

Первичная метеоритная бомбардировка

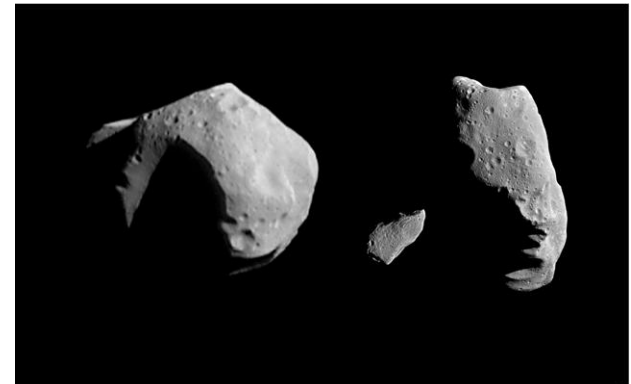
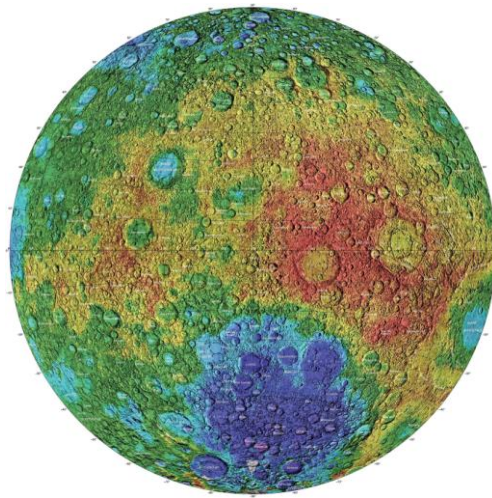
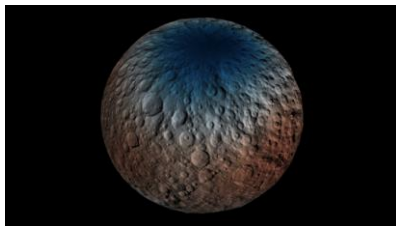
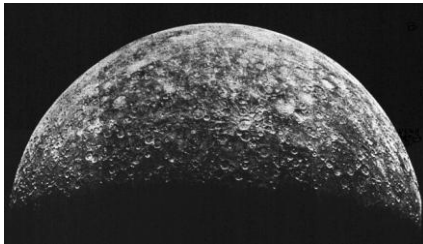
A dramatic cosmic scene depicting the early stages of a planetary system. A large, reddish-orange nebula or gas cloud dominates the center, with a stream of dark, rocky bodies (planetesimals or meteoroids) falling towards it. In the foreground, a large, cratered planet (likely Earth or a protoplanet) is visible on the right, showing a dark, textured surface with numerous impact craters. The background is filled with stars and other celestial bodies, creating a sense of vastness and early cosmic activity.

А.В.Багров,
ИНАСАН

Коллоквиум "Земля на ранних этапах развития солнечной планетной системы"
28-30 ноября 2016 года, ГАИШ МГУ

Все тела Солнечной системы хранят следы космических ударов

Первичная метеоритная бомбардировка, она же - Поздняя тяжёлая бомбардировка, лунный катаклизм, последняя метеоритная бомбардировка, — временной период от 4,1 до 3,8 млрд лет назад, в течение которого, как считается, сформировались многие кратеры на Луне и, предположительно, также на Земле, Меркурии, Венере и Марсе.



Mathilde

Gaspra

Ida

Датировка периода основана на определении радиоизотопного возраста лунных образцов, которая совпадает с возрастом большинства собранных метеоритов.



Свидетельства особо мощных ударных воздействий

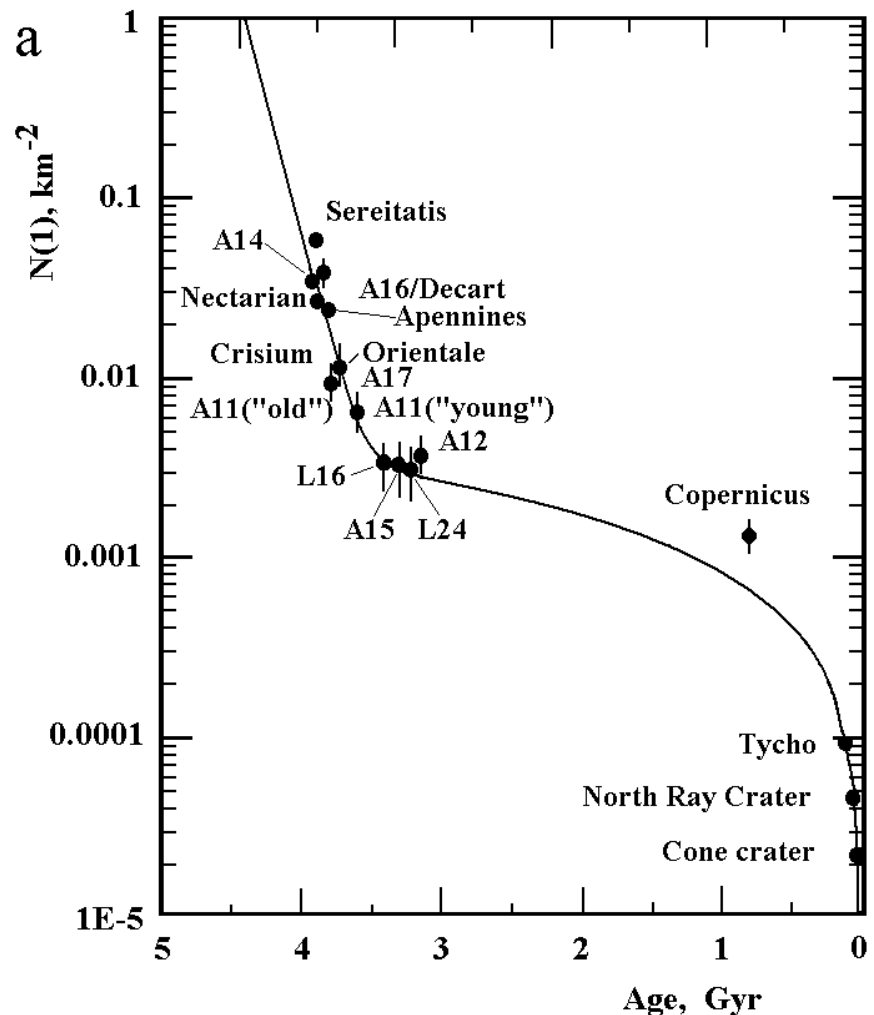
- Меркурий – имеет самый большой эксцентриситет орбиты и очень малый период вращения
- Венера – имеет поверхность, подобную лунным морям (общепланетное лавовое поле) и медленное обратное вращение
- Земля – имеет наклон оси вращения относительно плоскости ее орбиты
- Марс - имеет наклон оси вращения относительно плоскости ее орбиты
- Уран – имеет почти нулевой наклон оси вращения относительно плоскости орбиты

Продолжительность бомбардировки была очень короткой

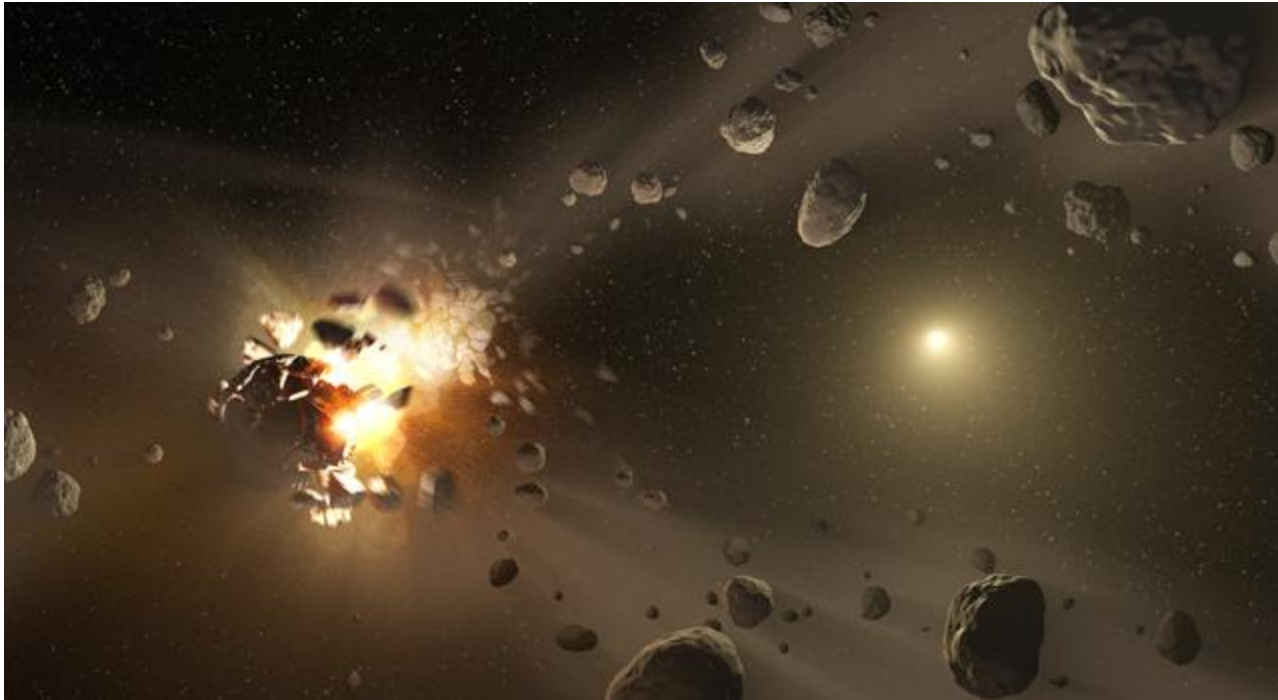
Активная бомбардировка Луны закончилась 3,87 млрд. лет назад, при том, что возраст Луны составляет 4.527 ± 10 млн лет.

Последние 3.5 млрд. лет темп кратерообразования слабо меняется и находится на невысоком уровне. Характер изменения темпа ударных событий указывает на два разных источника.

Интересный факт: возрасты Земли, Луны и Солнца практически совпадают.

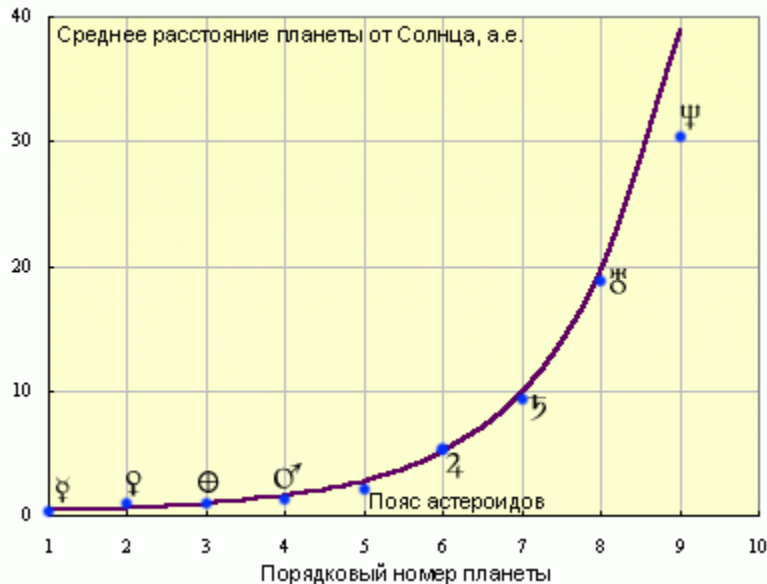


Что явилось источником ударных тел Первичной бомбардировки?



Только на поверхности Луны выявлено около 15 тысяч ударных кратеров диаметром более 10 км. Для того, чтобы остальные планеты имели пропорциональное их площади число ударников, оно должно было составлять несколько миллионов.

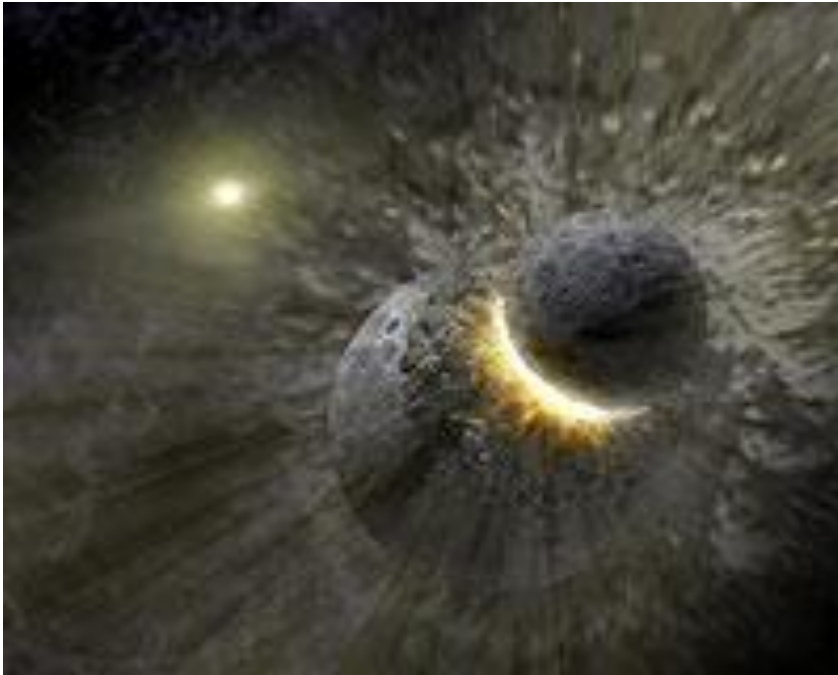
В промежутке между орбитами Марса и Юпитера много астероидов



Стандартная планетная космогония утверждает, что астероиды Главного пояса – это планетезимали, которым гравитационное влияние Юпитера не позволило собраться в целую планету. Считается, что именно астероиды ответственны за Великую бомбардировку.

Наблюдения подтверждают, что тяготение Юпитера разделяет орбиты астероидов на группы, разделенные резонансными «люками Кирквуда». Численное моделирование показывает однако, что гравитационные воздействия Юпитера на орбиты астероидов эффективны только при полном отсутствии газа в протопланетном облаке.

Загадка планеты Ольберса



Два века назад Генрих Ольберс предположил, что астероиды возникли в результате разрушения неизвестной планеты, находившейся на предсказанной Правилем Тициуса-Бода орбите между Марсом и Юпитером.

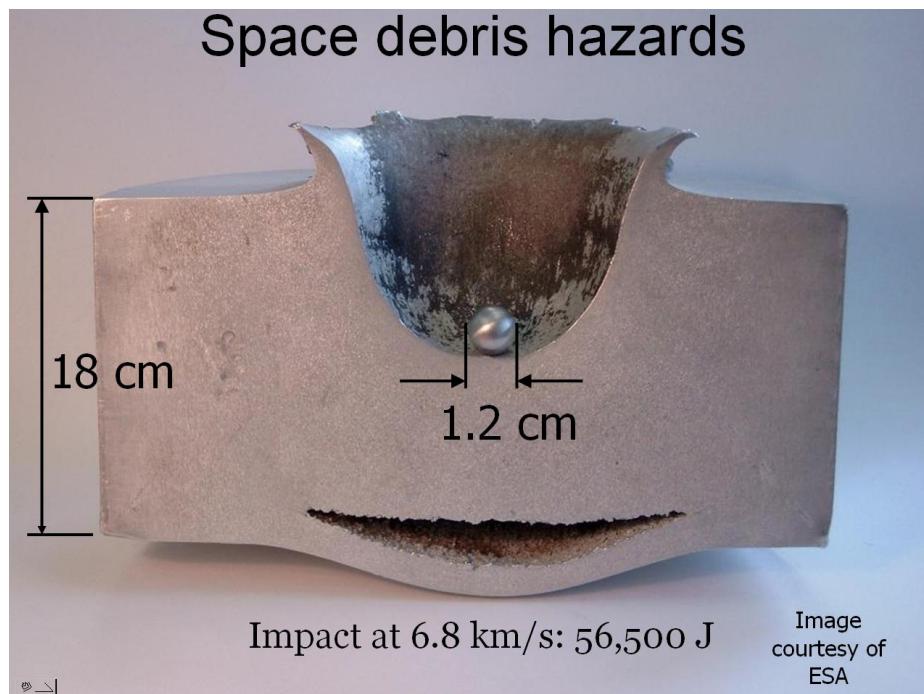
Огромное число осколков планеты могло бы объяснить мгновенное появление ударных тел Великой бомбардировки

До недавнего времени единственным серьезным возражением против идеи Ольберса было отсутствие представлений об источниках энергии, необходимой для разрушения полноценной планеты. Сейчас ясно, что такой энергией обладает межзвездный скиталец – планетезималь, потерянная другой звездой, - с массой Луны на скорости 100 км/с

Гиперскоростной удар

Теория гиперскоростного удара пока развивается только для ударников малой массы и для твердой мишени. Эксперимент подтверждает теоретические построения.

Если планета Ольберса, подобно нашей планете, имела расплавленные недра, то удар должен был «разбрызгать» ее недра по всей Солнечной системе.

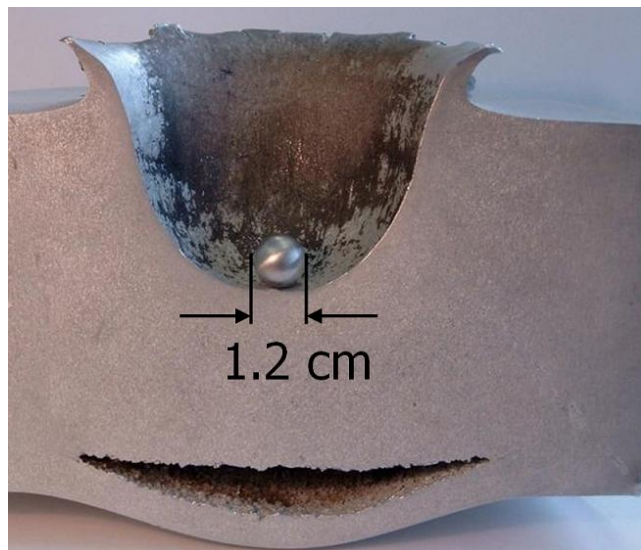


Ударники из фрагментов Фазтона не могли быстро остыть, и имели вязкую консистенцию. Это легко объясняет большое отношение диаметров ударных кратеров к их глубине, характерное для кратеров на Луне и Меркурии, а также большие кратеры на астероидах, не разрушавших сталкивающиеся тела.

Аргументы в защиту гипотезы Ольберса

- Многочисленные фрагменты Фаэтона сталкивались с планетами и между собой. В результате таких столкновений реализовывались условия захвата тел даже небольшими по массе астероидами. В настоящее время считается, что не менее 10% известных астероидов является двойными.
- Тела, находившиеся на пересекающихся орбитах, давно столкнулись между собой, а в период после Великой бомбардировки столкновений практически нет. (Иначе двойные астероиды не сохранились бы).
- Все ударники были израсходованы за короткое время, соответствующее кратности периодов обращения на пересекающихся орбитах.

Происхождение Луны



При гиперскоростном ударе в теле мишени возникает волна напряжений, которая приводит к отрыву части мишени со стороны, противоположной удару.

При разрушении Фаэтона должна была оторваться от планеты часть ее коры вместе с частью мантии, которая под действием собственного тяготения приняла сферическую форму.

Оторвавшаяся часть должна была остаться на гелиоцентрической орбите. Если во время близкого прохождения от Земли оторвавшийся фрагмент испытал столкновение с другим фрагментом, то реализовались условия для захвата соединившихся фрагментов на околоземную орбиту. Свидетельством столкновения с массивным телом является ударный кратер Oriental (депрессия «Южный полюс – кратер Аткинс») диаметром 860 км.

Вязкое тело на орбите

Приливные силы, действующие на вязкое тело, приводят:

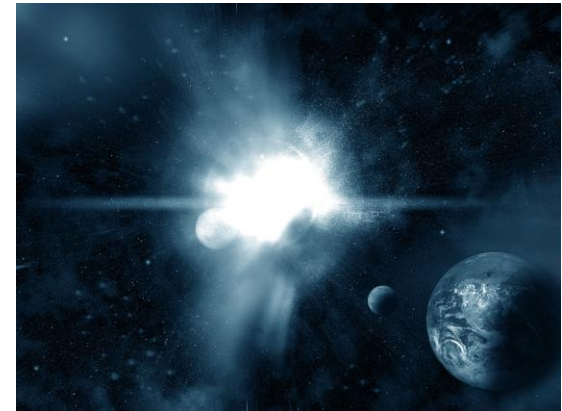
- К уменьшению эксцентриситета орбиты;
- к уменьшению наклона орбиты к плоскости экватора планеты;
- к синхронизации периода вращения и периода обращения.

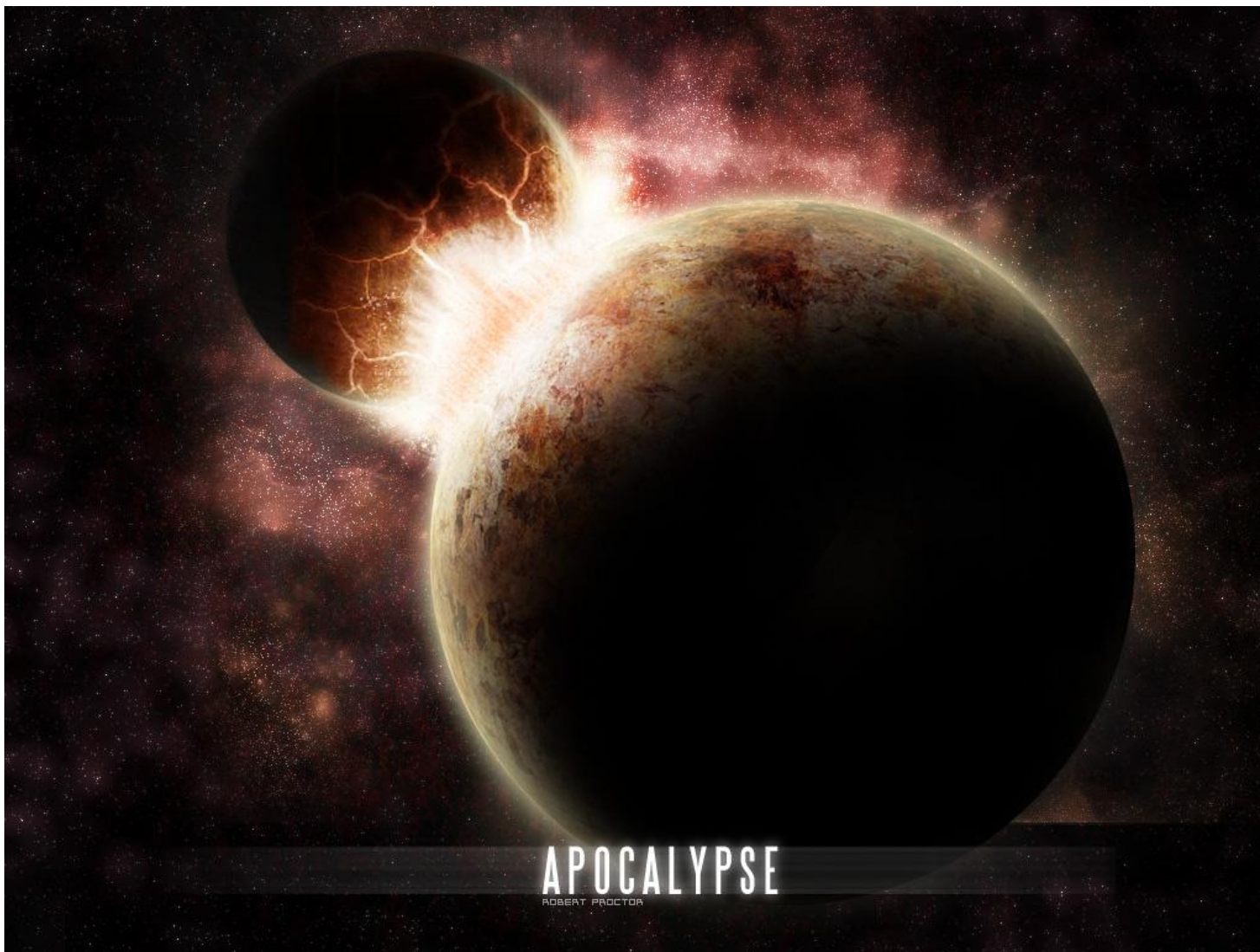
Все регулярные спутники планет Солнечной системы и захваченные спутники Марса находятся на круговых орбитах, расположенных в плоскости экватора своей планеты и синхронизованы.

Следовательно, изменение наклонов осей вращения планет произошло **в самом начале возникновения Солнечной системы**, когда в ней действовали механизмы диссипации энергии движения (вязкость, газовая среда)

Космические ударники

1. Межзвездные скитальцы – тела кометного характера. Энергия столкновения – до полного разрушения планеты. **Постоянно действующий источник.**
2. Фрагменты разрушенного Фаэтона – тела астероидного состава, в начале Великой бомбардировки – в вязком состоянии. Основной источник ударников в период Великой бомбардировки. **В настоящее время не действует.**
3. Кометы и кометные ядра из пояса Койпера, включая содержащееся в кометных ядрах метеоритное вещество. Источник ударников, порождающих крупные астроблемы и небольшие метеоритные кратеры. **Действует в настоящее время.**





Спасибо за внимание!