|  |
| --- |
| МОУСОШ №7  **ДОКЛАД ПО АСТРОНОМИИ**  **СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**  Новочеркасск 2004г.  Новочеркасск 2004г. |

Введение

Последнее десятилетие принципиально изменило наши представления о строении, динамической эволюции и устойчивости Солнечной системы. Привычными стали сообщения об открытии новых объектов, выявлении новых динамических структур, проявлении свойств неустойчивости движения или хаотического поведения у тех или иных групп объектов.

Это вызвано несколькими причинами: появление новых инструментов и модернизация старых, применение высокочувствительных ПЗС–матриц и новых методов математической обработки результатов наблюдений. Все это позволяет наблюдать новые объекты, имеющие очень малую яркость и существенное собственное движение.

Новые аналитические и численные методы небесной механики в совокупности с современными вычислительными системами дают возможность моделировать движение тел Солнечной системы на интервалах времени, сравнимых с ее возрастом и даже многократно превышающих его.

На наших глазах происходит смена представлений о динамике Солнечной системы: от регулярной и устойчивой к хаотической и неустойчивой. Все это напоминает ситуацию в физике начала XX века, когда совершался переход от классической к релятивистской картине Мира. Нам предстоит разобраться где, когда и при каких условиях мы можем рассматривать Солнечную систему регулярной и устойчивой, а в каких случаях проявляются признаки хаоса и неустойчивости.

Начнем рассмотрение с современных представлений о структуре Солнечной системы. Затем обсудим понятия устойчивости и неустойчивости движения, условия возникновения резонансов и хаотического поведения. После этого проанализируем динамику малых тел Солнечной системы и обратимся к большим планетам. В заключение рассмотрим динамику Солнечной системы как целого на временах, сравнимых с ее возрастом.

Солнечная система представляет собой группу небесных тел, весьма различных по своим размерам и физическому строению. В эту группу входят: Солнце, Девять больших планет, вместе с 61 спутником, более 100000 планет (астероидов) , порядка десяти комет, а также бесчисленное множество метеорных тел движущихся как роями так и в виде отдельных частиц.

Все эти тела объединены в одну систему благодаря силе притяжения центрального тела - Солнца. Масса солнца приблизительно в 750 раз превосходит массу всех остальных тел, входящих в эту систему . Гравитационное притяжение звезды является главной силой, определяющей движение всех обращающихся вокруг него тел Солнечной системы . Среднее расстояние от солнца до самой далекой от него планеты Плутон 39,5 а.е., что очень мало по сравнению с расстоянием до ближайших звезд. Только некоторые кометы удаляются от солнца на 105 а.е. и подвергаются воздействию притяжения звезд.

В Солнечной системе наблюдается огромный диапазон масс, особенное если учесть наличие в межпланетном пространстве космической пыли. Различие в массах между солнцем и какой-нибудь пылинкой в тысячную долю миллиграмма будет составлять около 40 порядков (иначе говоря, отношение их масс будет выражаться числом с 40 нулями.).

# Современные представления о строении Солнечной системы

Все объекты Солнечной системы можно разделить на четыре группы: Солнце, большие планеты, спутники планет и малые тела. Мы пока ничего не говорим о спутниках малых тел, поскольку к настоящему времени таких объектов открыто всего два, а наблюдательной информации недостаточно, чтобы детально исследовать их динамику.

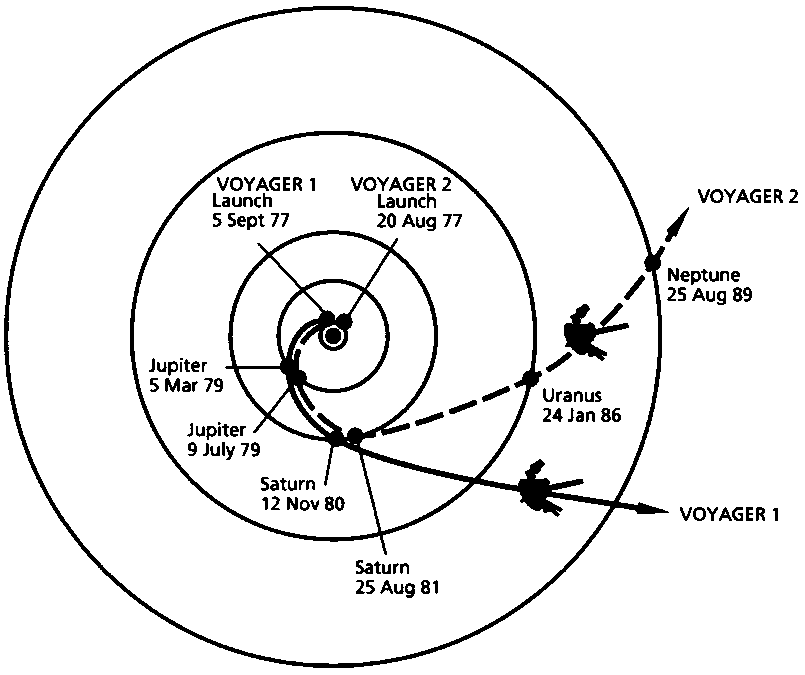
Солнце — динамический центр системы. Его гравитационное влияние является доминирующим в Солнечной системе за исключением малых областей в окрестности других объектов.

Большие планеты — визитная карточка Солнечной системы. Пять ближайших к Земле больших планет были известны с ранней истории человечества. Это — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. История открытия трех других больших планет показывает как менялось отношение астрономов к вопросу о размерах и населении Солнечной системы.

Открытие Урана явилось сюрпризом. Весной 1781 г. Вильям Гершель на своем 7-футовом (2.1 м) телескопе проводил наблюдения по программе определения параллаксов звезд. 13 марта 1781 г. он сделал запись об обнаружении туманной звезды или кометы. Спор о природе открытого объекта продолжался до 1787 г., когда Гершель открыл два спутника Урана: Оберон и Титанию.

Открытие Нептуна стало триумфом теории тяготения Ньютона. Анализируя неравенства в движении Урана, Бессель в Кенигсберге в 1840 г., Адамс в Кембридже в 1841 г. и Леверье во Франции в 1845 г. независимо друг от друга рассчитали орбиту планеты, ответственной за эти возмущения. 23 сентября 1846 г. Галле и д’Аррест из Берлинской обсерватории по эфемеридам Леверье открыли Нептун.

Открытие Плутона можно назвать запрограммированным. В 1896 г. Персиваль Ловелл обнаружил остаточные невязки в движении Урана после учета возмущений от Нептуна и высказал гипотезу, что эти возмущения производятся неизвестной занептунной планетой. В середине 90-х годов XIX века в Аризоне Ловелл построил обсерваторию, которая стала центром поиска новой планеты. В течение почти 30 лет было проведено несколько компаний по поиску Плутона. Но безрезультатно. В 1916 г. умер Ловелл. В 1929 г. Клод Томбо на 13-дюймовом (0.33 м) рефракторе начал новую атаку на Плутон. Открытие пришло 18 февраля 1930 г., когда Томбо сравнивал фотопластинки, полученные 23 и 29 января 1930 г. Директор Ловелловской обсерватории сообщил об открытии 13 марта 1930 г. в 149-ю годовщину открытия Урана Гершелем и 75-ю годовщину со дня рождения Персиваля Ловелла. За время поиска Плутона было проведено сравнение около 90 млн. изображений звезд в течение 7000 часов на блинк-компараторе.



Существуют ли большие планеты за орбитой Плутона? Анализ траекторий движения тел Солнечной системы и космических аппаратовПионер10,Пионер–11, Вояджер–1, Воджер–2 позволяют утверждать, что объектов, сравнимых с Плутоном, и более крупных во внешней области Солнечной системы не существует.

История открытия спутников планет не менее драматична, но мы не будем на ней останавливаться. Отметим только, что спутниковые системы планет-гигантов сложностью своего устройства зачастую превосходят Солнечную систему. Не до конца решен вопрос о происхождении двойных планет Земля–Луна и Плутон–Харон.

Малые тела Солнечной системы — пробный камень и золотая жила небесной механики, кладезь новых открытий. Самые известные малые тела — кометы. Упоминания о кометах можно найти в легендах и летописях практически всех народов Земли. По динамическим признакам кометы разделяются на долгопериодические и короткопериодические.

Долгопериодические кометы движутся по орбитам, большие полуоси которых достигают десятков тысяч астрономических единиц, а периоды обращения — десятков миллионов лет. Орбиты сильно вытянуты, их эксцентриситеты близки к единице. Ориентация орбит и их наклоны к плоскости эклиптики распределены случайным образом. В настоящее время имеются сведения более, чем о 700 таких комет.

Короткопериодические кометы имеют периоды менее 200 лет, умеренные эксцентриситеты, для большинства из них наклон орбит к плоскости эклиптики не превышает 35? . Короткопериодические кометы делятся на семейства по признаку планеты-гиганта, определяющей динамику кометы. В настоящее время известно около 180 короткопериодических комет. Большинство из них принадлежит семейству Юпитера.

Самая многочисленная популяцию малых тел Солнечной системы — астероиды. Первый астероид — Церера — был открыт в первый день XIX века сицилийским астрономом Пиацци. Хотя открытие и носило случайный характер, оно послужило толчком к разработке Гауссом классического метода определения орбит по трем наблюдениям и метода наименьших квадратов, благодаря которым удалось вычислить орбиту и переоткрыть Цереру спустя почти год после первых наблюдений. В настоящее время известно несколько десятков тысяч астероидов. И это число стремительно растет.

Популяция астероидов неоднородна. Большинство астероидов движутся по орбитам близким к круговым в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера. В 1866 г. Кирквуд исследовал зависимость числа астероидов от больших полуосей их орбит и обнаружил, что полученное распределение имеет несколько глубоких минимумов. Позднее выяснилось, что эти минимумы соответствуют соизмеримости средних движений Юпитера и астероида. Они получили название люков Кирквуда.

Хотя астероиды движутся по эллиптическим орбитам, треугольник Солнце–Юпитер–астероид всегда остается близким к равностороннему. Иногда обе группы астероидов называют троянцами. По состоянию на 1 апреля 1999 г. известно 476 астероидов-троянцев (474 у Юпитера и 2 у Марса).

Еще одна группа астероидов — астероиды, сближающиеся с Землей. Их перигелийные расстояния меньше 1.33 а.е. В настоящее время известно несколько тысяч таких астероидов. Около сотни из них представляют реальную угрозу для Земли: они пересекают ее орбиту и имеют размер более 1 км. Столкновение Земли с подобным астероидом вызовет глобальную катастрофу, подобную той, что привела к вымиранию динозавров. Имеется еще около тысячи астероидов размером от 30 до 50 м, также пересекающих орбиту Земли. Столкновение Земли с таким астероидом способно вызвать локальную катастрофу типа тунгусской. Однако, ни один из известных астероидов не столкнется с Землей в ближайшем будущем, в течение 33 лет, в 21 веке.

После открытия Плутона неоднократно предпринимались попытки поиска десятой большой планеты Солнечной системы. Во время одного из таких обзоров 18 октября 1977 г. Коваль открыл малую планету 2060 Хирон, которая движется между орбитами Юпитера и Урана, пересекая орбиту Сатурна. Вблизи перигелия у этого “астероида” проявляются признаки газоизвержения и комы. Более 14 лет этот объект оставался единственной малой планетой, наблюдаемой глубоко внутри области движения планет-гигантов. 9 января 1992 на автоматическом телескопе Космический дозор (Аризона, США) был открыт еще один астероид этой группы — 5145 Фолус. К настоящему времени известно 7 астероидов группы Кентавра, движущихся среди планет-гигантов между орбитами Юпитера и Нептуна. Название группы отражает тот факт, что объекты одновременно имеют признаки и астероидов и комет. В табл. 1 приводится список астероидов группы Кентавра по состоянию на 1 августа 1997 г. В таблице даны: имя астероида, его предварительное обозначение, перигелийное и афелийное расстояния в астрономических единицах, наклон орбиты в градусах, эксцентриситет орбиты, большая полуось в астрономических единицах и дата открытия. Полный регулярно обновляемый вариант таблицы доступен по адресу

В 1949 г. К.Эджеворт высказал предположение о существовании остаточного неизрасходованного при формировании Солнечной системы материала за орбитой Нептуна. Однако, эта работа была малоизвестна до последнего времени. В 1951 г. Койпер предположил, что кометы и астероиды формировались в существенно различных областях Солнечной системы и, что за орбитой Плутона должен существовать пояс комет. 30 августа 1992 г. Джевитт и Лю (Гавайский университет, США) открыли первый объект, принадлежащий поясу Койпера. Он получил обозначение 1992 QB1. Сейчас известно 53 объекта, движущихся за орбитой Нептуна. В табл. 2 приводится список объектов пояса Койпера по состоянию на 1 августа 1997 г.

олный регулярно обновляемый вариант таблицы доступен по адресу. Некоторые исследователи относят к объектам пояса Койпера и Плутон. Возможно, что пояс Койпера является внутренней областью облака Оорта — сферического образования радиусом от тысяч до сотен тысяч астрономических единиц, являющегося резервуаром долгопериодических комет.

Таким образом, по современным представлениям Солнечная система имеет следующую структуру: вокруг Солнца вращаются 9 больших планет, между орбитами Марса и Юпитера находится пояс астероидов, часть астероидов движется среди планет земной группы и в окрестности треугольных точек либрации Юпитера, среди планет-гигантов движутся объекты группы Кентавра и короткопериодические кометы, за орбитой Нептуна располагается пояс Койпера, а вся система окружена облаком Оорта.



**Малые планеты (Астероиды).**

Малые планеты (Астероиды) - космические тела размером в сотни километров и меньше, движущиеся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, расположенным преимущественно между орбитами Марса и Юпитера. Самые маленькие астероиды имеют размер несколько меньше 1 км. Число малых планет быстро растет при переходе от крупных к мелким, которые уже можно считать крупными метеоритными телами.

Первая малая планета - Церера - была открыта случайно 1 января 1801 года итальянским астрономом Пиацци. В настоящее время известно уже несколько тысяч малых планет. Примерно для 2000 из них известны точные орбиты. Общее число малых планет внутри орбиты Юпитера, доступных наблюдениям, оцениваются в 100000. Но их суммарная масса меньше 1/1000 массы земного шара.

Малым планетам с типичными орбитами присваивались женские имена, малые планеты с теми или иными особенностями движения получали мужские имена. В последнее время, однако, это правило не соблюдается. У подавляющего большинства малых планет большие полуоси их орбит заключены между 2,2 и 3,6 а.е. Они образуют так называемое кольцо или пояс малых планет (астероидов).

Орбиты малых планет в среднем более вытянуты и более наклонены по эклиптике, чем орбиты больших планет. Известно несколько десятков малых планет движущихся вдоль орбиты Юпитера и образующих две устойчивые группы - на расстоянии 60О впереди и позади планеты (так называемые Троянцы и Греки - они все названы именами героев троянской войны). У малой планеты Педальго имеющей вытянутую орбиту с большой полуосью в 5,8 а.е. афемий расположен дальше орбиты Сатурна, но благодаря большому наклону орбиты Педальго не происходит его сближение с Сатурном. Еще большей орбитой обладает малая планета Хеерон . Ее орбита проходит в основном между орбитами Сатурна и Урана, но в перигелии заходит внутрь орбиты Сатурна.

Некоторые малые планеты имеют небольшие вытянутые орбиты, приближающиеся к орбите Земли (малые планеты группы Амура) или даже заходящие внутрь нее ( малые планеты группы Аполлона и Атона). Малая планета Икар заходит даже внутрь орбиты Меркурия. Малые планеты группы Аполлона и некоторые из группы Амура могут сближаться с Землей. Крайне редко они даже сталкиваются с ней, образуя при уларе о сушу гигантские “метеоритные” кратеры, а при попадании в океаны и моря порождают гигантские волны.

Существует гипотеза, согласно которой в том месте, где сейчас движутся астероиды, когда -то находилась планета. Эта планета (у нее даже есть два названия: одно традиционное - Фаэтон, а другое - планета Ольберса) разрушалась либо в результате столкновения с крупным телом, либо под действием каких-то других сил, например под действием приливных сил Юпитера. Обломки этой гипотетической планеты и есть астероиды.

Такое предположение в настоящее время высказывают многие ученые. Долгое время размеры малых планет оценивали приближенно, на основании видимого блеска и предполагаемой отражательной способности. В последние годы размеры и отражательные способности крупнейших малых планет определяют путем измерения инфракрасного излучения и сравнения его с количеством отраженного видимого света, а также на основе эмпирической зависимости поляризационных свойств поверхности и от ее отражательной способности. К настоящему времени получены такие сведения почти о 200 малых планетах поперечником больше 70 км. Самые большие малые планеты имеют следующие размеры: Церера - 1003 км., Паллада - 608 км., Веста - 538 км., Тгия -450 км.

Малые планеты, движущиеся внутри орбиты Юпитера, считаются каменистыми телами, родственными планетам земной группы. Это подтверждаются спектрофотометрическими наблюдениями, которые показывают, что почти все они по отражательным свойствам похожи на метеориты тех или иных типов.

**Метеориты - вестники космоса.**

Метеориты - каменные или железные тела, падающие на Землю из межпланетного пространства. Падение метеоритов на Землю сопровождается звуковым, световым и механическим явлением. По небу проносится яркий огненный шар называемый болидом, сопровождаемый хвостом и разлетающимися искрами. После того как болид исчезает, через несколько секунд раздаются похожие на взрывы удары, называемые ударными волнами, которые иногда вызывают значительное сотрясение грунта и зданий.

Метеориты могут выпадать в тех случаях, когда скорость вторгшегося в земную атмосферу метеорного тела не превосходит 22 км/с и если это тело обладает достаточно механической прочностью. В месте падения метеоритов образуются углубления, размеры и форма которых зависят от массы метеоритов и скорости из падения.

Самый крупный метеорит был найден в Юго-Западной Африке в 1920 году. Метеорит этот, Гоба (названия даются по населенному пункту, ближайшему к месту падения) железный, масса его 60 т. К крупнейшим метеоритам относится железный Сихотэ - Алинский, упавший в СССР в 1947 году. Он еще в атмосфере раскололся на тысячи частей и выпал на Землю “железным дождем”. При ударе о грунт части метеорита раздробили скальные породы, образовав в них кратеры и воронки. Было обнаружено 200 кратеров и воронок диамтром от 20 см до 26 м. Масса Сихотэ -Алинского метеорита оценивается в 70 т., собрано более 23 т.

Метеориты состоят из тех же химических элементов, которые имеются на Земле. Это в основном следующие 8 элементов: Железо, никель, магний, кремний, сера, алюминий, кальций и кислород. Остальные элементы встречаются в метеоритах в очень малых количествах. Соединяясь между собой, эти элементы образуют в метеоритах различные минералы, большинство которых имеется и на Земле. Но встречаются метеориты с неизвестными на земном шаре минералами.

Железные метеориты почти целиком состоят из железа . В соединении с никелем и незначительным количеством кобальта. В каменистых метеоритах находятся силикаты-минералы, представляющие собой соединения кремния с кислородом и примесью других элементов (магния, алюминия, кальция и др.). Железно каменные метеориты состоят почти из равных количеств каменистого вещества и никелистого железа. В наше время в коллекциях мира собраны метеориты, представляющие приблизительно 3500 отдельных падений. Около 1/3 из этого числа метеоритов наблюдались при падении; остальные находки.

**Кометы**

Кометы - тела Солнечной системы, имеющие вид туманных объектов, обычно со светлым сгустком - ядром в центре и хвостом. Они принадлежат к числу наиболее красивых небесных тел. Кометы могут наблюдаться тогда, когда небольшое ледяное тело, называемое ядром кометы, приближается к солнцу на расстояние, меньше 4-5 а.е., прогреваются его лучами и из него начинают выделятся газы и пыль, которые видны в результате их освещения Солнцем. Газы и пыль ,выделяющиеся из ядра, создают вокруг него туманные оболочки - атмосферу кометы, составляющую вместе с ядром голову кометы. Атмосфера кометы непрерывно рассеивается в межпланетное пространство: под действием светового давления и взаимодействия с солнечным ветром газы и пыль уносятся в направлении от Солнца, образуя хвост комет.

У большинства комет в середине головы наблюдается яркое звездообразное “ядро”, представляющее собой свечение центрально, Наиболее плотной зоны газов, вокруг истинного ядра кометы. Голова кометы и ее хвост не имеют резких очертаний. Их видимые размеры зависят от интенсивности выделения газов и пыли из ядра, определяемой размерами ядра и его близостью к Солнцу, а с другой стороны от яркости фона неба. Время от времени та или иная комета сближается с какой -либо массивной планетой, и это приводит к резкому изменению ее орбиты.

Поперечник головы кометы обычно оставляет десятки и сотни тысяч километров, но, например у кометы 1680 года и у яркой кометы 1811 года он миллион километров, а хвост был виден на протяжении 300 млн.км., т.е. его длина была вдвое больше расстояния от Земли до Солнца.

Согласно классификации, предложенной в 70х годах ХIХ века русским астрономом Ф.А. Бородихиным, все кометные хвосты подразделяются на три типа: хвосты 1 типа направленные прямо от солнца; хвосты 2 типа изогнуты и отклоняются назад по отношению к орбитальному движению кометы; хвосты 3 типа почти прямые, но заметно отклоняются назад. Современные исследования позволили установить, что хвосты 1 типа - плазменные, имеют струйчатую структуру и состоят из ионизированных молекул, которые с большим ускорением уносятся прочь от ядра вследствие электромагнитного взаимодействия с солнечным ветром. Хвосты 2 типа образованы пылевыми частицами разной величины, непрерывно выделяющиеся из ядра. Хвосты 3 типа появляются в том случае, когда из ядра одновременно выделяется целое облако пылинок.

Около 1950 года удалось установить, что ядра комет - это сравнительно небольшие ледяные тела, состоящие из замерзших газов, перемешенных с некоторым количеством нелетучих каменистых веществ. Поперечником ядер бывают обычно от нескольких сотен метров до нескольких километров, и поэтому ядра не видны.

Свечение газов в кометах - это пере излучение солнечного света, причем пере излучаются лишь лучи определенных длин волн, характерных для данной молекулы. Как показывает изучение спектров, почти у всех комет излучение головы порождается нейтральными молекулами, состоящими из двух или трех атомов. В 70-х годах было установлено присутствие в кометах атомарного кислорода, водорода и углерода. В 1974 году впервые удалось обнаружить радиоизлучение кометных молекул.

В настоящее время ежегодно открывают 5-7 новых комет и довольно часто один раз в 2-3 года вблизи Земли и Солнца проходит яркая комета с большим хвостом.

В 1996 году 31 января японский любитель астрономии Юи Хиякутаке открыл новую комету, которая получила официальное обозначение - с/1996В2, которая 25 марта прошла на расстоянии 15 млн. Км. От Земли со скоростью 58 км/с. А в начале мая космическая путешественница - комета Хиякутаке - скрылась в лучах Солнца и обогнув его, начала свой обратный путь за пределы Солнечной системы.

Заканчивая общий обзор Солнечной системы, необходимо отметить еще одно очень важное обстоятельство. Наша Солнечная система является системой устойчивой, по крайней мере в течение нескольких сотен миллионов лет. Это означает, что форма , размеры и взаимодействие планет, взаимная ориентировка орбит тел, ее составляющих, не могут значительно измениться с течением времени, претерпевая лишь периодические колебания около своих средних значений. Конечно, главная причина устойчивости Солнечной системы заключается в том, что 99,87% всей массы сосредоточено в солнце.