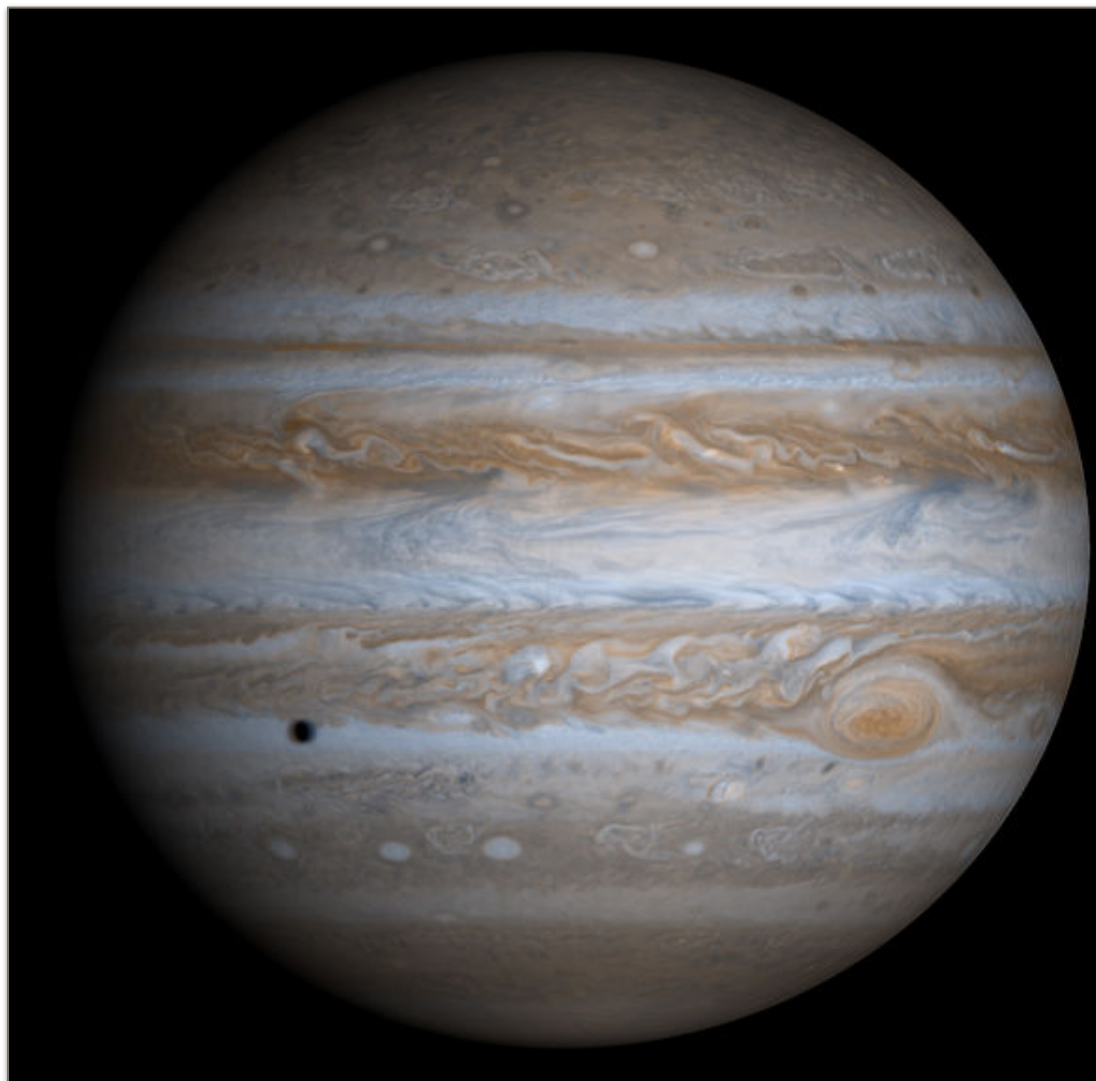


Юпитер



Общие сведения	1
Атмосфера	3
Структура	5

Общие сведения

Юпитер — пятая планета от Солнца, крупнейшая в Солнечной системе. Наряду с Сатурном, Ураном и Нептуном Юпитер классифицируется как газовый гигант.

Планета была известна людям с глубокой древности, что нашло своё отражение в мифологии и религиозных верованиях различных культур: месопотамской, вавилонской, греческой и других. Современное название Юпитера происходит от имени древнеримского верховного бога-громовержца.

Ряд атмосферных явлений на Юпитере: штормы, молнии, полярные сияния, — имеет масштабы, на порядки превосходящие земные. Примечательным образованием в атмосфере является Большое красное пятно — гигантский шторм, известный с XVII века.

Юпитер имеет, по крайней мере, 69 спутников, самые крупные из которых — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты Галилео Галилеем в 1610 году.

Исследования Юпитера проводятся при помощи наземных и орбитальных телескопов; с 1970-х годов к планете было отправлено 8 межпланетных аппаратов НАСА: «Пионеры», «Вояджеры», «Галилео» и другие.

Во время великих противостояний (одно из которых происходило в сентябре 2010 года) Юпитер виден невооружённым глазом как один из самых ярких объектов на ночном небосклоне после Луны и Венеры. Диск и спутники Юпитера являются популярными объектами наблюдения для астрономов-любителей, сделавших ряд открытий (например, кометы Шумейкеров-Леви, которая столкнулась с Юпитером в 1994 году, или исчезновения Южного экваториального пояса Юпитера в 2010 году).

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы, газовый гигант. Его экваториальный радиус равен 71,4 тыс. км, что в 11,2 раза превышает радиус Земли .

Юпитер — единственная планета, у которой центр масс с Солнцем находится вне Солнца и отстоит от него примерно на 7 % солнечного радиуса.

Масса Юпитера в 2,47 раза превышает суммарную массу всех остальных планет Солнечной системы, вместе взятых, в 317,8 раз — массу Земли и примерно в 1000 раз меньше массы Солнца. Плотность (1326 кг/м^3) примерно равна плотности Солнца и в 4,16 раз уступает плотности Земли (5515 кг/м^3). При этом сила тяжести на его поверхности, за которую обычно принимают верхний слой облаков, более чем в 2,4 раза превосходит земную: тело, которое имеет массу, например, 100 кг, будет весить столько же, сколько весит тело массой 240 кг на поверхности Земли. Это соответствует ускорению свободного падения $24,79 \text{ м/с}^2$ на Юпитере против $9,80 \text{ м/с}^2$ для Земли.

Большинство из известных на настоящее время экзопланет сопоставимы по массе и размерам с Юпитером, поэтому его масса (MJ) и радиус (RJ) широко используются в качестве удобных единиц измерения для указания их параметров.

Теоретические модели показывают, что если бы масса Юпитера была намного больше его реальной массы, то это привело бы к сжатию планеты. Небольшие изменения массы не повлекли бы за собой каких-нибудь значительных изменений радиуса. Однако если бы масса Юпитера превышала его реальную массу в четыре раза, плотность планеты



рис.1 Сравнение размеров Юпитера и Земли

возросла бы до такой степени, что под действием возросшей гравитации размеры планеты сильно уменьшились. Таким образом, по всей видимости, Юпитер имеет максимальный диаметр, который могла бы иметь планета с аналогичным строением и историей. С дальнейшим увеличением массы сжатие продолжалось бы до тех пор, пока в процессе формирования звезды Юпитер не стал бы коричневым карликом с массой, превосходящей его нынешнюю примерно в 50 раз. Это даёт астрономам основания считать Юпитер «неудавшейся звездой», хотя неясно, схожи ли процессы формирования таких планет, как Юпитер, с теми, что приводят к формированию двойных звёздных систем. Хотя для того, чтобы стать звездой, Юпитеру потребовалось бы быть в 75 раз массивнее, самый маленький из известных красных карликов всего лишь на 30 % больше в диаметре.

В настоящее время наличие жизни на Юпитере представляется маловероятным: низкая концентрация воды в атмосфере, отсутствие твёрдой поверхности и т. д. Однако ещё в 1970-х годах американский астроном Карл Саган высказывался по поводу возможности существования в верхних слоях атмосферы Юпитера жизни на основе аммиака. Следует отметить, что даже на небольшой глубине в юпитерианской атмосфере температура и плотность достаточно высоки, и возможность, по крайней мере, химической эволюции исключать нельзя, поскольку скорость и вероятность протекания химических реакций благоприятствуют этому. Однако возможно существование на Юпитере и водно-углеводородной жизни: в слое атмосферы, содержащем облака из водяного пара, температура и давление также весьма благоприятны. Карл Саган совместно с Э. Э. Солпитером, проделав вычисления в рамках законов химии и физики, описали три воображаемые формы жизни, способные существовать в атмосфере Юпитера:

- Синкеры (англ. sinker — «грузило») — крошечные организмы, размножение которых происходит очень быстро и которые дают большое количество потомков. Это позволяет выжить части из них при наличии опасных конвекторных потоков, способных унести синкеров в горячие нижние слои атмосферы;
- Флоатеры (англ. floater — «поплавок») — гигантские (величиной с земной город) организмы, подобные воздушным шарам. Флоатер откачивает из воздушного мешка гелий и оставляет водород, что позволяет ему держаться в верхних слоях атмосферы. Он может питаться органическими молекулами или вырабатывать их самостоятельно, подобно земным растениям;
- Хантеры (англ. hunter — «охотник») — хищные организмы, охотники на флоатеров.

Атмосфера

Скорость ветров на Юпитере может превышать 600 км/ч. В отличие от Земли, где циркуляция атмосферы происходит за счёт разницы солнечного нагрева в экваториальных и полярных областях, на Юпитере воздействие солнечной радиации на температурную циркуляцию незначительно; главными движущими силами являются потоки тепла, идущие из центра планеты, и энергия, выделяемая при быстром движении Юпитера вокруг своей оси.

Ещё по наземным наблюдениям астрономы разделили пояса и зоны в атмосфере Юпитера на экваториальные, тропические, умеренные и полярные. Поднимающиеся из глубин атмосферы нагретые массы газов в зонах под действием значительных на Юпитере кориолисовых сил вытягиваются вдоль параллелей планеты, причём противоположные края зон движутся навстречу друг другу. На границах зон и поясов (области нисходящих потоков) существует сильная турбулентность. Севернее экватора потоки в зонах, направленные к северу, отклоняются кориолисовыми силами к востоку, а направленные к югу — к западу. В южном полушарии — соответственно, наоборот. Схожей структурой на Земле обладают пассаты.

Характерной особенностью внешнего облика Юпитера являются его полосы. Существует ряд версий, объясняющих их происхождение. Так, по одной из версий, полосы возникали в результате явления конвекции в атмосфере планеты-гиганта — за счёт подогрева и, как следствие, поднятия одних слоёв и охлаждения и опускания вниз других. Весной 2010 года учёными была выдвинута гипотеза, согласно которой полосы на Юпитере возникли в результате воздействия его спутников. Предполагается, что под влиянием притяжения спутников на Юпитере сформировались своеобразные «столбы» вещества, которые, вращаясь, и сформировали полосы.

Конвективные потоки, выносящие внутреннее тепло к поверхности, внешне проявляются в виде светлых зон и тёмных поясов. В области светлых зон отмечается повышенное давление, соответствующее восходящим потокам. Облака, образующие зоны, располагаются на более высоком уровне (примерно на 20 км), а их светлая окраска объясняется, видимо, повышенной концентрацией ярко-белых кристаллов аммиака. Располагающиеся ниже тёмные облака поясов состоят, предположительно, из красно-коричневых кристаллов гидросульфида аммония и имеют более высокую температуру. Эти структуры представляют области нисходящих потоков. Зоны и пояса имеют разную скорость движения в направлении вращения Юпитера. Период обращения колеблется на несколько минут в зависимости от широты. Это приводит к существованию устойчивых зональных течений или ветров, постоянно дующих параллельно экватору в одном направлении. Скорости в этой глобальной системе достигают от 50 до 150 м/с и выше. На границах поясов и зон наблюдается сильная турбулентность, которая приводит к образованию многочисленных вихревых структур. Наиболее известным таким образованием является Большое красное пятно, наблюдающееся на поверхности Юпитера в течение последних 300 лет.

Возникнув, вихрь поднимает на поверхность облаков нагретые массы газа с парами малых компонентов. Образующиеся кристаллы аммиачного снега, растворов и соединений

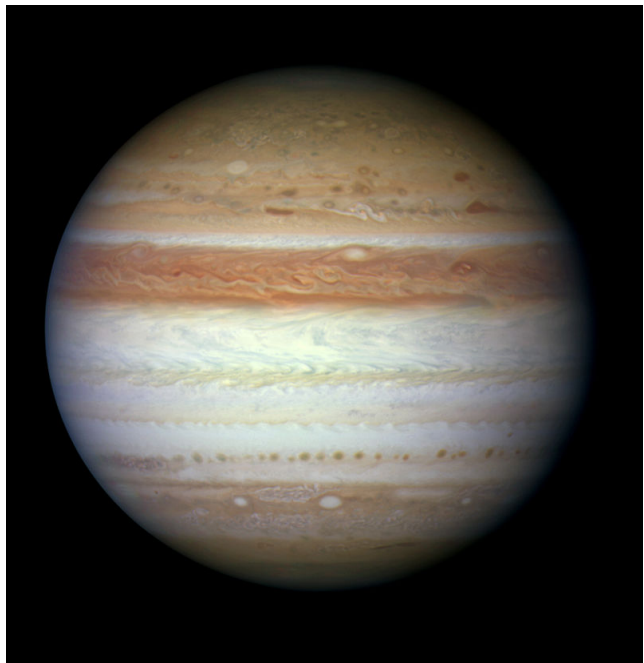


рис.2 Полосы Юпитера

аммиака в виде снега и капель, обычного водяного снега и льда постепенно опускаются в атмосфере, пока не достигают уровней, на которых температура достаточно высока, и испаряются. После чего вещество в газообразном состоянии снова возвращается в облачный слой.

Большое красное пятно — овальное образование изменяющихся размеров, расположенное в южной тропической зоне. Было открыто Робертом Гуком в 1664 году. В настоящее время оно имеет размеры 15×30 тыс. км (диаметр Земли ~12,7 тыс. км), а 100 лет назад наблюдатели отмечали в 2 раза бóльшие размеры. Иногда оно бывает не очень чётко видимым. Большое красное пятно — это уникальный долгоживущий гигантский ураган, вещество в котором вращается против часовой стрелки и совершает полный оборот за 6 земных суток.

Благодаря исследованиям, проведённым в конце 2000 года зондом «Кассини», было выяснено, что Большое красное пятно связано с нисходящими потоками (вертикальная циркуляция атмосферных масс); облака здесь выше, а температура ниже, чем в остальных областях. Цвет облаков зависит от высоты: синие структуры — самые верхние, под ними лежат коричневые, затем белые. Красные структуры — самые низкие. Скорость вращения Большого красного пятна составляет 360 км/ч. Его средняя температура составляет -163°C , причём между окраинными и центральными частями пятна наблюдается различие в температуре порядка 3—4 градусов. Это различие, как предполагается, ответственно за тот факт, что атмосферные газы в центре пятна вращаются по часовой стрелке, в то время как на окраинах — против. Также выдвинуто предположение о взаимосвязи температуры, давления, движения и цвета Красного пятна, хотя как именно она осуществляется, учёные пока затрудняются сказать.

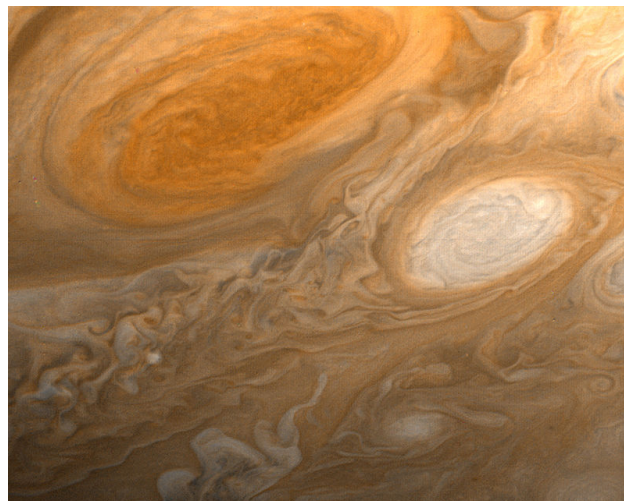


рис.3 Большое красное пятно

Время от времени на Юпитере наблюдаются столкновения больших циклонических систем. Одно из них произошло в 1975 году, в результате чего красный цвет Пятна поблёк на несколько лет. В конце февраля 2002 года ещё один гигантский вихрь — Белый овал — начал тормозиться Большим красным пятном, и столкновение продолжалось целый месяц. Однако оно не нанесло серьёзного ущерба обоим вихрям, так как произошло по касательной.

Красный цвет Большого красного пятна представляет собой загадку. Одной из возможных причин могут быть химические соединения, содержащие фосфор. Цвета и механизмы, создающие вид всей юпитерианской атмосферы, до сих пор ещё плохо поняты и могут быть объяснены только при прямых измерениях её параметров.

Структура

На данный момент наибольшее признание получила следующая модель внутреннего строения Юпитера:

1. Атмосфера. Её делят на три слоя:
 - внешний слой, состоящий из водорода;
 - средний слой, состоящий из водорода (90 %) и гелия (10 %);
 - нижний слой, состоящий из водорода, гелия и примесей аммиака, гидросульфида аммония и воды, образующих три слоя облаков:
 - вверху — облака из оледеневшего аммиака (NH_3). Его температура составляет около -145°C , давление — около 1 атм;
 - ниже — облака кристаллов гидросульфида аммония (NH_4HS);
 - в самом низу — водяной лёд и, возможно, жидкая водавероятно, имеется в виду — в виде мельчайших капель. Давление в этом слое составляет около 1 атм, температура примерно -130°C (143 K). Ниже этого уровня планета непрозрачна.
2. Слой металлического водорода. Температура этого слоя меняется от 6 300 до 21 000 K, а давление от 200 до 4000 ГПа.
3. Каменное ядро.

Построение этой модели основано на синтезе наблюдательных данных, применении законов термодинамики и экстраполяции лабораторных данных о веществе, находящемся под высоким давлением и при высокой температуре. Основные предположения, положенные в её основу:

- Юпитер находится в гидродинамическом равновесии;
- Юпитер находится в термодинамическом равновесии.

Если к этим положениям добавить законы сохранения массы и энергии, получится система основных уравнений.

В рамках этой простой трёхслойной модели чёткой границы между основными слоями не существует, однако и области фазовых переходов невелики. Следовательно, можно сделать допущение, что почти все процессы локализованы, и это позволяет каждый слой рассматривать отдельно.