

БЕСКРАЙНИЕ ЛЕДЯНЫЕ ПРОСТОРЫ

На самом краю Солнечной системы находится бесчисленное количество ледяных миров, собранных в двух областях – поясе Койпера и облаке Оорта.

На протяжении почти всего прошлого века единственным известным объектом, находившимся за пределами Нептуна, считался Плутон, небольшая планета диаметром всего 2300 км. Поначалу он казался уникалом, странным образом расположившимся на краю Солнечной системы. Астрономы классифицировали Плутон как девятую планету, при этом они пытались доказать, что он – «бегенец» из иной части Солнечной системы.

И хотя наземные телескопы были слишком слабыми, чтобы разглядеть что-нибудь в такой дали, некоторые ученые имели свои представления о том, что

Солнце

внешнее облако Оорта

классический пояс Койпера



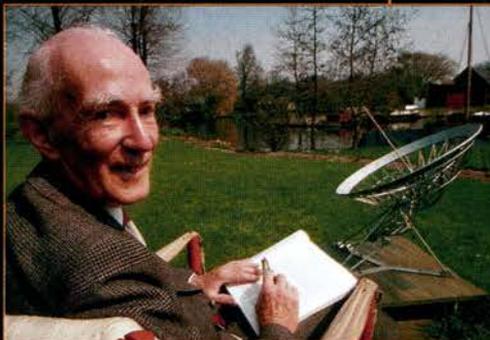
ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ЯН ООРТ (1900–1992)

Ян Оорт, сын врача из голландского города Франекер, поступил в Гронингенский университет, где изучал астрономию. Уже к 1927 году стал известен в научных кругах благодаря своей работе о движении звезд, которая доказала, что галактика Млечный Путь делает виток примерно каждые 225 млн лет, а ее центр лежит в направлении Стрельца. С 1935 года Оорт был профессором астрономии в Лейденском университете, а с 1945 года возглавил обсерваторию при нем. Оорт стал горячим энтузиастом радиоастрономии и содействовал созданию первых голландских радиотелескопов.

Его предсказание о существовании облака Оорта основано на понимании того, что орбиты одинаковых долгопериодических комет нестабильны, а значит, должен существовать некий резервуар пополнения их числа.

ЯН ООРТ Ученый читает научные материалы в саду своего дома на фоне модели Вестерборкского радиотелескопа.



притаилось в далекой темноте. Большинство таких теорий базировалось на движении комет.

ТЕОРИИ О ДАЛЕКОМ

В 1932 году эстонский астроном Эрнст Эпик осознал, что большинство долгопериодических комет достигают афелия (самой отдаленной точки от Солнца) примерно на одном и том же расстоянии.

ПОЯС КОЙПЕРА И ОБЛАКО ООРТА

На этой схеме показано расположение областей Солнечной системы, которые представляют собой резервуары ледяных объектов, — классический пояс Койпера, рассеянный диск и внутреннее и внешнее облака Оорта (они не отображены в масштабе).



ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ДЖЕРАРД КОЙПЕР (1905–1973)

Американский астроном голландского происхождения Джерард Койпер учился в Лейденском университете, как и Ян Оорт, где защитил докторскую степень по двоичным звездам, после чего эмигрировал в США. Там ученый работал в Ликской, Гарвардской и Йеркской обсерваториях. Койпер сделал ряд важнейших прорывных открытий в изучении Солнечной системы, в частности, в исследовании атмосферы Марса и Титана, открытии малых спутников Миранды и Нереиды.

ОРЛИНЫЙ ГЛАЗ Койпер, который прославился своим острым зрением, мог видеть звезды 7,5-й величины невооруженным глазом.



Следовательно, позади орбиты Плутона лежит огромный резервуар комет. Кроме того, поскольку долгопериодические кометы имеют тенденцию появляться из любой области, такой резервуар не может быть расплюснут в плоскости остальной Солнечной системы, а скорее должен представлять диффузное сферическое облако.

В начале 1950-х годов голландский астроном Ян Оорт пришел к таким же выводам, развил идею дальше и описал ее в виде того, что сейчас называется облаком Оорта.

Другие ученые также пытались разгадать тайну происхождения короткопериодических комет и Плутона. Ирландский астроном Кеннет Эджворт был первым, кто выдвинул в 1943 году идею о существовании пояса ледяных обломков за Нептуном, а Джерард Койпер только в 1951 году показал, как такой пояс мог появиться в условиях молодой Солнечной системы. Ученые называют это кольцо

«ВНЕШНЯЯ ОБЛАСТЬ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЗАСЕЛЕНА ОЧЕНЬ БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ ОТНОСИТЕЛЬНО МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ».

Кеннет Эджворт

в форме бублика поясом Койпера.

И хотя напрямую наблюдать облако Оорта мы не можем, поведение комет показывает, что оно должно существовать. Что касается пояса Койпера, то, к счастью, далекие транснептуновые объекты (ТНО),

помимо Плутона, оказались в зоне видимости самых мощных телескопов, а непрерывный поток открытий с начала 1990-х годов помог узнать сложную структуру внешней части Солнечной системы.

КАК ОРГАНИЗОВАН ДАЛЕКИЙ КОСМОС

Если собрать воедино орбиты всех известных ТНО, становится очевидным, что они делятся на несколько групп. Большая часть из них — члены так называемого классического пояса Койпера, который тянется в ширину от 42 до 48 а. е. от Солнца (примерно на

900 млн км). Объекты классического пояса Койпера (ОПК) можно разделить на две категории: крупную группу, следующую по почти круговым орбитам с малым наклоном в сторону эклиптики (т. е. плоскости Солнечной системы), и вторую группу, у членов которой более эллиптические орбиты с большим углом наклона. Считают, что эти два семейства имеют разное происхождение (см. «Как это работает»).

На сегодня открыто более 1000 ОПК, хотя предполагают, что в этом поясе содержится до 70 000 объектов диаметром 100 км и больше с общей массой, равной около 10 % земной. Объекты в поясе Койпера управляются, прежде всего, гравитацией Нептуна. Объекты, находящиеся на орбитах на расстоянии от 40 до 42 а. е., становятся нестабильными со временем и в конце концов могут оказаться на других траекториях или вообще за пределами пояса.

внутреннее облако Оорта

рассеянный диск

КЕННЕТ ЭДЖВОРТ

Ирландский астроном Кеннет Эджворт предложил идею о существовании диска из ледяных объектов позади орбиты Нептуна.

Фото предоставлено Армагской обсерваторией

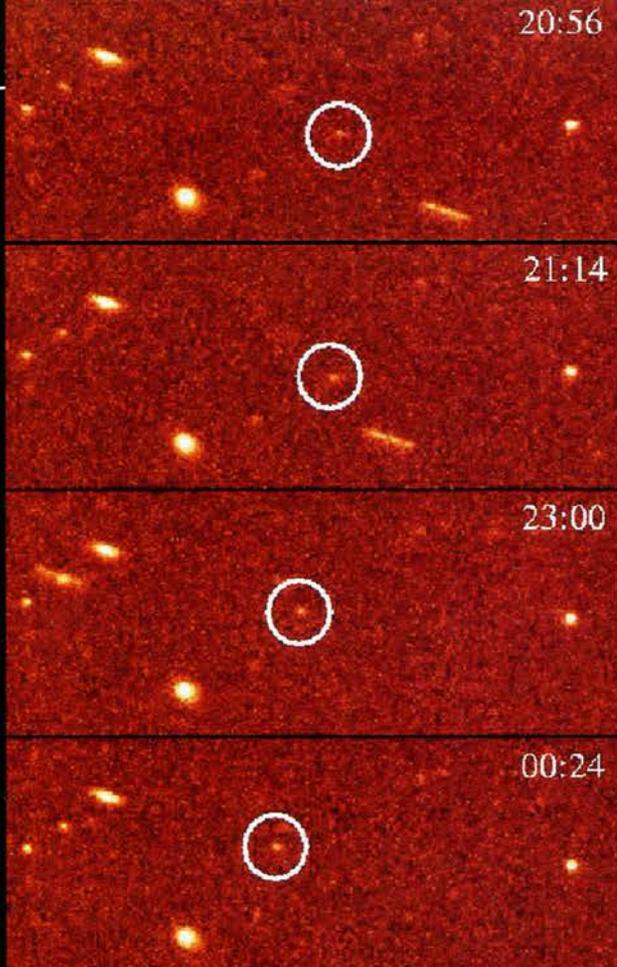


20:56

21:14

23:00

00:24



ФИЗИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА

Настоящие доказательства существования пояса Койпера появились в 1992 году после открытия объекта QB1. Фотографируя один и тот же кусочек неба в течение нескольких дней, удалось понаблюдать за движениями объекта QB1 (обведен кружком). С тех пор примерно на том же расстоянии были выявлены еще многие ОПК.

ясняющие, почему пояс не может простираться дальше этого барьера Койпера. Астрономы не могут определиться с тем, действительно ли это уже край или всего лишь широкий интервал, в котором может находиться еще один существующий мир – т. н. планета X.

ЗА КОЙПЕРОМ

Несмотря на резкий обрыв классического пояса Койпера, позади него существуют и другие объекты. Это объекты рассеянного диска (ОРД), небесные тела с крайне эллиптическими орбитами, которые выводят их в перигелии на расстояние 35 а. е. от Солнца, а в самых удаленных точках относят их вдаль на 100 а. е. Такие орбиты часто имеют очень большой наклон, иногда достигающий 40° относительно плоскости Солнечной системы.

Самый известный ОРД, бесспорно, Эрида, карликовая планета, большая по размерам, чем Плутон. Ее мы посетим в 45-м выпуске.

ОПК внутри пояса, похоже, избегают резонансных орбит (см. «Глоссарий»), создавая между собой щели, похожие на щели Кирквуда в поясе астероидов, которые соответствуют расположению резонансных областей в орбите Юпитера. Объекты, приближающиеся к Нептуну, оказываются вытесненными на резонансную орбиту. Такие объекты называют плутино, их насчитывается уже свыше 200.

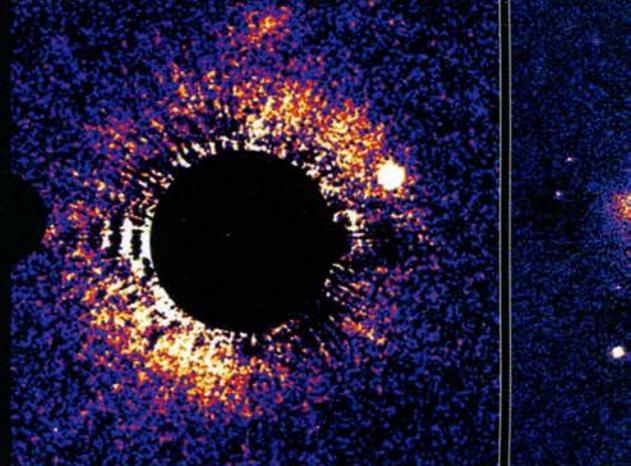
На расстоянии примерно 48 а. е. от Солнца плотность пояса Койпера резко падает. Пока отсутствуют причины, объ-

СОЛНЕЧНЫЕ КОЙПЕРЫ

Диски, окружающие эти две звезды, дают нам представление о том, как может выглядеть пояс Койпера у нашего Солнца.

HD 53143

HD 1396

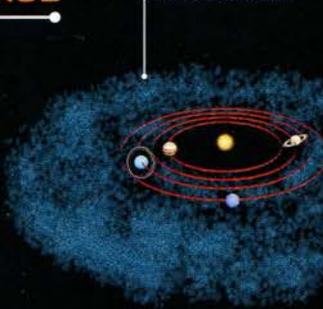


КАК ЭТО РАБОТАЕТ

СТРОЕНИЕ ПОЯСОВ И ОБЛАКОВ

По мере формирования Солнечной системы внешняя ее часть заполнялась ледяными планетезиμαлями диаметром в пару километров, которые вращались по орбитам между планетами-гигантами. Встречи с Юпитером и другими планетами быстро выбросили многие маленькие объекты в область облака Оорта. В результате таких встреч на свои сегодняшние орбиты были отправлены также Сатурн, Уран и Нептун. Период хаотического поведения, когда орбиты Юпитера и Сатурна недолго находились в резонансе, привел к выведению Урана и Нептуна на эксцентрические орбиты и закончился появлением рассеянного диска.

первородное кометное облако



1 БЛИЗКО К СОЛНЦУ Формируется Солнечная система, все планеты-гиганты собираются вблизи Солнца. Вокруг и за пределами их орбит возникает рой маленьких ледяных комет.

кометы выбрасываются в облако Оорта

планеты двигаются по спирали наружу



2 МИГРАЦИЯ Планеты позади Юпитера двигаются во внешнем направлении по спиральным траекториям. В результате близких встреч малые кометы отбрасываются в сторону – так образуется пояс Койпера.



НАШИ СВЕДЕНИЯ ИСТОКИ И ЗАГАДКИ

При наличии такого количества различных групп объектов, происхождение которых нужно как-то объяснить, ни одна из существующих теорий образования внешней части Солнечной системы не дает ответы на все вопросы. Правда, большинство астрономов соглашается с тем, что кометы в облаке Оорта, а возможно, и в поясе Койпера, родились в зоне намного ближе к Солнцу. Кометы в облаке Оорта, как считается, сформировались вокруг современных орбит планет-гигантов и уже позднее были отброшены на нынешние далекие орбиты в результате встреч с этими растущими планетами в ходе их миграции в Солнечной системе. Объекты пояса Койпера представляют собой более сложный вопрос. Вполне возможно, что они образовались примерно там, где пребывают и сейчас.

ГЛОССАРИЙ

Резонансная орбита — орбита объекта Солнечной системы, чей период (продолжительность) представляет собой часть орбитального периода соседнего объекта. Если у одного или обоих объектов достаточная масса, тогда их гравитационное воздействие друг на друга может усиливаться частыми близкими встречами.

ДРЕВНИЕ ФРАГМЕНТЫ

Так, должно быть, выглядят миллионы ледяных объектов в поясе Койпера — отголоски времени, когда в нашей Солнечной системе формировались планеты.

Большинство астрономов считает, что ОРД начинали свою жизнь как ОПК, но по мере миграции Нептуна по Солнечной системе вырывались на более эксцентрические орбиты (см. «Как это работает» и рубрику «Космическая наука» в 42-м выпуске). Некоторые ОРД были также рассеяны в другом направлении, они попадали в сторону Солнца и превращались в кентавры и кометы.

Эллиптическая форма орбит ОРД говорит о том, что они становятся нестабильными на протяжении длительных периодов времени и склонны к такого рода «разрывам», вот почему считается, что Рассеянный диск является крупнейшим источником короткопериодических комет.

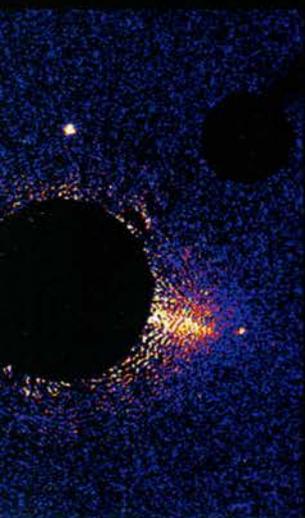
В НАПРАВЛЕНИИ ООРТА

Что касается самого облака Оорта, то теоретические модели дают основание считать, что оно поделено на две отдельные

области: кольцеобразное внутреннее облако (иногда именуемое облаком Хиллса) на расстоянии примерно от 2000 до 20 000 а. е. от Солнца и сферическое внешнее облако, которое начинается примерно в 50 000 а. е. от нашего светила.

В обеих областях вращаются триллионы маленьких комет, каждая диаметром не более пары километров; кроме того, масса только внешнего облака, возможно, равна пяти земным массам. Здесь засиживаются холодные спящие кометы, которые ожидают будоражащих событий — предположительно, случайного столкновения, приливных волн, поднятых проходящей звездой, которые могут резко вытеснить их в сторону внутренней части Солнечной системы.

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: ПЛУТОН — МАЛЕНЬКАЯ ЗАМОРОЖЕННАЯ КАРПИКОВАЯ ПЛАНЕТА, КОТОРАЯ ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА СРАЗУ ЗА НЕПТУНОМ.



3 РАСТУЩИЕ МИРЫ Подальше от Солнца происходят слияния ледяных объектов, которые позволяют им превращаться в более крупные миры.

4 ХАОТИЧНЫЕ ОРБИТЫ Уран и Нептун быстро формируют хаотичные эллиптические орбиты, которые позволяют отбрасывать некоторые крупные объекты в область рассеянного диска. Позади этих орбит остается нетронутый классический пояс Койпера.

5 ДОМА КОМЕТ Сегодня долгопериодические кометы рождаются в облаке Оорта, а короткопериодические — в поясе Койпера и рассеянном диске.

[1] КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ

Два ледяных небесных тела, вращающихся по орбите внутри пояса Койпера. Почти сферическая форма и большой размер указывают на то, что их можно было бы считать карликовыми планетами, и что, возможно, это двойная планета.

[2] МАКЕМАКЕ Открытую в 2005 году и несколько уступающую по размеру Плутону, Макемаке признали карликовой планетой. Спектральный анализ показывает, что объект покрыт замороженным метаном и сложными толиновыми молекулами, которые, возможно, отвечают за его красный цвет.

[3] ПЛУТОН И ХАРОН

Так Плутон выглядит с поверхности его крупнейшего спутника Харона. Солнце, тускло поблескивающее в центре, находится на расстоянии 6 млрд км.

[4] КОСМИЧЕСКАЯ МОРОЗИЛКА

Несколько ОПК, находящихся примерно в 42 а. е. от Солнца. Хотя по размеру они напоминают астероиды, в силу большой удаленности от Солнца в их составе отмечается намного больше льдов (метанового, водяного и аммиачного).



[2]

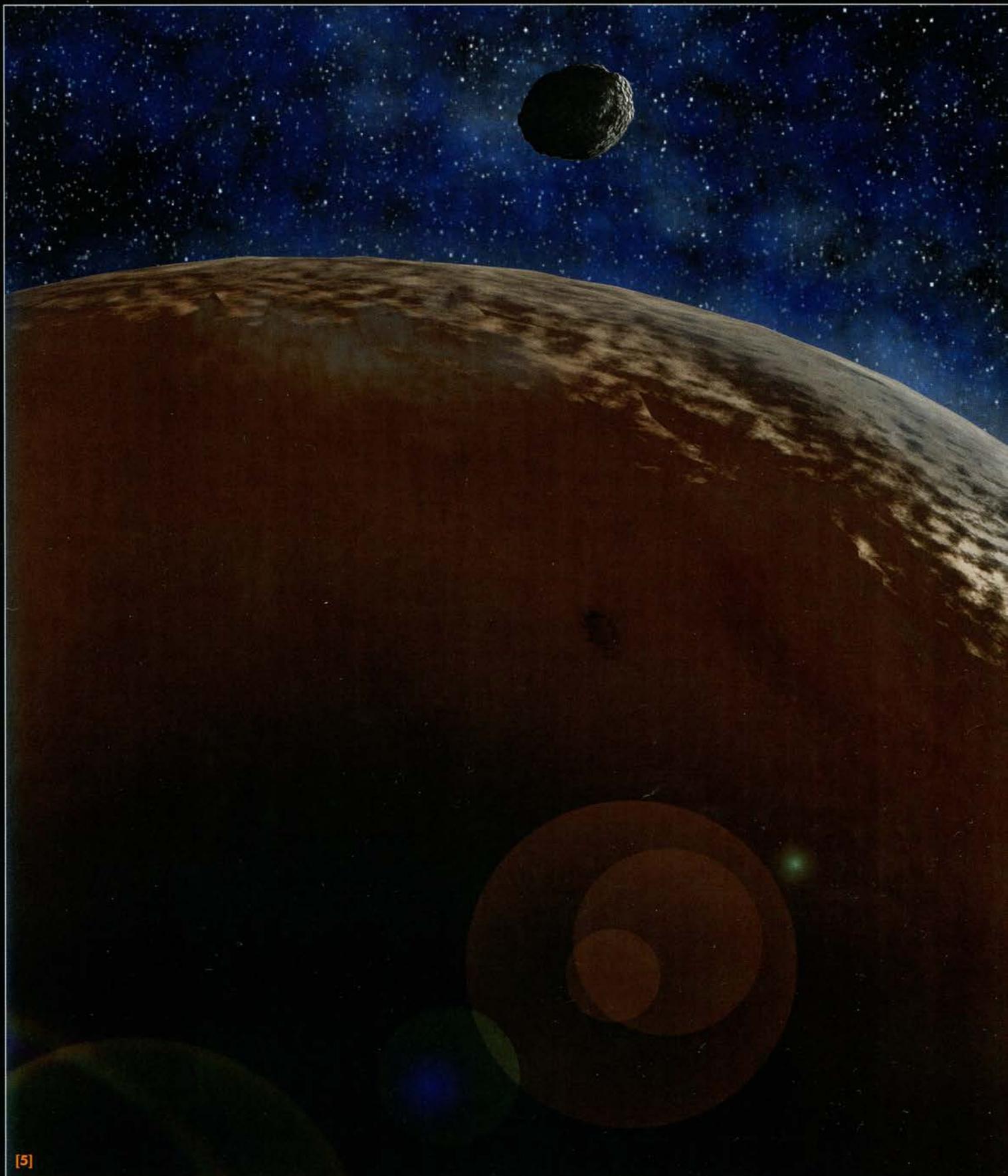


[4]

ПОЗАДИ НЕПТУНА

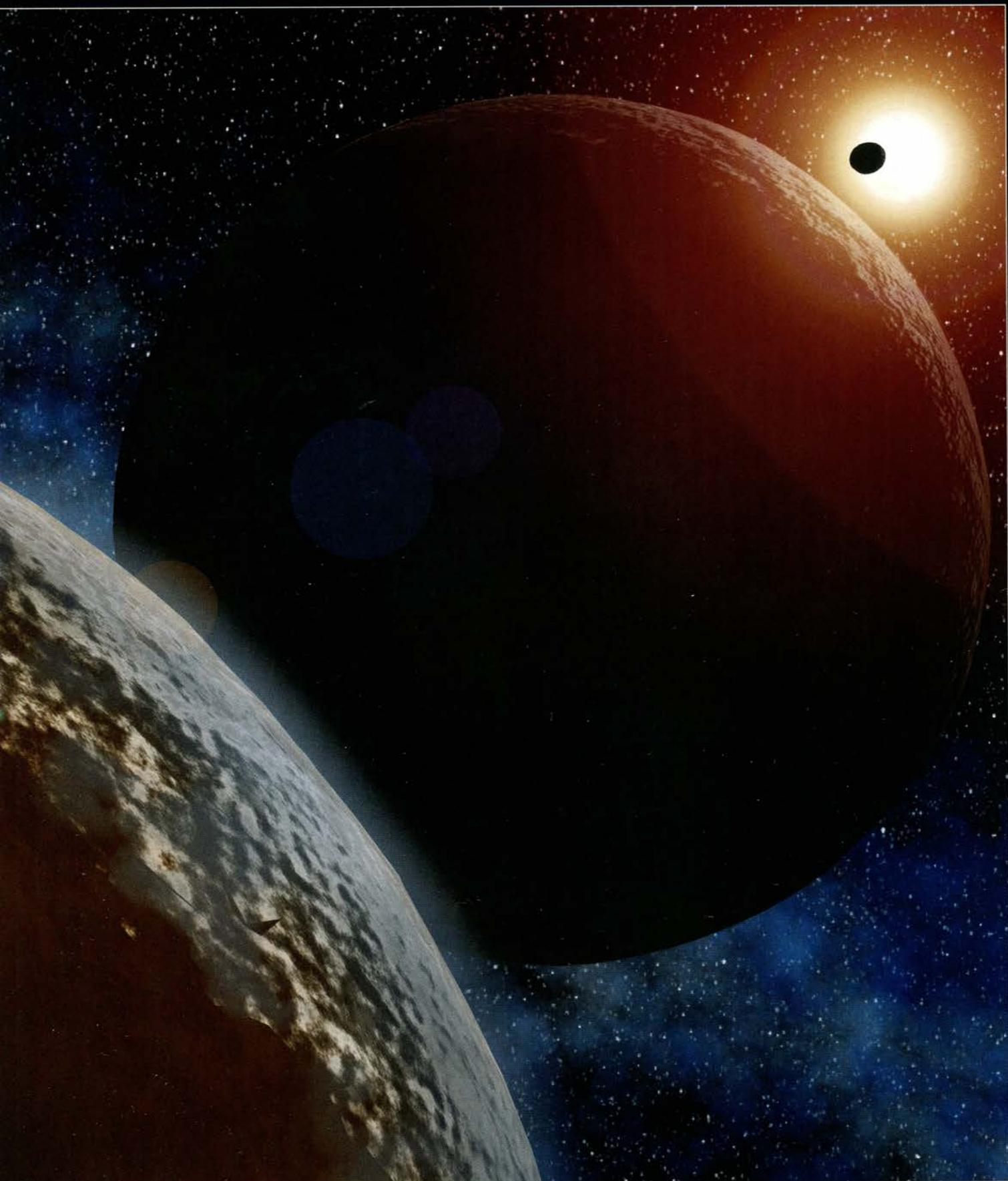
В 1930-х годах астрономы строили предположения о наличии транснептунового скопления небесных тел. И только с 1987 года новые поколения астрофизиков взялись за сканирование областей дальнего космоса. Взгляд астрономов устремился за пределы орбиты Нептуна, к облаку Оорта и поясу Койпера – месту пребывания целого сонма ледяных объектов, ожидающих своего открытия...

В 1992 году в обсерватории на Мауна-Кеа открыли QB1 – первый объект в поясе Койпера. С тех пор уже обнаружено более 1000 таких ледяных небесных тел. Без сомнения, в реальности ОПК не менее красивы, чем на рисунках этой галереи изображений, но астрономам они видны даже в самые мощные телескопы как пятнышки света. Однако благодаря развитию современных технологий, в частности появлению космической станции «Новые горизонты», вполне возможно, не за горами то время, когда мы сможем рассмотреть эти загадочные объекты вблизи.



[5]

[5] ПЛУТОН С СЕМЕЙСТВОМ Так по представлению художника выглядит сложная система Плутона и Харона в поясе Койпера. На переднем плане в дымке просматривается ледяная планета Плутон со следами атмосферы, которая развилась у нее во время последнего приближения к Солнцу.



Позади Плутона расположен его гигантский спутник Харон размером примерно с половину самой планеты, а на фоне далекого Солнца и тусклого блеска Млечного Пути вырисовываются силуэты Никса и Гидры, недавно открытых маленьких нерегулярных спутников.

ДВОЙНЫЕ МИРЫ

Малые миры во внешней части Солнечной системы содержат удивительное количество двойных систем – объектов с крупными спутниками, почти равными по размеру родительским планетам. Но откуда же они взялись?

За пределами пояса Койпера ближайшей из двойных планет является Земля. Наша Луна настолько большая по сравнению с Землей, что многие столетия она ставила ученых в тупик, поскольку в Солнечной системе есть много спутников крупнее Луны, но все они кажутся крошечными рядом с планетами-гигантами, вокруг которых они вращаются.

ЗАГАДОЧНЫЕ БЛИЗНЕЦЫ

Истинные двойные планеты (см. «Наши сведения») находятся только в поясе Койпера. Самая известная – система Плутон – Харон, о которой речь пойдет в следующем выпуске. Харон размером с половину Плутона, а тот вращается вокруг своей оси за такой же

отрезок времени, за который Харон делает виток по своей орбите, т. е. за 6,4 дня.

Плутон с Хароном совсем не уникальная в своем роде система, поскольку около 1 % всех ОПК – двойные.

По теоретическим моделям планетообразования, объекты увеличиваются в размерах путем «нарастания», притягивая к себе материал из окружающей среды. Любые парные объекты скорее слились бы воедино, чем стали вращаться друг вокруг друга.

Луна у Земли, по-видимому, появилась в результате столкновения двух объектов (так утверждает теория Большого всплеска), после которого остались обломки, сформировавшие наш спутник.

Однако настолько большие всплески, должно быть, ред-



НАШИ СВЕДЕНИЯ

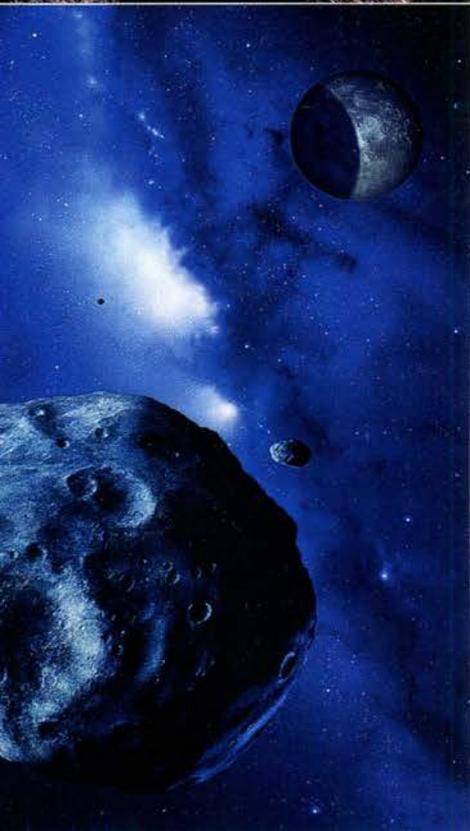
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВОЙНЫХ ПЛАНЕТ.

Двойные планеты, такие как Плутон и Харон, состоят из похожих объектов, приливные силы которых влияют друг на друга так, что каждый из них вращается вокруг своей оси за тот же промежуток времени, за который эти объекты делают виток по орбите друг друга. Это означает, что каждый объект постоянно обращен ко второму только одной стороной. В земных категориях это можно представить, как если бы длительность земного дня была замедлена до лунного месяца, а Луна неподвижно висела бы в небе над одним полушарием и была бы навсегда скрыта от другой стороны нашей колыбели.

ЗНАМЕНИТАЯ

ДВОЙНАЯ На рисунке изображена двойная система Плутон – Харон при взгляде с одного из мелких спутников Плутона. Оба объекта разделяют всего 18 000 км.





ДВОЙНОЙ ВИД

Двойная система двух объектов пояса Койпера – вид на один с поверхности другого. Вдалеке можно разглядеть Солнце.

ПЛУТОН И ХАРОН

На рисунке Плутон (слева) и его крупнейший спутник Харон (справа) в окружении других ОПК.

и отталкивать соседние объекты. Ученые обнаружили четыре возможных исхода: некоторые объекты отброшены в облако Оорта; другие были отправлены в сторону Солнца и по дороге сталкивались с планетами-гигантами; периодически объекты сталкивались и объединялись (возможно, создавая в процессе собственные малые всплески); другие объекты становились в результате двойной системой.

КОЛЬЦЕВЫЕ АРКИ

Различные симуляторы показывали, что для достижения такого большого числа известных на сегодня двойных систем обязательно требовались некоторые условия в поясе Койпера. Самые успешные модели демонстрировали, как ОПК первоначально слипались в виде кольцевых арок, которые выполняли ряд тесных сближений с Нептуном. Таким образом, примерно из 2700 отдельных частиц обра-

зовалось около 276 двоичных пар за столетний смоделированный период, включая многозарядные системы, в которых имеется больше двух компонентов.

НЕСТАБИЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО

И хотя эти модели показывают, что бэйлорская группа была на правильном пути, почти все образовавшиеся пары оказались нестабильными и легко разрывались меньше чем через 50 лет. А поскольку первоначально плотно усеянные объектами кольцевые арки быстро распространились по всей орбите пояса Койпера, после определенной точки образование новых пар затруднительно.

Итак, у двойных систем есть тенденция к распаду, при этом с процессом старения Солнечной системы их формирование становится все более трудным, а это значит, что астрономов все еще ждет загадка на самом краю Солнечной системы.



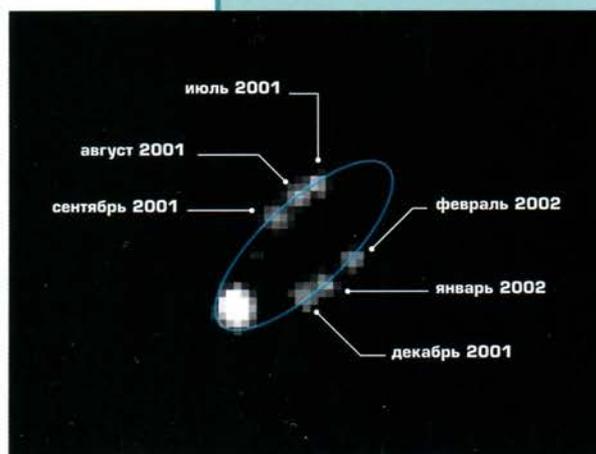
ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ИЗМЕРЕНИЕ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ

Увы, но транснептуновые объекты тусклые и выявить их крайне трудно. Тем не менее в 2002 году команда ученых во главе с Кристианом Вейетом добилась серьезного продвижения вперед, измерив орбиту двойной системы в поясе Койпера. Упомянутый объект (под кодовым наименованием 1998 WW31) в 2001 году с помощью телескопа обсерватории на Мауна-Кеа на Гавайях был классифицирован как двойная система. Правда, отследить орбиты объектов-близнецов удалось только благодаря «Хаббл». Телескоп обнаружил, что оба объекта «вальсируют»

друг вокруг друга по крайне эллиптической орбите, виток по которой длится 574 дня, и расстояние между ними варьирует от 4000 км до 40 000 км.

1998 WW31 «Хаббл» снял последовательность перемещений объекта 1998 WW31, по которой видна траектория одного из ледяных тел (шесть бледных шариков в голубом овале) на орбите вокруг другого объекта.



ко случались в ранний период жизни Солнечной системы, особенно вдали от Солнца. Такое большое число двойных миров в космосе позади Нептуна не могло образоваться как наша Луна, поэтому должно существовать другое объяснение.

РУКА ПОМОЩИ

В 2005 году группа физиков из Бэйлорского университета в штате Техас занималась изучением других вариантов. В поясе Койпера можно найти многочисленные свидетельства того, что гравитация Нептуна может притягивать