

# КОЛЬЦА

Сатурн окружен самыми яркими в нашей Солнечной системе кольцами, которые можно сравнить с автомагистралью, по которой движутся триллионы автомобилей.

# САТУРНА

**К**ольца – самая знаменитая особенность Сатурна. Рассмотреть их во всей красе можно даже с помощью телескопа небольшой мощности. Видимые части в три раза больше диаметра самой планеты. За ними находится широкий «пончик» из пылевых частиц.

## СТРОЕНИЕ КОЛЕЦ

Кольца делятся на четкие сегменты. Ближе всего к планете находится очень тонкое кольцо D. Дальше располагается полупрозрачное кольцо C, также называемое креповым. Затем идет широкое и яркое кольцо B, за которым располагается щель (или деление) Кассини, в которой, как кажется на первый взгляд, нет ничего, кроме пустоты.

Затем следует кольцо A, которое разделяется узкой щелью Энке на внутреннюю и внешнюю части. У внешнего края A пролегал узкое кольцо F, а за ним – широкие, почти невидимые G и E.

Все кольца находятся в одной плоскости над экватором Сатурна. Однако из-за того что он сам наклонен под углом  $26^\circ$  к плоскости своей орбиты, нам кажется, что в течение сатурнианского года (эквивалентен 29,7 земного года) кольца располагаются под разными углами.

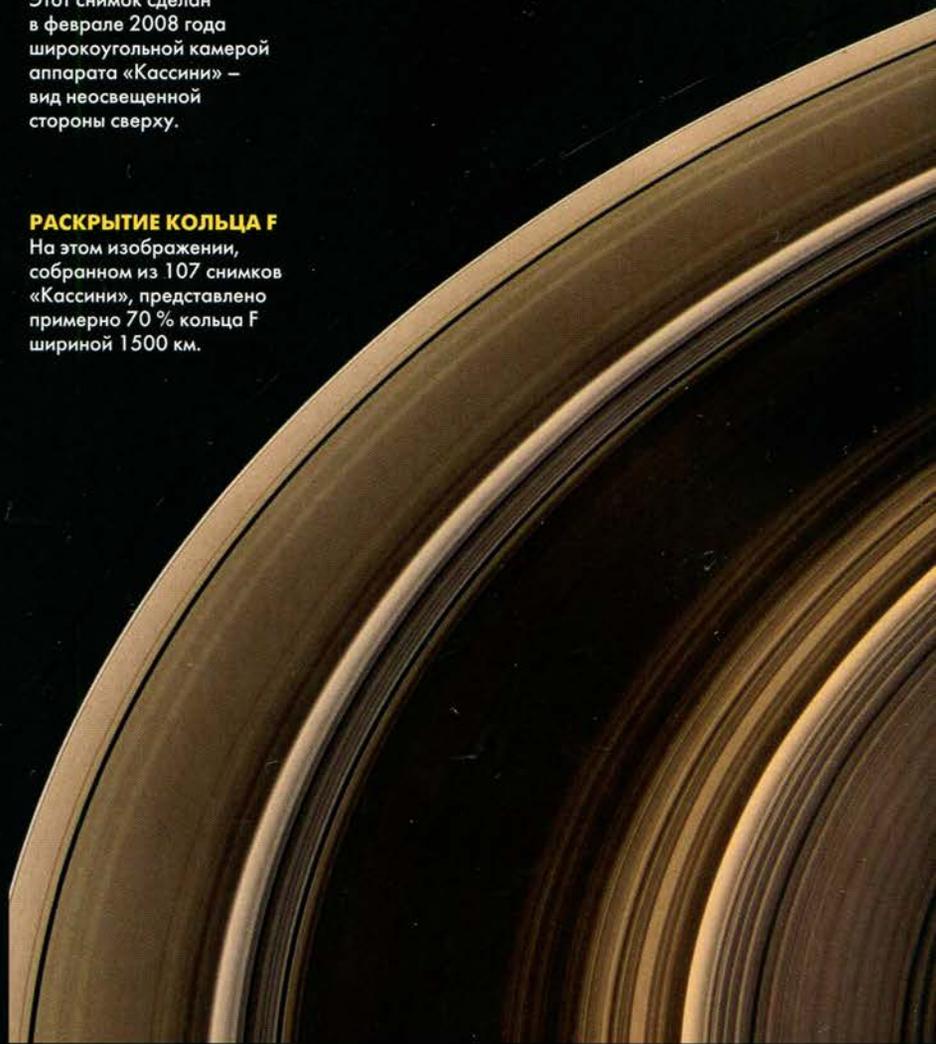
При всей своей яркости эти кольца имеют толщину всего несколько сотен метров. Они становятся тоньше, пока на несколько месяцев совсем не исчезнут из вида.

## ВИД СВЕРХУ

Этот снимок сделан в феврале 2008 года широкоугольной камерой аппарата «Кассини» – вид неосвещенной стороны сверху.

## РАСКРЫТИЕ КОЛЬЦА F

На этом изображении, собранном из 107 снимков «Кассини», представлено примерно 70 % кольца F шириной 1500 км.



Подобные изменения внешнего вида колец были настоящей загадкой для ученых, которые пытались определить истинную форму Сатурна (см. «Важные открытия»).

## ОТКРЫТИЯ

Хотя общее представление о строении колец Сатурна сформировалось уже к 1660-м годам, астрономы так и не смогли ответить на некоторые вопросы. Главный из них касался гравитации планеты. Известно, что по мере удаления от источника сила гравитации уменьшается, значит, разница в силе гравитации между внешним и внутренним краями мгновенно бы разрушила кольца, если бы они были широкими, монолитными структурами, как казалось в те времена.

Объяснить этот непонятный феномен смог Джеймс Клерк Максвелл, один из гениев математики и физики Викторианской эпохи (см. «Звезды космоса»). Он пришел к выводу: кольца состоят из бесчисленного количества крошечных частиц, каждая из которых движется над экватором Сатурна по собственной круговой орбите.

Хотя первые полеты космических аппаратов к Сатурну подтвердили теории Максвелла, оказалось, что кольца имеют гораздо более сложное строение, чем предполагалось. Каждое главное кольцо



### НАШИ СВЕДЕНИЯ

## ПАРАМЕТРЫ КОЛЕЦ САТУРНА

Название	Расстояние от центра Сатурна	Размеры частиц
Кольцо D	66 900–74 510 км	микрометры
Кольцо C	74 658–92 000 км	миллиметры
Кольцо B	92 000–117 580 км	5–10 метров
Щель Кассини		
Кольцо A	122 170–136 775 км	сантиметры
Кольцо F	139 970–140 470 км	миллиметры
Кольцо G	170 000–175 000 км	миллиметры
Кольцо E	181 000–483 000 км	микрометры

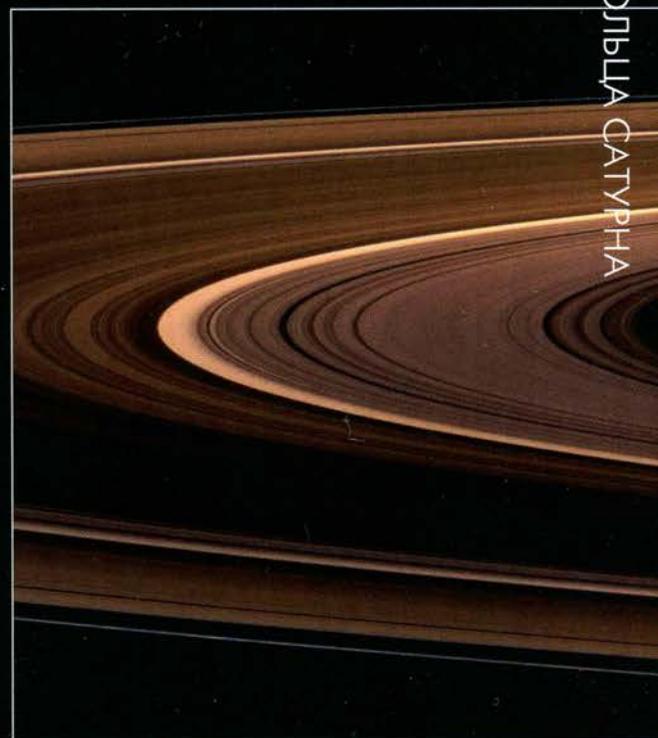
состоит из множества мелких колечек, у которых меняется яркость и прозрачность. Даже внутри якобы «пустой» щели Кассини существует четыре тонких колечка.

## «ПАСТУХИ»

Те же космические аппараты, открывшие необычные особенности колец, также выявили наличие целого ряда новых малых спутников Сатурна. Многие из них представляют собой крошечные тела, вращающиеся среди колец и вокруг них. Причем некоторые спутники ведут себя как пастухи, не давая им убежать.

Наиболее известны из таких «пастухов» Прометей и Пандора, которые обращаются вокруг Сатурна в кольце F. Недавно открытые спутники-пастухи и, предположительно, огромное количество мелких спутников могут объяснять такое тонкое

**КОЛЬЦО В** Кольцо В, вид сверху. На снимке хорошо заметна разница в яркости ближнего и дальнего «рукавов» (нижняя и верхняя части изображения).



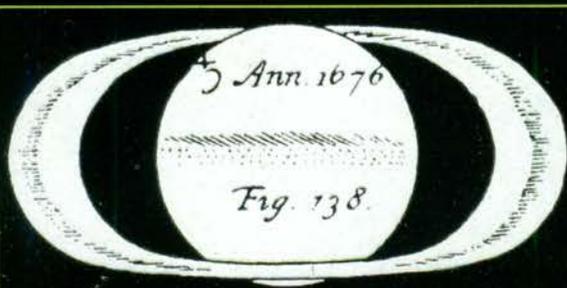
### ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

## ЗАГАДКА КОЛЕЦ

Благодаря своим первым телескопам Галилео Галилей примерно в 1610 году сумел понять, что в форме Сатурна есть что-то странное, однако их мощности было недостаточно, чтобы он смог разглядеть кольца планеты. Астрономы пытались объяснить необычный вид Сатурна наличием пары гигантских спутников и даже двусторонних «ручек».

Ученые еще больше запутались, когда в 1612 году они увидели кольца Сатурна, повернутые ребром к Земле, а затем кольца исчезли. И лишь в 1659 году эту загадку удалось разгадать, когда датский астроном Христиан Гюйгенс построил достаточно мощный телескоп, в который можно было увидеть кольцо. В 1675 году астроном Джованни Кассини, итальянец по происхождению, подтвердил это открытие, обнаружив щель между кольцами А и В.

**ЩЕЛЬ** Этот рисунок, созданный Кассини в 1676 году, через год после сделанного им открытия, стал первым изображением Сатурна, на котором фигурировала «прореха» между кольцами — щель Кассини.



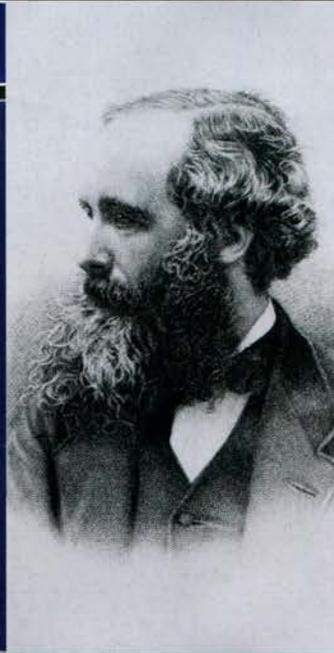


ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ДЖЕЙМС КЛЕРК МАКСВЕЛЛ (1831–1879)

**Ш**отландский математик и физик Джеймс Клерк Максвелл был настоящим гигантом науки XIX века, более известным как автор уравнений, описывающих электромагнетизм и термодинамику. После учебы в Эдинбургском и Кембриджском университетах уже в 25 лет Максвелл получил место профессора натуральной философии в Абердинском университете. В 1857 году ученый обратил свое внимание на природу колец Сатурна, тайну, которая уже долгое время не давала покоя астрономам. За разгадку этой головоломки колледж Святого Иоанна (Кембридж) назначил премию в размере 130 фунтов стерлингов.

Максвелл успешно доказал, что кольца не являются ни твердыми, ни сплошными, ни жидкими образованиями, а состоят из бесчисленного количества мелких фрагментов, которые он назвал «кирпичными обломками». Джордж Биддель Эйри, в то время занимавший должность Королевского астронома, отозвался о работе Максвелла как об «одном из самых замечательных применений математики в физике».



## ГЛОССАРИЙ

**Резонансные орбиты** – орбиты с периодами обращения, которые относятся друг к другу как натуральные числа. Благодаря этому тела на них сохраняют расположение относительно друг друга.

строение колец. Возможно, именно они не дают частичкам кольца выходить на орбиты, которые могут пересекаться с их собственными траекториями. Кроме того, спутники оказывают косвенное влияние на то, чтобы резонансные орбиты внутри колец оставались свободными (см. «Глоссарий»). Таким образом, спутники могут выполнять ту же функцию, что и Юпитер, который «очищает» щели Кирквуда в поясе астероидов (см. выпуск 18, стр. 7).

Оборудование «Вояджеров» подтвердило, что кольца Сатурна в основном состоят из льда (застывшие химические вещества и вода). Приборы также установили, что их размеры варьируются от огромных валунов величиной с дом до мелких камешков (см. «Наши сведения»).

## АППАРАТ «КАССИНИ»

«Кассини», достигший системы Сатурна в 2004 году, передал новые данные о кольцах. В отличие от своих предшественников аппарат сфотографировал отдельные крупные фрагменты колец. «Кассини» приоткрыл завесу над самыми загадочными особенностями колец – волнообразной «рябью», «спицами» (похоже, это не что иное, как облака мелкой пыли, которые на недолгое время закупаются над плоскостью кольца), а также «пропеллерами» (свободные от частиц просветы в кольцах возле спутников).

Камеры «Кассини» также обнаружили быстро распадающиеся скопления материала длиной сто метров, возникающие из мелких частиц. Такие скопления, по мне-

## ТЕНЬ САТУРНА

На этом изображении, составленном из 36 снимков, сделанных «Кассини» 19 января 2007 года за два с половиной часа, тень газового гиганта простирается почти по всей поверхности колец.



КАК ЭТО РАБОТАЕТ

## КАК ФОРМИРУЕТСЯ СИСТЕМА КОЛЕЦ

**А**строномы считают, что большинство систем колец образуется, когда происходит разрушение спутника, вращающегося вокруг планеты. Однако он должен распасться с такой силой, чтобы его обломки разбросало вокруг орбиты планеты.

Сначала фрагменты спутника распределяются по орбитам, которые варьируются от эллипсов до правильных кругов с разными углами наклона. В результате вокруг планеты образуется похотий на пончик ореол. Орбиты

частиц пересекаются, поэтому вероятность столкновения между этими мелкими телами увеличивается – особенно у тех частиц, которые движутся в противоположных направлениях.

Подобные столкновения не дают частицам ни опуститься, ни подняться, ни приблизиться к планете, ни слишком отдалиться от нее. В результате эти куски выталкиваются на круговые орбиты, в плоскость орбиты бывшего спутника, где столкновения уже минимальны.



**1 УДАР** разрушает небольшой спутник, вращающийся вокруг Сатурна.

нию ученых, играют важную роль в «переработке» частиц и обновлении кольца.

С 1970-х годов астрономы открыли системы колец еще на трех планетах-гигантах нашей Солнечной системы, которые величиной уступают главному украшению Сатурна. Все системы колец имеют свои особенности, и их изучение стало настоящим вызовом для ученых (см. «Космическая наука»).

**В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ:** У САТУРНА КАК МИНИМУМ 62 СПУТНИКА. УЗНАЙТЕ ОБ ЭТИХ ТАКИХ РАЗНЫХ И СТРАННЫХ МИРАХ.



**ПРОЗРАЧНЫЕ** На этом изображении, сделанном в июне 2007 года, видно, что с неосвещенной стороны планеты все кольца, за исключением В, кажутся прозрачными.



**2 ОБЛОМКИ** собираются вместе, образуя «пончик».



**3 СТОЛКНОВЕНИЯ** ограничивают движения частиц плоскостью кольца.



столкновение и гравитация выталкивают частицы из щелей системы

**4 СТАЛКИВАЯСЬ** друг с другом, частицы выходят на круговые орбиты.



**5 СИСТЕМА КОЛЕЦ** приобретает форму плоских кругов.

# «ВОЯДЖЕР-1» У САТУРНА

В первом выпуске был представлен обзорный материал о проекте «Вояджер», теперь пришло время узнать о том, что произошло, когда первый из одноименных аппаратов встретился с Сатурном.

**П**ятого марта 1979 года «Вояджер-1» пролетел мимо Юпитера и направился к окольцованному Сатурну. Двенадцатого ноября 1980 года аппарат приблизился к планете, оказавшись на высоте 124 000 км над облаками Сатурна.

За год до этого «Пионер-11» уже сделал снимки Сатурна, но «Вояджеру-1» удалось собрать намного больше данных и отправить более интересные фото этого удивительного объекта. Однако снимки «Вояджера-1» уступают изображениям, полученным «Вояджером-2». Но именно «Вояджер-1» собрал

очень полезные данные, ставшие настоящим открытием, например, о том, что верхняя часть атмосферы Сатурна на 93 % состоит из водорода,

близки к параметрам Юпитера и Солнца, такое низкое содержание гелия в верхней атмосфере, возможно, указывает на то, что этот более тяжелый по сравнению с водородом газ медленно опускается вниз.

До первой встречи «Вояджера» с Сатурном астрономы считали, что у газо-

вого гиганта 11 спутников (на сегодня ученым известно о 62 лунах, но весьма вероятно, что их больше).

**«ЭТИ ЗАПИСИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ НАШИ НАДЕЖДЫ, НАШУ РЕШИМОСТЬ И НАШУ ДОБРУЮ ВОЛЮ В ОГРОМНОЙ И ВДУШАЮЩЕЙ БЛАГОГОВЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ».**

Президент США Джимми Картер о дисках «Вояджеров»

а оставшиеся 7 % приходятся на гелий. Поскольку предполагалось, что показатели атмосферы Сатурна будут

**ГЛОССАРИЙ**  
**Гелиосфера** — пространство, в котором магнитное поле Солнца, а также солнечный ветер доминируют над межзвездными излучениями.



## СТАТИСТИКА МИССИИ

### МАКСИМАЛЬНОЕ

**СБЛИЖЕНИЕ:** 05.03.1979

**ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ:** Первый космический аппарат, отправленный для исследования границ Солнечной системы и межзвездного пространства

**МАССА:** 721,9 кг



## НАУЧНАЯ ФАНТАСТИКА

### «САТУРН-3»

**О**дин из нескольких фильмов, снятых об этой планете. Супруги (их играют Кирк Дуглас и Фарра Фоссет) живут на космической станции, выращивая продукты для миллионов голодающих землян. Их идиллию нарушает сумасшедший убийца (его роль исполняет Харви Кейтель), создавший суперумного восьмирукого робота, у которого, в свою очередь, возник еще более жуткий план. Кроме звездного актерского состава «Сатурн-3» примечателен еще тем, что сценарий к нему написал знаменитый писатель Мартин Эмис. Зрители плохо приняли картину — «Сатурн-3» даже номинировали на звание худшего фильма, премию «Золотая малина».

**ОПАСНЫЙ ПОВОРОТ** Ученый сражается с восставшим роботом на космической станции у Сатурна.





### СИСТЕМА

Коллаж из фото, сделанных «Вояджером-1»: Сатурн и его спутники.

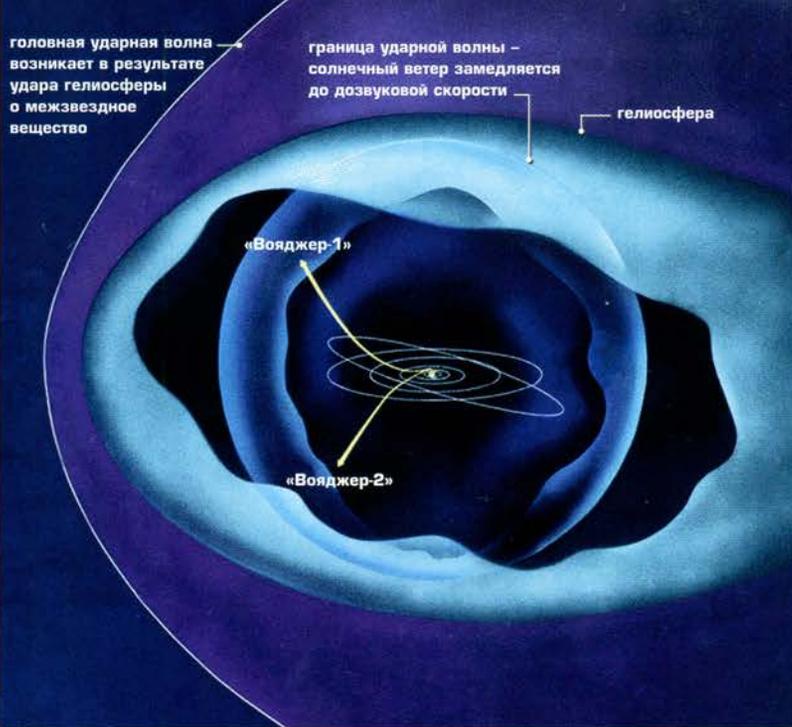
### ВЕХИ ПУТЕШЕСТВИЯ

Покидая Солнечную систему, «Вояджер-1» преодолевает границу ударной волны, гелиосферу и головную ударную волну.

головная ударная волна возникает в результате удара гелиосферы о межзвездное вещество

граница ударной волны – солнечный ветер замедляется до дозвуковой скорости

гелиосфера



### УПРАВЛЕНИЕ

Сотрудник центра управления полетом следит за работой «Вояджера-1» во время его встречи с Сатурном.

Благодаря изображениям, переданным «Вояджером-1», ученые смогли открыть три внутренних спутника Сатурна: Атлас размером примерно 40 x 20 км, вращающийся у внешнего края светлого внешнего кольца А; Прометей, внутренний «пастух» темного внешнего кольца F, размером около 140 x 100 x 80 км;

Пандора, внешний «пастух» кольца F, имеет размеры 110 x 90 x 80 км.

Благодаря открытию плотной атмосферы на Титане, специалисты приняли решение о сближении аппарата с этим гигантским спутником.

Оказалось, что Титан укутан атмосферой, состоящей в основном из азота, а не метана, как предполагалось ранее.

После встречи с Титаном «Вояджер-1» совершил грави-

тационный маневр, который позволил ему выйти за плоскость планет и отправиться в большое путешествие. После Сатурна аппарат устремился прочь от Солнечной системы, чтобы исследовать гелиосферу (см. «Глоссарий»). В настоящий момент «Вояджер-1» по-прежнему передает данные из космоса.

Предполагают, что он продолжит поддерживать связь с Землей до 2020 года.



### ТЕХНОЛОГИЯ

## НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

«Вояджеры» оборудованы двумя системами управления. Первая из них – датчик звезды Канопус, в котором для определения местонахождения в качестве ориентиров используют Солнце и одновременно космическое тело. Вторая представляет собой систему внутренних гироскопов, это т. н. инерциальная система наведения, которая регулирует положение аппарата с помощью 16 гидразиновых двигателей малой тяги.



[1]



**[1] ВЗГЛЯД ВНИЗ**

На мозаичном фото, составленном из 27 снимков, сделанных «Кассини» на высоте 1,6 млн км над газовым гигантом, представлена верхняя сторона колец Сатурна. Саму планету убрали, чтобы кольца были лучше видны.

[3]

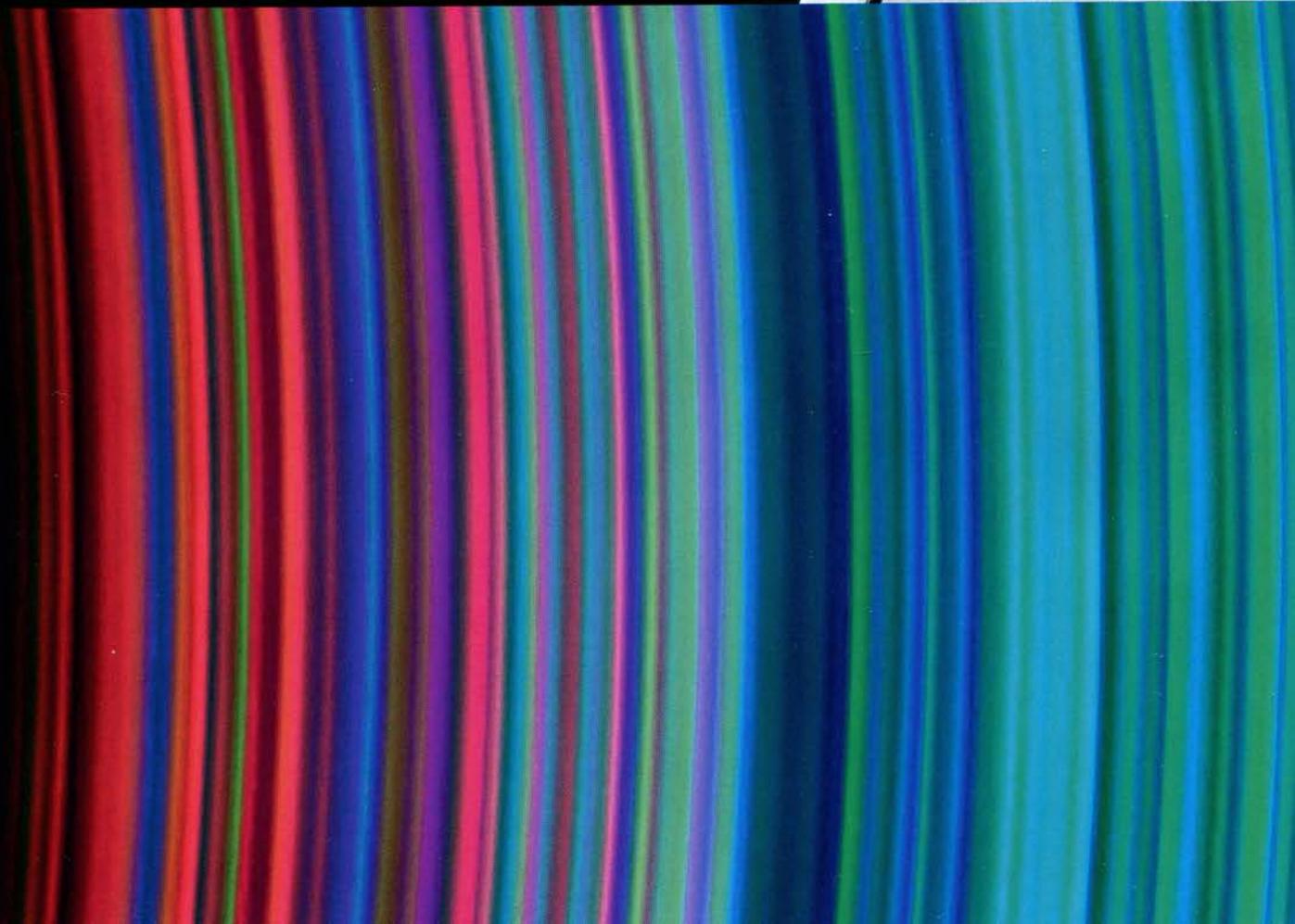
**[2] СЛЕДЫ ЛЬДА**

На изображении, полученном на основе данных, собранных спектрометром «Кассини», видны грязно-красные внутренние кольца, окруженные более плотным льдом (бирюзовый цвет).

**[3] ВЗГЛЯД ВВЕРХ**

На снимке, сделанном узкоугольной камерой «Кассини», — освещенная сторона колец (вид снизу).

[2]



# ЛЕДЯНЫЕ КОЛЬЦА

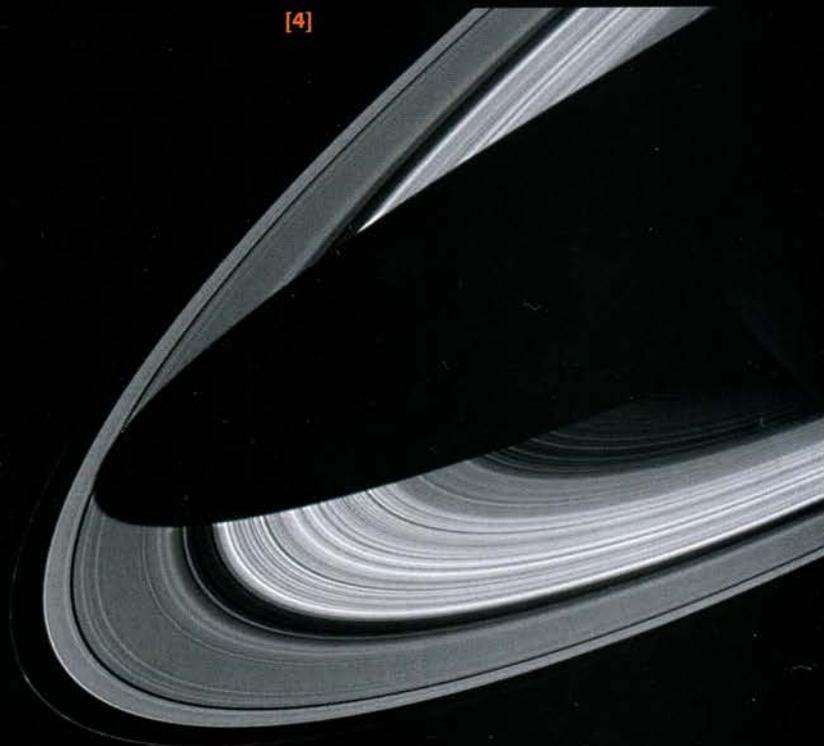
Самые качественные изображения колец Сатурна получены благодаря «Кассини», но на пути к планете аппарат ждал испытания.

«Кассини» достиг Сатурна 1 июля 2004 года. Из-за значительного расстояния, отделявшего аппарат от центра управления полетом на Земле, он должен был работать в автономном режиме. Планировалось, что для достижения цели «Кассини» совершит важный маневр, замедлившись до такой скорости, чтобы его «захватила» гравитация планеты и он вышел на орбиту Сатурна.

Сначала аппарат пролетел мимо окруженного кольцами гиганта, потом 10 минут двигался, развернувшись назад, затем запустил свой двигатель на 96 минут, чтобы замедлиться до скорости 626 м/сек. Но для того, чтобы приблизиться на достаточное расстояние, «Кассини» должен был пролететь через внешнее кольцо.

Аппарат приблизился к нижней плоскости кольца, проник в большую щель между кольцами F и G и вышел на орбиту Сатурна, чтобы сделать удивительные снимки.

[4]

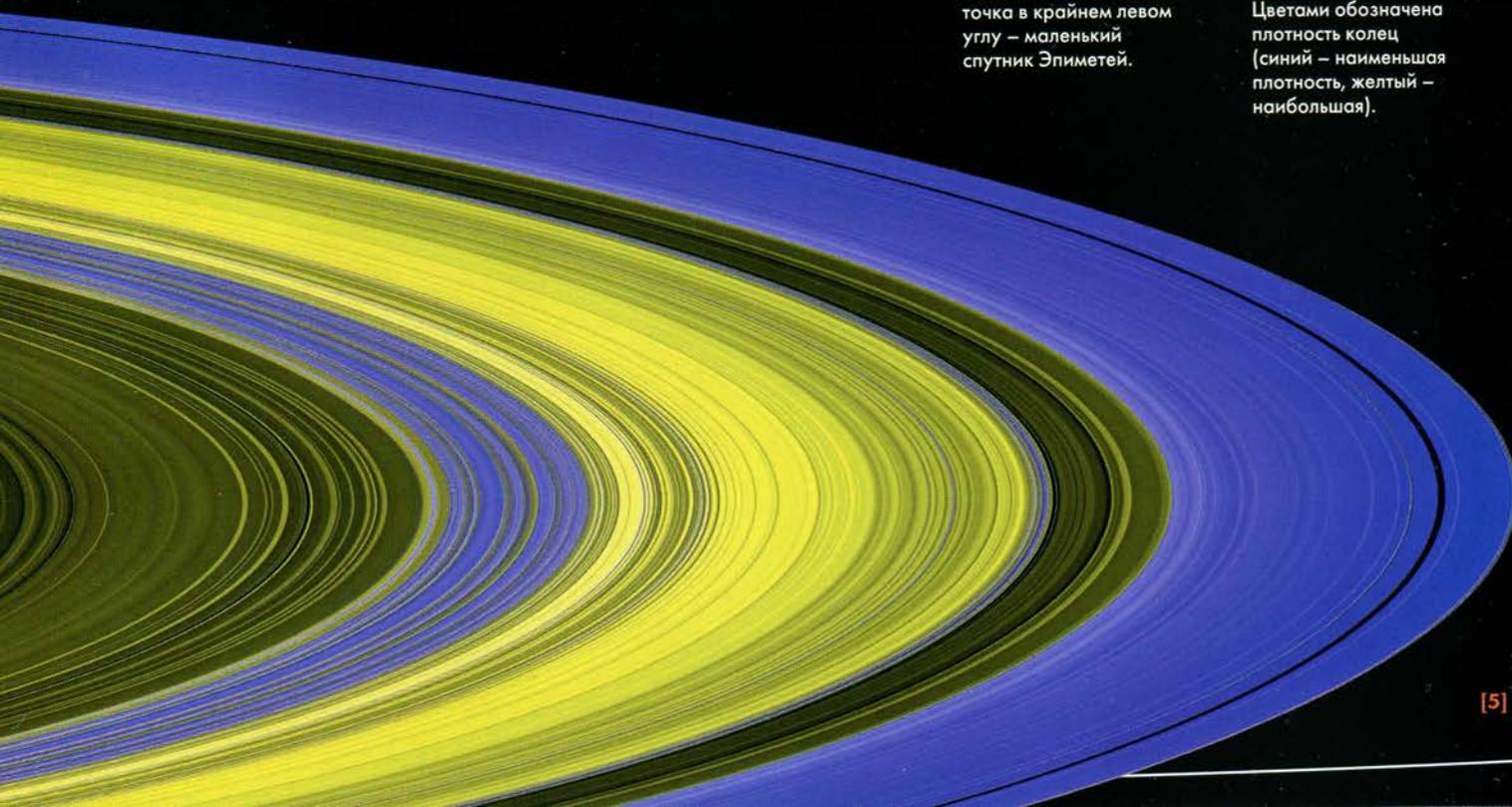


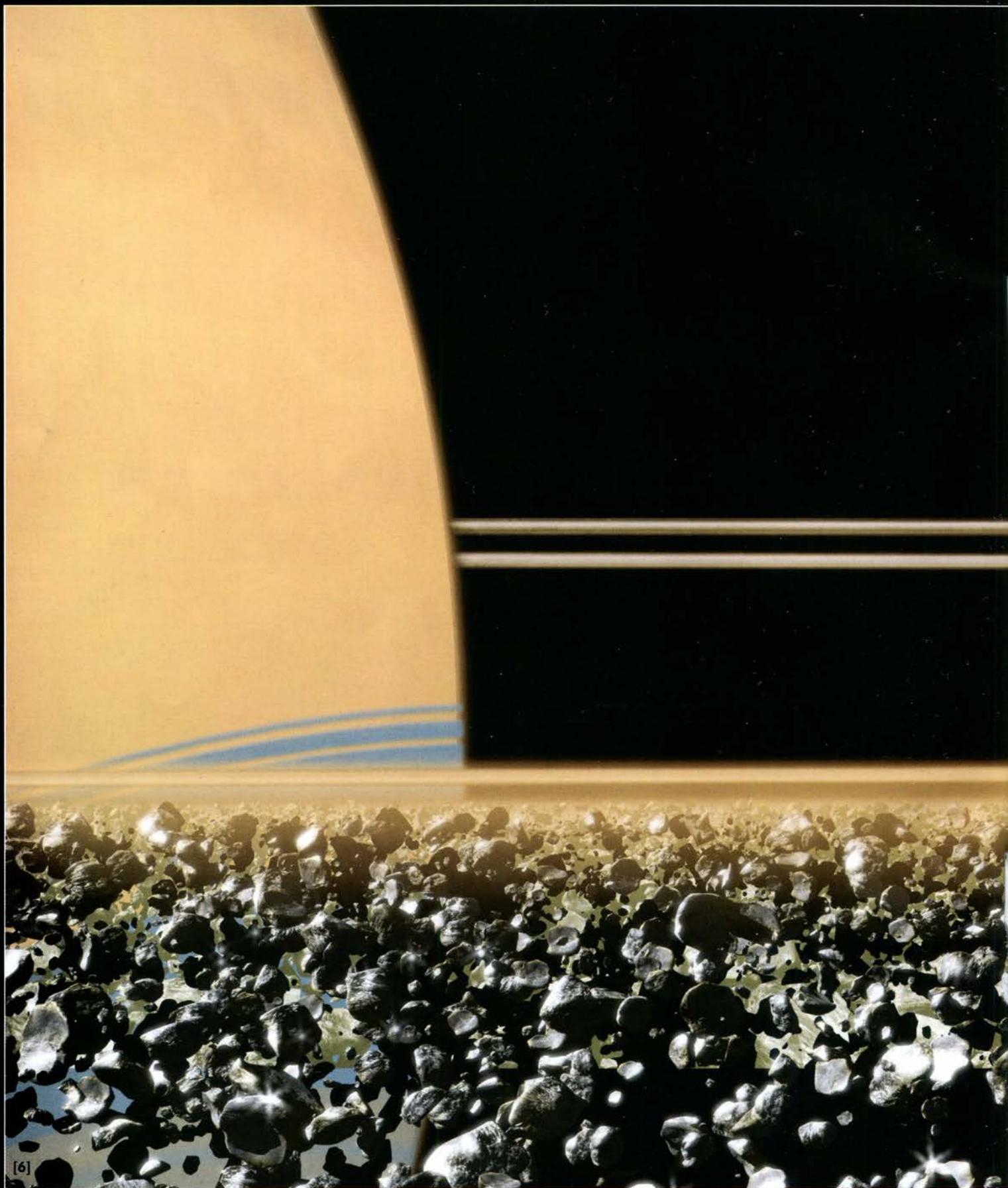
#### [4] ТЕМНАЯ СТОРОНА

На этом снимке «Кассини» показана ночная сторона планеты, бросающей тень на кольца. Крошечная точка в крайнем левом углу – маленький спутник Эпиметей.

#### [5] ТОЛЩИНА КОЛЕЦ

Это изображение с искусственной цветопередачей получено «Кассини». Цветами обозначена плотность колец (синий – наименьшая плотность, желтый – наибольшая).





[6]

**[6] ВНУТРИ КОЛЕЦ** На картине художника изображено кольцо В так, как будто бы над ним пролетает космический аппарат. Это самое крупное, яркое и массивное кольцо шириной 25 500 км, которое находится в середине системы колец, при этом его толщина составляет всего примерно 5–10 метров.



Кольцо состоит из огромных ледяных глыб величиной с дом – они более чем на 99 % перекрывают свет, проходящий через некоторые части кольца. Остальная часть системы колец показана в виде петель, расположенных вокруг серовато-коричневых облаков Сатурна с левой стороны.

# СИСТЕМЫ КОЛЕЦ

Кольца – эффектный и элегантный «аксессуар» всех планет-гигантов. А как кольцам удается сохранять форму и откуда они взялись?

Каждая из крупных систем колец нашей Солнечной системы имеет свои особенности: например, широкие и яркие кольца Сатурна состоят из льда; у Урана тринадцать тонких «обручей» из более темного материала; у Нептуна всего пять колец, три из них – узкие; кольца Юпитера состоят из пыли и имеют форму диска, похожего на пончик.

Астрономы по-прежнему спорят о происхождении колец. Точно им известно лишь одно: кольца не могли появиться вместе с планетами, иначе материал колец был бы поглощен спутниками.

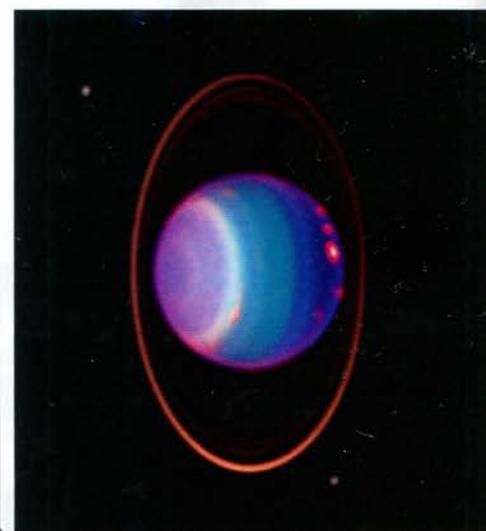
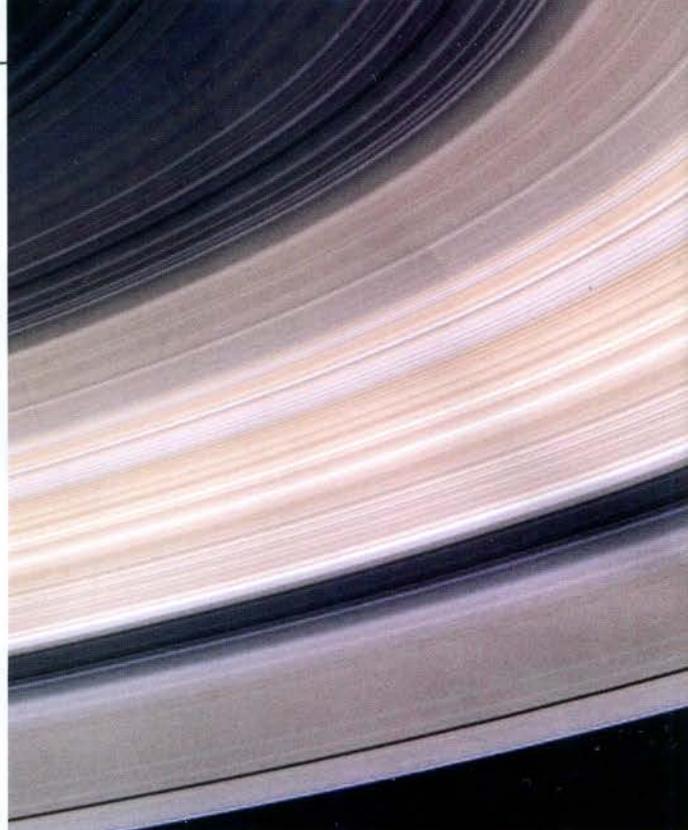
Похоже, что все системы колец образовались в результате разрушения достаточно крупного объекта, когда его обломки постепенно распределились по концентрическим орбитам, приняв форму диска, чтобы избежать столкновений друг с другом.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОЛЕЦ

До того как к Сатурну приблизился «Кассини», ученые выдвигали предположение о том, что кольца Сатурна должны были появиться относительно недавно, в противном случае они бы запылились из-за ударов кро-

**ЦВЕТОВОЙ КОД** В некоторых кольцах Сатурна частицы льда окрашены каким-то веществом. Это характерно, главным образом, для более тонких колец.

**ОКОЛЬЦОВАННЫЙ УРАН** Уран в окружении темных колец. Также можно видеть некоторую часть из 27 известных спутников планеты.



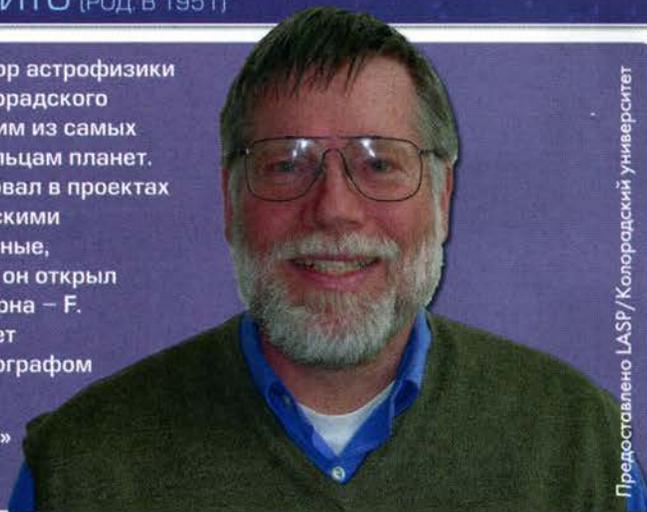
ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ЛАРРИ ЭСПОЗИТО (РОД. В 1951)

Ларри Эспозито, профессор астрофизики и планетарных наук Колорадского университета, считается одним из самых главных специалистов по кольцам планет. Начиная с 1970-х он участвовал в проектах НАСА, связанных с космическими аппаратами. Анализируя данные, полученные «Пионером-11», он открыл тонкое внешнее кольцо Сатурна – F. В настоящий момент работает с ультрафиолетовым спектрографом «Кассини».

«КОСМИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТИВ»

Доктор Ларри Эспозито, первооткрыватель кольца F.



Предоставлено LASP/Колорадский университет

шечных метеоритов, путешествующих в космосе. В пользу достаточно молодого возраста колец говорило и то, что в их составе есть крупные фрагменты.

Самые мелкие частицы, вероятно, постепенно двигались к планете, пока в конце концов не упали в ее атмосферу. Возможно, несколько наиболее крупных колечек какое-то время еще сохранялись под «присмотром» мелких спутников-пастухов и внешне напоминали колечки вокруг Урана и Нептуна. Но даже они в конечном ито-

кольца в результате столкновений, которые повторялись раз в несколько сотен миллионов лет или все происходило по-другому? И как это можно соотнести с системами колец других планет?

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕЦ

Возможно, ответ на этот вопрос был получен благодаря другому открытию «Кассини». Оказалось, что в кольцах Сатурна намного больше материала, чем предполагалось. Ларри Эспозито из Колорадского университета (см. «Звезды космоса») считает, что благодаря более плотному заполнению материалом кольца могут отражать больше света, поэтому, чтобы быть такими яркими, ледяным частицам вовсе не обязательно быть чистыми.

Вместе с тем непрерывающийся процесс обновления в кольцах может означать, что в результате бомбардировок микрометеоритами темнеть будет все больше материала.

Благодаря повторяющемуся образованию и разрушению мелких спутников в систе-

### ГЛОССАРИЙ

**Покрытие** – астрономическое явление, во время которого, с точки зрения наблюдателя, одно небесное тело проходит перед другим объектом, закрывая его часть.

ме колец (см. «Важные открытия») происходит обновление материала, и кольца Сатурна остаются яркими. Если эта теория верна, то кольца появились в результате разрушения спутников вскоре после образования самих планет. И именно масштабы этих первоначальных катастроф определяют внешний вид колец.



ге были бы «перемолоты», и на месте этих колец остались бы разреженные плоскости мельчайших пылевых частиц.

Эта красивая теория рассыпалась, как картонный домик, когда «Кассини» выявил разное строение главных колец Сатурна – они не только состояли из частиц самых отличных размеров, но и, похоже, имели неодинаковый возраст. Образовались ли



### ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

## ОБНОВЛЕНИЕ КОЛЕЦ

Узнать больше о строении системы колец ученым помогают наблюдения за ними в момент, когда эти образования оказываются перед звездой, отражая ее свет, – она словно мигает. Подобное явление, называемое покрытием (см. «Глоссарий»), позволило астрономам, находящимся на Земле, открыть кольца Урана и Нептуна.

Когда звезда проходила за кольцом F Сатурна, профессор Эспозито (см. «Звезды космоса») и его коллеги наблюдали 13 отдельных покрытий. Проанализировав период каждого исчезновения звезды, ученые сделали вывод о том, что объекты, закрывшие звезду, имели размер от 27 м до 10 км. Любопытно то, что крупные объекты все же пропускали часть света звезды – это свидетельствовало о том, что они представляли собой скопления небольших глыб.

Команда ученых дала этим странным объектам кошачьи клички, например Миттенс (Рукавички) и Флаффи (Пушок), поскольку они появлялись и исчезали, когда «хотели», и словно имели несколько жизней, как кошки.

### МИТТЕНС

На картине изображен Миттенс, обнаруженный «Кассини» во время покрытия звезды, – здесь он в виде маленького объекта справа от звезды.

### ТОЛСТЫЕ И ТОНКИЕ

Состоящие из камней и пыли кольца Нептуна имеют разную толщину и плотность.

