

ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

Валерия Сирота

«Я видел высочайшую
планету трёхчастной»

Галилео Галилей (1610)



САТУРН - ПЛАНЕТА В ШЛЯПЕ

Масса	95 масс Земли
Радиус	9 радиусов Земли
Расстояние до Солнца	9,5 а.е.
Период обращения вокруг Солнца	30 земных лет
Период вращения вокруг оси	10 часов
Спутники	известно 62, из них 7 имеют средний диаметр от 400 км и выше

Не слишком понятную фразу, взятую эпитафией к этой статье, Галилей послал в письме своему другу Кеплеру – записав её на латыни и к тому же анаграммой, то есть переставив как попало буквы. На случай, если кто-то посторонний захочет прочесть... Опасно было писать в письмах такие вещи, да Галилей и сам не понимал, что же это он такое увидел. А «зафиксировать» своё первенство – на случай, если это правда открытие, а не просто показалось – всё-таки хотел.

Галилей думал, что два «нароста» по бокам Сатурна – это спутники. И очень удивился, когда через несколько лет попробовал найти их снова – и не нашёл. Только через 50 лет Христиан Гюйгенс разглядел (в более сильный телескоп) тонкое кольцо вокруг Сатурна, висящее вокруг него каким-то чудом и нигде его не касающееся. И он же догадался, что кольцо это не сплошное, а состоит из множества мелких частичек, каждая из которых крутится вокруг планеты сама по себе.

Задача 1. А почему, кстати, Галилей назвал Сатурн «высочайшим», то есть удалённейшим? Ведь есть же планеты, которые ещё дальше от Солнца...

Задача 2. И почему Галилей не увидел кольца, когда собрался снова посмотреть на него после большого перерыва?

Кольца Сатурна – удивительно красивая и загадочная вещь, и раз уж мы о них заговорили, нарушим наш обычный порядок и разглядим сначала то, что вокруг Сатурна, – кольца и спутники, а потом его самого.

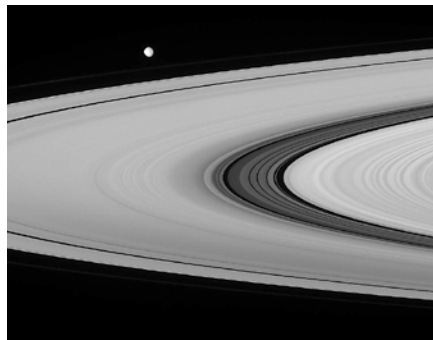
Кольца, как потом оказалось, есть и у Юпитера, и у других планет-гигантов. Но до сатурнова кольца им, конечно, далеко! Оно отражает больше солнечного света, чем сам Сатурн, – это потому, что ледяное.

Диаметр кольца – 250 тысяч км, а толщина его – всего 1 км! Сосчитайте-ка, какого размера получится его «правдивая» (то есть масштабная – без искажения пропорций) модель, если вы станете делать её из бумаги (толщина обычного листа бумаги 0,1 мм) – это **Задача 3**.

Сосчитали? Насколько прочным получится такое кольцо, склееное из бумаги? А настоящее-то вовсе не склеено! В хороший телескоп видно, что оно распадается на тысячу тоненьких колечек. А наблюдения космических аппаратов «Вояджер» и «Кассини» показали, что даже щель Кассини – тёмный промежуток между кольцами – не просто пустое пространство, а много-много тонких колечек, разделённых тонкими щелями, внутри которых – ещё более тонкие колечки...

Да и кольца ничем не скреплены; они составлены из льдинок размером от 1 мм до 10 м, с маленькой примесью пыли и камешков. Если выловить их все да слепить вместе – не хватит даже на небольшой спутник диаметром 100 км.

А ведь каждая льдинка летает вокруг



Кольца Сатурна. Тёмно-серая полоса с чёрными краями – щель Кассини. На заднем плане – спутник Мимас.

Сатурна сама по себе, никак они друг с другом не «договариваются». А вокруг то спутники пролетают, притягивают их каждый в свою сторону, то Юпитер поблизости (ну, относительно, конечно) проходит – тоже к себе тянет. То какой-нибудь шальной камушек пролетит – врежется в льдинку, собьёт её с пути... Почему же кольцо не разваливается от всех этих воздействий? Учёные это до сих пор как следует не поняли. Во всяком случае, ясно, что само кольцо бы не уцелело: ему помогают спутники-«пастухи», которые вращаются вокруг Сатурна неподалёку от колечек и увеличивают их устойчивость – «пасут» льдинки, возвращают на место, если какая-нибудь из них «сбилась с пути».

Происхождение колец тоже не совсем ясно. Скорее всего, это останки спутника (или спутников), который



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



давным-давно крутился вокруг Сатурна по слишком близкой орбите; так же как Марс потихоньку притягивает к себе Фобос, Сатурн притянул этот спутник и разорвал приливными силами на мелкие кусочки. Но больше такое ни с кем не случится: все теперешние спутники Сатурна вращаются вокруг него медленнее, чем он сам вокруг оси, и поэтому удаляются от него.

Спутников у Сатурна, как и у Юпитера, много. Но, как и у Юпитера, больше половины из них – далёкие, мелкие и вращаются вокруг планеты «не в ту сторону» – заблудшие захваченные астероиды. Зато остальные – те, которые поближе – очень хорошо воспитаны: они все «не сводят глаз» с Сатурна, повернувшись к нему всегда одной стороной, и почти все вращаются строго в плоскости экватора Сатурна. При этом многие из них ещё и кольца «пасут»: добрая половина этих спутников находится в различных резонансах друг с другом и с кольцами Сатурна. (Помните, что это такое? – Пока один сделает два оборота, другой делает три... а третий – пять...)¹. Конечно, не может быть, чтобы такое невероятное совпадение получилось случайно. Это приливные силы отодвигали, придвигали, раскачивали и переставляли спутники (а заодно и льдинки в кольцах) до тех пор, пока не получилось чудо, которое мы сейчас видим.

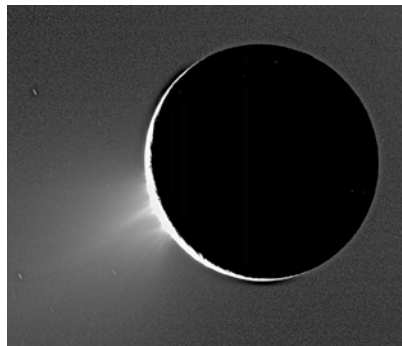
Внешние, захваченные спутники – в основном тёмные и относительно тяжёлые при таких ничтожных размерах. А внутренние, «свои», – очень светлые и лёгкие. Значит, они состоят в основном из льда. Всего семь спутников Сатурна оказались достаточно тяжёлыми, чтобы приобрести шарообразную форму (и то седьмой – Мимас – похож скорее на яйцо, чем на шар). Остальные так и остались «булыжниками» неправильной формы. Почти каждому спутнику есть чем похвалиться: вот Япет, например, – двухцветный. Передняя по ходу (ведущая) сторона у него чёрная, как ночь, а задняя (ведомая) – светлая, почти как юпитерова Европа. Когда Джованни Кассини открыл его в 1671 году, он долго удивлялся: почему

¹ Как у Юпитера есть троянские астероиды (см. статью «Качели, резонансы и космическое хулиганство», «Квантик» №11, 2015 год), так и у некоторых крупных спутников Сатурна есть троянцы – спутники на той же орбите вокруг Сатурна!

этот странный спутник видно только с одной стороны от Сатурна?! Похожая ситуация у Реи и Дионы (хотя разница там не такая гигантская), только у них наоборот – ведущая сторона светлая, ведомая – тёмная... Но, наверно, самые интересные – Титан и Энцелад.

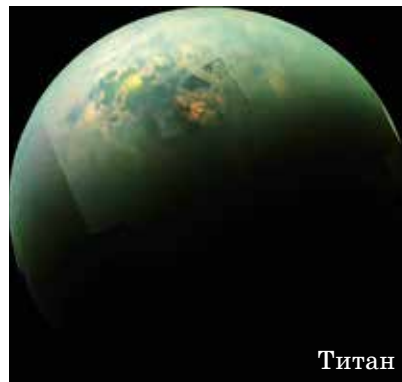
У Энцелада, как и у юпитеровой Европы, под ледяной поверхностью – океан незамёрзшей воды. И через несколько «дыр» эта вода фонтаном бьёт наружу, прямо в космос, на сотни километров! Там она, конечно, замерзает, и часть льдинок падает обратно на спутник, а остальные становятся строительным материалом для внешнего кольца Сатурна. Но как небольшой Энцелад умудрился сохранить внутри столько тепла, чтобы хватило на обогрев океана? Наверно, как и у Ио и Европы, помогают приливы, возникающие из-за не-

круговой орбиты, которая поддерживается резонансом с Дионой... И действительно, при движении Энцелада по орбите мощность фонтана сильно меняется от дальней к ближней точке. А может, этот спутник ещё и сам греется изнутри за счёт распада радиоактивных атомов...

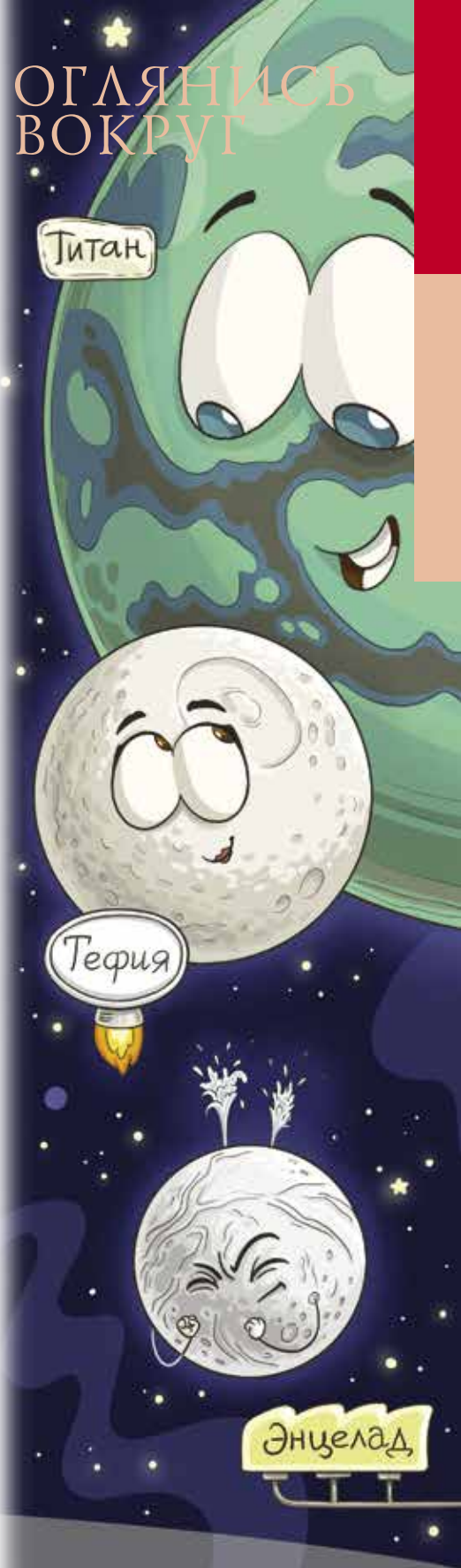


Гейзеры (криовулканы) Энцелада

Титан – единственный большой спутник Сатурна и второй после Ганимеда среди всех спутников. По размеру он больше Меркурия и всего вдвое меньше Земли. Но главное – это единственный спутник, имеющий настоящую, плотную атмосферу! В основном она из азота, как и земная. Давление «воздуха» на поверхности Титана в полтора раза больше, чем на Земле. Кроме того, Титан – единственное (кроме Земли) тело в Солнечной системе, на поверхности которого нашли жидкость – правда, не воду, а жидкий метан.



Титан



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



Давайте теперь посмотрим наконец на саму планету. Сатурн по размеру практически такой же, как Юпитер, а масса у него в 3 раза меньше. Это значит, что он очень «рыхлый»: это единственная планета в Солнечной системе, средняя плотность которой меньше плотности воды и, кстати, в 10 раз меньше земной. Это потому, что в нём совсем мало тяжёлых атомов (то есть железа и «камней») и даже гелия, и состоит он почти полностью из газа водорода. Из-за такой малой плотности ускорение свободного падения на Сатурне невелико – мы бы весили там примерно столько же, сколько на Земле. Вот только стоять на Сатурне негде – откуда же на планете, состоящей из водорода, возьмёшь твёрдую поверхность!

Сатурн, как и Юпитер, очень быстро вращается вокруг оси. От этого он очень сильно «сплюснулся». Из всех планет Сатурн – самый «мандаринообразный»: расстояние от центра до полюса отличается от расстояния до экватора на целый радиус Земли.

Сатурн, в общем-то, во многом похож на Юпитер. Вот разве что Большого Красного пятна у него нет: вихри и ураганы там регулярно появляются, но не такие долгоживущие. Зато у Сатурна есть своя особенность – гигантский правильный шестиугольник, в который выстроились облака на северном полюсе. Каждая сторона этого шестиугольника больше диаметра Земли, и он вращается вокруг оси с той же скоростью, с какой, видимо, вращается внутренняя часть Сатурна. Откуда он там взялся и почему не разрушается – никто не знает. Прямые линии, правильные многоугольники встречаются в твёрдых телах, в кристаллах – но в газе?.. Загадка.

И всё-таки, как же получилось, что внутренние планеты – маленькие и каменные, а внешние – большие и состоят из водорода? Ответ нужно искать в истории возникновения Солнечной системы. Вначале никаких планет не было, а было большое облако пыли



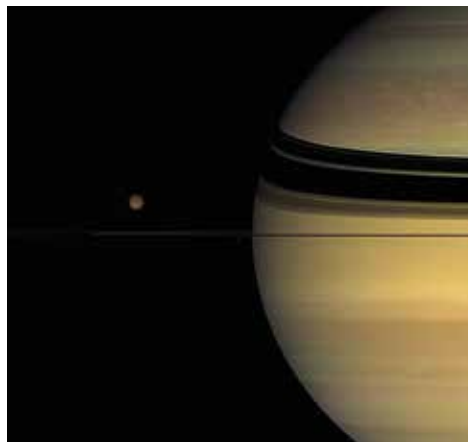
Шестиугольник Сатурна

и газа (в основном водорода, но и остальных атомов понемножку), в центре которого возникла протозвезда – огромный комок, постепенно сжимающийся и нагревающийся. И чем больше этот комок становился, тем сильнее он притягивал окружающие пыль и газ, и облако постепенно сжималось, становясь потихоньку всё плотнее и меньше. Вот в этом облаке и возникли сгустки вещества – сначала их было много, и каждый старался вырасти, притягивая к себе окружающие газ и пыль. В основном, конечно, пыль, потому что когда ты маленький и лёгкий, удержать газ и не дать ему улететь – трудно. Потом, когда эти сгустки стали уже довольно большие – их называют *планетезималлями* – они стали объединяться, сливаться друг с другом, и образовали протопланеты, которые уже могли притягивать и газ. Но чем ближе к центру облака, тем горячее, и из внутренних областей за это время испарились и улетели подальше и вода, и лёгкие газы. Поэтому планеты, которые были близко к звезде, быстро набрали себе тяжёлых атомов («камня и железа»), а газа набрать не успели. А тем, что подальше, – наоборот, газа досталось много. По этой же причине и воды (и льда) на планетах земной группы оказалось мало, а за поясом астероидов – сколько угодно.

Задача 4. Как получена верхняя фотография справа? (Никакого монтажа не было.)



Задача 5. А что, собственно, происходит на нижней фотографии справа? Что значит тонкая полоса посередине снимка? Что это за двойная толстая чёрная полоса на планете?



Фотографии аппарата «Кассини» (NASA/JPL/Space Science Institute)

Художник Мария Усеинова

