### РЕФЕРАТ

**ПО АСТРОНОМИИ**

**НА ТЕМУ:**

## "Планеты-гиганты"

**Работу выполнил ученик 11 "Б" класса**

**средней школы № 4**

**Фомин Максим**

**Проверила Типтярева В. В.**

**Мытищи, 2001 год.**

#### План

1. Планеты-гиганты
2. Отличие планет-гигантов от планет земной группы
3. Юпитер
   * Общая характеристика
   * Атмосфера
   * Кольцо Юпитера
   * Внутренние и внешние спутники Юпитера
4. Сатурн
   * Атмосфера и облачный слой
   * Магнитные свойства Сатурна
   * Кольца
   * Спутники Сатурна
5. Уран
   * Общие сведения
   * История открытия
   * Особенности вращения Урана
   * Химический состав, физические условия и строение Урана
   * Кольца Урана
   * .Магнитосфера
   * Спутники Урана
6. Нептун
   * Общие сведения
   * История открытия
   * Химический состав, физические условия и внутреннее строение
   * Спутники Нептуна
   * Кольца Нептуна
   * Магнитосфера

7. Список использованной литературы

**ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТЫ**

Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун представляют юпитерову группу планет, или группу планет-гигантов, хотя их большие диаметры не единственная черта, отличающая эти планеты от планет земной группы. Планеты-гиганты имеют небольшую плотность, краткий период су­точного вращения и, следовательно, значительное сжа­тие у полюсов; их видимые поверхности хорошо отража­ют, или, иначе говоря, рассеивают солнечные лучи.

Уже довольно давно установили, что атмосферы планет-гигантов состоят из метана, аммиака, водорода, гелия. Полосы поглощения метана и аммиака в спектрах больших планет видны в огромном количестве. Причем с переходом от Юпитера к Нептуну метановые полосы постепенно усиливаются, а полосы аммиака слабеют. Основная часть атмосфер планет-гигантов заполнена густыми облаками, над которыми простирается доволь­но прозрачный газовый слой, где «плавают» мелкие частицы, вероятно, кристаллики замерзших аммиака и метана.

Вполне естественно, что среди планет-гигантов луч­ше всего изучены две ближайшие к нам – Юпитер и Сатурн.

Поскольку Уран и Нептун сейчас не привлекают к себе особенного внимания ученых, остановимся более подробно на Юпитере и Сатурне. К тому же значитель­ная часть вопросов, которые можно решить в связи с описанием Юпитера и Сатурна, относится также и к Нептуну.

Юпитер является одной из наиболее удивительных планет Солнечной системы, и мы уделяем ему значитель­но больше внимания, чем Сатурну. Необычайным в этой планете является не ее полосатое тело с довольно быстрым перемещением темных полос и изменением их ширины и не огромное красное пятно, диаметр которого около 60 тыс. *км.,* изменяющее время от времени свой цвет и яркость, и, наконец, не его «господствующее» по размеру и массе положение в планетной семье. Необычайное за­ключается в том, что Юпитер, как показали радио­астрономические наблюдения, является источником не только теплового, а и так называемого нетеплового ра­диоизлучения. Вообще для планет, которым присущи спокойные процессы, нетепловое радиоизлучение явля­ется совсем неожиданным.

То, что Венера, Марс, Юпитер и Сатурн являются источниками теплового радиоизлучения, теперь твер­до установлено и не вызывает у ученых никакого сомнения. Это радиоизлучение целиком совпадает с тепловым излучением планет и является «остатком», а точнее–низкочастотным «хвостом» теплового спектра нагретого тела. Поскольку механизм теплового радио­излучения хорошо известен, такие наблюдения позво­ляют измерять температуру планет. Тепловое радиоиз­лучение регистрируется с помощью радиотелескопов сантиметрового диапазона. Уже первые наблюдения Юпитера на волне 3 *см* дали температуру радиоизлучения такую же, как и радиометрические наблюдения в ин­фракрасных лучах. В среднем эта температура составля­ет около– 150°С. Но случается, что отклонения от этой средней температуры достигают 50–70, а иногда 140°С, как, например, в апреле – мае 1958 г. К сожалению, пока не удалось выяснить, связаны ли эти отклонения радио­излучения, наблюдаемые на одной и той же волне, с вращением планеты. И дело тут, очевидно, не в том, что угловой диаметр Юпитера в два раза меньше наи­лучшей разрешающей способности крупнейших радиоте­лескопов и что, следовательно, невозможно наблюдать отдельные части поверхности. Существующие наблюде­ния еще очень немногочисленны для того, чтобы отве­тить на эти вопросы.

Что касается затруднений, связанных с низкой раз­решающей способностью радиотелескопов, то в отноше­нии Юпитера можно попробовать их обойти. Нужно только надежно установить на основании наблюдений период аномального радиоизлучения, а потом сравнить его с периодом вращения отдельных зон Юпитера. Вспомним, что период 9 час. 50 мин., – это период вращения его эквато­риальной зоны. Период для зон умеренных широт на 5 – 6 мин. больший (вообще на поверхности Юпитера на­считывается до 11 течений с разными периодами).

Таким образом, дальнейшие наблюдения могут привести нас к окончательному результату. Вопрос о связи аномального радиоизлучения Юпитера с периодом его вращения имеет немаловажное значение. Если, напри­мер, выяснится, что источник этого излучения не связан с поверхностью Юпитера, то возникнет необходимость в более старательных поисках его связи с солнечной ак­тивностью.

Не так давно сотрудники Калифорнийского техноло­гического института Ракхакришнан и Робертс наблюда­ли радиоизлучения Юпитера на дециметровых волнах (31 см)*.* Они использовали интерферометр с двумя пара­болическими зеркалами. Это позволило им разделить угловые размеры источника, который представляет со­бой кольцо в плоскости экватора Юпитера, диаметром около трех диаметров планеты. Температура Юпитера, которую определили на дециметровых волнах, оказалась слишком высокой для того, чтобы можно было считать природу источника этого радиоизлучения тепловой. Оче­видно, тут мы имеем дело с излучением, происходящим от заряженных частиц, захваченных магнитным полем Юпитера, а также сконцентрированных вблизи планеты благодаря значительному гравитационному полю.

Итак, радиоастрономические наблюдения стали мощ­ным способом исследования физических условий в атмо­сфере Юпитера.

Мы кратко рассказали о двух видах радиоизлучения Юпитера. Это, во-первых, главным образом тепловое ра­диоизлучение атмосферы, которое наблюдается на санти­метровых волнах. Во-вторых, радиоизлучение на деци­метровых волнах, имеющее, по всей вероятности, нетеп­ловую природу.

Остановимся кратко на третьем виде радиоизлучения Юпитера, которое, как упоминалось выше, является не­обычным для планет. Этот вид радиоизлучения имеет также нетепловую природу и регистрируется на радио­волнах длиной в несколько десятков метров.

Ученым известны интенсивные шумовые бури и всплески «возмущенного» Солнца. Другой хорошо из­вестный источник такого радиоизлучения – это так называемая Крабовидная туманность. Согласно пред­ставлению о физических условиях в атмосферах и на поверхностях планет, которое существовало до 1955 г., никто не надеялся, что хотя бы одна из планет в состоя­нии «дышать» по образцу разных по природе объектов – Солнца или Крабовидной туманности. Поэтому не удиви­тельно, что когда в 1955 г. наблюдатели за Крабовидной туманностью зарегистрировали дискретный источник радиоизлучения переменной интенсивности, они не сразу решились отнести его на счет Юпитера. Но никакого дру­гого объекта в этом направлении не было обнаружено, поэтому всю «вину» за возникновение довольно значи­тельного радиоизлучения в конце концов возложили на Юпитер.

Характерной особенностью излучения Юпитера яв­ляется то, что радиовсплески длятся недолго (0,5 – 1,5 сек.). Поэтому в поисках механизма радиоволн в этом случае приходится исходить из предположения либо о дис­кретном характере источника (подобного разрядам), либо о довольно узкой направленности излучения, если источник действует непрерывно. Одну из возможных причин происхождения радиовсплесков Юпитера объяс­няла гипотеза, согласно которой в атмосфере плане­ты возникают электрические разряды, напоминающие молнию. Но позднее выяснилось, что для образования столь интенсивных радиовсплесков Юпитера мощность разрядов должна быть почти в миллиард раз большей, чем на Земле. Это значит, что, если радиоизлучение Юпи­тера возникает благодаря электрическим разрядам, то последние должны носить совершенно иной характер, чем возникающие во время грозы на Земле. Из других гипо­тез заслуживает внимания предположение, что Юпитер окружен ионосферой. В этом случае источником возбуж­дения ионизованного газа с частотами 1 – 25 мгц могут быть ударные волны. Для того чтобы такая модель согла­совалась с периодическими кратковременными радио­всплесками, следует сделать предположение о том, что ра­диоизлучение выходит в мировое пространство в грани­цах конуса, вершина которого совпадает с положением источника, а угол у вершины составляет около 40°. Не исключено также, что ударные волны вызываются про­цессами, происходящими на поверхности планеты, или конкретнее, что тут мы имеем дело с проявлением вулка­нической деятельности. В связи с этим необходимо пере­смотреть модель внутреннего строения планет-гигантов. Что же касается окончательного выяснения механизма происхождения низкочастотного радиоизлучения Юпи­тера, то ответ на этот вопрос следует отнести к будуще­му. Теперь же можно сказать лишь то, что источники этого излучения на основании наблюдений в течение восьми лет не изменили своего положения на Юпитере. Следовательно, можно думать, что они связаны с по­верхностью планеты.

Таким образом, радионаблюдения Юпитера за по­следнее время стали одним из наиболее эффективных методов изучения этой планеты. И хотя, как это часто случается в начале нового этапа исследований, толко­вание результатов радионаблюдений Юпитера связано с большими трудностями, мнение в целом о нем как о холодной и «спокойной» планете довольно резко изме­нилось.

Наблюдения показывают, что на видимой поверх­ности Юпитера есть много пятен, различных по форме, размеру, яркости и даже цвету. Расположение и вид этих пятен изменяются довольно быстро, и не только благо­даря быстрому суточному вращению планеты. Можно назвать несколько причин, вызывающих эти изменения. Во-первых, это интенсивная атмосферная циркуляция, подобная той, которая происходит в атмосфере Земли благодаря наличию разных линейных скоростей враще­ния отдельных воздушных слоев; во-вторых, неодина­ковое нагревание солнечными лучами участков планеты, расположенных на разных широтах. Большую роль мо­жет играть также внутреннее тепло, источником которо­го является радиоактивный распад элементов.

Если фотографировать Юпитер на протяжении дли­тельного времени (скажем, в течение нескольких лет) в моменты наиболее благоприятных атмосферных условий, то можно заметить изменения, происходящие на Юпи­тере, а точнее – в его атмосфере. Наблюдениям над этими изменениями (с целью их объяснения) сейчас уделяют большое внимание астрономы разных стран. Греческий астроном Фокас, сравнивая карты Юпитера, созданные в разные периоды (иногда с интервалом в десятки лет), пришел к заключению: изменения в атмо­сфере Юпитера связаны с процессами, происходящими на Солнце.

Нет сомнений, что темные пятна Юпитера принадле­жат плотному слою сплошных облаков, окружающих планету. Над этим слоем находится довольно разрежен­ная газовая оболочка.

Атмосферное давление, создаваемое газовой частью атмосферы Юпитера на уровне облаков, вероятно, не превышает 20 – 30 мм. ртутного столба*.* По крайней мере, газовая оболочка во время наблюдения Юпитера через синий светофильтр едва заметно уменьшает контрасты между темными пятнами и яркой окрестностью. Следовательно, в целом газовый слой атмосферы Юпитера довольно прозрачный. Об этом свидетельствуют также фотомет­рические измерения распределения яркости вдоль диа­метра Юпитера. Выяснилось, что уменьшение яркости к краю изображения планеты почти одинаковое как в синих, так и в красных лучах. Следует заметить, что между слоями облаков и газа на Юпитере резкой гра­ницы, безусловно, нет, а поэтому приведенное выше зна­чение давления на уровне облаков надо считать при­ближенным.

Химический состав атмосферы Юпитера, как и дру­гих планет, начали изучать еще в начале XX ст. Спектр Юпитера имеет большое количество интенсивных полос, расположенных как в видимом, так и в инфракрасном участке. В 1932 г. почти каждая из этих полос была отождествлена с метаном или аммиаком.

Американские астрономы Данхем, Адель и Слайфер провели специальные лабораторные исследования и ус­тановили, что количество аммиака в атмосфере Юпитера эквивалентно слою толщиной 8 *м* при давлении 1 *атм.,* в то время как количество метана – 45 *м* при давлении 45 *атм.*

Основной составной частью атмосферы Юпитера яв­ляется, вероятно, водород. За последнее время это пред­положение подтверждено наблюдениями.

Сатурн, бесспорно, – самая красивая планета Сол­нечной системы. Почти всегда в поле зрения телескопа наблюдатель видит эту планету, окруженную кольцом, которое при более внимательном наблюдении представ­ляет собой систему трех колец. Правда, эти кольца отде­лены друг от друга, слабоконтрастными промежутками, поэтому не всегда все три кольца удается рассмот­реть. Если наблюдать Сатурн при наилучших атмосфер­ных условиях (при незначительном турбулентном дро­жании изображения и т.п.) и с увеличением в 700–800 раз, то даже на каждом из трех колец едва заметны тон­кие концентрические полосы, напоминающие промежут­ки между кольцами. Самое светлое и самое широкое – среднее кольцо, а самое слабое по яркости – внутрен­нее. Внешний диаметр системы колец почти в 2,4, а внутренний в 1,7 раза больше диаметра планеты.

За последнее время наиболее серьезным исследова­нием колец Сатурна в нашей стране занимается мос­ковский астроном М. С. Бобров. Используя данные на­блюдений изменения яркости колец в зависимости от их размещения по отношению к Земле и Солнцу или от так называемого угла фазы, он определил размеры частиц, из которых состоят кольца.

Оказалось, что частицы, входящие в состав колец, в поперечнике достигают нескольких сантиметров и да­же метров. По расчетам М. С. Боброва, толщина колец Сатурна не превышает 10–20 *км.*

Как и на Юпитере, на Сатурне видны темные полосы, расположенные параллельно экватору. Так же как и для Юпитера, для Сатурна характерна разная скорость вращения для зон с различными широтами. Правда, полосы на диске Сатурна более стойкие и количество деталей меньше, чем у Юпитера.

**ОТЛИЧИЕ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ ОТ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ**

Меркурий, Венера, Земля и Марс отличаются от планет-гигантов меньшими размерами, меньшей массой, большей плотностью, более медленным вращением, гораздо более разрежёнными атмосферами (на Меркурии атмосфера практически отсутствует, поэтому его дневное полушарие сильно накаляется; все планеты-гиганты окружены мощными протяжёнными атмосферами), малым числом спутников или отсутствием их.

Поскольку планеты-гиганты находятся далеко от Солнца, их температура (по крайней мере, над их облаками) очень низка: на Юпитере – 145 С, на Сатурне – 180 С, на Уране и Нептуне ещё ниже. А температура у планет земной группы значительно выше (на Венере до плюс 500 С). Малая средняя плотность планет-гигантов может объяснятся тем, что она получается делением массы на видимый объём, а объём мы оцениваем по непрозрачному слою обширной атмосферы. Малая плотность и обилие водорода отличают планеты-гиганты от остальных планет.

##### Ю П И Т Е Р

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Юпитер – вторая по яркости после Венеры планета Солнечной системы. Но если Венеру можно видеть только утром или вечером, то Юпитер иногда сверкает всю ночь. Из-за медленного, величественного перемещения этой планеты древние греки дали ей имя своего верховного бога Зевса; в римском пантеоне ему соответствовал Юпитер.

Дважды Юпитер сыграл важную роль в истории астрономии. Он стал первой планетой, у которой были открыты спутники. В 1610 г. Галилей, направив телескоп на Юпитер, заметил рядом с планетой четыре звёздочки , не видимые простым глазом . На следующий день они изменили своё положение и относительно Юпитера , и относительно друг друга. Наблюдая за этими звёздами Галилей заключил, что наблюдает спутники Юпитера , образовавшиеся вокруг него как центрального светила .Это была уменьшенная модель Солнечной системы. Быстрое и хорошо заметное перемещение галилеевых спутников Юпитера – Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто – делает их удобными "небесными часами", и моряки долгое время пользовались ими, чтобы определять положение корабля в открытом море .

В другой раз Юпитер и его спутники помогли решить одну из древнейших загадок: распространяется ли свет мгновенно или скорость его конечна? Регулярно наблюдая затмения спутников Юпитера и сравнивая эти данные с результатами предварительных расчетов, датский астроном Оле Рёмер в 1675 г. обнаружил, что наблюдения и вычисления расходятся, если Юпитер и Земля находятся по разные стороны Солнца. В этом случае затмения спутников запаздывают примерно на 1000 с. Рёмер пришёл к правильному выводу, что 1000 с. – это как раз, которое нужно свету, чтобы пересечь орбиту Земли по диаметру. Поскольку диаметр земной орбиты составляет 300 млн. километров, скорость света оказывается близкой к 300000км./с.

Юпитер – это планета-гигант, которая содержит в себе более 2/3 всей нашей планетной системы. Масса Юпитера равна 318 земным. Его объем в 1300 раз больше, чем у Земли. Средняя плотность Юпитера 1330 кг/м^3, что сравнимо с плотностью воды и в четыре раза меньше, чем плотность Земли. Видимая поверхность планеты в 120 раз превосходит площадь Земли. Юпитер представляет собой гигантский шар из водорода, практически его химический состав совпадает с солнечным. А вот температура на Юпитере ужасающе низкая: -140°С.

Юпитер быстро вращается (период вращения 9 ч. 55 мин. 29 с.). Из-за действия центробежных сил планета заметно расплющилась , и её полярный радиус стал на 4400 км меньше экваториального, равного 71400 км. Магнитное поле Юпитера в 12 раз сильнее земного .

Возле Юпитера побывало пять американских космических аппаратов: в 1973 г. – «Пионер-10» , в 1974 – «Пионер-11». В марте и в июле1979 г. его посетили более крупные и «умные» аппараты – «Вояджер-1 и –2».В декабре 1995 до него долетела межпланетная станция «Галилео», которая стала первым искусственным спутником Юпитера и сбросила в его атмосферу зонд.

Совершим и мы небольшое мысленное путешествие вглубь Юпитера.

АТМОСФЕРА

Атмосфера Юпитера представляет собой огромную бушующую часть планеты, состоящую из водорода и гелия. Механизм, приводящий в действие общую циркуляцию на Юпитере, такой же, как и на Земле: разность в количестве тепла, получаемого от Солнца на полюсах и экваторе, вызывает возникновение гидродинамических потоков, которые отклоняются в зональном направлении кориолисовой силой. При таком быстром вращении, как у Юпитера, линии тока практически параллельны экватору. Картина усложняется конвективными движениями, которые более интенсивны на границах между гидродинамическими потоками, имеющими разную скорость. Конвективные движения выносят вверх окрашивающее вещество, присутствием которого объясняется слегка красноватый цвет Юпитера. В области темных полос конвективные движения наиболее сильны, и это объясняет их более интенсивную окраску.

Так же как и в земной атмосфере, на Юпитере могут формироваться циклоны. Оценки показывают, что крупные циклоны, если они образуются в атмосфере Юпитера, могут быть очень устойчивы (время жизни до 100 тысяч лет). Вероятно, Большое Красное пятно является примером такого циклона. Изображения Юпитера, полученные при помощи аппаратуры, установленной на американских аппаратах «Пионер-10» и «Пионер-11», показали, что Красное пятно не является единственным образованием подобного типа: имеется несколько устойчивых красных пятен меньшего размера.

Спектроскопическими наблюдениями было установлено присутствие в атмосфере Юпитера молекулярного водорода, гелия, метана, аммиака, этана, ацетилена и водяного пара. По-видимому, элементный состав атмосферы (и всей планеты в целом) не отличается от солнечного (90% водорода, 9% гелия, 1% более тяжелых элементов).

Полное давление у верхней границы облачного слоя составляет около 1 атм. Облачный слой имеет сложную структуру. Верхний ярус состоит из кристаллов аммиака ниже, должны быть расположен облака из кристаллов льда и капелек воды.

Инфракрасная яркостная температура Юпитера, измеренная в интервале 8 – 14 мк, равна в центре диска 128 – 130К. Если рассмотреть температурные разрезы по центральному меридиану и экватору, можно увидеть, что температура, измеренная на краю диска, ниже, чем в центре. Это можно объяснить следующим образом. На краю диска луч зрения идет наклонно, и эффективный излучающий уровень (то есть уровень, на котором достигается оптическая толщина =1) расположен в атмосфере на большей высоте, чем в центре диска. Если температура в атмосфере падает с увеличением высоты, то яркость и температура на краю будут несколько меньше. Слой аммиака толщиной в несколько сантиметров (при нормальном давлении) уже практически непрозрачен для инфракрасного излучения в интервале 8 – 14 мк. Отсюда следует, что инфракрасная яркостная температура Юпитера относится к довольно высоким слоям его атмосферы. Распределение интенсивности в полосах СН показывает, что температура облаков значительно больше (160 – 170К) При температуре ниже 170К аммиак (если его количество соответствует спектроскопическим наблюдениям) должен конденсироваться; поэтому предполагается, что облачный покров Юпитера, по крайней мере частично, состоит из аммиака. Метан конденсируется при более низких температурах и в образовании облаков на Юпитере принимать участие не может.

Яркостная температура 130К заметно выше, чем равновесная, то есть такая, которую должно иметь тело, светящееся только за счет переизлучения солнечной радиации. Расчеты, учитывающие измерение отражательной способности планеты приводят к равновесной температуре около 100К. Существенно, что величина яркостной температуры около 130К была получена не только в узком диапазоне 8-14мк, но и далеко за его пределами. Таким образом, полное излучение Юпитера 2,9 раз превосходит энергию, получаемую от Солнца, и большая часть излучаемой им энергии обусловлена внутренним источником тепла. В этом смысле Юпитер ближе к звездам, чем к планетам земного типа. Однако источником внутренней энергии Юпитера не являются, конечно, ядерные реакции. По-видимому, излучается запас энергии, накопленный при гравитационном сжатии планеты (в процессе формирования планеты из протопланетной туманности гравитационная, когда гравитационная энергия пыли и газа, образующих планету, должна переходить в кинетическую и затем в тепловую).

Наличие большого потока внутреннего тепла означает, что температура довольно быстро растет с глубиной. Согласно наиболее вероятным теоретическим моделям она достигает 400К на глубине 100 км ниже уровня верхней границы облаков, а на глубине 500 км – около 1200К. А расчеты внутреннего строения показывают, что атмосфера Юпитера очень глубокая – 10000 км, но надо отметить, что основная масса планеты (ниже этой границы) находится в жидком состоянии. Водород при этом находится в вырожденном, что то же самое, в металлическом состоянии (электроны оторваны от протонов). При этом в самой атмосфере водород и гелий, строго говоря, находятся в сверхкритическом состоянии: плотность в нижних слоях достигает 0,6-0,7г/см ³, и свойства скорее напоминают жидкость, чем газ. В самом центре планеты (по расчетам на глубине 30000 км), возможно, находится твердое ядро из тяжелых элементов, образовавшееся в результате слипания частиц металлов и каменных образований.

КОЛЬЦО ЮПИТЕРА.

Юпитер преподносит много сюрпризов: он генерирует мощные полярные сияния, сильные радиошумы, возле него межпланетные аппараты наблюдают пылевые бури – потоки мелких твердых частиц, выброшенных в результате электромагнитных процессов в магнитосфере Юпитера. Мелкие частицы, которые получают электрический заряд при облучении солнечным ветром, обладают очень интересной динамикой: являясь промежуточным случаем между макро и микротелами, они примерно одинаково реагируют и на гравитационные и на электромагнитные поля.

Именно из таких мелких каменных частиц, в основном состоит кольцо Юпитера, открытое в марте 1979 года (косвенное обнаружение кольца в 1974 г. по данным «Пионера» осталось непризнанным). Его главная часть имеет радиус 123-129 тыс. км. Это плоское кольцо около 30км толщиной и очень разреженное – оно отражает лишь несколько тысячных долей процента падающего света. Более слабые пылевые структуры тянутся от главного кольца к поверхности Юпитера и образуют над кольцом толстое гало, простирающееся до ближайших спутников. Увидеть кольцо Юпитера с Земли практически невозможно: оно очень тонкое и постоянно повернуто к наблюдателю ребром из-за малого наклона оси вращения Юпитера к плоскости его орбиты.

ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ СПУТНИКИ ЮПИТЕРА.

У Юпитера обнаружено 16 лун. Две из них – Ио и Европа – размером с нашу Луну, а другие две – Ганимед и Каллисто – превзошли ее по диаметру примерно в полтора раза. Каллисто равна по размерам Меркурию, а Ганимед его обогнал. Правда, они находятся дальше от своей планеты, чем Луна от Земли. Только Ио видна в небе Юпитера как яркий красноватый диск (или полумесяц) лунных размеров, Европа, Ганимед и Каллисто выглядят в несколько раз меньше Луны.

Владения Юпитера довольно обширны: восемь внешних спутников настолько удалены от него, что их нельзя было бы наблюдать с самой планеты невооруженным глазом. Происхождение спутников загадочно: половина из них движется вокруг Юпитера в обратную сторону (по сравнению с обращением других 12 спутников и направлением суточного вращения самой планеты). Самый внешний спутник Юпитера в 200 раз дальше от него, чем самый близкий. Например, если высадиться на один из ближайших спутников, то оранжевый диск планеты займет полнеба. А с орбиты самого дальнего спутника диск гиганта Юпитера будет выглядеть почти в два раза меньше лунного.

Спутники Юпитера – это интереснейшие миры, каждый со своим лицом и историей , которые открывались нам только в космическую эру.

Ио

Это самый близкий к Юпитеру галилеев спутник, он удален от центра планеты на 422 тыс. км, т. е. чуть дальше, чем Луна от Земли. Благодаря огромной массе Юпитера период обращения Ио гораздо короче лунного месяца и составляет всего 42,5 ч. Для наблюдателя в телескоп это самый непоседливый спутник: практически каждый день Ио видна на новом месте, перебегая с одной стороны Юпитера на другую.

По массе и радиусу (1815км) Ио похожа на Луну. Самая сенсационная особенность Ио заключается в том, что она вулканически активна! На ее желто-оранжевой поверхности «Вояджеры» обнаружили 12 действующих вулканов, извергающих султаны высотой до 300км. Основной выбрасываемый газ – диоксид серы, замерзающий потом на поверхности в виде твердого белого вещества. Доминирующим оранжевым цветом спутник обязан соединениям серы. Вулканически активные области Ио нагреты до 300°С.

Постоянно над планетой поднимается фонтан газа высотой 300 км. Мощный подземный гул сотрясает почву , из жерла вулкана с огромной скоростью ( до 1 км/с)вылетают вместе с газом камни и после свободного безатмосферного падения с огромной высоты врезаются в поверхность во многих сотнях километров от вулкана. Из некоторых вулканических кальдер (так называются котлообразные впадины , образовавшиеся вследствие провала вершины вулкана ) выплёскивается расплавленная черная сера и растекается горячими реками . на фотографиях «Вояджеров» видны черные озёра и даже целые моря расплавленной серы .

Крупнейшее лавовое море возле вулкана Локи имеет размер 20 км в поперечнике . В центре его расположен потрескавшийся оранжевый остров из твёрдой серы . Черные моря Ио колышутся в оранжевых берегах , а в небе над ними нависает громада Юпитера…

Существование таких пейзажей вдохновило много художников.

Вулканическая активность Ио обусловлена гравитационным влиянием на нее других тел системы Юпитера. Прежде всего, сама гигантская планета своим мощным тяготением создала два приливных горба на поверхности спутника, которые затормозили вращение Ио, так что она всегда обращена к Юпитеру одной стороной – как Луна к Земле. Орбита Ио не является точным кругом, горбы слегка перемещаются по её поверхности ,что приводит к разогреванию внутренних слоев планеты. В еще большей степени этот эффект вызывается приливными воздействиями других массивных спутников Юпитера, в первую очередь ближайшей к Ио Европе. Постоянное разогревание недр привело к тому, что Ио является самым вулканически активным телом Солнечной системы.

В отличие от земных вулканов , у которых мощные извержения эпизодичны, вулканы на Ио работают практически не переставая , хотя активность их может меняться. вулканы и гейзеры выбрасывают часть вещества даже в космос. Поэтому вдоль орбиты Ио тянется плазменный шлейф из ионизированных атомов кислорода и серы и нейтральных облаков атомарных натрия и калия.

Ударные кратеры на Ио отсутствуют из-за интенсивной вулканической переработки поверхности. На ней есть каменные массивы высотой до 9 км. Плотность Ио довольно высока – 3000 кг/м^3. Под частично расплавленной оболочкой из силикатов в центре спутника расположено ядро с большим содержанием железа и его соединений.

# *Европа*

Европа имеет радиус чуть меньше, чем у Ио – 1569км. Из галилеевых спутников у Европы самая светлая поверхность с явными признаками водяного льда. Существует предположение о том, что под ледяной коркой существует водный океан, а под ним твердое силикатное ядро. Плотность Европы очень высока – 3500кг/м3. Этот спутник удален от Юпитера на 671000 км.

Геологическая история Европы не имеет ничего общего с историей соседних спутников. Европа одно из самых гладких тел в солнечной системе: на ней нет возвышенностей более ста метров высотой. Вся ледяная поверхность спутника покрыта сетью полос огромной протяженностью. Темные полосы длиной в тысячи километров – это следы глобальной системы трещин по всей Европе. Существование этих трещин объясняется тем, что ледяная поверхность достаточно подвижна и неоднократно раскалывалась от внутренних напряжений и крупномасштабных тектонических процессов.

Из-за того , что поверхность молодая ( всего 100млн. лет ) , на почти не заметно ударных метеоритных кратеров, которые в большом количестве возникали 4,5 млрд. лет назад. Учёные нашли на Европе только пять кратеров диаметрами 10-30 км.

Ганимед

Ганимед является крупнейшим спутником планет в Солнечной системе, его радиус равен 2631 км. Плотность мала, по сравнению с Ио и Европой, всего 1930кг/м3. Удаленность от Юпитера составляет 1,07 млн. км. Всю поверхность Ганимеда можно разделить на две группы: первая, занимающая 60% территории, представляет собой странные полосы льда, порожденные активными геологическими процессами 3,5 млрд. лет назад; вторая, занимающая остальные 40%, представляет собой древнюю мощную ледяную кору, покрытую многочисленными метеоритными кратерами, нужно также отметить, что эта кора было частична разломлена и обновлена теми же процессами, что и упомянутые выше.

С точки зрения космического геолога Ганимед- самое привлекательное тело среди спутников Юпитера. Он имеет смешанный силикатно- ледяной состав: мантию из водяного льда и каменное ядро . Его плотность 1930 кг\м^3. В условиях низких температур и высоких внутренних давлений водяной лёд может существовать в нескольких модификациях с различными типами кристаллической решётки. Богатая геология Ганимеда во многом определяется сложными переходами между этими разновидностями льда. Поверхность спутника припорошена слоем рыхлой каменно-ледяной пыли толщиной от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Каллисто

Это второй по величине спутник в системе Юпитера, его радиус 2400км. Среди галилеевых спутников Каллисто самый дальний: расстояние от Юпитера 1,88 млн. км, период вращения составляет 16,7 суток. Плотность силикатно-ледяной Каллисто мала – 1830кг/м3. Поверхность Каллисто до предела насыщена метеоритными кратерами. Темный цвет Каллисто – результат силикатных и других примесей. Каллисто – самое кратерированное тело Солнечной системы из всех известных. Огромной силы удар метеорита вызвал образование гигантской структуры, окружённой кольцевыми волнами , - Вальхаллы. В центре её находится кратер диаметром 350 км , а в радиусе 2000 км от него концентрическими кругами располагаются горные хребты.

У Юпитера внутри орбиты Ио открывается несколько маленьких спутников. Три из них – Метида, Адрастея и Теба- обнаружены с помощью межпланетных станций , и о них известно немного. Метида и Атрастея (их диаметры 40 и 20 км соответственно) движутся по краю главного кольца Юпитера ,по одной орбите радиусом 128000км. Эти самые быстрые спутники делают оборот вокруг гиганта Юпитера за 7 ч. со скоростью свыше 100000 км /ч.

Более удалённый спутник Теба расположен посередине между Ио и Юпитером- на расстоянии 222 тыс. км от планеты ; его диаметр около 100 км.

Наиболее крупный внутренний спутник Амальтерея имеет неправильную форму ( размеры 270\*165\*150 км) и покрыт кратерами ; он состоит из тугоплавких пород тёмно-красного цвета. Амальтелия обнаружена американским астрономом Эдуардом Бернардом в 1892 г. и стала пятым по счету открытым спутником Юпитера. Вращается она по орбите радиусом 181 тыс. км.

Внутренние спутники Юпитера и его четыре главные луны расположены вблизи плоскости экватора планеты на почти круговых орбитах. У орбит этих восьми спутников эксцентрисеты и наклонения настолько малы , что ни один из них не отклоняется от «идеальной» круговой траектории более чем на один градус . Такие спутники называются регулярными.

Остальные восемь спутников Юпитера относятся к нерегулярным и отличаются значительными эксцентрисетами и наклонениями орбит. В своём движении они могут они могут менять удаленность от планеты в 1,5-2 раза, отклоняясь при этом от её экваториальной плоскости на многие миллионы километров. Эти восемь внешних спутников Юпитера сгруппированы в две команды , котрые были названы по наиболее крупным телам : группа Гималии , куда также входят Леда, Лиситея и Элара ;и группа Пасифе с Ананке, Карме и Синопе. Эти спутники открывались с помощью наземных телескопов в течение 70 лет( 1904 –1974).Средние радиусы планет группы Гималии соответствуют 11,1-11,7 млн км . спутники группы Гималии совершают оборот вокруг Юпитера за 240-260 суток , а группы Пасифе -–за 630-760 суток , т.е. более чем за два года. Собственные радиусы спутников очень малы : в группе Гималии –от 8 км у Леды до 90 км у Гималии ; в группе Пасифе –от 15 до 35 км . они черны и неровны . Внешние спутники , входящие в группу Пасифе, вращаются вокруг Юпитера в обратную сторону.

Учёные еще не пришли к единому мнению о происхождении нерегулярных спутников.( Считается , что регулярные внутренние спутники сформировались из околопланетного газопылевого диска в результате слипания многих мелких частиц .) Ясно только , что важную роль в формировании внешних спутников играл захват Юпитером астероидов. Компьютерные расчеты показывают, что, возможно, группа Пасифе возникла в результате систематического захвата планетой мелких частиц и астероидов на обратные орбиты во внешней области околоюпитерианского диска.

**С А Т У Р Н**

АТМОСФЕРА И ОБЛАЧНЫЙ СЛОЙ.

Всякий, кто наблюдал планеты в телескоп, знает, что на поверхности Сатурна, то есть на верхней границе его облачного покрова, заметно мало деталей и контраст их с окружающим фоном невелик. Этим Сатурн отличается от Юпитера, где присутствует множество контрастных деталей в виде темных и светлых полос, волн, узелков, свидетельствующих о значительной активности его атмосферы.

Возникает вопрос, действительно ли атмосферная активность Сатурна (например скорость ветра) ниже, чем у Юпитера, или же детали его облачного покрова просто хуже видны с Земли из-за большего расстояния (около 1,5 млрд. км.) и более скудного освещения Солнцем (почти в 3,5 раза слабее освещения Юпитера)?

"Вояджерам" удалось получить снимки облачного покрова Сатурна, на которых отчетливо запечатлена картина атмосферной циркуляции: десятки облачных поясов, простирающихся вдоль параллелей, а также отдельные вихри. Обнаружен, в частности, аналог Большого Красного Пятна Юпитера, хотя и меньших размеров. Установлено, что скорости ветров на Сатурне даже выше, чем на Юпитере: на экваторе 480 м/с, или 1700 км/ч. Число облачных поясов больше, чем на юпитере, и достигают они более высоких широт. Таким образом, снимки облачности демонстрируют своеобразие атмосферы Сатурна, которая даже активнее юпитерианской.

Метеорологические явления на Сатурне происходят при более низкой температуре, нежели в земной атмосфере. Поскольку Сатурн в 9,5 раз дальше от Солнца, чем Земля, он получает в 9,5 =90 раз меньше тепла.

Температура планеты на уровне верхней границы облачного покрова, где давление равно 0,1 атм, составляет всего 85 К, или -188 С. Интересно, что за счет нагревания одним Солнцем даже такой температуры получить нельзя. Расчет показывает: в недрах Сатурна имеется свой собственный источник тепла, поток от которого в 2,5 раза больше, чем от Солнца. Сумма этих двух потоков и дает наблюдаемую температуру планеты. Космические аппараты подробно исследовали химический состав надоблачной атмосферы Сатурна. В основной она состоит почти на 89% из водорода. На втором месте гелий (около 11% по массе). Отметим, что в атмосфере Юпитера его 19%. Дефицит гелия на Сатурне объясняют гравитационным разделением гелия и водорода в недрах планеты: гелий, который тяжелее, постепенно оседает на большие глубины (что, кстати говоря, высвобождает часть энергии, "подогревающей" Сатурн). Другие газы в атмосфере - метан, аммиак, этан, ацетилен, фосфин - присутствуют в малых количествах. Метан при столь низкой температуре ( около -188 С)находится в основном в капельножидком состоянии. Он образует облачный покров Сатурна. Что касается малого контраста деталей, видимых в атмосфере Сатурна, о чем говорилось выше, то причины этого явления пока еще не вполне ясны. Было высказано предположение, что в атмосфере взвешена ослабляющая контраст дымка из мельчайших твердых частиц. Но наблюдения "Вояджера-2" опровергают это: темные полосы на поверхности планеты оставались резкими и ясными до самого края диска Сатурна, тогда как при наличии дымки они бы к краям замутнялись из-за большого количества частиц перед ними. Вопрос, таким образом, не может считаться решенным и требует дальнейшего расследования.

Данные, полученные с "Вояджера-1", помогли с большой точностью определить экваториальный радиус Сатурна. На уровне вершины облачного покрова экваториальный радиус составляет 60330 км. или в 9,46 раза больше земного. Уточнен также период обращения Сатурна вокруг оси: один оборот он совершает за 10 ч. 39,4 мин - в 2,25 раза быстрее Земли. Столь быстрое вращение привело к тому, что сжатие Сатурна значительно больше, чем у Земли. Экваториальный радиус Сатурна на 10% больше полярного (у Земли - только на 0,3%).

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА САТУРНА.

До тех пор, пока первые космические аппараты не достигли Сатурна, наблюдательных данных о его магнитном поле не было вообще. но из наземных радиоастрономических наблюдений явствовало, что Юпитер обладает мощным магнитным полем. Об этом свидетельствовало тепловое радиоизлучение на дециметровых волнах, источник которого оказался больше видимого диска планеты, причем он вытянут вдоль экватора Юпитера симметрично по отношению к диску. Такая геометрия, а также поляризованность излучения свидетельствовали о том, что наблюдаемое излучение магнитно-тормозное и источник его - электроны, захваченные магнитным полем Юпитера и населяющие его радиационные пояса, аналогичные радиационным поясам Земли. Полеты к Юпитеры подтвердили эти выводы. Поскольку Сатурн весьма сходен с Юпитером по своим физическим свойствам, астрономы предположили, что достаточно заметное магнитное поле есть и у него. Отсутствие же у Сатурна наблюдаемого с Земли магнитно-тормозного радиоизлучения объясняли влиянием колец. Эти предложения подтвердились. Еще при подлете "Пионера-11" к Сатурну его приборы зарегистрировали в около планетном пространстве образования, типичные для планеты, обладающей ярко выраженным магнитным полем: головную ударную волну, границу магнитосферы (магнитопаузу), радиационные пояса (Земля и Вселенная, 1980, N2, с.22-25 - Ред.). В целом магнитосфера Сатурна весьма сходна с земной, но, конечно, значительно больше по размерам. Внешний радиус магнитосферы Сатурна в подсолнечной точке составляет 23 экваториальных радиуса планеты, а расстояние до ударной волны - 26 радиусов. Для сравнения можно напомнить, что внешний радиус земной магнитосферы в подсолнечной точке - около 10 земных радиусов. Так что даже по относительным размерам магнитосфера Сатурна превосходит земную более чем вдвое. Радиационные пояса Сатурна настолько обширны, что охватывают не только кольца, но и орбиты некоторых внутренних спутников планеты. Как и ожидалось, во внутренней части радиационных поясов, которая "перегорожена" кольцами Сатурна, концентрация заряженных частиц значительно меньше. Причину этого легко понять, если вспомнить, что в радиационных поясах частицы совершают колебательные движения примерно в меридиональном направлении, каждый раз пересекая экватор. Но у Сатурна в плоскости экватора располагаются кольца: они поглощают почти все частицы, стремящиеся пройти сквозь них. В результате внутренняя часть радиационных поясов, которая в отсутствие колец была бы в системе Сатурна наиболее интенсивным источником радиоизлучения, оказывается ослабленной. Тем не менее "Вояджер-1", приблизившись к Сатурну, все же обнаружил нетепловое радиоизлучение его радиационных поясов.

В отличие от Юпитера Сатурн излучает в километровом диапазоне длин волн. Заметив, что интенсивность излучения модулирована с периодом 10ч. 39,4 мин., предположили, что это и есть период осевого вращения радиационных поясов, или, другими словами, период вращения магнитного поля Сатурна. Но тогда это и период вращения Сатурна. В самом деле, магнитное поле Сатурна порождается электрическими токами в недрах планеты, - по-видимому, в слое, где под влиянием колоссальных давлений водород перешел в металлическое состояние. При вращении этого слоя с той угловой скоростью вращается и магнитное поле. Вследствие большой вязкости вещества внутренних частиц планеты все они вращаются с одинаковым периодом. Таким образом, период вращения магнитного поля - это в то же время период вращения большей части массы Сатурна (кроме атмосферы, которая вращается не как твердое тело).

###### КОЛЬЦА

C Земли в телескоп хорошо видны три кольца: внешнее, средней яркости кольцо А; среднее, наиболее яркое кольцо В и внутреннее, не яркое полупрозрачное кольцо С, которое иногда называется креповым. Кольца чуть белее желтоватого диска Сатурна. Расположены они в плоскости экватора планеты и очень тонки: при общей ширине в радиальном направлении примерно 60 тыс. км. они имеют толщину менее 3 км. спектроскопически было установлено, что кольца вращаются не так, как твердое тело, - с расстоянием от Сатурна скорость убывает. Более того, каждая точка колец имеет такую скорость, какую имел бы на этом расстоянии спутник, свободно движущийся вокруг Сатурна по круговой орбите. Отсюда ясно: кольца Сатурна по существу представляют собой колоссальное скопление мелких твердых частиц, самостоятельно обращающихся вокруг планеты. Размеры частиц столь малы, что их не видно не только в земные телескопы, но и с борта космических аппаратов. Характерная особенность строения колец - темные кольцевые промежутки (деления), где вещества очень мало. Самое широкое из них (3500 км) отделяет кольцо В от кольца А и называется "делением Кассини" в честь астронома, впервые увидевшего его в 1675 году. При исключительно хороших атмосферных условиях таких делений с Земли видно свыше десяти.Природа их, по-видимому, резонансная. Так, деление Кассини - это область орбит, в которой период обращения каждой частицы вокруг Сатурна ровно вдвое меньше, чем у ближайшего крупного спутника Сатурна - Мимаса. Из-за такого совпадения Мимас своим притяжением как бы раскачивает частицы, движущиеся внутри деления, и в конце концов выбрасывает их оттуда.

Бортовые камеры "Вояджеров" показали, что с близкого расстояния кольца Сатурна похожи на граммофонную пластинку: они как бы расслоены на тысячи отдельных узких колечек с темными прогалинами между ними. Прогалин так много, что объяснить их резонансами с периодами обращения спутников Сатурна уже невозможно. Чем же объясняется эта тонкая структура? Вероятно, равномерное распределение частиц по плоскости колец механически неустойчиво. Вследствие этого возникают круговые волны плотности - это и есть наблюдаемая тонкая структура.

Помимо колец А,В и С "Вояджеры" обнаружили еще четыре: D,E,F и G. Все они очень разрежены и потому неярки. Кольца D и E с трудом видны с Земли при особо благоприятных условиях; кольца F и G обнаружены впервые. Порядок обозначения колец объясняется историческими причинами, поэтому он не совпадает с алфавитным. Если расположить кольца по мере их удаления от Сатурна, то мы получим ряд: D,C,B,A,F,G,E. Особый интерес и большую дискуссию вызвало кольцо F. К сожалению, вывести окончательное суждение об этом объекте пока не удалось, так как наблюдения двух "Вояджеров" не согласуются между со бой. Бортовые камеры "Вояджера-1" показали, что кольцо F состоит из нескольких колечек общей шириной 60 км., причем два из них перевиты друг с другом, как шнурок. Некоторое время господствовало мнение, что ответственность за эту необычную конфигурацию несут два небольших новооткрытых спутника, движущихся непосредственно вблизи кольца F, - один из внутреннего края, другой - у внешнего (чуть медленнее первого, так как он дальше от Сатурна). Притяжение этих спутников не дает крайним частицам уходить далеко от его середины, то есть спутники как бы "пасут" частицы, за что и получили название "пастухов". Они же, как показали расчеты, вызывают движение частиц по волнистой линии, что и создает наблюдаемые переплетения компонентов кольца. Но "Вояджер-2", прошедший близ Сатурна девятью месяцами позже, не обнаружил в кольце F ни переплетений, ни каких-либо других искажений формы, - в частности, и в непосредственной близости от "пастухов". Таким образом, форма кольца оказалась изменчивой. Для суждения о причинах и закономерностях этой изменчивости двух наблюдений, конечно, мало. С Земли же наблюдать кольцо F современными средствами невозможно - яркость его слишком мала. Остается надеяться, что более тщательное исследование полученных "Вояджерами" снимков кольца прольет свет на эту проблему.

Кольцо D - ближайшее к планете. Видимо, оно простирается до самого облачного шара Сатурна. Кольцо E - самое внешнее. Крайне разряженное, оно в то же время наиболее широкое из всех - около 90 тыс. км. Величина зоны, которую оно занимает, от 3,5 до 5 радиусов планеты. Плотность вещества в кольце E возрастает по направлению к орбите спутника Сатурна Энцелада. Возможно, Энцелад - источник вещества этого кольца. Частицы колец Сатурна, вероятно, ледяные, покрытые сверху инеем. Это было известно еще из наземных наблюдений, и бортовые приборы космических аппаратов лишь подтвердили правильность такого вывода. Размеры частиц главных колец оценивались из наземных наблюдений в пределах от сантиметров до метров (естественно, частицы не могут быть одинаковыми по величине: не исключается также, что в разных кольцах типичный поперечник частиц различен). Когда "Вояджер-1" проходил вблизи Сатурна, радиопередатчик космического аппарата последовательно пронизывал радиолучом не волне 3,6 см. кольцо А, деление Кассини и кольцо С. Затем радиоизлучение было принято на Земле и подверглось анализу. Удалось выяснить, что частицы указанных зон рассеивают радиоволны преимущественно вперед, хотя и несколько по-разному. Благодаря этому оценили средний поперечник частиц кольца А в 10 м, деления Кассини - в 8 м и кольца С - в 2 м. Сильное рассеяние вперед, но на этот раз в видимом свете, обнаружено у колец F и E. Это означает наличие в них значительного количества мелкой пыли (поперечник пылинки около десятитысячных долей миллиметра). В кольце В обнаружили новый структурный элемент – радиальные образования, получившие названия "спиц" из-за внешнего сходства со спицами колеса. Они также состоят из мелкой пыли и расположены над плоскостью кольца. Не исключено, что "спицы" удерживаются там силами электростатического отталкивания. Любопытно отметить: изображения "спиц" были найдены на некоторых зарисовках Сатурна, сделанных еще в прошлом веке. Но тогда никто не придал им значения. Исследуя кольца, "Вояджеры" обнаружили неожиданным эффект - многочисленные кратковременные всплески радиоизлучения, поступающего от колец. Это не что иное, как сигналы от электростатических разрядов - своего рода молнии. Источник электризации частиц, по-видимому, столкновения между ними. Кроме того6 была открыта окутывающая кольца газообразная атмосфера из нейтрального атомарного водорода. "Вояджерами" наблюдалась линия Лайсан-альфа (1216 А) в ультрафиолетовой части спектра. По ее интенсивности оценили число атомов водорода в кубическом сантиметре атмосферы. Их оказалось примерно 600. Нужно сказать, некоторые ученые задолго до запуска к Сатурну космических аппаратов предсказывали возможность существования атмосферы у колец Сатурна. "Вояджерами" была также сделана попытка измерить массу колец. Трудность состояла в том, что масса колец по крайней мере в миллион раз меньше массы Сатурна. Из-за этого траектория движения космического аппарата вблизи Сатурна в громадной степени определяется мощным притяжением самой планеты и лишь ничтожно возмущается слабым притяжением колец. Между тем именно слабое притяжение и необходимо выявить. Лучше всего для этой цели подходила траектория "Пионера-11". Но анализ измерений траектории аппарата по его радиоизлучению показал, что кольца ( в пределах точности измерений) на движение аппарата не повлияли. Точность же составила 1,7 х 10 массы Сатурна. Иными словами, масса колец заведомо меньше 1,7 миллионных долей массы планеты.

СПУТНИКИ

Если до полетов космических аппаратов к Сатурну было известно 10 спутников планеты, то сейчас мы знаем 22, названные, в основном, в честь героев античных мифов о титанах и гигантах . Новые спутники весьма малы, но тем не менее некоторые из них оказывают серьезное влияние на динамику системы Сатурна. Таков, например, маленький спутник, движущийся у внешнего края кольца А; он не дает частицам кольца выходить за пределы этого края. Это Атлас. Титан является вторым по величине спутником в Солнечной Системе. Его радиус равен 2575 километров. Его масса составляет 1,346 х 10 грамм (0,022 массы Земли), а средняя плотность 1,881 г/см. Это единственный спутник, обладающий значительной атмосферой, причем его атмосфера плотнее, чем у любой из планет земной группы, исключая Венеру. Титан подобен Венере еще и тем, что у него имеются глобальная дымка и даже небольшой тепличный подогрев у поверхности. В его атмосфере, вероятно, имеются метановые облака, но это твердо не установлено. Хотя в инфракрасном спектре преобладают метан и другие углеводороды, основным компонентом атмосферы является азот, который проявляется в сильных УФ-эмиссиях. Верхняя атмосфера весьма близка к изотермическому состоянию на всем пути от стратосферы до экзосферы, а температура на поверхности с точностью до нескольких градусов одинакова по всей сфере и равна 94 К. Радиусы темно-оранжевых или коричневых частиц стратосферного аэрозоля в основном не превышают 0,1 мкм, а на больших глубинах могут существовать более крупные частицы. Предполагается, что аэрозоли являются конечным продуктом фотохимических превращений метана и что они аккумулируются на поверхности (или растворяются в жидком метане или этане). Наблюдаемые углеводороды и органические молекулы могут возникать при естественных фотохимических процессах. Удивительным свойством верхней атмосферы являются УФ-эмиссии, приуроченные к дневной стороне, но слишком яркие, чтобы их могла возбудить поступающая солнечная энергия. Водород быстро диссипирует, пополняя наблюдаемый тор, вместе с некоторым количеством азота, выбиваемого при диссоциации N2 электронными ударами. На основе наблюдаемого расщепления температуры можно построить глобальную систему ветров. Глобальный состав Титана, по-видимому, определяется тем набором конденсируемых веществ, которые образовались в плотном газовом диске вокруг прото-Сатурна. Существуют три возможных сценария происхождения: холодная аккреция (означающая, что повышение температуры в ходе образования пренебрежимо мало), горячая аккреция при отсутствии плотной газовой фазы и горячая аккреция в присутствии плотной газовой фазы. На рис. показано, как могут выглядеть в разряде недра Титана. Вероятно наличие горячего дегидротированного силикатного ядра, а также расплавленного слоя NH -H O, однако детальное расположение ледяных слоев в настоящее время достоверно неизвестно. Конвекция преобладает повсюду, кроме внешней оболочки. Япете. Возможно, что самый таинственный из спутников Сатурна, Япете, является единственным по интервалу альбедо его поверхности - от 0,5 (типичное значение для ледяных тел) до 0,05 в центральных частях его ведущего по ходу обращения полушария. "Вояджером - 1" были получены изображения с максимальным разрешением 50 км/пара линий, показывающие в основном полушарие, обращенное к Сатурну, и границу между ведущей (темной) и ведомой (светлой) сторонами. Было зарегистрировано огромное темное экваториальное кольцо диаметром около 300 км с долготой центра около 300. Вояджеровские наблюдения, полученные с наибольшим разрешением, показывают, что светлая сторона (и особенно область северного полюса) сильно кратеризована: поверхностная плотность составляет 205+16 кратеров (D>30 км) на 10 км. Экстраполяция до диаметров 10 км приводит к плотности более 2000 кратеров (D>10 км) на 10 км. Такая плотность сравнима с плотностями на других сильно кратеризованных телах, таких, как Меркурий и Каллисто, или с плотностью кратеров на лунных континентах. Характерной чертой границы между темной и светлой областями на Япете является существование многочисленных кратеров с темным дном на светлом веществе и отсутствие на темном веществе кратеров со светлым дном или кратеров с гало (или других белых пятен). Плотность Япета, равная 1,16+0,09 г/см характерна для ледяных Спутников Сатурна и согласуется с моделями, в которых водяной лед является главной составляющей. Белл считает, что темное вещество является основным компонентом исходного конденсата, из которого образовался Япет.

Рея – почти двойник Япета по размерам, но без его темного вещества, Рея может представлять собой относительно простой прототип ледяного спутника внешних областей Солнечной системы. Диаметр Реи 1530 км, а плотность 1,24+0,05 г/см . Ее геометрическое альбедо равно 0,6 и оказывается подобным альбедо полюсов и ведомого полушария Япета.

Это позволило сделать важный шаг в исследовании природы спутников. Зная диаметр спутника, легко вычислить его объем. Разделив массу спутника на объем, получим среднюю плотность - характеристику, помогающую установить, из каких веществ состоит данное небесное тело. Выяснилось, что плотности внутренних спутников Сатурна - от Мимаса до Реи, а также Япета - близки к плотности воды: от 1,0 до 1,4 г/см ,Есть основания полагать, что эти спутники главным образом, и состоят из воды (конечно, не жидкой, так как их температура около -180 С). Тефия, плотность которой 1 г/см , особенно похожа на кусок чистого льда. В других спутниках также должна иметься большая или меньшая примесь каменистых веществ. "Вояджеры" подходили к спутникам Сатурна так близко, что удалось не только определить диаметры спутников, но и передать на Землю изображения их поверхности. Уже составлены первые карты спутников.

Наиболее распространенные образования на их поверхности - кольцевые кратеры, подобные лунным. Происхождение кратеров ударное: летящее в межпланетном пространстве метеорное тело сталкивается со спутником, его космическая скорость почти мгновенно падает до нуля, кинетическая энергия переходит в тепло. Происходит взрыв с образованием кольцевого кратера.

Некоторые кратеры нужно упомянуть особо. Например, большой кратер на маленьком Мимасе. Диаметр кратера около 130 км., или треть диаметра спутника. Вероятно, ударного кратера большего размера на Мимасе быть не может. При несколько большей кинетической энергии космического тела, нанесшего удар, Мимас разлетелся бы на куски. Множество кратеров, которые мы сейчас видим на снимках спутников Сатурна, - это летопись их истории, уходящая вглубь времен по меньшей мере на сотни миллионов лет. Отметины, произведенные небесными камнями, свидетельствуют, что в отдаленную эпоху формирования планетной системы околосолнечное пространство (по крайней мере до орбиты Сатурна) было насыщено множеством отдельных твердых тел , из которых постепенно сложились планеты и спутники. И даже после того, как формирование планет и спутников в основном завершилось, остаток этих твердых тел долгое время продолжал двигаться в пространстве. Таковы, в основном, наши сегодняшние сведения о Сатурне. Необходимо только оговориться, что в первую очередь речь шла о непосредственных фактических данных. Более глубокие выводы, которые могут быть из них сделаны и, вероятно, будут сделаны , потребуют длительной работы ученых. Она еще впереди.

**У Р А Н**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Уран — седьмая планета от Солнца и третья по размеру. Интересно, что Уран хоть и больше в диаметре, но меньше массой, чем Нептун. Уран иногда едва видим невооруженным глазом в очень ясные ночи; его нетрудно отождествить в бинокль (если Вы знаете точно, куда смотреть). Небольшой астрономический телескоп покажет небольшой диск.

Расстояние от Солнца 2870990000 км (19.218 а.е.), экваториальный диаметр: 51,118 км, в 4 раза больше земного, масса: 8.686.10 25 кг, 14 масс Земли. Период обращения вокруг Солнца — 84 с четвертью года. Средняя температура на Уране — около 60-ти Кельвинов.

Уран — старинное Греческое божество Неба, самый ранний высший бог, который был отцом Хроноса (Сатурна), Циклопа и Титана (предшественников Олимпийских богов).

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ

Уран, первая планета, обнаруженная в новой истории, была открыта случайно В.Гершелем, когда он рассматривал небо в телескоп 13 марта 1781 года; сначала он подумал, что это была комета. Ранее, как позже выяснилось, планета неоднократно была наблюдаема, но принималась за обычную звезду (самая ранняя запись о “звезде” была сделана в 1690-м, когда Джон Флэмстид каталогизировал ее как 34-ю Тельца — одно из приинятых обозначений звезд в созвездиях).

Гершель назвал планету “Georgium Sidus” (Планета Георга) в честь его покровителя, короля Англии Георга III ; другие называли ее планетой Гершеля. Имя же “Уран” было дано временно и взято по традиции из античной мифологии, а утвердилось оно лишь в 1850-м году.

Уран был посещен только одним космическим кораблем: недалеко от Урана пролетал “Вояджер 2”. (Снимок вверху сделан с телескопа “Хаббл”). Корабль прошел в 81500 километрах от Урана 24-ого января 1986-го года. “Вояджер-2 “ предал тысячи изображений и других научных данных о планете, спутниках, кольцах, атмосфере, пространстве и магнитной среде, окружающих Уран. Различные инструменты изучали кольцевую систему, открывая мелкие детали прежде известных и двух вновь обнаруженных колец. Данные показали, что планета вращается с периодом 17 часов 14 минут. Космический корабль также обнаружил магнитосферу , которая велика настолько же, насколько и необычна.

ОСОБЕННОСТИ ВРАЩЕНИЯ УРАНА

У большинства планет ось вращения почти перпендикулярна плоскости эклиптики (эклиптика - видимый годовой путь Солнца на небсной сфере), но ось Урана почти параллельна этой плоскости. Причины “лежачего” обращения Урана неизвестны. Зато в действительности существует спор: какой из полюсов Урана — северный. Разговор этот отнюдь не подобен спору о палке с двумя концами и двумя началами. То, как же на самом деле сложилась такая ситуация с вращением Урана, очень многое значит в теории возникновения всей Солнечной системы, ведь почти все гипотезы подразумевают вращение планет в одну сторону. Если Уран образовался, лежа на боку, то это сильно не состыкуется с догадками о происхождении нашей планетной системы. Правда, сейчас все больше полагают, что такое положение Урана — результат столкновения с большим небесным телом, возможно крупным астероидом, на ранних стадиях формирования Урана.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СТРОЕНИЕ УРАНА

Уран сформировался из первоначальных твердых тел и различных льдов (подо льдами здесь надо понимать не только водяной лед), он лишь на 15% состоит из водорода, а гелия нет почти совсем (в контраст Юпитеру и Сатурну, которые, по большей части, — водород). Метан, ацетилен и другие углеводороды существуют в значительно больших количествах, чем на Юпитере и Сатурне. Ветры в средних широтах на Уране перемещают облака в тех же направлениях, что и на Земле. Эти ветры дуют со скоростью от 40-а до 160-ти метров в секунду; на Земле быстрые потоки в атмосфере перемещаются со скоростью около 50-ти метров в секунду.

Толстый слой (дымка) - фотохимический смог - обнаруживается вокруг освещенного Солнцем полюса. Освещенный Солнцем полушарие также излучает больше ультрафиолета. Инструменты “Вояждера” обнаружили отчасти более холодную полосу между 15 и 40-ка градусами широты, где температура на 2-3 K ниже.

Синий цвет Урана является результатом поглощения красного света метаном в верхней части атмосферы. Вероятно, существуют облака других цветов, но они прячутся от наблюдателей перекрывающим слоем метана. Атмосфера Урана (но не Уран в целом!) состоит примерно из 83% водорода, 15% гелия и 2% метана. Подобно другим газовым планетам, Уран имеет полосы облаков, которые очень быстро перемещаются. Но они чрезвычайно плохо различимы и видимы только на снимках с большим разрешением, сделанные “Вояджером-2” . Последние наблюдения с HST позволили рассмотреть большие облака. Есть предположение о том, что эта возможность появилась в связи с сезонными эффектами, ведь как не трудно сообразить, зима от лета на Уране сильно разняться: целое полушарие зимой на несколько лет прячется от Солнца! Хотя, Уран получает в 370 раз меньше тепла от Солнца, чем Земля, так что летом там тоже не бывает жарко. К тому же, Уран излучает тепла не больше, чем получает от Солнца, следовательно, он холоден внутри?

Кроме того, оказывается, что Уран не имеет твердого ядра, и вещество более или менее единообразно распространено по всему объему планеты. Это отличает Уран (да и Нептун тоже) от его более крупных родственников. Возможно, эта обедненность легкими газами — следствие недостаточной массы зародыша планеты, и в ходе образования, Уран не смог удержать возле себя большее количество водорода и гелия. А может быть, в этом месте зарождающейся планетной системы вовсе не было столько легких газов, что, конечно, в свою очередь, тоже требует объяснений. Как видно, ответы на вопросы, связанные с Ураном, могут пролить свет на судьбу всей Солнечной системы!

КОЛЬЦА УРАНА

Подобно другим газовым планетам, Уран имеет кольца. Кольцевая система была обнаружена в 1977-м году во время покрытия Ураном звезды. Наблюдалось, что звезда 5 раз ослабляла на краткий промежуток времени свой блеск перед покрытием и после него, что и навело на мысль о кольцах. Последующие наблюдения c Земли показали, что действительно есть девять колец. Если перебирать их, удаляясь от планеты, они названы 6, 5, 4, Альфа, Бета, Эта, Гамма, Дельта и Эпсилон. Камеры «Вояждера» обнаружили несколько дополнительных колец, и также показали, что девять основных колец погружены в мелкую пыль. Подобно кольцам Юпитера, они очень неярки, но, как и кольца Сатурна, кольца Урана содержат много довольно больших частиц, размеры их колеблются от 10 метров в диаметре до мелкой пыли. Кольца Урана были открыты первыми после колец Сатурна. Это имело большое значение, так как стало возможным предположить, что кольца — общая характеристика планет, а не удел одного Сатурна. Это еще одно прямо-таки эпохальное значение Урана для астрономии.

Наблюдения показали, что кольца Урана заметно отличаются от родственных им систем Юпитера и Сатурна. Неполные кольца с различным показателям прозрачности по длине каждого из колец сформировались, похоже, позже, чем сам Уран, возможно, после разрыва нескольких спутников приливными силами.

Количество известных колец может, в конечном счете, возрасти, судя по наблюдениям «Вояджер-2». Приборы указывали на наличие многих узких колец (или, возможно, неполных колец или кольцевых дуг) около 50 метров шириной.

Ключом к разгадке структуры колец Урана может быть и открытие того, что два небольших спутника – Корделия и Офелия – находятся внутри кольца Эпсилон. Это объясняет неравномерное распределение частиц в кольце: спутники удерживают вещество вокруг себя. Так, используя эту теорию, предположено, что в этом кольце можно отыскать еще 16(!) спутников.

МАГНИТОСФЕРА

Область вокруг небесного тела, где его магнитное поле остается сильнее суммы всех других полей близких и удаленных тел, называется магнитосферой этого небесного тела.

Уран, как многие планеты имеет магнитосферу. Она необычна тем, что ось симметрии ее наклонена почти на 60 градусов к оси вращения (у Земли этот угол составляет 12 градусов). Если бы так обстояло дело на Земле, то ориентирование с помощью компаса имело бы интересную особенность: стрелка почти совсем бы не попадала указателем на север или юг, а была бы нацелена на две противоположные точки 30-х параллелей. Вероятно, магнитное поле вокруг планеты генерируется движениями в сравнительно поверхностных областях Урана, а не в его ядре. Источник поля — неизвестен; гипотетический электропроводящий океан воды и аммиака не подтвержден исследованиями. Как на Земле, так и на других планетах, источником магнитного поля считают течения в расправленных породах, расположенных недалеко от ядра.

Интенсивность поля на поверхности Урана в общих чертах сравнима с Земной, хотя оно и сильнее изменяется в разных точках поверхности из-за большого смещения оси симметрии поля от центра Урана.

Как у Земли, Юпитера и Сатурна, у Урана есть магнитный хвост, состоящий из захваченных полем заряженных частиц, растянувшийся на миллионы километров за Уран от Солнца. «Вояждер» “чувствовал” поле, по крайней мере, в 10-ти миллионах километрах от планеты.

СПУТНИКИ УРАНА

Уран имеет 17 известных спутников. До недавнего времени их насчитывали 15. Они формировали два четких класса:

10 небольших внутренних, очень слабых по яркости, обнаруженных "Вояджером-2", и 5 больших внешних. Все 15 имеют почти круговые орбиты в плоскости экватора Урана (и, следовательно, они расположены под большим углом к плоскости эклиптики). В 1997-м году с помощью 5-метрового Паломарского телескопа группой канадских ученых были обнаружены еще два крохотных и слабых по яркости спутника. На комбинации снимков телескопа имени Хаббла видно движение со временем спутников Урана. Нетрудно отличить характер этого видимого движения от смещения попадающих в поле зрения звезд.

Имена всех спутников Урана были позаимствованы у героев Шекспира.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Спутник** | **Расстояние от Урана  (тыс. км)** | **Радиус (км)** | **Масса (кг)** | **Кто открыл** | **Год  Открытия** |
| **Корделия** | **50** | **13** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Офелия** | **54** | **16** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Бьянка** | **59** | **22** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Кресcидия** | **62** | **33** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Дездемона** | **63** | **29** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Джульетта** | **64** | **42** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Портия** | **66** | **55** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Росалинда** | **70** | **27** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Белинда** | **75** | **34** | **?** | **1986** | **"Вояджер-2"** |
| **Пак** | **86** | **77** | **?** | **1985** | **"Вояджер-2"** |
| **Миранда** | **130** | **236** | **6.30.1019** | **1948** | **Койпер** |
| **Ариель** | **191** | **579** | **1.27.1021** | **1851** | **Лассель** |
| **Умбриэль** | **266** | **585** | **1.27.1021** | **1851** | **Лассель** |
| **Титания** | **436** | **789** | **3.49.1021** | **1787** | **Гершель** |
| **Оберон** | **583** | **761** | **3.03.1021** | **1787** | **Гершель** |
| **Калибан** | **7 200 (?)** | **60 (?)** | **?** | **1997** | **Глэдмен и ko** |
| **Сикоракс** | **12 200 (?)** | **120 (?)** | **?** | **1997** | **Глэдмен и ko** |
| **Луна** | **387** | **1600** | **7.4.1022** | **----------** | **----------** |

Изображения уже открытых пяти самых больших спутников, полученные "Вояждером", обнаружили сложные поверхности, характеризующие бурное геологическое прошлое этих космических тел. Камеры также отыскали 10 прежде неизвестных спутников.

Предварительный анализ показывает, что пять больших спутников - совокупность ледяных глыб. Большие спутники Урана на 50 процентов состоят из водяного льда, на 20 процентов - из углеродных и азотных соединений, на 30 процентов - из разных соединений кремния - силикатов. Их поверхности, почти монотонно темно-серые, носят следы геологической истории.

Титания, например, выделяется огромными системами трещин и каньонами, что указывает на некоторый период активной геологической деятельности в прошлом этого спутника. Эти детали могут являться результатом тектонических перемещений коры.

Ариель имеет ярчайшую и, возможно, геологически самую молодую поверхность в спутниковой системе Урана. Она, в основном, лишена кратеров, больших, чем 50 километров в диаметре. Это указывает на то, что имеющиеся в околоурановом пространстве мелкие метеоры сглаживают, при падении на поверхность, крупные рельефные образования.

Поверхность Умбриэль древняя и темная, очевидно, она была подвержена немногим геологическим процессам. Темные тона поверхности Умбриэль могут являться следствием покрытия пылью и небольшими обломками когда-то находившихся в окрестностях орбиты этого спутника. Оберон, самый внешний из пяти больших спутников, также имеет старую, покрытую кратерами поверхность, с неяркими следами внутренней деятельности.

**Н Е П Т У Н**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нептун – восьмая планета от Солнца, большая планета Солнечной системы, относится к планетам – гигантам. Ее орбита пересекается с орбитой Плутона в некоторых местах. Еще орбиту Нептуна пересекает комета Галилея. Астрологический знак Нептуна J.

Нептун движется вокруг Солнца по эллиптической, близкой к круговой (эксцентриситет 0, 009), орбите; его среднее расстояние от Солнца в 30, 058 раз больше, чем у Земли, что составляет примерно 4500 млн. км. Это значит, что свет от Солнца доходит до Нептуна немногим более чем за 4 часа. Продолжительность года, то есть время одного полного оборота вокруг Солнца 164,8 земных лет. Экваториальный радиус планеты 24750 км., что почти в четыре раза превосходит радиус Земли, притом собственное вращение настолько быстрое, что сутки на Нептуне длятся всего 17,8 часов. Хотя средняя плотность Нептуна, равная 1,67 г/см3, почти втрое меньше земной, его масса из-за больших размеров планеты в 17,2 раза больше, чем у Земли. Нептун выглядит на небе как звезда 7,8 звездной величины (недоступна невооруженному глазу); при сильном увеличении имеет вид зеленоватого диска, лишенного каких-либо деталей.

Нептун удален от Солнца на 30 а.е., диаметр планеты - 49,5 тыс. км, что около 4-х земных, масса - около 17 масс Земли. Период обращения вокруг центрального светила - 165 неполных лет. Средняя температура - 55 К. В римской мифологии Нептун (Греч. Посейдон) был богом моря.

На сегодняшний момент (1997-й год), Нептун - самая далекая от нас планета, так как из-за вытянутости орбиты Плутона, с 1979-го по июль 1999-го года последняя планета находится ближе к Солнцу. У имеющих небольшие оптические инструменты есть уникальная возможность разглядеть самую далекую планету Солнечной системы. ("Возможность была..." - свежая приписка. Я, имеющий плохонькую 6-сантиметровую ЗРТ ее не упустил. А вы? Я также провел уникальные наблюдения планеты Нептун в те несколько дней, когда она еще была наиболее удаленной от Земли, но уже не самой далекой от Солнца. Такое интересное взаимное расположение Солнца, Земли и Нептуна длилось с начала по 24 июня 1999-го года, но из-за позднего восхода Нептуна, появившегося лишь на светлейшем ночном небе июня, совершить подвиг получилось только 23-го числа).

С 1994-го года проводятся исследования планеты с помощью телескопа имени Хаббла. На этой паре полученных им изображений представлены два полушария Нептуна. Еще четыре снимка этого телескопа спрятано в фотоаппарате.

Большое Темное Пятно.После пролета "Вояджера-2" мимо планеты, наиболее известной деталью на Нептуне стало Большое Темное Пятно в южном полушарии. Оно в два раза меньше чем Большое Красное Пятно Юпитера (т.е. в диаметре примерно равное Земле). Ветры Нептуна несли Большое Темное Пятно к западу со скоростью 300 метров в секунду. "Вояджер-2" также видел меньшее темное пятно в южном полушарии и небольшое непостоянное белое облако. Оно могло быть потоком, отходящим от нижних слоев атмосферы к верхним, но истинная природа его остается пока тайной.

Любопытно, что наблюдения на HST в 1994-м году показали, что Большое Темное Пятно исчезло. Оно или просто рассеялось или, к настоящему времени, закрыто другими частями атмосферы. Несколько месяцев спустя, HST обнаружил новое темное Пятно в северном полушарии Нептуна. Это указывает на то, что атмосфера Нептуна изменяется быстро, возможно, из-за легких изменений в температурах верхних и нижних облаков. На трех снимках справа показано движение облаков в районе Пятна.

Нептун обладает магнитным полем, напряженность которого на полюсах примерно вдвое больше, чем на Земле.

Эффективная температура поверхностных областей ок. 38 К, но по мере приближения к центру планеты она возрастает до (12-14) · 103 К при давлении 7-8 мегабар.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СТРОЕНИЕ НЕПТУНА

Строение и набор составляющих Нептун элементов, вероятно, подобны Урану: различные "льды" или отвердевшие газы с одержанием около 15% водорода и небольшого количества гелия. Как и Уран, и в отличие от Юпитера с Сатурном, Нептун, возможно, не имеет четкого внутреннего расслоения. Но наиболее вероятно, у него есть небольшое твердое ядро (равное по массе Земле). Атмосфера Нептуна - это, по большей части, водород и гелий с небольшой примесью метана: синий цвет Нептуна является результатом поглощения красного света в атмосфере этим газом, как на Уране.

Подобно типичной газовой планете, Нептун славен большими бурями и вихрями, быстрыми ветрами, дующими на ограниченных полосах, параллельным экватору. На Нептуне самые быстрые в Солнечной системе ветры, они разгоняются до 2200 км/час. Ветры дуют на Нептуне в западном направлении, против вращения планеты. Заметьте, что у планет-гигантов скорость потоков и течений в их атмосферах увеличивается с расстоянием от Солнца. Эта закономерность не имеет пока никакого объяснения. На снимках можно увидеть облака в атмосфере Нептуна. Подобно Юпитеру и Сатурну, Нептун имеет внутренний источник тепла - он излучает более чем в два с половиной раза больше энергии, нежели получает от Солнца.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЙ

После того, как в 1781 г. У. Гершель открыл Уран и рассчитал параметры его орбиты, довольно скоро обнаружились загадочные аномалии в движении этой планеты оно то «отставало» от расчетного, то опережало его. Орбита Урана не соответствовала закону Ньютона. Это и навело на мысль о существовании еще одной планеты за Ураном, которая могла бы своим гравитационным притяжением искажать траекторию движения 7-й планеты.

В 1832 г. в отчете Британской Ассоциации развития науки Дж. Эри, впоследствии ставший королевским астрономом, отмечал, что за 11 лет ошибка в положении Урана достигла почти полминуты дуги. Вскоре после опубликования отчета Эри получил от Британского астронома-любителя, преподобного доктора Хассея, письмо, в котором выдвигалось предположение, что эти аномалии обусловлены воздействием пока еще неоткрытой "заурановой" планеты. По-видимому, это было первым предложением искать «возмущающую» планету. Эри не одобрил идею Хассея, и поиски не были начаты.

А еще за год до этого талантливый молодой студент Дж. К. Адамс отметил в своих записях: “В начале этой недели появилась мысль заняться сразу же после получения степени исследованием аномалий в движении Урана, которые до сих пор не объяснены. Надо найти, могут ли они быть обусловлены влиянием находящийся за ним неоткрытой планеты и, если возможно, определить хотя бы приблизительно элементы ее орбиты, что может привести к ее открытию”.

Адамс получил возможность приступить к решению этой задачи только через два года, и к октябрю 1843 г. предварительные вычисления были закончены. Адамс решил показать их Эри, однако встретиться с королевским астрономом ему не удалось. Адамсу оставалось лишь вернуться в Кембридж, оставив для Эри результаты проведенных рачетов. По непонятным причинам Эри отреагировал на работу Адамса отрицательно, ценой чего явилась потеря Англией приоритета в открытии навой планеты.

Независимо от Адамса над проблемой заурановой планеты работал во Франции У. Ж. Леверье. 10 ноября

1845 г. он представил Французской АН результаты своего теоретического анализа движения Урана, заметив в заключение о расхождениями между данными наблюдений и расчетов: “Это можно объяснить воздействием внешнего фактора, который я оценю во втором тракте”. Такие оценки были проведены в первой половине 1846 г. Успеху дела помогло предложение, что искомая планета движется, в соответствии с эмпирическим Тициуса Боде правилом, по орбите, радиус которой равен устроенному радиусу орбиты Урана, и что орбита имеет очень маленький наклон к плоскости эклиптики. Леверье выступил с указанием, где следует искать новую планету.

Получив второй тракт Леверье, эри обратил внимание на очень близкое совпадение результатов исследований Адамса и Леверье, относящихся к движению предполагаемой планеты, возмущающей движение Урана, и даже подчеркнул это на специальном заседании Совета инспекторов Гринвича. Но он, как и ранее, не торопился начать поиски и стал хлопотать о них только в июле 1846 г., поняв, какое негодование может вызвать впоследствии его пассивность.

Тем временем Леверье 31 августа 1846 г. закончил еще одно исследование, в котором была получена окончательная система элементов орбиты искомой планеты и указано ее место на небе. Но во Франции, как и в Англии, астрономы все не преступали к поискам, и 18 сентября Леверье обратился к И. Галле, ассистенту Берлинской обсерватории, 23 сентября вместе со студентом Дарре начал поиски. Вычисления их базировались на результатах наблюдений Юпитера, Сатурна и самого Урана. В первый же вечер планета была обнаружена, она находилась всего в 52 от предполагаемого места. Весть об открытии планеты “на кончике пера”, что явилось одним из ярчайших триумфов небесной механики, вскоре облетела весь научный мир. По установившейся традиции планета получила название Нептун в честь античного бога.

Около года между Францией и Англией шла борьба за приоритет открытия, к которой, как это часто бывает, сами герои непосредственно отношения не имели. В частности, между Адамсом и Леверье установилось полное взаимопонимание, и они оставались друзьями до конца жизни.

СПУТНИКИ НЕТУНА

У Нептуна есть 8 известных спутников: 4 маленьких, 3 средних и 1 большой.

***Тритон***

Самый крупный из спутников, спутник Нептуна, открыт У. Ласселом (о.Мальта, 1846 г.). Расстояние от Нептуна 394700 км., сидерический период обращения 5 сут. 21 ч. 3 мин., диаметр ок. 3200 км. И радиус 1600 км., что немногим (на 138 км.) меньше радиуса Луны, хотя масса его на порядок меньше. Возможно, имеет атмосферу.

Размер крупнейшего спутника планеты - Тритона - близок к размерам Луны, а в массе он уступает ей в 3,5 раза. Это почти единственный спутник Солнечной системы который обращается вокруг своей планеты в противоположную сторону вращения самой планеты вокруг своей оси. Многие подозревают, что Тритон — захваченная когда-то Нептуном самостоятельная планета.

У Тритона большая отражательная способность — 60-90% (Луна —12%), так как он большой своею частью состоит из водяного льда.

У Тритона была обнаружена ничтожная газовая оболочка, давление которой на поверхности в 70.000 раз меньше земного атмосферного давления. Происхождение этой атмосферы, которая должна бы давно рассеяться, было объяснено частыми извержениями, пополняющими ее газами. Когда же были получены снимки Тритона, то на ледяной его поверхности были действительно замечены гейзероподобные извержения азота и темных частиц пыли разного размера. Все это рассеивается в окружающем пространстве. Есть предположение, что, после захвата Нептуном спутник был разогрет приливными силами, и он был даже жидким первый миллиард лет после захвата. Возможно, в недрах своих он по-прежнему сохранил это агрегатное состояние. Поверхность Тритона напоминает спутники Юпитера: Европу, Ганимед, Ио, а также Ариэль Урана. Своим подобием полярных шапок (на рисунке справа, чуть выше) он схож с Марсом.

## *Нереида*

Нерейда – второй по величине спутник Нептуна. Среднее расстояние от Нептуна 6,2 млн. км., диаметр около 200 км., и радиус 100 км.

Нереида - самый далекий от Нептуна спутник из известных. Она делает один виток вокруг планеты за 360 дней, т.е. почти за земной год. Орбита Нереиды сильно вытянута, ее эксцентриситет составляет целых 0,75. Наибольшее расстояние от спутника до планеты превышает наименьшее в семь раз. Нереида был открыт в 1949-м году Койпером(США). Только Тритону посчастливилось также быть открытым с Земли в системе Нептуна.

## *Протеус*

Этот спутник является третьим по размерам в семье спутников Нептуна. Также он является третьим по удаленности от планеты: дальше него движутся только Тритон и Нереида. Нельзя сказать, что этот спутник выделяется чем-то особенным, но тем не менее он был выбран учеными для создания его трехмерной компьютерной модели, основанной на снимках "Вояджера 2" (справа).

Пожалуй, описание остальных спутников подробным делать не стоит, поскольку табличные данные о них (и то неполные), вполне исчерпывающе говорят о них как о маленьких планетках, подобных которым очень много среди спутников планет Солнечной системы. По тем немногим данным, что есть, трудно говорить об их индивидуальности. Хотя, будущее наверняка позволит некоторым из них заинтересовать астрономов.

Нептун - восьмая планета от Солнца и четвертая по размеру среди планет. Несмотря на это 4-е место, Уран уступает Нептуну в массе. Нептун может быть увиден в бинокль (если Вы знаете точно, куда смотреть), но даже в большой телескоп вряд ли можно видеть что-нибудь, кроме небольшого диска. Нептун - довольно сложная планета для наблюдений. Ее блеск в противостояния едва переваливает за 8-ую звездную величину. Тритон - самый большой и яркий спутник - ненамного ярче 14-й звездной величины. Для обнаружения диска планеты нужно использовать большие увеличения. Кольцо Нептуна с Земли обнаружить очень и очень сложно, а визуально - почти невозможно.

Только одному космическому аппарату "Вояджер 2" удалось достичь столь удаленной планеты, как Нептун. Другие проекты пока... еще только проекты. Нептун был посещен только одним космическим кораблем: "Вояджером-2" 25 августа 1989-го года. Почти все, что мы знаем о Нептуне, мы знаем благодаря этой встрече.

# КОЛЬЦА НЕПТУНА

Нептун также имеет кольца. Они были открыты при затмении Нептуном одной из звезд в 1981-м году. Наблюдения с Земли позволили увидеть только слабые дуги вместо полных колец, но фотографии "Вояджера-2" в августе 1989-го года показали их до полного размера. Одно из колец обладает любопытной искривленной структурой. Подобно Урановым и Юпитеровым, кольца Нептуна очень темны и строение их неизвестно. Но это не помешало дать им имена: самое крайнее - Адамс (содержащее три выделяющиеся дуги, которые почему-то окрестили Свободой, Равенством и Братством), затем - безымянное кольцо, совпадающее с орбитой спутника Нептуна Галатеи, следом - Леверрье (чьи внешние расширения названы Лассель и Араго), и, наконец, слабое, но широкое кольцо Галле. Как видно, названия колец увековечили тех, кто приложил руку к открытию Нептуна.

# МАГНИТОСФЕРА

Магнитное поле Нептуна, как и поле Урана, странно ориентированно и, вероятно, создается движениями проводящего вещества (вероятно, воды), расположенной в средних слоях планеты, выше ядра. Магнитная ось наклонена на 47 градусов к оси вращения, что на Земле бы могло отразиться в интересном поведении магнитной стрелки, ведь по ее мнению, "Северный полюс" мог бы находиться южнее Москвы... Кроме того, ось симметрии магнитного поля Нептуна не проходит через центр планеты, а отстоит от него более чем на полрадиуса, что очень похоже на обстоятельства существования магнитного поля вокруг Урана. Соответственно, и напряжение поля непостоянно на поверхности в разных ее местах и меняется от трети земного до утроенного. В какой-либо одной точке поверхности поле также непостоянно, как и положение и интенсивность источника в недрах планеты. По случайности, при подлете к Нептуну, "Вояджер" двигался почти точно в направлении южного магнитного полюса планеты, что дало возможность ученым провести ряд уникальных исследований, многие результаты которых до сих пор не лишены таинственности и непонятности. Были сделаны предположения о строении Нептуна. Были обнаружены явления в атмосфере, схожие с земными полярными сияниями. Исследуя магнитные явления, "Вояджеру" удалось точно установить период вращения Нептуна вокруг своей оси - 16 часов 7 минут.

–––––––––––––––––––––––––––––––––

Список использованной литературы:

1. Система Сатурна. – М.: Мир, 1993 год.
2. Ф.Л. Уилл. Семья Солнца – Сп-Б.:Художественная литература, 1995 год.
3. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия. Глав. ред. М.Д. Аксенова – М.: Аванта+, 1997 год.
4. М.Я. Маров. Планеты солнечной системы. – М.: Наука, 1996 год.
5. В.А. Бронштен. Планеты и их наблюдения. – М.: Наука, 1995 год.
6. У. Кауфман. Планеты и луны. – М.: Мир, 1995 год.
7. Е.П. Левитан. Учебник астрономии для 11-х классов. – М.: Просвещение, 1994 год.