

# СКАЗКА О НЕБЕСНЫХ МЕХАНИКАХ, ЗАСТАВИВШИХ НЕБЕСНЫХ ГИГАНТОВ ИГРАТЬ В ФУТБОЛ

Ник. ГОРЬКАВЫЙ.

*Большое красное пятно на Юпитере. Фото: «Вояджер» (НАСА).*

**К**ак только астрономы доказали, что пять ярких светил, двигающихся по звёздному небу, такие же планеты, как и наша Земля, — начала свой рассказ принцесса Дзинтара, — сразу возникли жгуче-интересные вопросы: есть ли жизнь на Марсе, растут ли джунгли на Венере, похожи ли многочисленные спутники Юпитера и Сатурна на нашу безжизненную Луну, или там кто-нибудь живёт?

Земные телескопы мало помогали в изучении инопланетной жизни: даже на Марсе, который лучше всего виден с Земли, различали лишь полярные шапки, а насчёт остальных деталей — существования марсианских каналов или сезонных изменений цвета марсианской поверхности — велись ожесточённые споры. Запуски космических спутников и межпланетных аппаратов открыли возможности для прямого исследования других планет, о чём астрономы давно мечтали.

В Солнечной системе есть четвёрка ближайших к Солнцу, так называемых внутренних, небольших по космическим меркам и твёрдых планет — Меркурий, Венера, Земля и Марс — и четвёрка внешних газовых планет-гигантов — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

— В нашей системе есть ещё астероиды и кометы, — уточнил Андрей.

— А что такое газовые планеты? — спросила Галатея, хитро прищурившись. — Они надуты газом, как воздушные шары?

— Нет, но эти планеты почти полностью состоят из водорода. Когда-то его собралось так много, что он поймал себя в ловушку собственной гравитации. Камни, падающие на такие планеты, проваливаются сквозь мощную водородную атмосферу, попадают в океан из жидкого водорода и тонут в нём. В конце концов они собираются в небольшое каменное ядро, которое есть в центре каждой газовой планеты. ➔

Научные сказки Ник. Горькавого см. «Наука и жизнь» №№ 11, 12, 2010 г.; №№ 1—6, 9, 11, 2011 г.; №№ 6—9, 2012 г.

● НАУЧНЫЕ РАССКАЗЫ

— Значит, там внутри всё-таки твёрдая поверхность! — воскликнула Галатея.

— В центре газовых планет так жарко, что всё твёрдое, что туда попадает, быстро плавится. Но мы мало знаем о строении подобных планет. В XX веке русские и американцы запустили полсотни межпланетных научных аппаратов. Почти все они нацеливались на ближайшие к Земле планеты — Венеру и Марс, потому что внешние планеты-гиганты гораздо более труднодоступны.

Дело в том, что Земля «сидит» в середине гравитационной ямы, из которой спутникам и ракетам трудно выбраться. Солнце тоже окружено гравитационной ямой,

*Ио — вулканически активный спутник Юпитера. На нём одновременно действуют несколько мощных серных вулканов. На снимке видны чёрные озёра расплавленной серы. Фото: «Вояджер» (НАСА).*



ещё более глубокой и обширной. Чем дальше от Земли располагается внешняя планета, тем выше по «склону» гравитационной солнечной ямы приходится забираться аппарату-исследователю.

Изучение внешних планет-гигантов сулило самые невероятные открытия, ведь каждая из них обладала системой спутников, а широкие и плоские кольца Сатурна сотни лет волновали умы астрономов как самые загадочные объекты Солнечной системы.

Для отправки робота-исследователя на самые окраины Солнечной системы нужна была очень мощная ракета-носитель. Понимая, что много денег на разработку новой ракеты не дадут, астрономы пошли на хитрость: они ре-

шили заставить могущественных небесных гигантов, названных в честь античных богов Юпитером, Сатурном, Ураном и Нептуном, «сыграть в футбол». В качестве «мяча» должен был выступить космический аппарат весом в восемьсот килограммов. Вбросить «мяч» на космическое футбольное поле учёные предполагали с помощью ракеты среднего класса.

В 1977 году планеты располагались очень благоприятно с точки зрения точной астродинамики. Поэтому астрофизики смогли рассчитать такую траекторию «мяча», чтобы

Юпитер «пнул» подлетающий к нему космический аппарат весом почти в тонну и направил его к Сатурну. Сатурн должен был «отфутболить» аппарат к Урану, а тот — «отпасовать» его к Нептуну.

— Как это? — заинтересовалась Галатея.

— Встреча аппарата-мяча с очередной планетой-гигантом не только добавляла

ему скорости, но и изменяла направление полёта в нужную сторону. Практически не затрачивая топлива, аппарат мог посетить четыре планеты. «Футбольная игра» космических гигантов должна была сократить время полёта до Нептуна с тридцати лет до двенадцати.

Конечно, точно рассчитать такую сложную траекторию с помощью небесно-механических уравнений Ньютона исключительно трудно. Здесь нужны современные компьютеры, ведь малейшая ошибка могла привести к отклонению от оптимального маршрута и запасов топлива маневровых двигателей было бы недостаточно для исправления траектории.

На основе идеи «космического футбола» небесные механики разработали

проект запуска двух одинаковых космических аппаратов. Один из них — для исследования Юпитера, Сатурна и Плутона, другой — сразу четырёх планет: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

Проект оценивался в семьсот пятьдесят миллионов долларов. Денег дали, но... в три раза меньше. Урезанный проект ограничивался лишь двумя самыми близкими планетами-гигантами: каждый из аппаратов должен был исследовать только Юпитер и Сатурн. Но туда уже летали межпланетные «Пионеры», а около Урана и Нептуна ещё ни один посланец с Земли не пролетал. Тогда учёные и инженеры пошли на очередную хитрость: фактически устроили межпланетный заговор! Они стали готовить аппараты, которые назвали «Вояджер», что значит «Путешественник», к разрешённому полёту к Юпитеру и Сатурну. «Вояджеры» должны были гарантированно работать в течение четырёх лет с момента старта. Хитрость заключалась в том, что делали их из таких деталей и устройств, которые могли прослужить дольше, чем четыре года, хотя и без гарантии. Запуск запланировали на время, оптимальное для полёта ко всем четырём планетам.

«Вояджер-2» стартовал 20 августа, а «Вояджер-1» — 5 сентября 1977 года. Аппарат, стартовавший вторым, получил первый номер, потому что он добрался до Юпитера раньше брата-близнеца — 5 марта 1979 года. «Вояджер-2» долетел до самой массивной планеты Солнечной системы только 9 июля. «Вояджер-1» первым побывал и у Сатурна — 12 ноября 1980 года, после чего сильно отклонился от эклиптики (плоскости вращения планет) и устремился в межзвёздное пространство. Второй аппарат долетел до окольной планеты лишь в августе 1981 года.

Возле Юпитера и Сатурна планетологи увидели поразительные по красоте и разнообразию картины, которые



*Широкие кольца Сатурна оказались расслоёнными на тысячи более узких колец. Фото: «Вояджер» (НАСА).*

разрешили множество старых загадок, но задали ещё больше новых.

У самой крупной планеты Солнечной системы — оранжевого Юпитера — атмосфера беспокойная, в ней бушуют могучие ураганы. Пятна самых крупных и долгоживущих юпитерианских ураганов можно рассмотреть даже с Земли. Под толстой водородно-аммиачно-метановой атмосферой кипит океан из жидкого водорода. Вокруг планеты-гиганта кружится прозрачное кольцо из каменной пыли и вращаются десятки крупных и мелких спутников, включая четыре огромных, открытых ещё Галилеем: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. Их можно увидеть даже в самый маленький телескоп. Спутник Ио оказался богат мощными серными вулканами и чёрными озёрами расплавленной серы. А спутник Европа покрыт потрескавшимся льдом, под которым «спит» океан обычной воды. Учёных очень волнует вопрос — есть ли там подводная жизнь?

Широкие кольца желтоватого Сатурна оказались расслоёнными на тысячи более узких колец. Некоторые из них имеют форму круга, другие — эллипса, а края третьих похожи на зубья пилы. У спутника



*Уран окружён девятью кольцами, тонкими, как струны, и очень непохожими на широкие кольца Сатурна. Фото: «Вояджер-2», 1986 год (НАСА).*

Энцелада ледяная кора на поверхности водяного океана такая тонкая, что из-под неё бьют фонтаны воды и пара. У Титана, самого крупного спутника Сатурна, более плотная, чем у Земли, оранжеватая атмосфера, в которой плавают метановые облака. Часть поверхности Титана покрыта холодным морем из углеводов.

— Я видел фотографию песчаных дюн на Титане — значит, там дует сильный ветер! — воскликнул Андрей.

— Да, — ответила Дзинтара, — только дюны там не из кремниевого песка, как на Земле, а из мириадов крошечных льдинок. Интересно, что Титан — единственное, кроме Земли, тело в Солнечной системе, где человек может находиться без скафандра.

— Но там же очень холодно и нечем дышать! — удивился Андрей.

— Конечно, на Титане тёплый комбинезон с электроподогревом совершенно необходим, как и кислородная маска. Но герметичный скафандр не

нужен: давление в две атмосферы человек легко переносит.

Итак, летом 1981 года космические аппараты-близнецы выполнили поставленную перед ними задачу — исследовали Сатурн и Юпитер. И тут хитрые учёные выступили с обращением к правительству: «Вояджер-2» находится в хорошем техническом состоянии и способен продолжать полёт. Он как раз движется в нужном направлении, достаточно лишь небольшой корректировки, чтобы он продолжил лететь к Урану и далее к Нептуну.

Хитрость удалась: исследователи получили деньги на продолжение эксперимента, и «Вояджер-2» устремился к Урану, с которым ему предстояло встретиться в начале 1986 года.

— А зачем деньги, если аппарат уже запущен? — поинтересовалась Галатея.

— С летящим аппаратом нужно всё время связываться с помощью крупных радиопередатчиков, получать и сохранять на компьютерах информацию, обрабатывать её, а также усовершенствовать программы, которые работают в электронном мозге межпланетной станции.

После выполнения главной задачи «Вояджер-2» был исправен, но на его долю выпало немало испытаний. Космический робот, назовём его так, — это не просто летающий автоматический фотоаппарат, у него есть своеобразный интеллект и разные «соображения» на многие случаи жизни.

Первая неприятность с «Вояджером-2» произошла из-за его самостоятельной реакции на человеческую забывчивость. Это случилось, когда аппарат находился ещё в поясе астероидов. Оператор, отвечавший за радиоконтакт со станцией, однажды не вышел на связь.

— Заснул?! — возмутился Андрей.

— Бортовой компьютер, не получив сигнала с Земли, решил, что основной приёмник сломался, и автоматически переключился на запасной. Попытки заставить робот снова пользоваться

главным приёмником не увенчались успехом. Диапазон радиоволн, в которых возможна связь с аппаратом, сузился в тысячу раз и стал «плавать» — меняться, например, в зависимости от температуры и скорости перемещения станции. Для устойчивой связи пришлось точнейшим образом рассчитывать все факторы, смещающие частоту радиоволн.

Потом на «Вояджер-2» заклинило силовой привод, поворачивающий платформу с приборами. Тогда срочно были разработаны методы наблюдения с помощью разворота всего аппарата. Кроме того, из-за долгого полёта мощность бортовой ядерной электростанции, работающей на оксиде плутония, упала, и количество одновременно включённых научных приборов было строго дозировано.

За шесть дней до долгожданного пролёта возле Урана — планеты, где ещё не побывал ни один земной аппарат, — случилось совсем уж непредвиденное: изображения, получаемые с борта «Вояджера-2», исказили сильные помехи. Оказалось, что из-за удара космической частицы в памяти компьютера аппарата появился неправильно работающий участок. Американские астрофизики и инженеры всего за двое суток сумели найти ошибочный элемент памяти и написать программу, обходившую его. Учёные не только справились с неполадками робота, но и оптимизировали его компьютерные и исследовательские программы. Работоспособность аппарата, летящего за многие сотни миллионов километров от Земли, фактически улучшилась за время полёта.

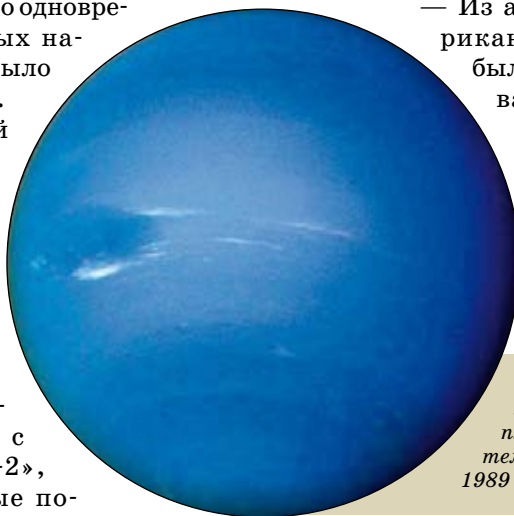
Когда «Вояджер-2» вплотную приблизился к Урану, волнение исследо-

вателей достигло предела. До сих пор голубой Уран оставался загадкой для астрономов. Во-первых, в отличие от других планет, он лежит на боку, и кольца со спутниками вращаются вокруг него, как колесо обозрения. Во-вторых, за несколько лет до визита «Вояджера-2» Уран вызвал настоящий переполох в научном мире. И вот почему.

Десятого марта 1977 года Уран, медленно ползущий по небу, должен был загородить собой маленькую звёздочку в созвездии Весов. Астрономы решили наблюдать это событие не с Земли и не из космоса.

— А откуда же ещё можно наблюдать? — удивился Андрей.

— Из атмосферы. У американских астрономов была летающая обсерватория: огромный самолёт, оборудованный телескопом с почти метровым зеркалом. Исследователи поднялись на максимально



*Голубой Нептун — самая дальняя крупная планета Солнечной системы. Фото: «Вояджер-2», 1989 год (НАСА).*

возможную высоту, где воздух сильно разрежён и почти не мешает наблюдениям, и приготовились увидеть затмение звезды Ураном. Они надеялись получить какую-нибудь информацию об атмосфере далёкой планеты. Но неожиданно приборы зафиксировали несколько коротких затмений звезды ещё до захода её за планету, а потом такое же количество миганий — после выхода из-за Урана.

Вывод был однозначный: Уран окружён девятью кольцами, тонкими, как струны, и очень не похожими на широкие кольца Сатурна. Теоретики стали ломать голову: как возникли



*Крупнейший спутник Нептуна Тритон обладает полярной шапкой из застывшего азота. Фото: «Вояджер-2», 1989 год (НАСА).*

узенькие колечки и что удерживает их от расплывания?

Одни придерживались гипотезы «дымного следа», предполагающей, что в кольцах сидят небольшие спутники, которые дымят и оставляют за собой узкую полосу.

— Как след в небе после самолёта? — спросил Андрей.

— Примерно так. Согласно этой гипотезе, внутри колец Урана должно существовать девять неоткрытых спутников.

Двое американских теоретиков выдвинули гипотезу, по которой каждое узкое кольцо окружено парой спутников-«пастухов», удерживающих частицы кольца своими гравитационными полями, как «кнутами», не давая им разбредаться. Значит, подсчитали американцы, внутри зоны колец может находиться до 18 спутников. Эта гипотеза завоевала максимальное ко-

личество сторонников, потому что на внешнем крае колец Сатурна оба «Вояджера» уже нашли узкое колечко, очень похожее на урановское и окружённое двумя спутниками-«пастухами» — Пандорой и Прометеем.

Ещё одну модель предложили два теоретика из Москвы, считавшие, что невидимые спутники должны располагаться не внутри зоны колец, а снаружи — между кольцами и спутником Мирандой, самым близким из известных тогда пяти спутников Урана. Такие спутники должны были контролировать образование и стабильность колец издали, с помощью резонансов.

— А это что такое? — не поняла Галатея.

— Если частицы кольца обращаются вокруг планеты за десять часов, а спутник совершает оборот за двадцать, то подобное соотношение называется

резонансом 1:2. Частицы на такой резонансной орбите чаще других сближаются со спутником, отчего он получает возможность сильнее влиять на их траекторию.

— Раскачиваясь на качелях, ты используешь резонанс 1:1, — блеснул эрудицией Андрей, — когда период движений тела совпадает с периодом движений самих качелей.

Московские учёные нашли, что у каждой пары колец Урана есть два резонанса с внешней пустой орбитой между кольцами и Мирандой. Значит, если период обращения частиц одного кольца — шесть часов, а другого — восемь, то у них есть общая внешняя резонансная орбита с периодом в 12 часов, которая с одним кольцом имеет резонанс  $6:12 = 1:2$ , а со вторым  $8:12 = 2:3$ .

В 1985 году исследователи опубликовали статью, в которой утверждали, что «Вояджер-2» должен найти новые спутники Урана на этих ещё пустых орбитах. Всего были вычислены радиусы орбит шести таких невидимых спутников. И когда 24 января 1986 года «Вояджер-2» пролетел возле Урана, он действительно обнаружил десять ранее не известных спутников.

Лауреат Нобелевской премии Виталий Лазаревич Гинзбург так прокомментировал открытие спутников Урана: «Это, по-видимому, второй случай в истории астрономии предсказания орбит новых небесных тел на основании теоретических расчётов (после происшедшего 140 лет назад вычисления Леверье и Адамсом орбиты неизвестной планеты, открытой затем в 1846 году Галле и названной Нептуном)». (См. «Наука и жизнь» № 8, 2012 г., с. 86.)

Только один спутник, самый маленький, забрался внутрь зоны колец, отчего самое внешнее из колец Урана оказалось окружённым спутниками-«пастухами». Остальные девять спутников располагались именно там, где и предполагали исследователи, — между Мирандой и кольцами.

Например, согласно расчётам, самый дальний из предсказанных спутников должен иметь орбиту в 66 450 км. «Вояджер-2» действительно открыл на орбите в 66 100 км крупный спутник диаметром 140 км. Его назвали Порция — в честь героини одной из пьес Шекспира.

Нептун тоже оказался планетой, полной сюрпризов. Вокруг него «Вояджер-2» обнаружил «арки», названные на прозрачное кольцо, как связка сосисок. Расположением и устойчивостью связки арок управляет спутник Галатея. Крупнейший спутник Нептуна — Тритон примечателен тем, что вращается вокруг планеты в обратном направлении. На Тритоне обнаружена полярная шапка из застывшего азота, весной оттуда бьют многочисленные гейзеры, состоящие из жидкого азота.

— Эх, хотел бы я попасть с экскурсией на Тритон! — мечтательно сказал Андрей.

— Пролёты «Вояджера-2» возле Урана и Нептуна оказались очень успешными. Количество переданной им информации было фантастическим. «Вояджер-2» послал на Землю двадцать тысяч фотографий системы Юпитера и восемнадцать тысяч видов Сатурна, его колец и спутников; шесть тысяч фотографий Урана, а из окрестностей Нептуна — девять тысяч изображений! «Вояджер-2» первым исследовал две самые дальние планеты.

— Он стал Колумбом Солнечной системы! — заявил Андрей.

— «Вояджеры» вместе открыли три десятка новых спутников и показали людям удивительные миры неземной красоты на окраине Солнечной системы. Эти миры полны космических тайн.

Через тридцать лет после запуска «Вояджер-2» отделился от Солнца настолько, что попал в межзвёздное пространство и ещё долгие годы передавал важные данные из таинственной области, отстоящей от Солнца в сто раз дальше, чем Земля.