

ВЛАСТЕЛИН КОЛЕЦ

Вторая по величине планета Солнечной системы знаменита эффектными кольцами и огромным семейством спутников, но Сатурн и сам по себе необыкновенно красив и интересен.

Сатурн – вторая из газовых планет-гигантов, его размер составляет примерно 80 % диаметра Юпитера и при этом всего $\frac{1}{3}$ его массы. Такое соотношение превращает Сатурн в планету с наименьшей плотностью во всей Солнечной системе – фактически его плотность ниже плотности воды. В сочетании с быстрым вращением планеты это указывает на то, что Сатурну трудно «удерживать» свой экватор. Как результат, его диаметр по экватору на 12 000 км больше, чем расстояние от полюса до полюса.

Как и Юпитер, Сатурн состоит преимущественно из легких газов водорода и гелия со следами других химических

ПАНОРАМА САТУРНА

Эта мозаика из 165 изображений, полученная аппаратом «Кассини» с задней стороны Сатурна, показывает также Землю (в кружке).

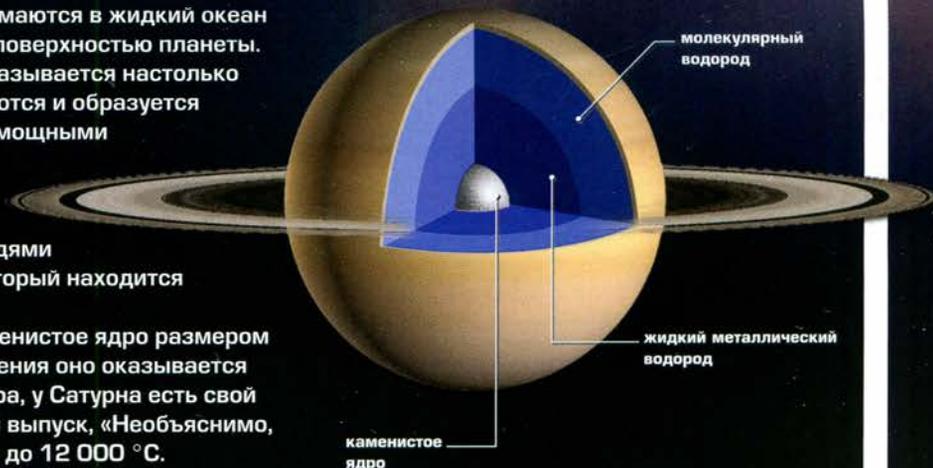


КАК ЭТО РАБОТАЕТ

ВНУТРИ САТУРНА

Во внутренней структуре Сатурна доминируют водород и гелий, которые под огромным давлением сжимаются в жидкий океан на глубине порядка 1000 км под видимой поверхностью планеты. Еще глубже под этим океаном давление оказывается настолько сильным, что молекулы водорода распадаются и образуется море жидкого металлического водорода с мощными потоками электрического тока. Этот металлический слой генерирует магнитное поле. Магнитосфера Сатурна очень компактная по сравнению с его соседями и простирается лишь до орбиты Титана, который находится на расстоянии примерно 1,2 млн км.

Под жидкими слоями Сатурна лежит каменное ядро размером примерно с Землю, но под действием давления оно оказывается в сильно сжатом состоянии. Как и у Юпитера, у Сатурна есть свой внутренний «тепловой двигатель» (см. 23-й выпуск, «Необъяснимо, но...»), который разогревает ядро примерно до 12 000 °С.





ПАСПОРТ ПЛАНЕТЫ

САТУРН

СРЕДНЕЕ РАССТОЯНИЕ ОТ СОЛНЦА 1,433 млрд км [79 световых минут]	СРЕДНЯЯ ГРАВИТАЦИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ 0,91
ДИАМЕТР ПО ЭКВАТОРУ 120 538 км	СПУТНИКИ 60
МАССА 5,685 x 10 ²⁶ кг	ВРЕМЯ ОДНОГО ОБОРОТА 10 часов 40 минут
МАССА ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ в 95,2 раза больше	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ГОДА 29,66 земного года
ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ в 83,7 раза больше	ТЕМПЕРАТУРА НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ОБЛАКОВ -140 °С
ОБЪЕМ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ в 763 раза больше	НАКЛОН ОСИ 26,7°
УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ НА ЭКВАТОРЕ 8,96 м/с ²	СРЕДНЯЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ 9,7 км/с

пятна на Сатурне (см. «Наши сведения»). Похоже, что на газовом гиганте все-таки существует погода. С тех пор благодаря новшествам и экспедициям космических зондов мы узнали много нового об образовании в атмосфере планеты.

ПОГОДНЫЕ ПОЛОСЫ

Погодные системы на Сатурне образуют полосы из более темных и более светлых облаков, обвивающих планету и разносящихся в разных направлениях ветрами со скоростью 180 км/ч. Эти полосы похожи по своей структуре на юпитерианские. Возникают они примерно так же, как крупнейшие циркуляционные ячейки в атмосфере Земли: теплый воздух поднимается вверх в районе экватора и опускается вниз ближе к полюсам. Полосы Сатурна поделены на более светлые зоны и более темные пояса.

Согласно одной из теорий, зональные ветры, дующие в противоположном вращению планеты направлении, формируются исключительно под действием сил Кориолиса, которые усиливаются на больших высотах. Другая гипотеза утверждает, что целые секции внутренней структуры планеты вращаются в противоположных направлениях.

Как и ось нашей Земли, ось вращения Сатурна сильно отклонена относительно Солнца. На планете существуют очень по-



элементов. Главная разница между этими двумя мирами заключается в более холодных условиях существования в дальней части Солнечной системы – температура на верхней границе облаков Сатурна составляет -153 °С, что примерно на 30 °С холоднее, чем на Юпитере.

БЕЛОЕ ПЯТНО

Белые аммиачные облака – единственное явление, которое астрономам удалось увидеть на поверхности Сатурна. Неудивительно, что именно кольца стали главным объектом внимания на газовом гиганте, поскольку во всем остальном эта планета казалась обыкновенным, ничем не примечательным шаром.

Первые доказательства, опровергавшие этот постулат, появились в 1876 году, когда наблюдатели увидели первые белые



НАШИ СВЕДЕНИЯ

БОЛЬШИЕ БЕЛЫЕ ПЯТНА

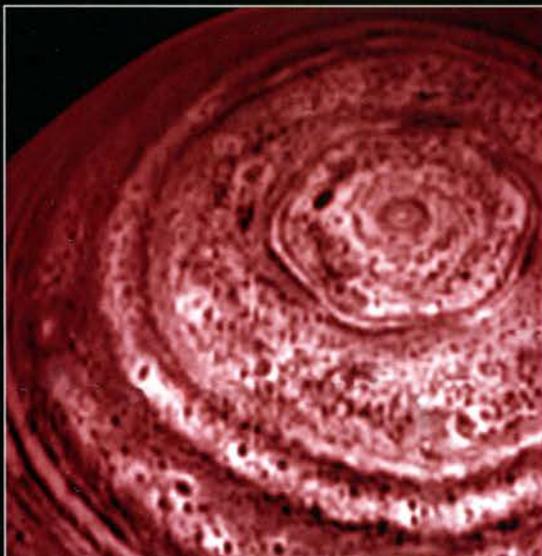
Белые пятна наблюдались в атмосфере Сатурна с периодичностью в 30 лет с 1876 года. По-видимому, их появление совпадает с периодом летнего солнцестояния в Северном полушарии планеты. Они проходят сложный цикл формирования, когда сначала в районе экватора возникает мощный ураган, вслед за которым через 27 лет в северных умеренных широтах образуется менее сильная буря.

Астрономы не могут точно сказать, почему до 1876 года эти изменения невозможно было наблюдать с Земли. Но появившееся в том году пятно было сразу же использовано американским астрономом Асафом Холлом для измерения периода вращения Сатурна. Последние вспышки ураганов случились в 1990 и 2006 годах.



ЯРКОЕ ОБЛАКО

На этом фото с «Хаббла» отчетливо виден яркий ураган в центре Сатурна.



СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС

Комбинированный снимок полюса в видимом и ИК-диапазоне (слева), сделанный зондом «Кассини» в октябре 2006 года.

БЕЛОЕ ПЯТНО Кадры видеосъемки (внизу), демонстрирующие ураган – Большое белое пятно, открытое в сентябре 1990 года.

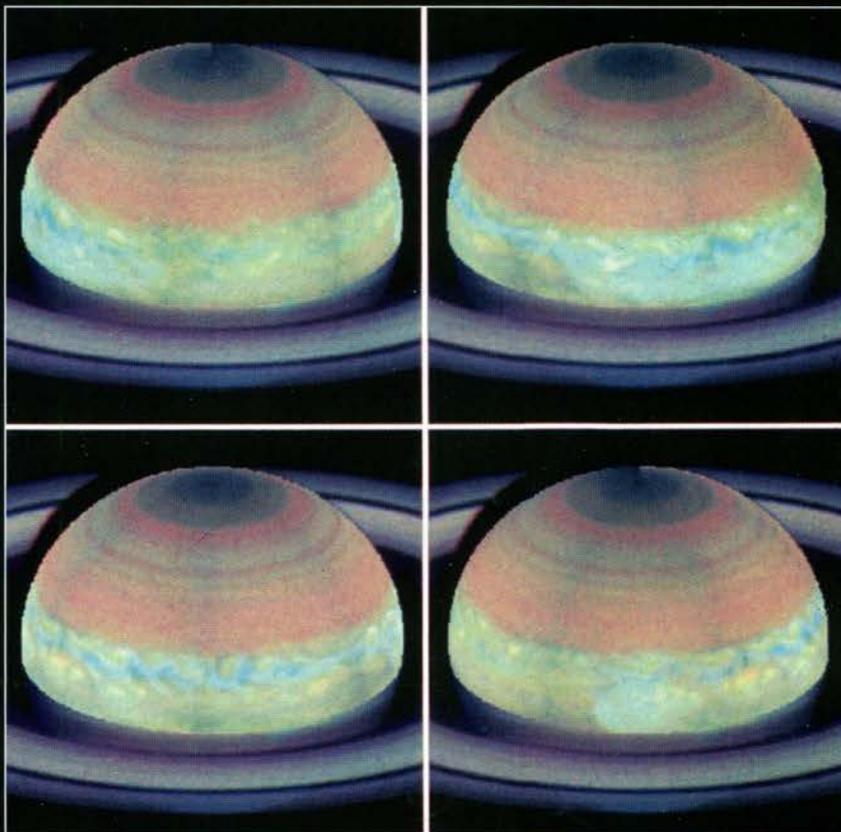
УРАГАНЫ САТУРНА

На Сатурне, по-видимому, нет полуперманентных ураганов, которые могли бы сравниться с Большим красным пятном на Юпитере. Самые заметные и эффектные образования – это его периодические Большие белые пятна, которые первым наблюдал в 1876 году Асаф Холл и Уилл Хэй в 1933 году (см. «Звезды космоса»).

Два наиболее интригующих открытия, сделанные зондами «Кассини», – погод-

хождение на земные времена года, за исключением того, что каждый сезон длится более семи лет. Наблюдать времена года на Сатурне удобнее по изменению угла наклона его колец, которые наиболее широко раскрываются с интервалами в 15 лет. В это время мы видим планету под углом 26° выше или ниже экватора. В другие периоды кольца практически исчезают, когда плоскость экватора и колец Сатурна выравнивается с Землей.

Во время зимы на одном из полушарий, когда его полюс отклонен от Солнца, эффект слабого солнечного света осложняется еще и тенью колец, которая падает на поверхность планеты. Мельчайшие частицы в кольцах распыляют солнечный свет так же, как молекулы в атмосфере Земли, благодаря чему полушарие Сатурна покрывает красивейший голубой налет.



ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

УИЛЛ ХЭЙ (1888–1949)

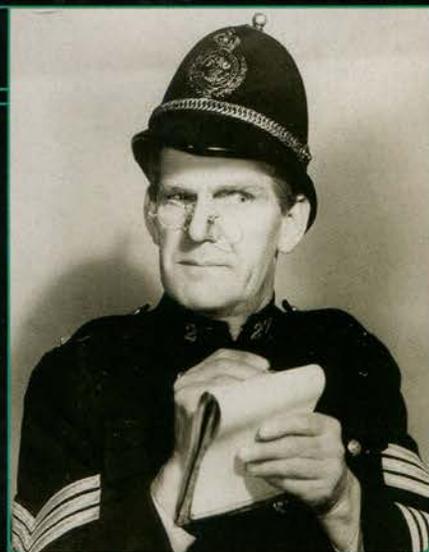
Уилл Хэй – настоящая звезда своего времени, популярный актер кино 1930–1940 годов, а также пламенный энтузиаст изучения чудесных явлений космоса.

Получив диплом инженера, Уилл Хэй добился успехов на сцене мюзик-холла; впервые появился на экране в 1934 году.

Таланты Хэя выходили далеко за пределы буффонады – он говорил на шести языках и давал уроки летного дела самой Эми Джонсон.

Его вклад в астрономию, в частности в точное определение расположения комет, был настолько высоко оценен, что его избрали членом Королевского астрономического общества в 1932 году. Через год он сделал свое крупнейшее открытие – яркое белое пятно, которое вспыхивало на Сатурне и оставалось доступным для обзора в течение нескольких месяцев.

СМЕШНОЙ ЧЕЛОВЕК Звезда кино Уилл Хэй всерьез занимался астрономией и открыл белое пятно на Сатурне в 1933 году.



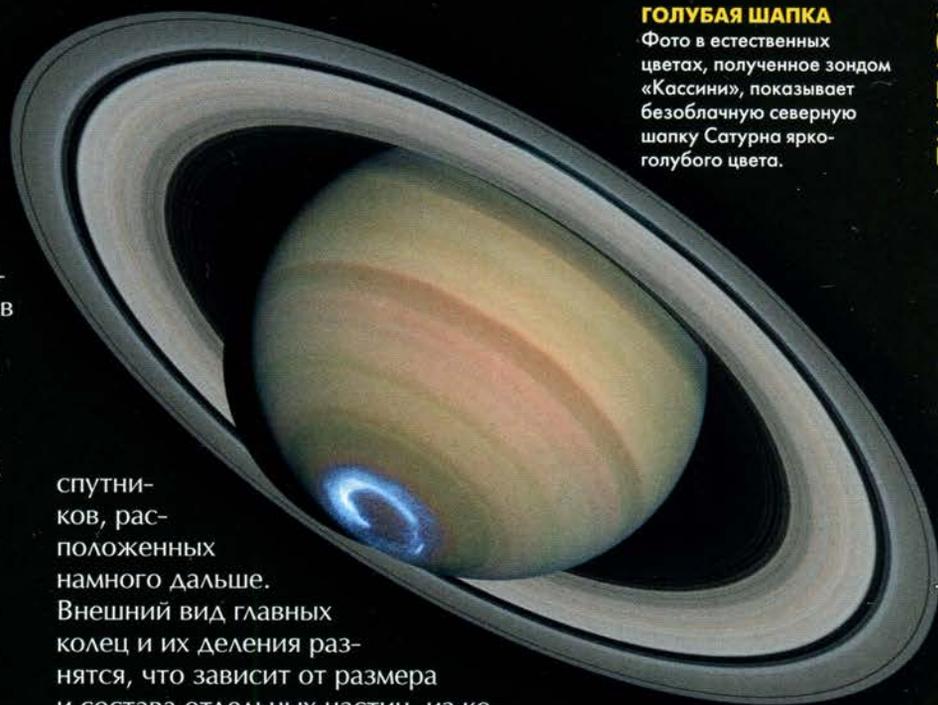
ные системы в районе полюсов Сатурна: Северный полюс окружен громадным шестиугольным образованием, длина сторон которого достигает 14 000 км, а над Южным полюсом бушует огромный ураган (возможно, долгоживущий).

Этот шторм отличается уникальной характеристикой в виде яркого центрального «глаза», окруженного стеной из облаков высотой до 75 км. «Глаз» – типичная черта ураганов на Земле, что наталкивает на мысль о том, что вихрь на Южном полюсе Сатурна представляет собой зону низкого давления. Вполне возможно, что эта странная модель погоды связана с необыкновенно теплыми плюсами Сатурна, ведь температура на них на 60 °С выше, чем в регионах у экватора.

СИСТЕМА САТУРНА

Из всех планет у Сатурна самая сложная система колец и спутников, окружающих его. Кольца поднимаются от верхнего края облаков планеты и охватывают площадь, чуть ли не в 12 раз превышающую ее диаметр, и эти большие кольца делятся на бесчисленное количество колечек.

Последние «загоняются» в главные кольца под действием гравитации от 100-метровых спутников, которые вращаются по орбите между ними, и более крупных



ГОЛУБАЯ ШАПКА

Фото в естественных цветах, полученное зондом «Кассини», показывает безоблачную северную шапку Сатурна яркого голубого цвета.

спутников, расположенных намного дальше. Внешний вид главных колец и их деления различаются, что зависит от размера и состава отдельных частиц, из которых они образуются.

У Сатурна 60 спутников. Большая часть из них – крупные куски льда и камня. Но у планеты есть около дюжины основных спутников, каждый из которых может похвастаться уникальными чертами.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

Постоянно меняющаяся система полярных сияний на Сатурне, сфотографированная космическим телескопом «Хаббл».

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: ПОГРУЖАЕМСЯ В ТАЙНЫ НЕОБЫКНОВЕННОГО МИРА САМОЙ ЯРКОЙ ЧЕРТЫ САТУРНА – ЕГО СИСТЕМЫ КОЛЕЦ

«ПИОНЕР-11»

Хотя его экспедиция на Сатурн была краткосрочной, «Пионер-11» стал первым космическим аппаратом, который вплотную приблизился к газовому гиганту и отправил на Землю ценнейшие сведения для всех последующих миссий.



СТАТИСТИКА МИССИИ

ЗАПУСК: 06.04.1973

ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ: Первый аппарат, изучавший Сатурн

МАССА: 259 кг

«**П**ионер-11», оснащенный мощной антенной диаметром 2,74 м, запустили 6 апреля 1973 года. Аппарат имел конструкцию, стабилизированную по оси (см. «Глоссарий»), и неспешно вращался вокруг оси своей антенны со скоростью 5 об./мин. После невинного прохода через пояс астероидов 19 апреля 1974 года зонд нацелился на близкий пролет мимо Юпитера. После гравитационно-

го маневра, давшего аппарату ускорение до 173 000 км/ч, что в 55 раз больше самой высокой скорости пули винтовки, «Пионер-11» отправился в свое путешествие к Сатурну длиной в 2,4 млрд км.

Станция достигла второго газового гиганта Солнечной системы в сентябре 1979 года. Приборы на борту аппарата изучали межпланетное и планетное магнитные поля, солнечные ветры и кос-



НАШИ СВЕДЕНИЯ

БЛИЗКАЯ ВСТРЕЧА

Утром 1 сентября 1979 года специалисты с волнением ждали пересечения «Пионером-11» колец Сатурна. Сигнал со станции продолжал поступать, поэтому ученые успокоились. Но через несколько минут все приборы на зонде начали ходить ходуном. Непонятно как, но аппарат пережил магнитную встряску на протяжении 200 км поперек спутника на расстоянии всего в пару тысяч километров от него. Позже выяснилось, что эта чуть не закончившаяся потерей станции встреча случилась с одним из двух соседствующих спутников Сатурна (Эпиметеем и Янусом).

ПЕРЕСЕКАЯ КОЛЬЦА

«Пионер» проходит мимо колец Сатурна примерно на высоте 21 000 км над верхним краем облаков.





НОВЫЙ ВИД

«Пионер-11» смог отправлять на Землю невообразимые виды Сатурна, например вот этот удивительный крупный план планеты и ее колец.

ГЛОССАРИЙ

Стабилизация по оси – способ поддержания направления движения космического аппарата в космосе. Он вращается вокруг собственной вертикальной оси, словно волчок.

мические лучи. «Пионер-11» оборудовали целой системой формирования изображений, которая работала от вращения аппарата. Она могла фиксировать одно отдельно взятое пятно в двух цветах.

Собранные данные затем использовались для воссоздания цветных изображений на компьютерах в лаборатории НАСА в Калифорнии.

ОТДЕЛЕНИЕ

Ракета-носитель «Атлас-Кентавр» стартует с «Пионером-11» на борту в апреле 1973 года.



НАШИ СВЕДЕНИЯ

АНОМАЛИЯ «ПИОНЕРА»

Оба аппарата программы «Пионер» – и 10-й, и 11-й – продолжают свое путешествие в сторону дальних границ Солнечной системы и, как предполагают специалисты, постепенно замедляют свою скорость из-за гравитации Солнца. Но, как выяснилось, аппараты замедляются несколько быстрее, чем ожидалось. Данному феномену пока нет объяснения, правда, ученые не сбрасывают со счетов необходимость переписать законы физики, и ЕКА уже предложило отправить экспедицию в глубокий космос для дальнейшего изучения этого вопроса.

«Вояджер» уже находился в пути к Сатурну, а «Пионер-11» первым прошел сквозь кольца газового гиганта. Несмотря на опасность (см. «Наши сведения»), станция успешно выдержала переход через кольца и отправила на Землю невероятные по своей красоте снимки.

Сатурна размером с планету, оказалась на уровне студеных -200 °С, что слишком холодно для поддержания жизни.

После пролета мимо Сатурна «Пионер-11» направился к внешним границам Солнечной системы и продолжал отправлять на Землю ценные данные по мере того, как его

« НАСКОЛЬКО НАМ ИЗВЕСТНО, ЭТО САМОЕ ЗАЩИЩЕННОЕ МЕСТО В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ».

Физик Джеймс Ван Аллен о ледяных частицах в кольцах Сатурна

Пролетая над планетой на высоте 21 000 км, «Пионер» сделал первые фото Сатурна крупным планом. Были обнаружены два ранее неизвестных маленьких спутника и еще одно кольцо. Температура на верхней границе облаков на Титане, спутнике

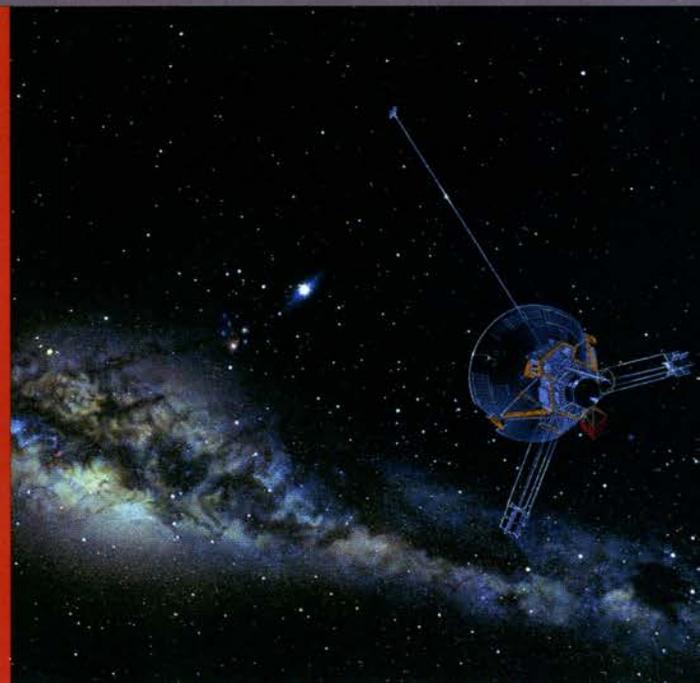
ядерные генераторы постепенно истощались. В конце концов 30 сентября 1995 года связь с аппаратом была потеряна, но он продолжает свое путешествие. Сейчас он держит путь к созвездию Щита и пролетит мимо одной из его звезд через 4 млн лет.

ЗАЩИТА

«Пионер-11» сейчас запечатывают в защитный покров и зафиксируют на борту ракеты-носителя.

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЗОНД

«Пионер-11» продолжает свое путешествие к дальним границам Солнечной системы (рисунок).



КРАСОТА САТУРНА

Человечество наблюдало за Сатурном, видимым с Земли невооруженным глазом, еще с доисторических времен. Однако загадку его колец удалось разгадать только с появлением телескопа.

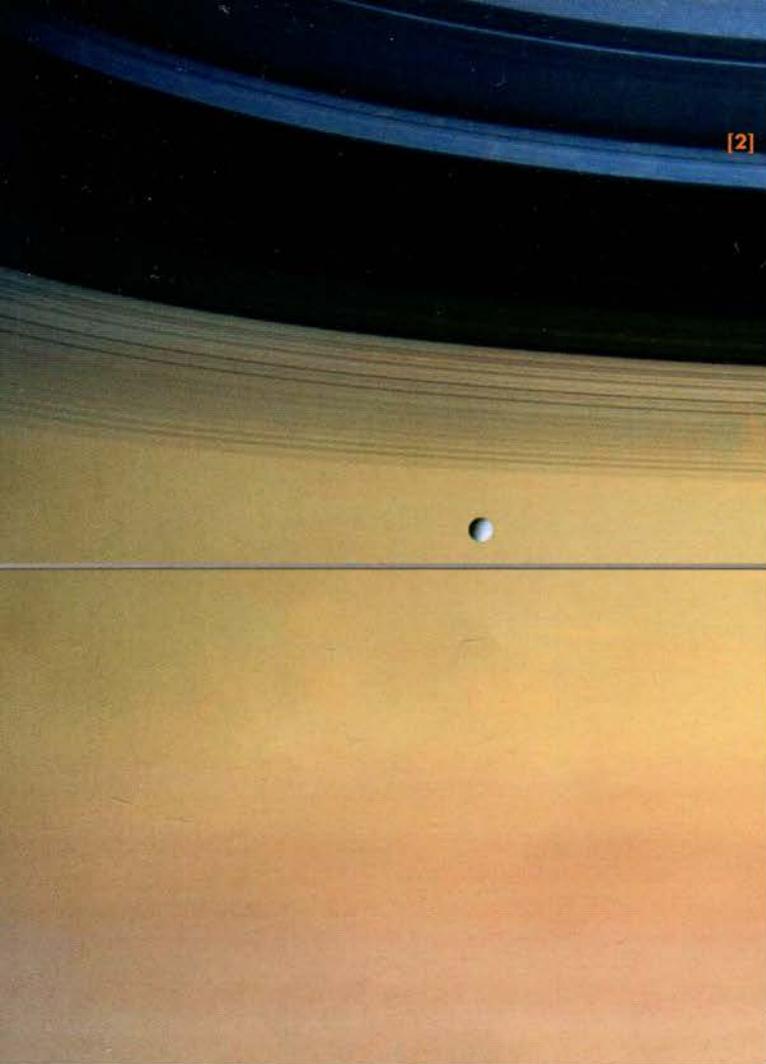
**[1] САТУРН
В ОБЪЯТИЯХ** Фото планеты, обьятой тенями ее колец, получено аппаратом «Кассини» с расстояния около 999 000 км от Сатурна в мае 2005 года.

Несмотря на изобретение телескопа, пришлось ждать космической эры, чтобы увидеть большую часть этой планеты, ее спутники и величественную систему колец.

Первым космическим аппаратом, отправленным к Сатурну, был «Пионер-11».

Следующие встречи случились благодаря экспедиции аппаратов-близнецов «Вояджер», которые посетили этот окольцованный мир в период с августа по декабрь 1980 года («Вояджер-1») и с июня по сентябрь 1981 года («Вояджер-2»). Вместе зонды сделали 30 000 фото.

Самая последняя по времени экспедиция – полет аппарата «Кассини-Гюйгенс». Станция, запущенная в октябре 1997 года, вышла на орбиту Сатурна в июле 2004 года. Она продолжила фотографировать планету, ее кольца и огромное семейство спутников. Зонд «Гюйгенс» отделился в декабре 2004 года и полетел к спутнику Сатурна Титану, спустившись на его поверхность в январе 2005 года.



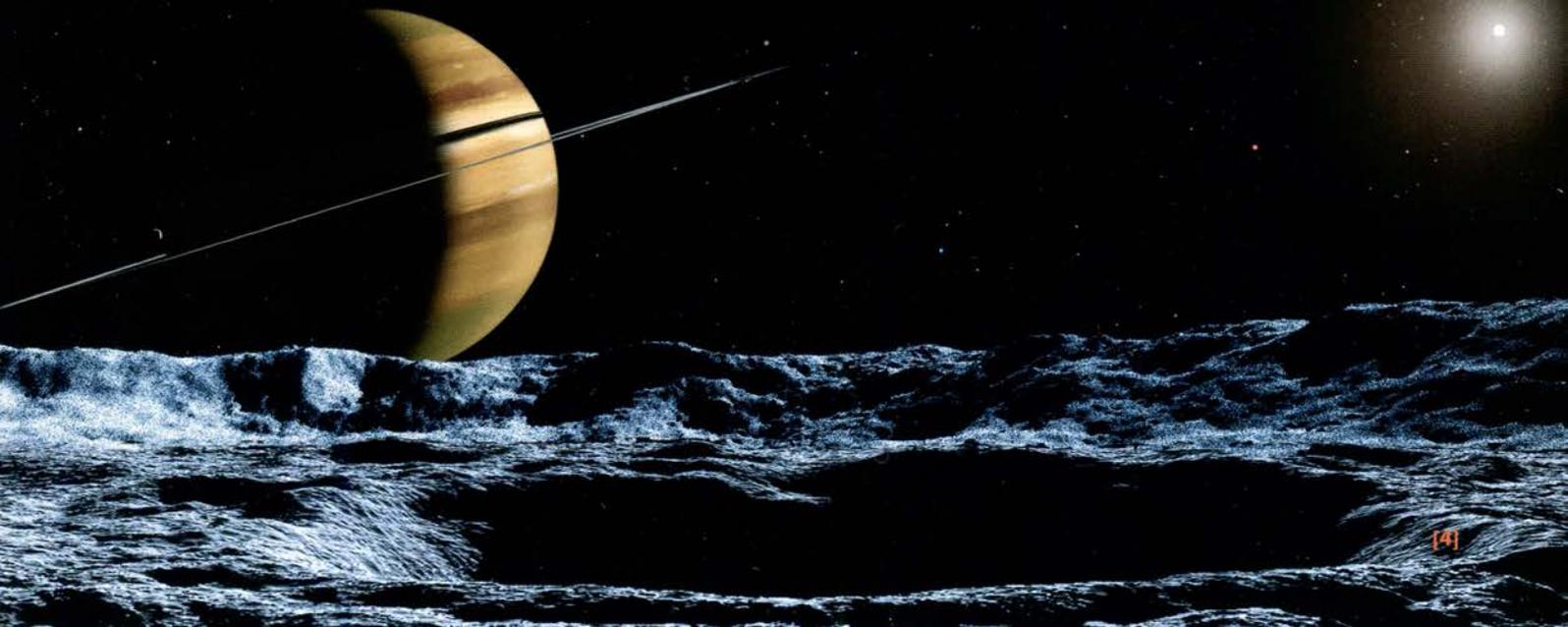
[2]

[3]

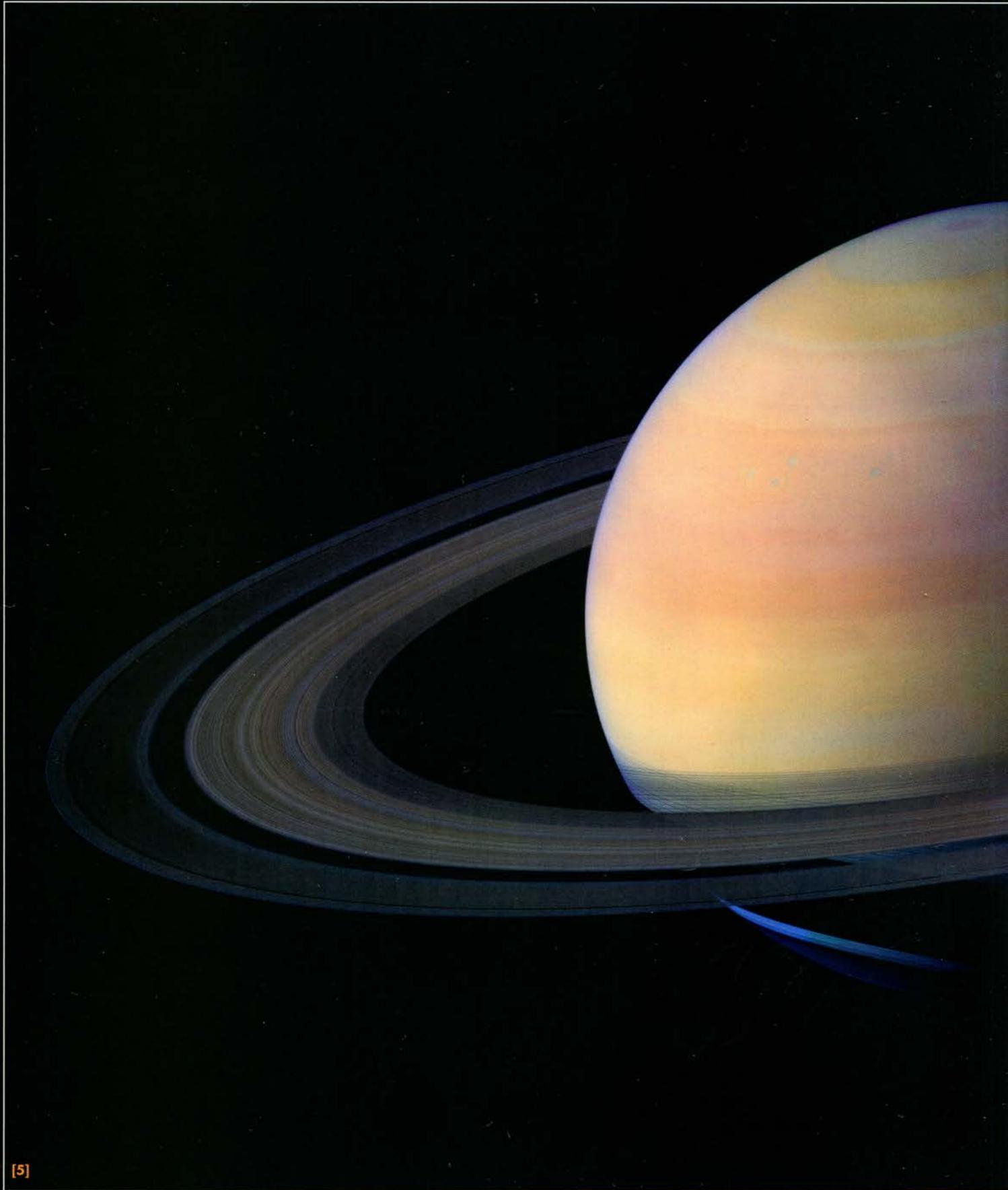
[2] ЛЕДЯНАЯ ДИОНА
Спутник Сатурна Диона, хоть и достигает в ширину 1118 км, кажется на этом снимке аппарата «Кассини», выполненном в сентябре 2005 года, карликом на фоне могучего газового гиганта.

[3] ПОВЕРХ КОЛЕЦ
Этот снимок, полученный «Кассини» в феврале 2007 года на расстоянии примерно в 1,2 млн км, демонстрирует неосвещенную солнечным светом сторону колец Сатурна.

[4] НАД СПУТНИКОМ
Сатурн появляется над горизонтом своего второго по величине спутника Реи. В таком ракурсе под углом кольца планеты кажутся тонкой ленточкой, которая ее опоясывает.



[4]



[5]

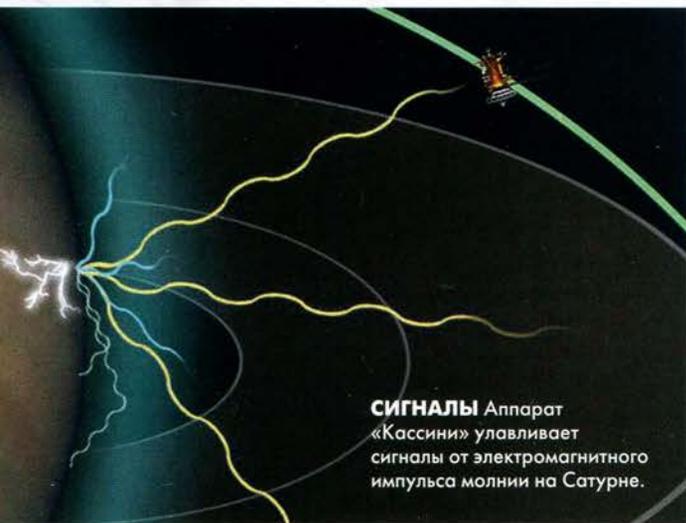
[5] ЭФФЕКТНЫЙ САТУРН Это изображение неповторимой по своей красоте планеты-гиганта от кончиков колец на одном конце и до края колец на другом конце собрано известным специалистом Маттиасом Малмером из 102 кадров, выполненных аппаратом «Кассини» 6 октября 2004 года.

Matthias Malmer/Cassini Imaging Team



Совместная американо-европейская экспедиция «Кассини-Гюйгенс» провела наиболее длительное и подробное исследование Сатурна и его колец, а тысячи фотографий, сделанные этой станцией, помогли ученым ответить на вопросы, окружавшие тайной эту планету.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БУРИ



СИГНАЛЫ Аппарат «Кассини» улавливает сигналы от электромагнитного импульса молнии на Сатурне.

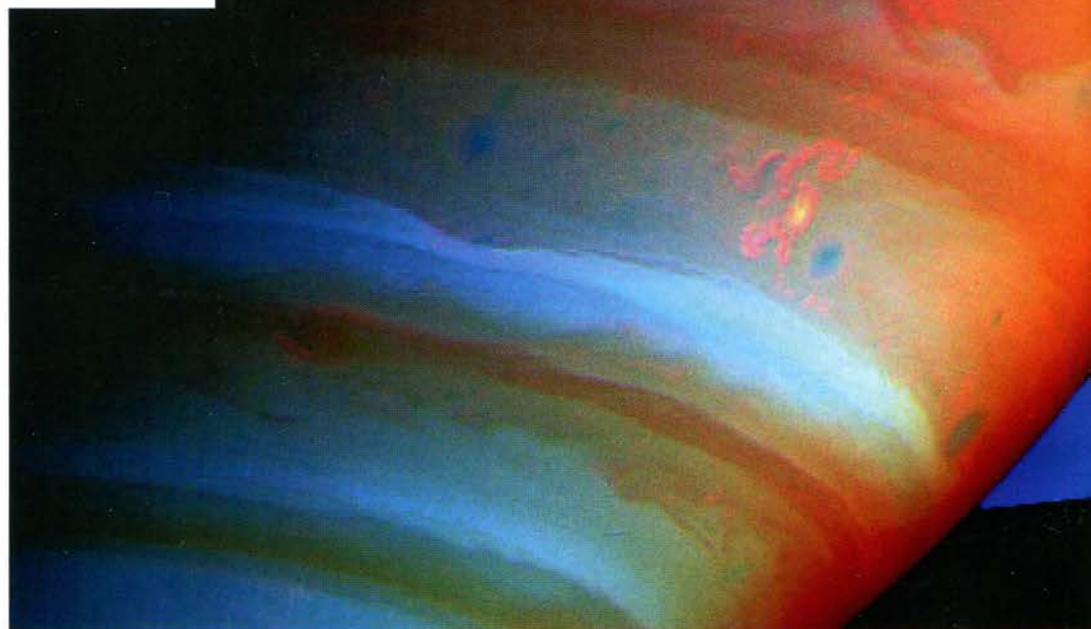
Сатурн – одна из многих планет Солнечной системы, которую терзают громы и молнии. Но астрономы и метеорологи продолжают упорно выяснять, что же именно порождает эти явления.

Когда космический зонд «Кассини» приблизился к Сатурну в 2004 году, его спектрометр начал ловить бурные вспышки радиоволн с планеты. Они то появлялись, то исчезали с каждым ее оборотом, и камеры «Кассини» в конце концов обнаружили их источник под высотными белыми облаками. На Сатурне, как и на Юпитере, Венере и Земле, случаются грозы.

ГРОЗОВОЙ КОРИДОР

В 2004 году буря «Дракон» (названная так за крутящуюся форму) длилась примерно месяц, похожие явления происходили в 2006 и 2008 годах, обе в одной и той же узкой полосе облаков, названной в шутку «грозовым коридором». Некоторые астрономы предполагают, что все это одна и та же буря, только она либо активна, либо притихла.

Буря «Дракон» на Сатурне – лишь одна из множества электрических бурь в Солнечной системе. На газовых планетах-гигантах подобные явления, по-видимому, существуют независимо от



основных грозовых систем, которые формируют самые яркие модели погоды.

КОСМИЧЕСКАЯ МОЛНИЯ

На Земле электрические бури связаны с громом, молнией и проливными потоками дождя (см. «Как это работает»). А как же они образуются на других космических объектах? Поскольку твердая поверх-

ность газовых гигантов погребена под толщей газа глубиной в тысячи километров, любая молния, которая виднеется ближе к поверхности, должна разряжаться где-то между облаками. Но молнии на газовых гигантах всегда находятся довольно глубоко в толще атмосферы – в нижних слоях, состоящих из водяных облаков, а не в аммиачных облаках на больших высотах.

ПЕРВЫЕ ВСПЫШКИ

Первое фото разрядов молнии на другой планете получено аппаратом «Галилео» на темной стороне Юпитера.





КАК ЭТО РАБОТАЕТ
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ БУРЯ

Электрическая буря на Земле формируется над ячейкой из теплого воздуха. По мере того как теплый воздух поднимается и остывает, водяной пар в нем начинает конденсироваться в виде капелек воды или ледяных кристаллов, образующих столб облака. Сталкивающиеся кристаллы льда в облаке начинают разделяться в соответствии со своим электрическим зарядом, пока в верхней части столба не скапливается избыточное количество положительных зарядов, а ближе к основанию – отрицательных.

Возникает индуцированный заряд. Молекулы воздуха распадаются на электрически заряженные ионы, провоцируя разряды молнии между противоположно заряженными областями – либо внутри грозового облака, либо на всем пути до самой поверхности.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВОЗДУХ Столб облака формируется над ячейкой теплого воздуха, создавая положительно и отрицательно заряженные области, провоцирующие возникновение разрядов молнии.

ПЛАМЯ ДРАКОНА
 Скрученная буря «Дракон» на Сатурне хорошо видна справа от центра на этом фото, полученном «Кассини».

Вполне вероятно, что именно этот механизм лежит в основе электрических полей гроз как на Земле, так и в атмосфере газовых гигантов. Возможно, источником этого процесса являются молекулы воды. Несмотря на это, должен существовать еще какой-то механизм образования молнии, поскольку ряд космических зондов зафиксировал молнии и в атмосфере Венеры, на которой атмосферной воды нет вообще.

ки молнии на Сатурне, как считается, несут в 10 000 раз больше энергии, чем земные. На Юпитере молния может осветить зону в 500 км.

Никто пока не знает, откуда же берется то тепло, необходимое для переноса этих огромных, поднимающихся вверх потоков воздуха.

Аппараты «Вояджер» и «Галилео» обнаружили, что молнии собираются в полосы вокруг экваториальных регионов Юпитера (что да-

ло основание предположить значительное влияние на них солнечного света). Однако станция НАСА «Новые горизонты», которая пролетела мимо планеты в 2007 году, обнаружила огромные новые скопления вокруг полюсов планеты – каждую минуту здесь происходит по 30 ударов молнии. Это наталкивает на мысль о том, что сила, генерирующая грозы, с большой вероятностью исходит изнутри самого Юпитера.

ОГРОМНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Разница между электрическими бурями на Земле и на газовых гигантах заключается в их масштабе и силе. Вспыш-

ЗВЕЗДЫ КОСМОСА
БЕНДЖАМИН ФРАНКЛИН (1706–1790)

Электрическая природа молний стала знаменитым открытием американского государственного деятеля и ученого Бенджамина Франклина. Он обнаружил разницу между положительными и отрицательными зарядами. Будучи страстным астрономом, он стал автором и издателем «Альманаха бедного Ричарда», в котором печатал полезную астрономическую и метеорологическую информацию. Правда, в истории он больше известен как один из лидеров войны за независимость США.

ВОЗДУШНЫЙ ЗМЕЙ Франклин прикрепил металлический ключ к своему змью и запустил его в грозовую тучу, чтобы добыть поступления электричества от вспышек молнии.

