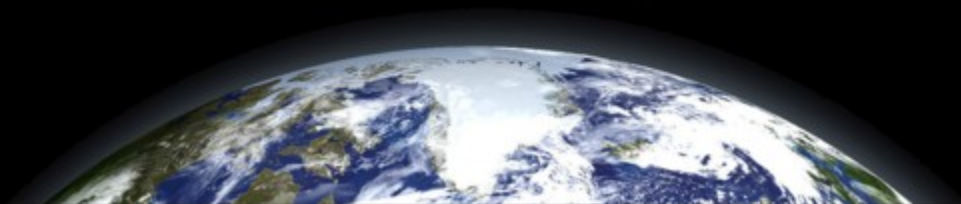
Orcus



Quaoar



Varuna



Сейчас открыты 26 объектов размером 600-1200 км. Из них 6 тел больше 900 км. Это (20000) Варуна 2000 WR106, (28978) Иксион 2001 KX36, (50000) Кваввар 2002 LM60, (55636) 2002 TX300, (55637) 2002 UX25 и (55565) 2002 AW197.

14 ноября 2003 г. был открыт объект Sedna с диаметром от 1180 до 1800км.

В 2006г. МАС понизил статус Плутона из планеты в новый класс “Карликовых планет”, куда вошли еще несколько уже открытых транснептуновых объектов.

# Астероиды

## Альbedo



- Астероиды могут быть классифицированы по спектру отраженного солнечного света: 75% из них очень темные углистые астероиды типа C, 15% - сероватые кремнистые астероиды типа S, а оставшиеся 10% - M (металлические).
- Классы астероидов связаны с известными типами метеоритов. Имеется много доказательств, что астероиды и метеориты имеют сходный состав, так что астероиды могут быть теми телами, из которых образуются метеориты.
- Самые темные астероиды отражают 3 - 4% падающего на них солнечного света, а самые яркие - до 40%.
- Многие астероиды регулярно меняют яркость при вращении.

# Астероиды

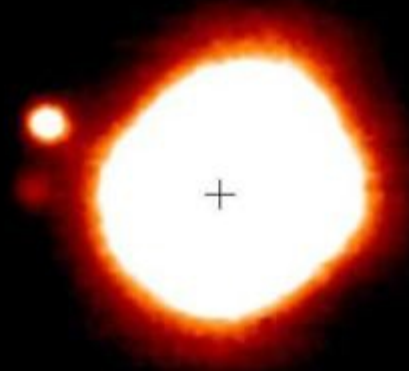
## Форма, рельеф, вращение

- В следствие незначительной гравитационной массы все астероиды имеют неправильную форму.
- Поверхность астероидов сильно испещрена кратерами от частых соударений с другими малыми телами.
- Самые маленькие астероиды вращаются наиболее быстро (длительное влияние излучения Солнца, которое не сильно сказывается на больших объектах).



# Астероиды

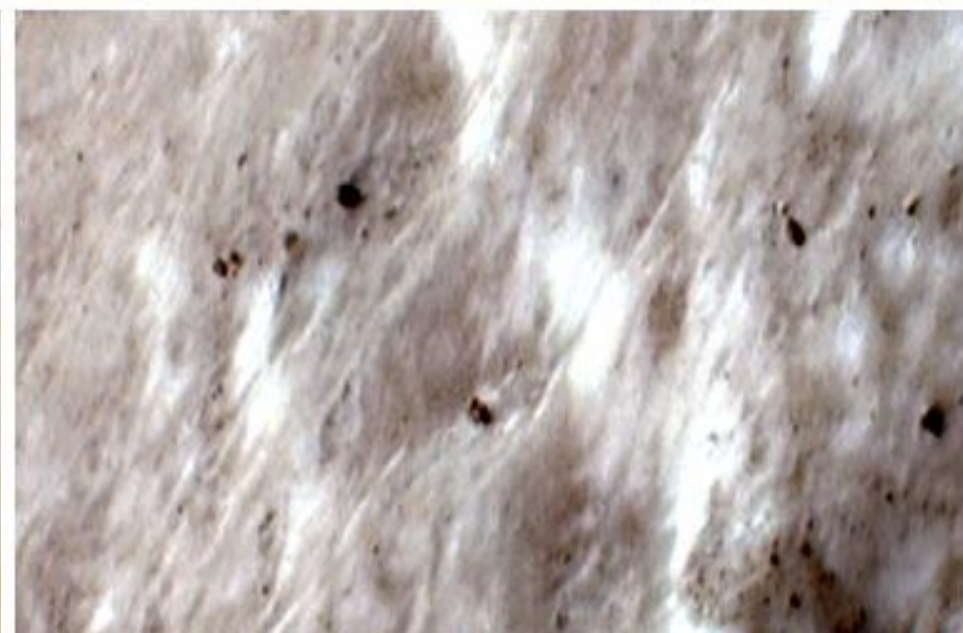
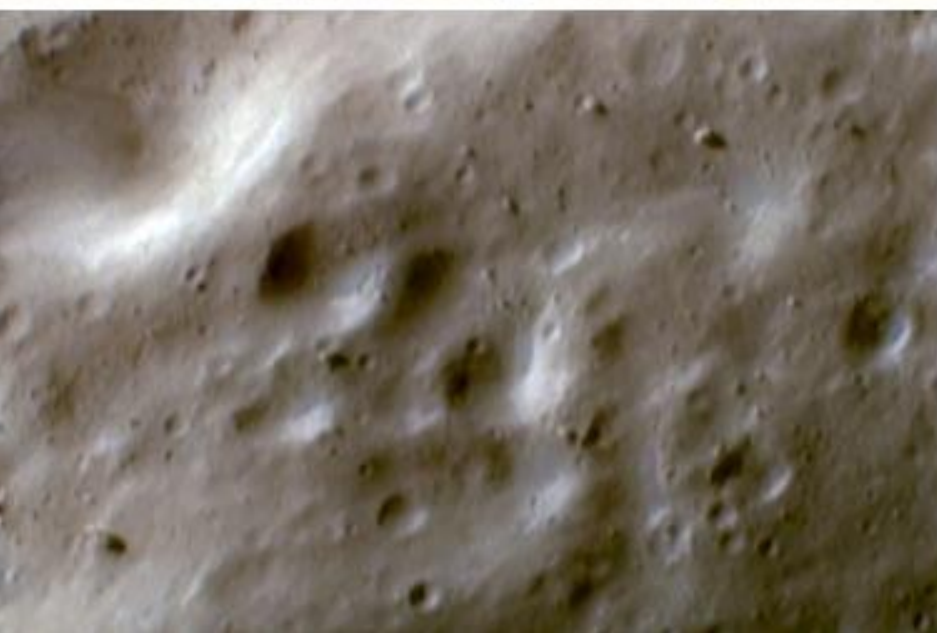
## Двойные и кратные астероиды



- До конца XIX века об астероидах сложилось представление как об одиночных телах.
- В конце 1970-х годов в Китае с помощью 0.6 и 1 - метрового телескопов была выявлена двойственность астероида 9 Метис.
- Первый спутник у астероида (Dactile) был замечен лишь в 1993 году во время пролета межпланетного зонда "Galileo" мимо малой планеты 243 Ida.
- К концу 2003г среди малых планет обнаружены более 30 двойных объектов.
- У астероида 87 Sylvia (открыт в 1866г) с размерами 380x260x230 км и полуосью орбиты 3,5 а.е. Целых два спутника. Они были обнаружены в 2001г. С помощью телескопов Кекк.
- Расстояние до ближайшего спутника (Рем) – 710км., до второго – 1360км (Ромул). Периоды обращения – 33 и 87,6 ч. Размеры – 7 и 18км соответственно.
- Сама Сильвия вращается с периодом 5ч 11мин.
- Предположительно, Сильвия обзавелась спутниками всего 60000 лет назад.

# Астероиды

## Рельеф астероидов



Снимки поверхности астероида Эрос, полученные 16 октября 2000г. КА NEAR Shoemaker с высоты 54км. Заметные частые изменения яркости и однородность цвета.

# Астероиды

## Рельеф астероидов



Снимки поверхности астероида Эрос, полученные 25-28 января 2001г. КА NEAR Shoemaker с высоты 13,5км-4,9км. Поперечники верхних снимков – 550м, нижних - 230м.

# Астероиды

## Обозначения астероидов

- Идея нумеровать астероиды по порядку их открытия ведет свой отсчет с начала 1850-х.
- Первоначально такие порядковые номера назначались редакторами немецкого журнала “Астрономические сообщения” (Astronomisches Nachrichten) сразу же после получения сообщений от наблюдателей о новом открытии.
- В 1892 году появилась система предварительных обозначений. А окончательный номер присваивался впоследствии редакторами “Берлинского астрономического ежегодника” (Berliner Astronomisches Jahrbuch), и только тем объектам, для которых были вычислены приемлемые орбитальные элементы.
- Первая предварительная схема обозначения новых астероидов первоначально состояла из года открытия и буквы: например, 1892 А, 1892 В. Но уже в следующем году двадцати пяти доступных символов оказалось недостаточно и впервые появился ряд двойных обозначений: 1893 АА, 1893 АВ, и т.д.
- А в 1916 году символы достигли ZZ и, чтобы не увеличивать далее количество букв, ряд с двойными символами был перезапущен с 1916 АА.

# Астероиды

## Обозначения астероидов

- Сегодня каждый новый обнаруженный объект получает предварительное обозначение, начинающееся с года открытия. Далее следует латинская буква, которая уточняет в каком месяце оно было сделано (учитываются каждые полмесяца, поэтому используются все 24 буквы латинского алфавита кроме последней Z, и за исключением I, которая похожа на J).
- Устанавливается, что A и B - это половины января (с 1 по 15 и с 16 по 31 числа соответственно), C и D - февраля, E и F - марта и так далее. За первой латинской буквой следует вторая, которая определяет простой порядковый номер открытия в данной половине месяца.
- Дальнейшее увеличение количества букв бессмысленно, поэтому вместо букв стали использовать цифровые указатели количества таких комбинаций. Так, первые 25 новых астероидов, обнаруженных во второй половине марта например 2000 года, должны будут получить предварительные обозначения 2000 FA, 2000 FB, ... 2000 FY, 2000 FZ. Очередные (с 26 по 50) будут именоваться уже как 2000 FA1, ... 2000 FZ1. Следующие 25 - как 2000 FA2, ... 2000 FZ2 и так далее.



# Астероиды

## Обозначения астероидов

- В случае первооткрытия объекта, который не может быть идентифицирован с любым уже известным объектом, данные наблюдения передаются в Центр малых планет (Minor Planet Center). MPC присваивает новому объекту предварительное обозначение до наступления следующего противостояния. Если при очередном противостоянии астероид наблюдается вновь - ему присваивается порядковый номер и начинается процедура выбора имени.
- Привилегия в предложении собственного имени для нового объекта отдается его первооткрывателю, который должен подготовить небольшое обоснование своего выбора. Название предлагается на рассмотрение интернациональной комиссии №20 Международного Астрономического Союза, состоящей из 11 профессиональных астрономов, занимающихся исследованиями малых планет.
- Основные требования комиссии просты: новое название не должно дублировать уже существующие; состоять предпочтительно из одного слова (не более чем из 16 символов) и быть удобопроизносимым.
- Принятые имена становятся официальными после их публикации в специальных циркулярах, выпускаемых ежемесячно Центром малых планет, образованном в 1947г при Гарвардском университете, (Кембридж, Массачусетс).

# Астероиды

## Типы астероидов

| Тип      | Описание  |
|----------|---|
| <b>A</b> | Редкий тип астероида, характеризующийся умеренно высоким альбедо и интенсивным красным цветом. Сильное поглощение в ближнем инфракрасном диапазоне интерпретируется как свидетельство присутствия оливина.                              |
| <b>B</b> | Подкласс астероидов типа C, отличающихся более высоким альбедо.   |
| <b>C</b> | Категория темносерых астероидов с альбедо около 5%. "C" - означает "углистый", поскольку они, как полагают, состоят из вещества того же типа, что и углистые хондриты. Астероиды типа C распространены во внешней части главного пояса. |
| <b>D</b> | Тип астероидов красноватого цвета, редко встречающихся в главном поясе, но обнаруживаемых все чаще на больших расстояниях от Солнца.  |
| <b>E</b> | Редкий тип астероидов с высоким альбедо. По химическому составу они могут обнаруживать сходство с метеоритами, известными как энстатитовые ахондриты.   |
| <b>F</b> | Подкласс астероидов типа C, отличающийся слабым ультрафиолетовым поглощением в спектрах или полным его отсутствием.   |
| <b>G</b> | Подкласс астероидов типа C, отличающихся сильным ультрафиолетовым поглощением в спектре.  |

# Астероиды

## Типы астероидов

| Тип      | Описание  |
|----------|---|
| <b>M</b> | Распространенный тип астероидов с умеренным альбедо, предположительно имеющих металлический состав, подобный составу железных метеоритов.   |
| <b>P</b> | Астероид с низким альбедо. Астероиды типа P наиболее часто встречаются во внешней части главного пояса.   |
| <b>Q</b> | Редкий тип астероидов, похожих по своим свойствам на метеориты, относящиеся к хондритам. К этому классу астероидов принадлежит Аполлон и несколько других приближающихся к Земле астероидов.  |
| <b>R</b> | Редкий тип астероида с умеренно высоким альбедо, примером которого является астероид Дембовска (349).   |
| <b>S</b> | Категория астероидов с промежуточным значением альбедо, которые, как предполагают, подобно каменным метеоритам, состоят из кремнистого вещества. Астероиды типа S во внутренней части пояса астероидов встречаются относительно часто.                  |
| <b>T</b> | Тип астероидов, характеризующихся очень низким альбедо.   |
| <b>V</b> | Класс астероидов, единственным известным членом которого является Веста.  |
|          | Два семейства астероидов, находящихся на одной орбите с Юпитером и группирующихся вокруг точек Лагранжа, отстоящих на $60^\circ$ в обе стороны от планеты. Известно более двухсот таких астероидов, большинство из которых находится в "предшествующей" |

# Астероиды

## Типы астероидов

| Тип            | Описание  |
|----------------|---|
| <b>Троянцы</b> | Два семейства астероидов, находящихся на одной орбите с Юпитером и группирующихся вокруг точек Лагранжа, отстоящих на $60^\circ$ в обе стороны от планеты. Известно более двухсот таких астероидов, большинство из которых находится в "предшествующей" группе. Они не остаются на одном месте орбиты, а колеблются вокруг точек Лагранжа с периодами в 150-200 лет, удаляясь или приближаясь к Юпитеру в пределах $45-80^\circ$ . Первым их троянцев был открыт Ахиллес, что и стало причиной присвоения всем открытым впоследствии астероидам имен героев Троянских войн. Наибольший из Троянцев астероид Патрокл имеет диаметр 272 км. |
| <b>Хильды</b>  | Группа астероидов у внешнего края главного пояса астероидов на расстоянии 4,0 а.е. от Солнца. Названы по имени астероида 153 Хильда диаметром 180 км, открытого Ж. Пализа в 1875г. Их орбитальные периоды соизмеримы с периодом обращения Юпитера в отношении 3:2. От остальной части пояса астероидов они отделены пробелом Кирквуда.  |
| <b>Фокеи</b>   | Группа астероидов с орбитами, наклоненными на $24^\circ$ к плоскости Солнечной системы и находящимися на расстоянии 2,36 а.е. от Солнца. Группа отделена от главного пояса астероидов одним из пробелов Кирквуда. Астероиды этой группы не имеют общего происхождения и не принадлежат к одному семейству. Группа названа по имени астероида Фокея (25) с диаметром около 70 км.  |

# Астероиды

## Типы астероидов

| Тип             | Описание  |
|-----------------|---|
| <b>Хирияммы</b> | Группы астероидов, имеющих подобные орбиты и поэтому расположенных в пространстве близко друг к другу. Существование подобных группировок впервые было отмечено японским астрономом Киоцуго Хираяма в 1918г. С тех пор обнаружено больше сотни таких семейств. Во многих случаях членами семейства оказываются астероиды, относящиеся к подобным или связанным типам, что заставляет думать, что они образовались при разрушении одного исходного тела. К семействам Хирияммы, как полагают, принадлежит примерно половина всех астероидов. |
| <b>Коронида</b> | Одно из семейств Хирияммы, астероиды которого находятся в среднем на расстоянии 2,88 а.е. от Солнца. Члены семейства относятся к типу силикатных астероидов и, как предполагается, происходят из одного родительского тела, имевшего в диаметре около 90км. Самый большой член семейства – Лакримоза (208), около 45 км в диаметре. Семейство названо по имени астероида Коронида (158) диаметром 35 км, открытого в 1876г.   |
| <b>Фемиды</b>   | Одно из астероидных семейств Хирияммы, находящееся на расстоянии 3,13 а.е. от Солнца. Все члены семейства принадлежат к углистому типу астероидов, что предполагает их общее происхождение от одного родительского тела.  |
| <b>Эос</b>      | Одно из астероидных семейств Хирияммы. Члены семейства находятся на расстоянии 3,02 а.е. от Солнца. По своему типу они занимают промежуточное   |

# Астероиды

## Околоземные астероиды

- Астероиды с большими полуосями от 0.6 до 2.5 а.е., которые либо пересекают орбиту Земли, либо достаточно близко подходят к ней, представляют опасность для нашей планеты.
- 13 августа 1898 немецкий астроном Карл Густав Витт открыл астероид 433 Эрос, который в перигелии своей орбиты почти касается орбиты Земли.
- Эрос, один из самых больших (33x13x13 км) и хорошо наблюдаемых околоземных астероидов, который действительно имеет шанс столкнуться с Землей в ближайший миллион лет.
- 2 марта 1932г Эжен Дельпорт из обсерватории в Уккле (Бельгия) обнаружил астероид с перигелийным расстоянием  $q=1,08$  а.е. Это был 1221 Амур (1,9 км), прошедшем в год открытия на расстоянии 16,5 млн.км. от Земли.
- А спустя месяц - 24 апреля того же года, К.Рейнмут из Гейдельберга (Германия) открыл 1862 Аполлона (3,7 км).

# Астероиды

## Околоземные астероиды

- Дальнейшие исследования показали, что это не совсем обычные астероиды, афелии орбит которых, как и положено, находятся между орбитами Марса и Юпитера в главном Поясе астероидов, а вот перигелии лежат вблизи орбиты Земли.
- Именно с этих двух тел, получивших романтические имена малых планет начались семейства "потенциально опасных" астероидов.
- К семейству Амуров стали относить все астероиды с перигелийными расстояниями от 1.33 до 1.017 астрономических единиц.
- Перигейли орбиты объектов семейства Аполлона находится внутри земной орбиты ( $<1.017$  а.е.).
- Сейчас популяция околоземных астероидов содержит более 2380 членов. По состоянию на 28 января 2002 года общее число пролетающих мимо Земли астероидов составляет 1743, в том числе 587 из них имеют размеры более 1 км. В 2001 году было открыто 433 околоземные малые планеты, причем 103 из них имеют размеры более 1 км.

# Астероиды

## Туринская шкала астероидной опасности

|                          |    |   |
|--------------------------|----|---|
| События, без последствий | 0  | Вероятность столкновения в ближайшие десятилетия равна 0, либо столкновения с объектами, которые не смогут достигнуть поверхности Земли, сгорев в ее атмосфере. |
| Заслуживающие внимания   | 1  | Вероятность столкновения крайне низка, порядка вероятности случайного столкновения Земли с объектом такого же размера.  |
| Вызывающие беспокойство  | 2  | Близкий, но не являющийся чем-то необычным, пролет. Столкновение очень маловероятно. (подобные события происходят нередко)                                      |
|                          | 3  | Близко пролетающее тело, вероятность столкновения 1% или выше. Столкновение способно вызвать только локальные разрушения.                                       |
|                          | 4  | Близкий пролет с вероятностью столкновения 1% или более. Столкновение способно вызвать региональные разрушения.   |
| Явно угрожающие события  | 5  | Близкий пролет, который может с существенной вероятностью вызвать столкновение, приводящее к региональной катастрофе.   |
|                          | 6  | Близкий пролет, который с существенной вероятностью может вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с вероятными глобальными последствиями.                 |
|                          | 7  | Близкий пролет, который с существенной вероятностью может вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с неизбежными глобальными последствиями.                |
| Неизбежное столкновение  | 8  | Столкновение приводящее к локальным разрушениям. Такие столкновения с Землей происходят от одного раза в 50 лет до раза в 1000 лет.                             |
|                          | 9  | Столкновение приводящее к региональным разрушениям. Такие события происходят от одного раза в 10000 лет до одного раза в 100,000 лет.                           |
|                          | 10 | Столкновение приводящее к глобальной катастрофе с изменением климата. Такие события случаются один раз в 100,000 лет или реже.                                  |



# Астероиды

## Туринская шкала астероидной опасности



# Астероиды

## Астероидная опасность

• В начале июля 2002 года астрономы пришли к выводу, что 1 февраля 2019 года астероид 2002 NT7 столкнется с Землей. Уже через несколько недель, проведя более тщательные расчеты, ученые опровергли первоначальный прогноз. Астероид 2002 NT7 имеет диаметр 2030 метров, объем 4,4 куб км, массу около 11 млрд. тонн, скорость - 26,24 км/с., период обращения вокруг Солнца - 837 дней. Энергия - эквивалентна взрыву 1 млн. мегатонн тротила.

• Если такой астероид врежется в Землю, масштабы разрушений будут катастрофическими. Радиус 250 км - полное разрушение, 400 км - ветер со скоростью 500 км/ч, 600 км - область сплошных пожаров, 1000 км - землетрясения, ураганы, цунами.

• Дальше произойдет снижение температуры на 8 °C в течение нескольких недель, гибель сельскохозяйственных посевов, повреждения озонового слоя, прекратится фотосинтез. Увеличение количества углекислого газа в атмосфере вызовет парниковый эффект. Температура повысится, начнется таяние полярных льдов, и большая часть суши будет затоплена. Нарушится магнитное поле Земли, изменится динамика тектонических процессов, возрастет активность вулканов.

# Астероиды

A large, dark, irregularly shaped asteroid is shown in the foreground, set against a background of a bright, glowing Earth. The Earth's horizon is visible, with a blue and white atmosphere. The scene is set in the dark void of space, with some distant stars visible.

## Астероидная опасность

- Самый опасный для Земли на сегодня астероид 2004 VD17. Астероид был выявлен в ходе реализации проекта LINEAR (Lincoln Laboratory Near-Earth Asteroid Research) Массачусетского технологического института. Данный астероид имеет шанс 1/1000 на нанесение удара Земле 4 мая 2102 года.
- Диаметр 2004 VD17 - 580 м., масса - около миллиарда тонн. Астероид такого размера при падении на Землю образовал бы ударный кратер приблизительно 10 километров шириной и вызвал бы землетрясение силой в 7,4 балла по шкале Рихтера (при этом выделится энергия порядка 10 тысяч мегатонн, что сопоставимо с содержимым всех земных ядерных арсеналов). Оценка опасности этого астероида по Туринской шкале равна 2.
- Самым высоким уровнем, когда-либо достигаемым астероидом, был уровень 4 в декабре 2004 года у астероида 99942 Apophis диаметром 320 метров (масса 100 миллионов тонн), однако последующие вычисления понизили оценку уровня его опасности до 1. Так что VD17 в настоящее время в списке потенциально опасных астероидов NASA стоит выше самого Апофиса (его шансы столкнуться с Землей 13 апреля 2036 года оцениваются как 1/5000).

# Астероиды

## Опасные объекты на ближайшие 100 лет

| Объект                 | Годы      | Число<br>столк. | Вероят-<br>ность | $\hat{v}$<br>(км/с) | $H$  | $D$<br>(км) | $P_{max}$ | $P_{sum}$ | $T_{max}$ |
|------------------------|-----------|-----------------|------------------|---------------------|------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 1997 XR <sub>2</sub>   | 2101–2101 | 2               | 9.7e–05          | 7.17                | 20.8 | 0.230       | –2.71     | –2.44     | 1         |
| 2002 XY <sub>38</sub>  | 2084–2101 | 8               | 4.9e–04          | 6.61                | 23.0 | 0.090       | –3.01     | –2.74     | 0         |
| 1979 XB                | 2056–2101 | 3               | 3.3e–07          | 24.54               | 18.5 | 0.685       | –3.14     | –3.07     | 0         |
| 2000 SG <sub>344</sub> | 2068–2101 | 68              | 1.8e–03          | 1.37                | 24.8 | 0.040       | –3.43     | –3.08     | 0         |
| 2000 QS <sub>7</sub>   | 2053–2053 | 2               | 1.3e–06          | 12.32               | 19.6 | 0.420       | –3.46     | –3.27     | 0         |
| 1994 UG                | 2025–2102 | 85              | 7.3e–06          | 6.31                | 21.3 | 0.187       | –3.51     | –3.37     | 0         |
| 1994 WR <sub>12</sub>  | 2054–2074 | 49              | 2.7e–05          | 9.87                | 22.1 | 0.129       | –4.00     | –3.39     | 0         |
| 1994 GK                | 2051–2071 | 7               | 6.1e–05          | 14.87               | 24.2 | 0.050       | –3.84     | –3.83     | 0         |
| 2000 SB <sub>45</sub>  | 2074–2101 | 83              | 1.5e–04          | 7.54                | 24.3 | 0.050       | –4.28     | –3.86     | 0         |
| 2001 CA <sub>21</sub>  | 2020–2073 | 4               | 1.7e–08          | 30.66               | 18.5 | 0.678       | –4.10     | –3.89     | 0         |
| 1998 HJ <sub>3</sub>   | 2100–2100 | 2               | 7.2e–08          | 24.23               | 18.4 | 0.700       | –4.16     | –3.93     | 0         |

# Астероиды

## Гипотезы возникновения

- Одной из наиболее популярных ранее гипотез происхождения пояса астероидов является представление о разрушении гипотетической планеты Фэтон. Однако необъяснимой остаётся причина разрушения планеты, на этот счёт высказываются различные предположения.
- Большинство современных исследователей, однако, отвергают теорию Фэтона. Аргументом является малая суммарная масса астероидов и сомнительность формирования крупного объекта типа планеты в области Солнечной системы, испытывающей сильные гравитационные возмущения от Юпитера.
- Согласно другой гипотезе, астероиды являются остатками вещества, из которого сформировалась Солнечная система.
- Это предположение подкреплено тем, что преобладающий тип астероидов внутри пояса астероидов меняется с увеличением расстояния от Солнца.

# Астероиды

## Исследования астероидов КА

| Запуск     | Станция            | Основные комментарии  |
|------------|--------------------|---|
| 18.10.1989 | "Galileo"<br>(США) | Вес аппарата - 2380 кг. Основная цель - Юпитер и его спутниковая система. При пролете через пояс астероидов <b>29.10.1991</b> - пролет вблизи астероида (951) Gaspra (1600 км), <b>28.08.1993</b> - пролет вблизи астероида (243) Ida (2400 км) запечатлел сравнительно большой астероид Ида и спутник Дактиль. Это первый двойной астероид, обнаруженный исследователями.            |
| 17.02.1996 | "NEAR"<br>(США)    | Вес аппарата - 805 кг. Основная цель - «встреча» и изучение с орбиты астероида (433) Эрос, попутно же станция прошла еще и возле астероида Матильда диаметром 52 км - крупнейшего из астероидов, исследованных с помощью космических станций. NEAR - первый космический аппарат совершивший успешную посадку на астероид.   |
| 15.10.1997 | "Cassini"<br>(США) | Вес аппарата - 2523 кг. Главной задачей проекта Сатурн и его спутниковая система. Пролетая через пояс астероидов сделал фото астероида Мазурский (2685) в 2000 году с расстояния 16 млн. км. Впервые с помощью космической техники изучен объект, труднодоступный для наблюдений с Земли из-за его малого диаметра (15-20 км), величину которого удалось определить только по снимку. |

# Астероиды

## Исследования астероидов КА

| Запуск     | Станция                 | Основные комментарии   |
|------------|-------------------------|--|
| 24.10.1998 | "Deep Space 1"<br>(США) | Вес аппарата - 373,7 кг. Экспериментальная станция Deep Space 1 запущена для испытания двенадцати новых технологий. Во время полета проводятся исследования солнечного ветра, а также измеряется влияние работы ионного двигателя на измерения плазмы. 28 июля 1999 года встретится с астероидом Брайль (1992 KD). После встречи с астероидом траектория станции была изменена и 22 сентября 2001 года станция выполнила пролет возле кометы Боррелли. |
| 07.02.1999 | "Stardust"<br>(США)     | Вес аппарата - 300 кг. КА StarDust встретился с кометой Wild-2 в начале 2004 года и собрал образцы кометного вещества. Прошел 2 ноября 2002г вблизи астероида <b>Аннафранк</b> , передав на Землю фото.  |
| 09.05.2003 | "Hayabusa"<br>(Япония)  | Вес аппарата - 415 кг. Главная задача - взять пробу грунта с астероида и возвратиться на Землю. Хотя "настоящей" посадки в данной миссии не предусмотрено. Зонд Hayabusa вышел в начале сентября 2005г на околоастероидную орбиту высотой 20 км от астероида Itokawa, на которой работал 3 месяца. Изучив астероид и взяв образцы астероидного вещества, зонд Hayabusa отправился к Земле. Но все оказалось не так просто.                             |

# Астероиды

## Новые миссии к астероидам

|            |                                |   |
|------------|--------------------------------|---|
| 02.03.2004 | <b>"Rosetta"</b><br>(Европа)   | Вес - 1200 кг. Rosetta - кометная миссия ESA. КА запущен с космодрома <b>Куру</b> во Французской Гвиане ракетой-носителем <b>Ariane-5G</b> . После длительного полета аппарат встретиться с кометой Churyumov-Gerasimenko и выйдет на орбиту вокруг нее в ноябре 2014 года. На поверхность кометы опустится посадочный модуль, который проведет научные исследования. В течении круизной фазы, КА выполнит гравитационные маневры, один раз около Марса и два раза около Земли (первый совершил в марте 2005г). По пути встретится с астероидом (2867) Steins (5.09.2008) размером в несколько километров и Lutetia (21) (10.07.2010) в добрую сотню километров.  |
| 19.01.2006 | <b>"New Horizons"</b><br>(США) | Вес КА - 463 кг, запуск с "Мыс Канаверал". Миссия предназначенная для облета Плутона и его спутника Харона, для трансляции на Землю изображений (2015г). После чего аппарат продолжит свое путешествие к Поясу Койпера (полет к Поясу Койпера займет еще 5-10 лет), где он должен будет исследовать объекты пояса. Первичные цели миссии - получение глобальной геологической карты планеты и ее спутника и характеристики атмосферы Плутона. В пролетной траектории возможны пролеты возле астероидов. В феврале 2007г зонд должен совершить маневр в гравитационном поле Юпитера, увеличив таким образом свою скорость и изменив траекторию движения. 2.06.2006г КА вошел в пояс астероидов, а 11 июня 2006г был сделан первый снимок астероида с 3,36 млн км, а 13 июня он прошел от астероида на расстоянии в 100 тысяч км. |
| 07.2007    | <b>"Dawn"</b><br>(США)         | Основная цель станции «Dawn» («Заря») - изучение астероидов, расположенных в их «родном доме» - в главном поясе между Марсом и Юпитером: Церера и Веста. Она должна прибыть к Весте в 2010-м и в течение года проводить исследования с орбиты вокруг этого астероида. Затем планируется перелет внутри пояса астероидов - к Церере, который займет еще около 3 лет. Выйдя на орбиту искусственного спутника Цереры, станция должна будет на протяжении года заниматься изучением этого астероида, после чего в середине 2015 года миссия ее будет считаться завершенной. Изначально на одобренную в 2001 году программу планировалось потратить 373 миллиона долларов, однако в дальнейшем ее стоимость возросла до 446 миллионов.  |



# Астероиды

## Полезность наземных наблюдений

- **Изучение изменения блеска астероидов** – характер и параметры вращения, наличие спутников, неравномерная отражательная способность, форма.
- **Наблюдение покрытий астероидов звездами** – точная форма астероида по его тени, уточнение параметров орбиты астероида.
- **Фотометрические наблюдения, исследование альbedo и цвета астероидов** – определение состава поверхности.
- **Позиционные наблюдения** – уточнение параметров орбиты астероидов, ее изменения со временем под влиянием планет.
- **Открытие новых астероидов** – оценка, прогнозирование и предупреждение астероидной опасности, уточнение состава Солнечной системы, плацдарм для будущего освоения внеземных ресурсов.
- Все эти наблюдения доступны сегодня подготовленным любителям астрономии и могут принести серьезный вклад в науку.

# Астероиды

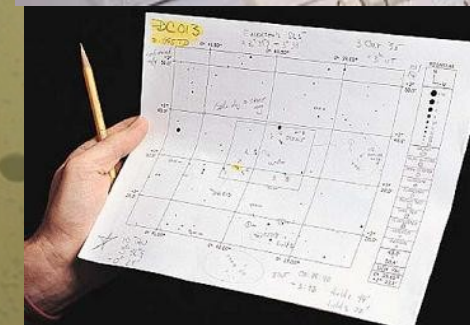
## Методика открытия астероидов

Требуется:

- Темное, не засвеченное небо
- телескоп с диаметром объектива не менее 8" и чувствительная ПЗС-матрица, позволяющие получать за 4-5 минут экспозиции звезды 18 величины
- Компьютерные планетарии, звездные каталоги на CD/DVD, программа-блинккомпаратор, астрометрическая программа
- доступ к Интернет для проверки и заявления об открытии

Методика поиска:

- Съемка перекрывающихся областей вдоль эклиптики через небольшой интервал времени (1 час)
- Совмещение изображений на компьютере и изучение их методом блинкования (движущийся объект будет мигать)
- Определение координат объекта и сверка с каталогами.



# Астероиды

## Список литературы

- Дэвид Ротери. Планеты. - М.: Гранд, 2005.
- П.Г.Куликовский. Справочник любителя астрономии – М. УРСС, 2002
- Главный пояс астероидов в Wikipedia URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Главный\\_пояс\\_астероидов](http://ru.wikipedia.org/wiki/Главный_пояс_астероидов)
- Астероиды URL: <http://astro.websib.ru/System/Aster/Astero.htm>
- Пол Мэйли. Покрытия звезд астероидами. Руководство наблюдателя URL: <http://www.astronomer.ru/library.php?action=2&sub=2&gid=65>
- Деннис де Чикко. Ловля астероидов. URL: <http://www.astronomer.ru/library.php?action=2&sub=2&gid=53>
- Б. Р. Мушаилов/ГАИШ МГУ. О проблеме кометно-астероидной опасности – URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1220319>