

## УРАН И НЕПТУН

	Уран	Нептун
Масса в массах Земли	15	17
Радиус в радиусах Земли	4,0	3,9
Расстояние до Солнца	19 а.е.	30 а.е.
Период обращения вокруг Солнца	84 года	165 лет
Период вращения вокруг оси	17 часов	16 часов
Известные спутники	27	14, крупный – Тритон

Они похожи почти как близнецы: практически одинаковые размеры, очень близкие массы и периоды вращения, очень похожий состав, тонкие и слабые кольца... Есть и ещё одна вещь, которая их связывает – история их открытия.

Меркурий или Сатурн были известны людям с доисторических времён, в древнем Египте жрецы уже с лёгкостью предсказывали время и место их следующего появления. А вот Уран, хоть его вполне можно разглядеть невооружённым глазом в ясную ночь, никто не замечал. Из-за большого периода обращения он слишком медленно движется относительно звёзд, чтобы кто-то обратил на него внимание. Более того, со времени изобретения телескопа в 1610 году его по крайней мере 20 раз наблюдали астрономы, записывали его координаты, зарисовывали на карты – и всё равно не замечали движения. И только в 1781 году Уильям Гершель увидел «туманную звезду» и стал следить за ней, проверяя, не комета ли это. Так была впервые открыта новая планета – Уран, и скоро Пьер Симон Лаплас вычислил её орбиту, так что можно было предсказать её движение на много лет вперёд.

Но прошло ещё полвека, и оказалось, что Уран отклоняется от этой орбиты! Адамс в Англии и Леверье во Франции независимо друг от друга предположили, что это ещё одна неизвестная планета притягивает его и «сбивает с пути». Они вычислили, где искать эту невидимку, но Адамс и вычислил не так точно, и не настаивал на своих результатах. А Леверье, который сам астрономом не был, ходил от одного наблюдателя к другому, уговаривая проверить то место на небе, которое он укажет. И в конце концов Галле, у которого

была недавно нарисованная карта этого участка неба, взялся сравнить её с тем, что видно в телескоп – и в первый же час нашёл сдвинувшуюся с места «звезду». Это и был Нептун – первая планета, которую сначала предсказали теоретически и только потом нашли. Оказывается, и Нептун люди видели раньше – сам Галилей несколько раз наблюдал его в свой телескоп! – но тоже не заметили, что это планета, а не звезда.

По сравнению с Юпитером и Сатурном Уран и Нептун какие-то «гиганты-маломерки». Это потому, что газа им там, вдали от Солнца, не хватило – пока они неспешно набирали массу, весь газ «расхватили» другие планеты-гиганты, а остатки разлетелись вдаль. Так что водорода и гелия на Уране и Нептуне всего процентов 10–20, что составляет 1–2 массы Земли – а не 200 или 80, как на Юпитере или Сатурне. Зато на них вполне хватило льда – похоже, тут им ещё Юпитер помог, «подбрасывая куски» из более близкой к центру и густо заполненной области. (Юпитер ведь уже тогда хулиганил и разбрасывал всё куда попало.) Причём лёд не только обычный, водяной, но и аммиачный ( $\text{NH}_3$ ), и метановый ( $\text{CH}_4$ ). Так что их иногда называют *ледяными гигантами*. Но тут надо иметь в виду, что термин этот обманчив: какой уж там лёд при таком давлении и при температуре внутри планеты несколько тысяч градусов! Это не лёд, а то, во что он давно превратился со времени падения на протопланету – очень горячая и очень плотная жидкость, похожая на земную магму, только состоящая из более лёгких молекул, которая плавно – как и на «водородных» гигантах – переходит в газ по мере приближения к поверхности.

Итак, ядро этих планет (из смеси металла и камня, а не металлическое, как на Земле, и не из металлического водорода, как на Юпитере и Сатурне) составляет по разным оценкам от 0,5 до 3 масс Земли и занимает место от центра до 1/5 радиуса, атмосфера из водорода и гелия – ещё 0,5–1,5 массы Земли и ту же 1/5 радиуса, но с внешнего края; всё остальное – мантия из «льдов». Голубой цвет обеих планет объясняется, как предполагают, присутствием в верхнем слое атмосферы примеси метана, который поглощает красные и отражает синие солнечные лучи.



**Задача.** Если и ядро, и атмосфера имеют одинаковую массу (по одной массе Земли) и «занимают» по  $1/5$  радиуса, что же – у них, значит, одинаковые плотности?

Но между Ураном и Нептуном есть и различия. Главное – это направление вращения. В отличие от «нормально», то есть слегка наклонённого Нептуна, Уран «ходит лёжа на боку»: его ось вращения лежит почти ровно в плоскости орбиты. Поэтому практически на всей планете полгода (то есть 42 наших года!) длится полярный день и полгода – полярная ночь (почему так – см. «Квантик» № 6 и № 7 за 2016 год). От такого равномерного и постепенного прогрева и охлаждения погода на Уране очень скучная: ни штормов, ни ураганов, ни даже разноцветных полос вдоль экватора... Когда там пролетал Вояджер-2 – единственный до сих пор космический аппарат, приближавшийся к Урану и Нептуну, – был как раз разгар полярного лета, и ему не удалось увидеть ничего интересного. Лишь весной и осенью там хоть что-то происходит: вот недавно (равноденствие как раз только что прошло) появилось яркое облачное колечко (см. фото) и хоть какие-то пятна-вихри.

Отчего же ось Урана так наклонилась? Никто не знает. Ведь в облаке, из которого образовались планеты, всё крутилось вокруг Солнца в одну и ту же сторону – против часовой стрелки. Вот и растущие в нём комки-планеты закручивались так же. А Уран (и ещё Венера) – нет. Как всегда в таких случаях, «ищут виноватого»: может, Уран столкнулся с чем-нибудь крупным, и это – последствия соударения. Но Венера после такого удара почти перестала вращаться, а Уран крутится



Уран. Снимок с Вояджера-2, сделанный во время солнцестояния.



Уран. Виден белый пояс облаков и яркое облачко в другом полушарии. Снимок сделан космическим телескопом «Хаббл» сразу после равноденствия

быстро, только не в той плоскости. Непонятно, когда он мог так покалечиться: если это случилось, когда Уран сам ещё был небольшим, то при дальнейшем наборе массы он должен был сильно замедлить вращение – ведь всё, что на него падало, вращалось не так, как он. А если это случилось поздно, когда Уран уже был большим, то какой же это гигант должен был в него врезаться?!



Нептун с Вояджера-2. Видно Большое тёмное пятно, облака вокруг него и небольшой шторм в южном полушарии.

А ещё Уран – самая холодная планета, холоднее даже Нептуна, который на треть дальше от Солнца: температура на поверхности опускается до 50 градусов Кельвина (примерно  $-225^{\circ}\text{C}$ ). И в центре, как думают астрономы, она тоже ниже, чем у всех планет-гигантов: всего 5000 К. (Да, это почти как на краю Солнца – там 6000 К. Но не думайте, что это очень много – на Сатурне, например, температура внутри достигает 12 тысяч градусов.) Даже Нептун внутри горячее: он излучает в космос в 2,5 раза больше тепла, чем получает от Солнца. Откуда берётся излишек? Может, от распада радиоактивных элементов, а может, от просачивания более тяжёлых атомов гелия в водородной атмосфере вниз, поближе к ядру. (На Юпитере и Сатурне гелий уже давно «утонул», а на Уране и Нептуне – нет.) Уран же излучает ровно столько же, сколько получил, не добавляя ни на грош своей энергии.

Почему так? Тоже неизвестно. Одни говорят, что опять виновато то столкновение, которое повернуло Уранову ось – из-за него и тепло растратилось, и Уран раньше срока остыл. Другие считают, что с Ураном-то всё в порядке, это Нептун слишком горячий для такого расстояния от Солнца – из-за большого спутника, Тритона, который «теревит» его приливными силами. Если так, то лишняя энергия «отбирается» у Тритона, орбита которого постепенно опускается всё ниже.

*Окончание следует*

