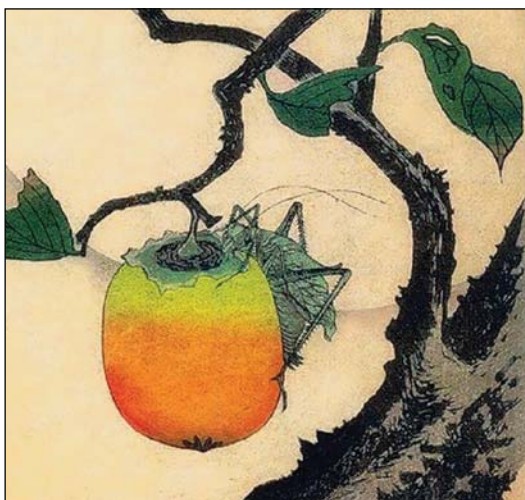


ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

И 2015 ● Включить и выключить нейрон — дело техники, совместившей оптику и генетику ● Мы полетим к астероидам, чтобы они не прилетели к нам ● Нарушение психики — возможная причина нерасчётливой агрессии у зверей ● Путешествовать на машине, если обучен, приятно и хорошо: такая большая будка!



В н о м е р е :

Н. ЭЙСМОНТ, канд. физ.-мат. наук, А. ЛЕДКОВ — Астероиды — источники опасности и объекты исследований 2	И. КОГАН — История в арифметике 98
Бюро иностранной научно-технической информации 14	И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт. наук — Пламенеет густо-багровый спелый плод хурмы... 101
П. ЕЛИЗАРЬЕВ — Оптогенетика: самые светлые мысли 18	Д. ЖУКОВ, докт. биол. наук — О пользе харассмента 106
Кунсткамера 23, 39, 62	В. МАКСИМОВ — Из истории фамилий 110
Т. ЗИМИНА — Суперкомпьютеры — в массы! 24	И. ВЕРЕСНЕВ — Дом на комариной пустоши (фантастический рассказ) 112
О чём пишут научно-популярные журналы мира 26	Новые книги 117
Ю. ПРОКОПЕНКО, докт. мед. наук — Отравление длиною в жизнь 30	Ю. ФРОЛОВ — Дело о рыбаке и рыбке 118
Ответы на наивные, рассудительные, каверзные и всякие другие «почему» 34	Е. ГИК, мастер спорта по шахматам — Магнус Карлсен удержал корону 120
Ю. ВОЛКОВА, канд. мед. наук — Почему ребёнок плохо учится? 35	Маленькие хитрости 127
В. ПТУШЕНКО, канд. физ.-мат. наук, С. МАРЦЕВИЧ, докт. мед. наук — Пыль: сердечный отклик 36	И. РЕЙФ — Иск (Почти рождественская история) 128
От нанотехнологий — к наноиндустрии (материал подготовила Т. Врацкая) 40	Ответы и решения 131
Наука и жизнь в начале XX века 44	Оливковая луна (лингвистическая задача) 131
Г. ИОФФЕ, докт. ист. наук — Она могла стать русской государыней 45	Кроссворд с фрагментами 132
Д. СЕРГЕЕВА — Почему у нас пять пальцев? 49	Е. ГИК, канд. техн. наук — Футбол без футбола 134
Бюро научно-технической информации 52	Е. ВЕШНЯКОВСКАЯ — Национальная идея: как это делают в Шотландии. Рождественский репортаж корреспондента журнала «Наука и жизнь» 136
С. ЛЕМ — Кошмары футуролога 54	
Е. КОНСТАНТИНОВ — Мы едем, едем, едем (Заметки о путешествиях с собакой) 64	
Е. СВЕТЛОВА — Как правильно вывезить собаку за границу 68	
Ю. ЕФРЕМОВА — Если собаку укачивает 70	
Т. ЗИМИНА — Металл в сверхтяжёлых условиях 72	
Н. ВАНХАНЕН — Над бездной адской блуждая 74	

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — В американском проекте по перемещению астероида (Asteroid Redirect Mission) предполагается при помощи беспилотного космического аппарата доставить астероид на орбиту, подобную лунной, поближе к Земле. Затем отправить к нему пилотируемый корабль, пристыковать его к астероиду и высадить на поверхность астронавтов-исследователей. Астронавты изучат астероид, возьмут образцы его пород и через несколько дней доставят их на Землю. Рисунок: NASA. (См. статью на стр. 2.)

Внизу: Золотая хурма — вкусна, полезна, красива... Приведён фрагмент картины знаменитого японского гравёра и рисовальщика Кацусики Хокусая «Луна, хурма и кузнецик». (См. статью на стр. 101.)

4-я стр. — Полярное сияние, или аврора, — свечение неба, наблюдаемое в высоких широтах, — возникает благодаря потокам электрически заряженных частиц, врезающихся в атмосферу Земли. Фото Л. Тр и ф о н о в о й. (См. статью на стр. 84.)

«УМА ПАЛАТА»

Познавательный-развивающий раздел для школьников

Ю. ФРОЛОВ — Почему рыбы не тонут? (81).
Н. ГОРЬКАВЫЙ — Сказка о Джеймсе Максвелле и его ручном демоне (84). Л. ПАСТУХОВА — Третий должен уйти! (91). Д. МОХОВ — Батарейка из лимонов (92). Е. КОНСТАНТИНОВ — Пластилиновая ворона, полиморфусный кот и компания (94).

В этом номере 144 страницы.



НАУКА И ЖИЗНЬ®

№ 1

ЯНВАРЬ

Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

2015

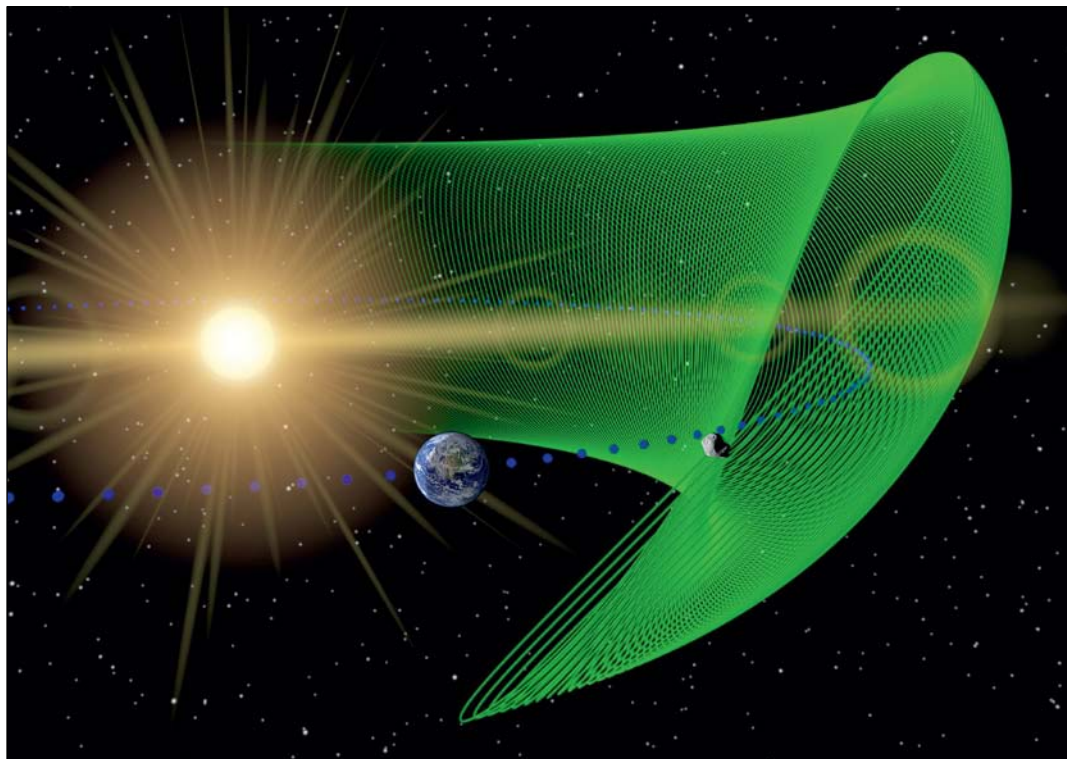
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ



Иллюстрация: ESA/AOES Medialab.

Солнечную систему воспринимают обычно как пустое пространство, в котором кружатся восемь планет, некоторые — со своими спутниками. Кто-то вспомнит о нескольких малых планетах, к которым недавно приписали Плутона, о поясе астероидов, о метеоритах, иногда падающих на Землю, и о кометах, изредка украшающих небосвод. Это представление вполне справедливо: ни один из многочисленных космических аппаратов не пострадал от столкновения с астероидом или кометой, — космос довольно просторен.

И тем не менее в огромном объёме Солнечной системы содержатся не сотни тысяч и не десятки миллионов, а квадриллионы (единицы с пятнадцатью нулями) космических тел различных размеров и масс. Все они движутся и взаимодействуют по законам физики и небесной механики. Часть их образовалась в самой ранней Вселенной и состоит из её первозданного вещества, и это интереснейшие объекты астрофизических исследований. Но есть и очень опасные тела — крупные астероиды, столкновение которых с Землёй способно погубить на ней жизнь. Отслеживание и ликвидация астероидной опасности — не менее важное и увлекательное направление работы астрофизиков.



© NASA/JPL-Caltech/UCLA

А С Т Е Р О И Д Ы — ИСТОЧНИКИ ОПАСНОСТИ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

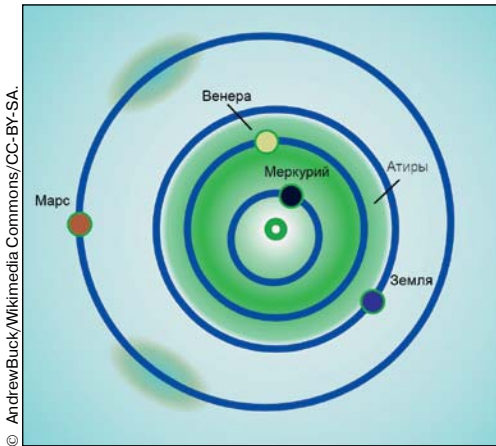
**Кандидат физико-математических наук Натан ЭЙСМОНТ,
ведущий научный сотрудник, Антон ЛЕДКОВ, научный сотрудник,
Институт космических исследований РАН.**

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ АСТЕРОИДОВ

Первый астероид обнаружил в 1801 году Джузеппе Пиази, директор обсерватории в Палермо (Сицилия). Назвал он его Церера и поначалу считал малой планетой. Термин «астероид», в переводе с древнегреческого — «подобный звезде», предложил астроном Уильям Гершель. Церера и аналогичные объекты (Паллада, Юнона и Веста), открытые в последующие шесть лет, были видны как точки, а не как диски в случае планет; в то же время, в отличие от неподвижных звёзд, они двигались подобно планетам. Следует отметить, что наблюдения, в результате которых были открыты эти астероиды, велись целенаправленно в попытках обнаружить «пропавшую» планету. Дело в том, что уже открытые планеты располагались на орбитах,

отстоящих от Солнца на расстояниях, соответствующих закону Бодэ. В соответствии с ним между Марсом и Юпитером должна была находиться планета. Как известно, планеты на такой орбите не нашлось, зато примерно в этом районе позже обнаружили пояс астероидов, названный главным. К тому же и закон Бодэ, как оказалось, не имеет какого-либо физического обоснования и рассматривается в настоящее время просто как некое случайное сочетание чисел. Более того, открытый позже (1848) Нептун оказался на орбите, с ним не согласующейся.

После открытия четырёх упомянутых астероидов дальнейшие наблюдения за восемью лет не привели к успеху. Их прекратили из-за Наполеоновских войн, в ходе которых сгорел городок Лиливаль близ Бремена, где про-



© AndrewBuck/Wikimedia Commons/CC-BY-SA.

Атиры — астероиды, орбита которых полностью находится внутри орбиты Земли.

ходили заседания астрономов — охотников за астероидами. Возобновились наблюдения в 1830 году, но успех пришёл лишь в 1845-м с открытием астероида Астрея. С этого времени астероиды стали открывать с частотой не менее одного в год. Большая их часть принадлежит к главному поясу астероидов, между Марсом и Юпитером. К 1868 году насчитывалось уже около сотни открытых астероидов, к 1981-му — 10 000 и к 2000-му — более 100 000.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ФОРМА, РАЗМЕРЫ И ОРБИТЫ АСТЕРОИДОВ

Если классифицировать астероиды по их расстоянию от Солнца, то в первую группу попадают Вулканоиды — некий гипотетический пояс малых планет между Солнцем и Меркурием. Ни одного объекта из этого пояса до сих пор не обнаружено, и хотя на поверхности Меркурия наблюдаются многочисленные кратеры ударного происхождения, образованные падением астероидов, это не может служить доказательством существования указанного пояса. Ранее наличием там астероидов пытались объяснить аномалии в движении Меркурия, но затем их объяснили на основе учёта релятивистских эффектов. Так что окончательный ответ на вопрос о возможном присутствии Вулканоидов пока не получен. Далее следуют околоземные астероиды, принадлежащие четырём группам.

Астероиды главного пояса движутся по орбитам, находящимся между орбитами Марса и Юпитера, то есть на расстояниях

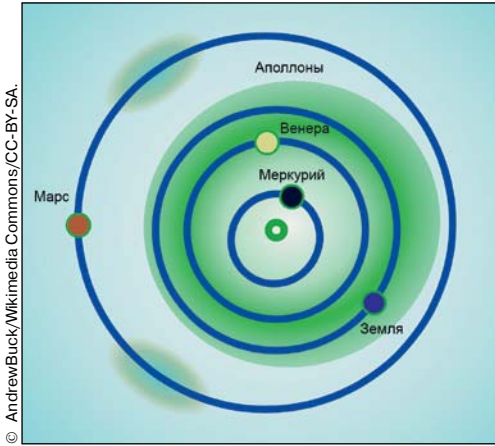


© Kaidor/Wikimedia Commons/CC-BY-SA.

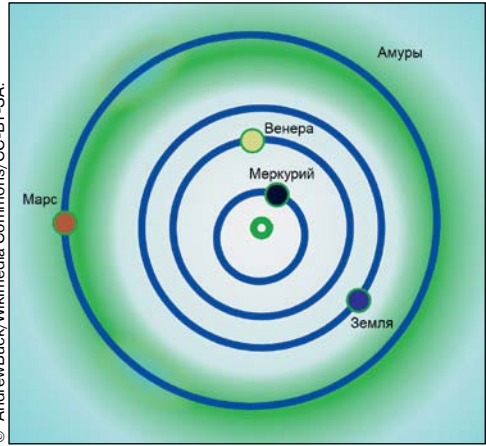
Атоны — астероиды, чьё расстояние от Солнца в афелии больше перигелийного расстояния Земли, но большая полуось меньше земной, то есть их орбиты почти полностью (или целиком) находятся внутри орбиты Земли.

от 2,1 до 3,3 астрономической единицы (а. е.) от Солнца. Плоскости их орбит находятся вблизи эклиптики, их наклонение к эклиптике лежит в основном до 20 градусов, доходя у некоторых до 35 градусов, эксцентриситеты — от нуля до 0,35. Очевидно, что первыми были открыты самые большие и яркие астероиды: средние диаметры Цереры, Паллады и Весты равны 952, 544 и 525 километрам соответственно. Чем меньше размер астероидов, тем их больше: только 140 астероидов главного пояса из 100 000 имеют средний диаметр больше 120 километров. Суммарная масса всех его астероидов относительно невелика, составляя всего около 4% массы Луны. Самый большой астероид — Церера — имеет массу $946 \cdot 10^{15}$ тонн. Сама по себе величина кажется очень большой, но это всего лишь 1,3% массы Луны ($735 \cdot 10^{17}$ тонн). В первом приближении размер астероида можно определить по его яркости и по расстоянию от Солнца. Но надо учитывать и отражательные характеристики астероида — его альбедо. Если поверхность астероида тёмная, светится он слабее. Именно в силу этих причин в списке десяти астероидов, расположенных на рисунке в порядке их открытия, третий по размерам астероид Гигея находится на последнем месте.

На рисунках, иллюстрирующих главный астероидный пояс, как правило, показывают множество булыжников, которые движутся



© AndrewBuck/Wikimedia Commons/CC-BY-SA.



© AndrewBuck/Wikimedia Commons/CC-BY-SA.

Аполлоны движутся по орбитам с расстоянием от Солнца в перигелии меньше афелийного расстояния Земли и с большой полуосью, превышающей астрономическую единицу.

Амуры — астероиды, у которых расстояние от Солнца в афелии больше афелийного расстояния Земли, но не превышает 1,3 а. е. (а. е. равна 149 миллионам километров — среднему расстоянию Земли от Солнца).

довольно близко друг к другу. На самом деле картина весьма далека от действительности, поскольку, вообще говоря, небольшая суммарная масса пояса распределена по его большому объёму, так что пространство довольно пустое. Все запущенные к настоящему времени за пределы орбиты Юпитера космические аппараты пролетели сквозь астероидный пояс без ощутимого риска столкновения с астероидом. Однако по меркам астрономического времени столкновения астероидов друг с другом и с планетами уже не выглядят столь маловероятными, о чём можно судить по числу кратеров на их поверхностях.

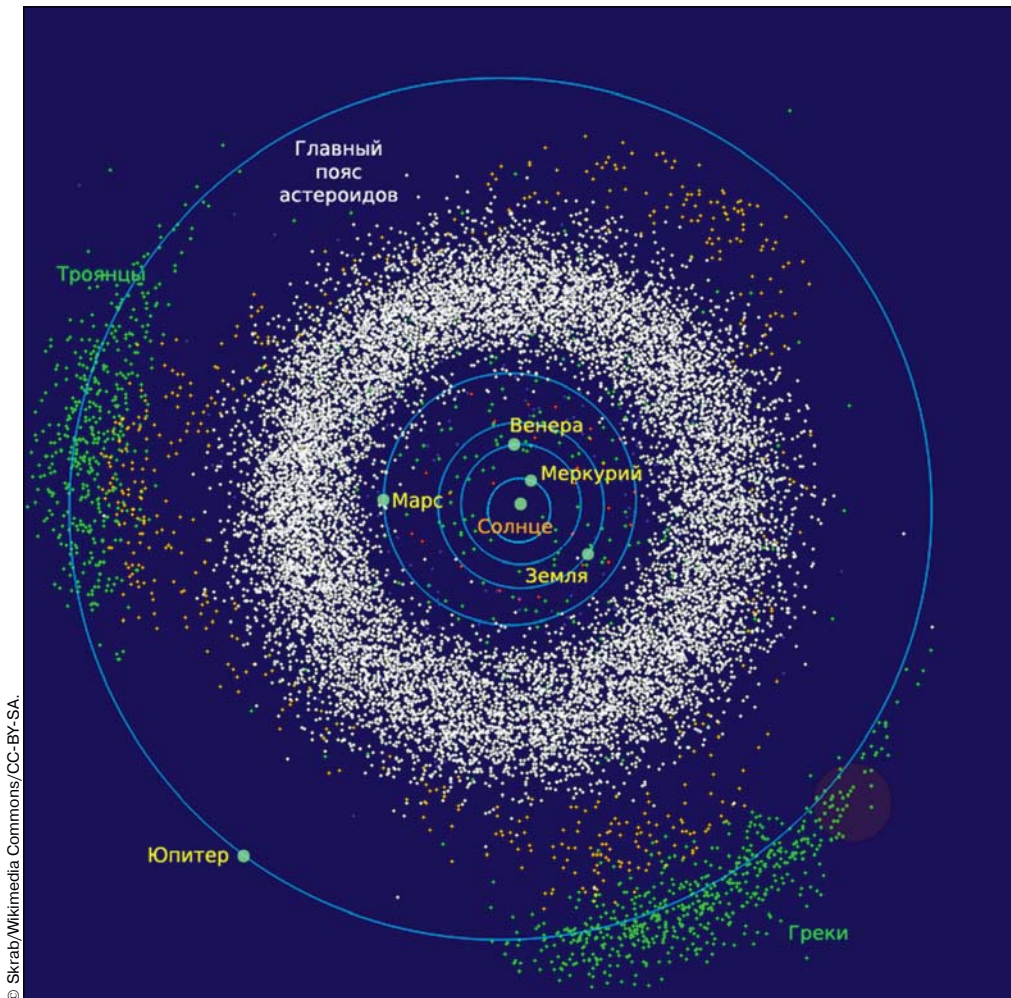
Троянцы — астероиды, движущиеся вдоль орбит планет, первый из которых обнаружил в 1906 году немецкий астроном Макс Вульф. Астероид движется вокруг Солнца по орбите Юпитера, опережая его в среднем на 60 градусов. Далее была открыта целая группа небесных тел, движущихся впереди Юпитера.

Первоначально они получали имена в честь героев легенды о Троянской войне, воевавших на стороне осаждавших Трои греков. Помимо опережающих Юпитер астероидов существует группа астероидов, отстающих от него примерно на тот же угол; они были названы троянцами в честь защитников Трои. В настоящее время астероиды обеих групп называют троянцами, и они движутся в окрестности точек Лагранжа L_4 и L_5 , точек устойчивого движения в задаче трёх тел. Небесные тела, попавшие в их окрестности, совершают колебательное движение, не уходя слишком далеко. По необъяснённым пока причинам астероидов, опережающих Юпитер, примерно на 40% больше, чем отстающих. Подтвердили это выполненные совсем недавно американским спутником NEOWISE измерения с помощью

Десять астероидов, расположенные в порядке их открытия. Для наглядности астероиды показаны в масштабе кружочками соответствующего размера на фоне круга с диаметром Луны.



© NASA.



© Skrab/Wikimedia Commons/CC-BY-SA.

Троянские астероиды Юпитера включают две группы: опережающие Юпитер (греки) и движущиеся следом за ним (троянцы).

40-сантиметрового телескопа, снабжённого детекторами, работающими в инфракрасном диапазоне. Измерения в ИК-диапазоне существенно расширяют возможности изучения астероидов по сравнению с теми, что даёт видимый свет. Об их эффективности можно судить по числу астероидов и комет Солнечной системы, внесённых в каталоги с помощью NEOWISE. Их насчитывается более 158 000, и миссия аппарата продолжается. Интересно, что троянцы заметно отличаются от большей части астероидов главного пояса. Они имеют матовую поверхность, красновато-коричневатый цвет и относятся в основном к так называемому D-классу. Эти

астероиды с очень низким альбедо, то есть со слабо отражающей поверхностью. Подобные им можно найти только во внешних областях главного пояса.

Троянцы есть не только у Юпитера; другие планеты Солнечной системы, включая Землю (но не Венеру и Меркурий), также сопровождают троянцы, группирующиеся в окрестности их точек Лагранжа L_4 , L_5 . Астероид-троянец Земли 2010 TK7 открыли с помощью телескопа NEOWISE совсем недавно — в 2010 году. Он движется, опережая Землю, при этом амплитуда его колебаний около точки L_4 очень велика: астероид достигает точки, противоположной Земле в движении вокруг Солнца, и необычно далеко выходит из плоскости эклиптики (см. рисунок на с. 3).

Столь большая амплитуда колебаний приводит к возможному его сближению с

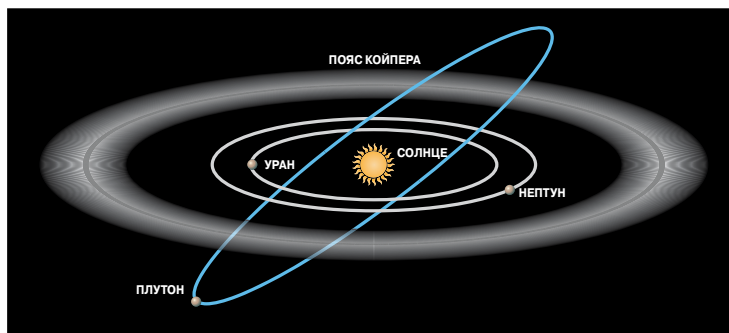
Пояс Койпера расположен за орбитой Нептуна.

Землём вплоть до 20 миллионов километров. Однако столкновение с Землём, по крайней мере в ближайшие 20 000 лет, полностью исключено. Движение земного троянца сильно отличается от движения троянцев Юпитера, которые не покидают на столь значительные угловые расстояния свои точки Лагранжа. Такой характер движения делает затруднительными миссии к нему космических аппаратов, поскольку вследствие значительного наклона орбиты троянца к плоскости эклиптики для достижения астероида с Земли и посадки на него требуются слишком высокая характеристическая скорость и, следовательно, большие затраты топлива.

Пояс Койпера лежит за пределами орбиты Нептуна и простирается вплоть до 120 а. е. от Солнца. Он близок к плоскости эклиптики, населён огромным числом объектов, включающих в свой состав водяной лёд и замёрзшие газы, и служит источником так называемых короткопериодических комет. Первый объект из этой области был обнаружен в 1992 году, а к настоящему времени их открыто уже более 1300. Поскольку небесные тела пояса Койпера расположены очень далеко от Солнца, их размеры определить трудно. Делается это на базе измерений яркости отражаемого ими света, а точность расчёта зависит от того, насколько хорошо мы знаем величину их альбеда. Измерения в инфракрасном диапазоне намного надёжнее, поскольку дают уровни собственного излучения объектов. Такие данные были получены космическим телескопом Спитцер (Spitzer) для наиболее крупных объектов пояса Койпера.

Один из интереснейших объектов пояса — Хаумеа (Haumea), названный по имени гавайской богини пло-

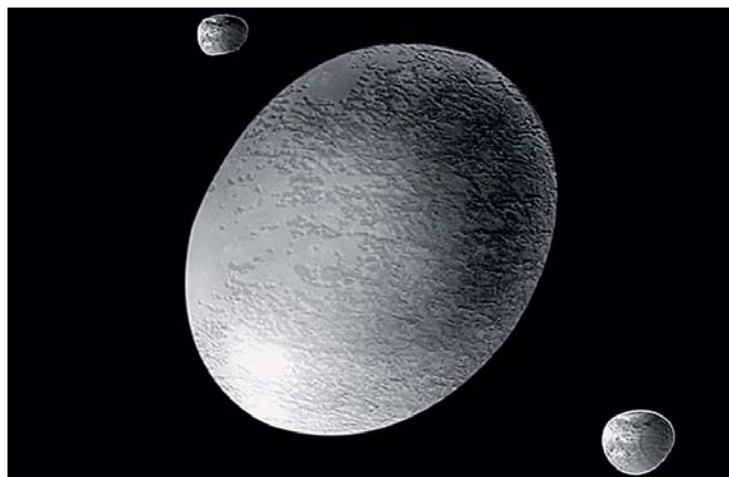
Любопытный объект пояса Койпера — Хаумеа со спутниками Хииака и Намака.



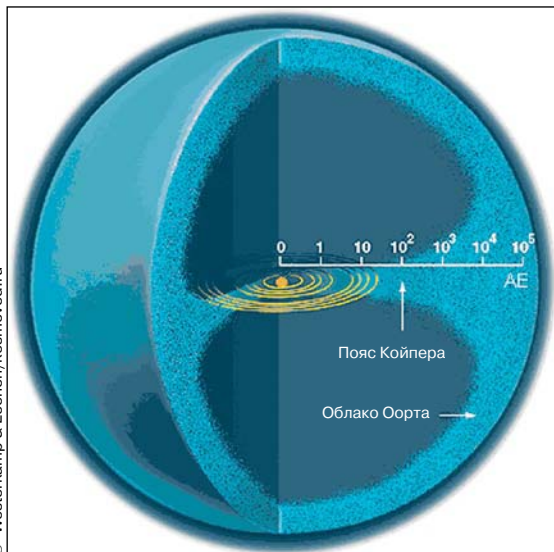
© Рисунок Эри Флоринской.

дородия и деторождения; он представляет собой часть семейства, образовавшегося в результате столкновений. Этот объект, по видимому, столкнулся с другим, размером вдвое меньшим. Удар привёл к разбросу больших ледяных кусков и вызвал вращение Хаумеа с периодом около четырёх часов. Столь быстрое вращение придало ему форму мяча для американского футбола или дыни. Хаумеа сопровождают два спутника — Хииака (Hi'iaka) и Намака (Namaka).

Согласно принятым к настоящему времени теориям, около 90% объектов пояса Койпера движутся по удалённым круговым орбитам за орбитой Нептуна — там, где они образовались. Несколько десятков объектов этого пояса (их называют Кентаврами, поскольку в зависимости от расстояния до Солнца они проявляют себя то как астероиды, то как кометы), возможно, образовались в более близких к Солнцу областях, а затем гравитационное воздействие Урана и Нептуна перевело их на высокие эллиптические орбиты с афелиями вплоть до 200 а. е. и большими наклонами. Они образовали диск толщиной 10 а. е., но на самом деле внешняя



© A. Feldt (Space Telescope Science Institute).



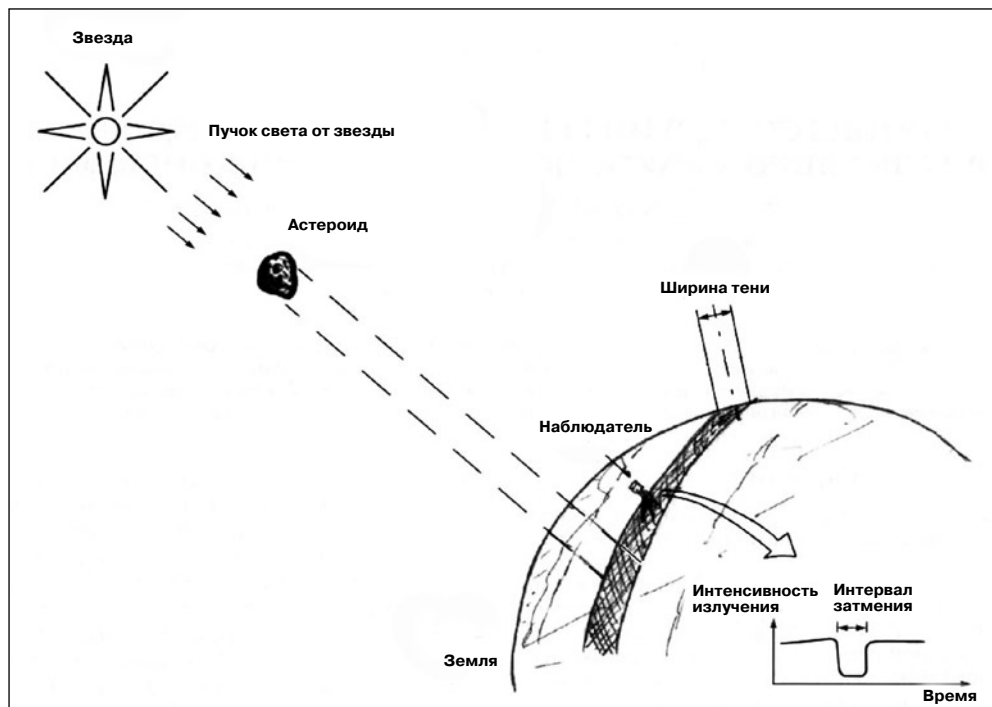
Облако Оорта — источник долгопериодических комет.

кромка пояса Койпера до сих пор не определена. Ещё совсем недавно Плутон и Харон рассматривали как единственные примеры наиболее крупных объектов ледяных миров во внешней части Солнечной системы. Но в 2005 году было открыто ещё одно планетное тело — Эрида (по имени греческой богини раздора), диаметр которого чуть меньше диаметра Плутона (первоначально предполагали, что оно на 10% больше). Эрида движется по орбите с перигелием 38 а. е. и афелием 98 а. е. У неё есть небольшой спутник — Дисномия (*Dysnomia*). Сначала Эриду планировали считать десятой (вслед за Плутоном) планетой Солнечной системы, но затем вместо этого Международный астрономический союз исключил Плутон из списка планет, образовав новый класс, названный карликовыми планетами, куда вошли Плутон, Эрида и Церера. Предполагается, что в поясе Койпера находятся сотни тысяч ледяных тел с поперечником 100 километров и не менее триллиона комет. Однако эти объекты в основном сравнительно невелики — 10—50 километров в поперечнике — и не очень яркие. Период их обращения около Солнца составляет сотни лет, что сильно затрудняет их обнаружение. Если согласиться с предположением, что всего около 35 000 объектов пояса Койпера имеют диаметр больше 100 километров, то их общая масса в несколько сотен раз превышает массу тел такой величины из главного астероидного пояса. В

августе 2006 года сообщалось, что в архиве данных по измерению рентгеновского излучения нейтронной звезды Скорпион X-1 обнаружены её затмения небольшими объектами. Это дало основание утверждать, что число объектов пояса Койпера размерами около 100 метров и более составляет примерно квадриллион (10^{15}). Первоначально, на более ранних стадиях эволюции Солнечной системы, масса объектов пояса Койпера была много больше, чем теперь, — от 10 до 50 масс Земли. В настоящее время суммарная масса всех тел пояса Койпера, а также расположенного ещё дальше от Солнца облака Оорта много меньше массы Луны. Как показывает компьютерное моделирование, почти вся масса первозданного диска за пределами 70 а. е. была утрачена из-за вызванных Нептуном столкновений, приведших к измельчению объектов пояса в пыль, которую вымет в межзвёздное пространство солнечный ветер. Все эти тела вызывают большой интерес, поскольку предполагается, что они сохранились в первозданном виде со времени образования Солнечной системы.

Облако Оорта содержит самые удалённые объекты Солнечной системы. Оно представляет собой сферическую область, которая простирается на расстояния от 5 до 100 тысяч а. е. от Солнца и рассматривается как источник долгопериодических комет, долетающих до внутренней области Солнечной системы. Само облако до 2003 года инструментально не наблюдалось. В марте 2004 года группа астрономов объявила об открытии планетоподобного объекта, который движется по орбите вокруг Солнца на рекордном удалении, что означает его уникально низкую температуру.

Этот объект (2003VB12), названный Седна (*Sedna*) по имени эскимосской богини, дающей жизнь обитателям арктических морских глубин, приближается к Солнцу на очень короткое время, двигаясь по сильно вытянутой эллиптической орбите с периодом 10 500 лет. Но даже во время сближения с Солнцем Седна не достигает внешней границы пояса Койпера, которая находится в 55 а. е. от Солнца: её орбита лежит в пределах от 76 (перигелий) до 1000 (афелий) а. е. Это позволило первооткрывателям Седны отнести её к впервые наблюдаемому небесному телу из облака Оорта, постоянно находящемуся за пределами пояса Койпера.



© Рисунок Натана Эйсмонта.

По спектральным характеристикам наиболее простая классификация распределяет астероиды на три группы:

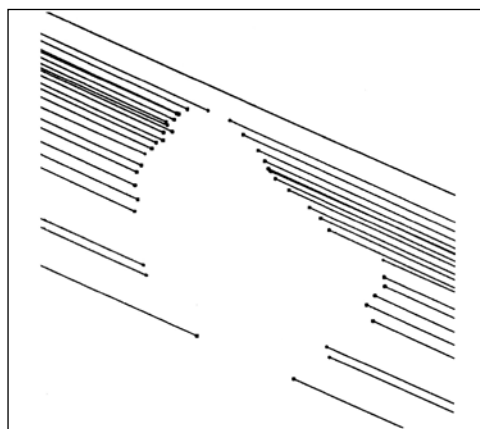
- С — углеродные (75% известных),
- S — кремниевые (17% известных),
- U — не входящие в первые две группы.

В настоящее время приведённая классификация всё более расширяется и детализируется, включая в себя новые группы. К 2002 году их число увеличилось до 24. Как пример новой группы можно указать M-класс в основном металлических астероидов. Однако следует учесть, что классификация астероидов по спектральным характеристикам их поверхности — задача очень трудная. Астероиды одного класса необязательно имеют идентичный химический состав.

КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ К АСТЕРОИДАМ

Астероиды слишком малы для детального исследования с помощью наземных телескопов. Их изображения можно получить с использованием радаров, но для этого они должны подлететь к Земле достаточно близко. Довольно интересный метод определения размеров астероидов — наблюдение затмений астероидами звёзд из нескольких точек вдоль трассы на прямой звезда — астероид — точка на

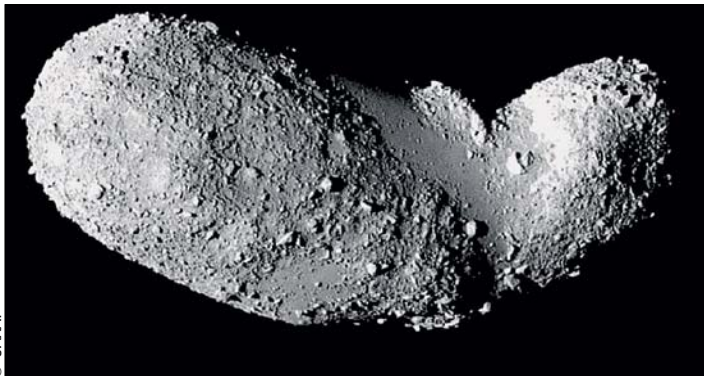
Способ определения формы и размеров астероида наблюдением затмений звезды.



© Рисунок Натана Эйсмонта.

Получаемый затмением звезды силуэт астероида.

поверхности Земли. Метод состоит в том, что по известной траектории астероида вычисляют точки пересечения направления звезда — астероид с Землёй и вдоль этой трассы на некоторых удалениях от неё, определяемых предполагаемыми размерами астероида, устанавливаются телескопы, следящие за звездой. В какой-то момент астероид затеняет звезду, она



© JAXA.

Околоземный астероид Итокава относится к группе Аполлона и отличается необычной формой.

пропадает для наблюдателя, а затем вновь появляется. По длительности времени затенения и известной скорости астероида определяют его поперечник, а при достаточном числе наблюдателей можно получить и силуэт астероида. В настоящее время организовано сообщество астрономов-любителей, которые успешно проводят скоординированные измерения.

Полёты космических аппаратов к астероидам открывают несравнимо больше возможностей для их исследования. Впервые астероид (951 Гаспра) был сфотографирован космическим аппаратом Галилео в 1991 году на пути к Юпитеру, затем в 1993-м он снял астероид 243 Ида и его спутник Дактиль. Но это было сделано, так сказать, попутно.

Первым специально разработанным для исследования астероидов аппаратом стал NEAR Shoemaker, который сфотографировал астероид 253 Матильда и далее вышел на орбиту около 433 Эроса с посадкой на его поверхность в 2001 году. Надо сказать, что посадка первоначально не планировалась, но после успешного исследования этого астероида с орбиты его спутника приняла решение попытаться совершить мягкую посадку. Хотя аппарат не был снабжён устройствами для посадки и его система управления не предусматривала таких операций, по командам с Земли удалось посадить аппарат, причём его системы продолжали функционировать и на поверхности. Кроме того, облёт Матильды позволил не только получить серию снимков, но и по возмущению траектории аппарата определить массу астероида.

В качестве попутной задачи (в ходе выполнения основной) аппарат Deep Space исследовал астероид 9969 Брайль в 1999 году и аппарат Stardust — астероид 5535 Аннафранк.

С помощью японского аппарата Хайабуса (в переводе — «ястреб») в июне 2010 года удалось вернуть на Землю образцы грунта с поверхности астероида 25 143 Итокава, который относится к околоземным астероидам (аполлоны)

спектрального класса S (кремниевые). На фотографии астероида можно видеть пересечённую местность с множеством валунов и булыжников, из которых более 1000 имеют поперечник свыше 5 метров, а размер некоторых доходит до 50 метров. Далее мы вернёмся к этой особенности Итокавы.

Космический аппарат Розетта, запущенный Европейским космическим агентством в 2004 году к комете Чурюмова — Герасименко, 12 ноября 2014 года благополучно посадил на её ядро модуль Филы (Philae). По пути аппарат совершил облёт астероидов 2867 Штейнс (Steins) в 2008 году и 21 Лютеция (Lutetia) в 2010-м. Своё имя аппарат получил по названию камня (Розетта), найденного в Египте наполеоновскими солдатами вблизи древнего города Розетта на нильском острове Филы, давшем имя посадочному модулю. На камне высечены тексты на двух языках: древнеегипетском и древнегреческом, что дало ключ к раскрытию тайн цивилизации древних египтян — расшифровке иероглифов. Выбирая исторические названия, разработчики проекта подчёркивали цель миссии — раскрыть тайны происхождения и эволюции Солнечной системы.

Миссия интересна тем, что в момент посадки модуля Филы на поверхность ядра кометы та находилась далеко от Солнца и поэтому была неактивна. По мере приближения к Солнцу поверхность ядра разогревается и начинается выброс газов и пыли. Развитие всех этих процессов можно будет наблюдать, находясь в центре событий.

Очень интересна ныне продолжающаяся миссия Dawn (Рассвет), выполняемая по программе NASA. Аппарат был запущен в 2007 году, в июле 2011-го достиг астероида Веста, затем переведён на орбиту его спутника и проводил там исследования вплоть до



© <http://new.livestream.com/esa/cometlanding>

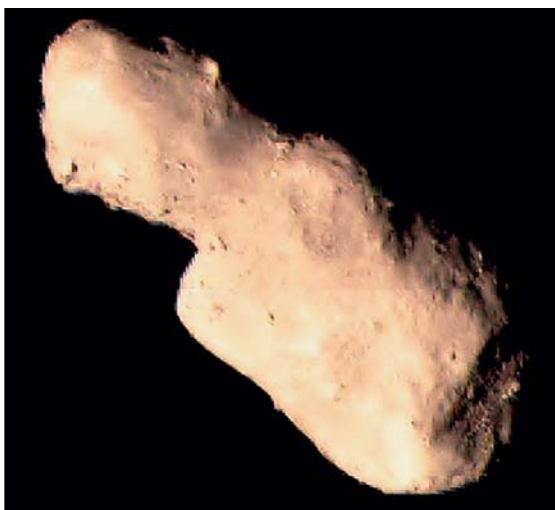
сентября 2012 года. В настоящее время аппарат находится на пути к самому крупному астероиду — Церере. На нём стоит электро-ракетный ионный двигатель малой тяги. Его эффективность, определяемая скоростью истечения рабочего тела (ксенона), почти на порядок превышает эффективность традиционных химических двигателей (см. «Наука и жизнь» № 9, 1999 г.). Это и позволило перелететь с орбиты спутника одного астероида на орбиту спутника другого. Хотя астероиды Веста и Церера движутся по довольно близким орбитам главного пояса астероидов и самые крупные в нём, по физическим характеристикам они сильно различаются. Если Веста — это «сухой» астероид, то на Церере, согласно данным наземных наблюдений, обнаружены вода, сезонные полярные шапки из водяного льда и даже есть очень тонкий слой атмосферы.

Китайцы также внесли вклад в исследования астероидов, направив свой космический аппарат Чанъэ к астероиду 4179 Таутатис. Он сделал серию снимков его поверхности, при этом минимальное расстояние пролёта составило всего 3,2 километра; правда, лучший снимок был сделан на удалении 47 километров. На снимках видно, что

Таутатис — астероид из группы Аполлона.

В ноябре 2014 года аппарат Розетта с посадочным модулем Фила достиг кометы Чурюмова — Герасименко.

астероид имеет неправильную вытянутую форму — 4,6 километра в длину и 2,1 километра в поперечнике. Масса астероида 50 миллиардов тонн, весьма любопытная его особенность — очень неравномерная плотность. Одна часть объёма астероида имеет плотность $1,95 \text{ г/см}^3$, другая — $2,25 \text{ г/см}^3$. В этой связи высказываются предположения,



© CNSA.

что Таутатис образовался в результате соединения двух астероидов.

Что касается проектов полётов к астероидам в ближайшем будущем, то можно начать с японского аэрокосмического агентства, которое планирует продолжить свою программу исследований запуском в 2015 году космического аппарата Хайабуса-2 с тем, чтобы вернуть на Землю в 2020 году образцы грунта астероида 1999 JU3. Астероид принадлежит спектральному классу С, находится на орбите, пересекающей орбиту Земли, его афелий почти достигает орбиты Марса.

Годом позже, то есть в 2016-м, стартует проект NASA OSIRIS-Rex, цель которого — возврат грунта с поверхности околоземного астероида 1999 RQ36, недавно получившего имя Бенну и отнесённого к спектральному классу С. Планируется, что аппарат достигнет астероида в 2018 году и в 2023-м доставит на Землю 59 граммов его породы.

Перечислив все эти проекты, невозможно не упомянуть астероид массой около 13 000 тонн, который 15 февраля 2013 года упал вблизи Челябинска, как бы подтвердив вы-

сказывание известного американского специалиста по астероидной проблеме Дональда Йоманса: «Если мы не летим к астероидам, то они летят к нам». Тем самым подчёркивалась важность ещё одной стороны исследования астероидов — астероидной опасности и решения задач, связанных с возможностью столкновения астероидов с Землёй.

Весьма неожиданный способ исследования астероидов был предложен проектом по перемещению астероида (Asteroid Redirect Mission), или, как его называют, проектом Кекк. Его концепцию разработал Институт космических исследований имени Кека в Пасадене (Калифорния). Уильям Майрон Кек — известный американский филантроп, основавший в 1954 году фонд поддержки научных исследований в США. В проекте в качестве исходного условия принималось, что задача исследования астероида решается с участием человека, иначе говоря, миссия к астероиду должна быть пилотируемая (см. рисунок на 1-й стр. обложки). Но в этом случае длительность всего полёта с возвращением на Землю не-

СЛОВАРИК К СТАТЬЕ

ЗАКОН БОДЕ (правило Тициуса — Бодде, установленное в 1766 году немецким математиком Иоганном Тициусом и переформулированное в 1772 году немецким астрономом Иоганном Бодде) описывает расстояния между орбитами планет Солнечной системы и Солнцем, а также между планетами и орбитами её естественных спутников. Одна из его математических формулировок:

$R_i = (D_i + 4)/10$, где $D_i = 0, 3, 6, 12 \dots n, 2n$, а R_i — средний радиус орбиты планеты в астрономических единицах (а. е.).

Этот эмпирический закон выполняется для большинства планет с точностью до 3%, но, похоже, физического смысла не имеет. Есть, однако, предположение, что на стадии формирования Солнечной системы в результате гра-

витационных возмущений возникла регулярная кольцевая структура областей, в которых орбиты протопланет оказались стабильными. Позднейшее изучение Солнечной системы показало, что закон Бодде, вообще говоря, далеко не всегда выполняется: орбиты Нептуна и Плутона, например, находятся гораздо ближе к Солнцу, чем он предсказывает.

Показатели	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Церера	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Расчётное значение среднего радиуса, R_i	0,4	0,7	1	1,6	2,8	5,2	10,0	19,6	38,8	77,2
Реальная величина полуоси орбиты, а. е.	0,39	0,72	1	1,52	2,77	5,20	9,54	19,2	30,0	39,4

избежно составит по крайней мере несколько месяцев. И что самое неприятное для пилотируемой экспедиции, в случае аварийной ситуации это время не может быть сокращено до приемлемых пределов. Поэтому было предложено, вместо того чтобы лететь к астероиду, поступить наоборот: доставить, используя беспилотные аппараты, астероид к Земле. Но не на поверхность, как само собой получилось с челябинским астероидом, а на орбиту, подобную лунной, и отправить пилотируемый корабль к ставшему близким астероиду. Этот корабль сблизится с ним, захватит, и космонавты изучат его, возьмут образцы породы и доставят их на Землю. А при аварийной ситуации космонавты смогут вернуться на Землю за время в пределах недели. В качестве основного кандидата на роль перемещаемого таким образом астероида NASA уже выбрало околоземный астероид 2011 MD, относящийся к амурам. Его диаметр от 7 до 15 метров, плотность 1 г/см^3 , то есть он может выглядеть как рыхлая груда щебня массой около 500 тонн. Его орбита очень близка к орбите Земли,

наклонена к эклиптике на 2,5 градуса, а период равен 396,5 суток, чему соответствует большая полуось в 1,056 а. е. Интересно отметить, что астероид открыли 22 июня 2011 года, а 27 июня он пролетел очень близко от Земли — всего в 12 000 километров.

Миссию по захвату астероида на орбиту спутника Земли планируют на начало 2020-х годов. Космический аппарат, предназначенный для захвата астероида и его перевода на новую орбиту, будет снабжён электроракетными двигателями малой тяги, работающими на ксеноне. В состав операций по изменению орбиты астероида входит и гравитационный манёвр у Луны. Суть этого манёвра состоит в таком управлении движением с помощью электроракетных двигателей, которое обеспечит пролёт окрестности Луны. При этом за счёт воздействия её гравитационного поля скорость астероида изменяется от начальной гиперболической (то есть приводящей к уходу из поля земного тяготения) до скорости спутника Земли.

(Окончание следует.)

ТОЧКИ ЛАГРАНЖА

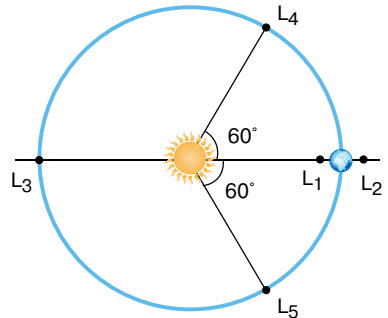
(L-точки, или точки либрации, от лат. Libration — раскачиваю) — точки в системе двух массивных тел, например Солнца и планеты или планеты и её естественного спутника. Тело существенно меньшей массы — астероид или космическая лаборатория — будет оставаться в любой из точек Лагранжа, совершая колебания небольшой амплитуды, при условии, что на него действуют только силы тяготения.

Точки Лагранжа лежат в плоскости орбиты обоих тел и обозначены индексами от 1 до 5. Первые три — коллинейрные — лежат на прямой, соединяющей центры массивных тел. Точка L_1 находится между массивными телами, L_2 — за менее массивным, L_3 — за более массивным. Положе-

ние астероида в этих точках наименее устойчиво. Точки L_4 и L_5 — треугольные, или троянские, — находятся на орбите по обе стороны от линии, соединяющей тела большой массы, под углами 60° от линии, соединяющей их (например, Солнце и Землю).

Точка L_1 системы Земля — Луна — удобное место для размещения обитаемой орбитальной станции, позволяющей космонавтам добраться до Луны с минимальными затратами топлива, или обсерватории для наблюдения за Солнцем, которое в этой точке никогда не заслоняется ни Землёй, ни Луной.

Точка L_2 системы Солнце — Земля удобна для постройки космических обсерваторий и телескопов. Объект в этой точке неограниченно долго



сохраняет ориентацию относительно Земли и Солнца. В ней уже находятся американские лаборатории «Планк», «Гершель», WMAP, Gaia и др.

В точку L_3 , по ту сторону от Солнца, писатели-фантасты неоднократно помещали некую планету — Противоземлю, которая то ли прибыла издалека, то ли была создана одновременно с Землёй. Современные наблюдения её не обнаружили.

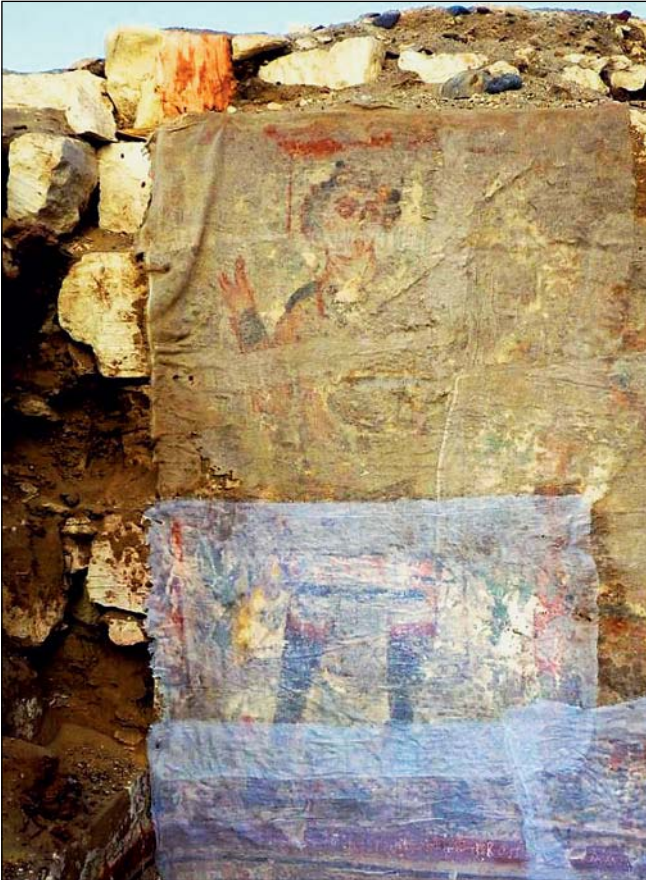


Фото: University of Barcelona.

ПЕРВАЯ ИКОНА?

Испанские археологи раскопали в египетском городе Оксиринх, в 160 километрах от Каира, каменную гробницу, на одной из стен которой изображена фигура молодого мужчины в короткой тунике. Мужчина поднял правую руку в благословляющем жесте. Рисунок относится к VI—VII векам, выполнен первыми египетскими христианами — коптами. Руководитель группы, сделавшей открытие, профессор Йосеп

Падро даже предполагает, что это самое раннее изображение Иисуса Христа.

На снимке: изображение, которое можно считать одной из первых икон. Нижняя часть прикрыта марлей для защиты от лучей солнца.

ВИДЕОМИКРОФОН

Шпионское оборудование всё совершенствуется. На окне стоит цветок в вазе или в горшке, а в комнате происходит конфиденциальный разговор. Из дома напро-

тив на цветок направлена скоростная видеокамера, ведущая запись неподвижного, казалось бы, цветка. Но его лепестки чуть-чуть дрожат в такт звукам. В Массачусетском институте технологии (США) разработана компьютерная программа, способная восстановить звук по вибрации лепестка, листочка, картофельных чипсов, лежащих на столе, по незаметному дрожанию занавески и других лёгких предметов. Послужить мембраной микрофона может даже поверхность любой жидкости в стакане, стоящем на столе.

КОМАРОВ ИЩУТ С СОБАКАМИ

Ежегодно африканский регион Сахель переживает сезонную засуху продолжительностью полгода и более. А с мая или июня по октябрь или ноябрь выпадает полметра осадков. Саванна зеленеет, и через пять дней после начала дождей появляются комары — переносчики малярии и других болезней.

Где они прятались всё это время? Сохраниться в виде яиц, личинок или куколок комары не могли, так как пересыхают все водоёмы. Биологи пробовали разные способы обнаружить комаров, и возникла гипотеза, что они на время мигрируют в более влажные и прохладные области.

Американский энтомолог Тови Леманн придумал искать комаров с овчаркой. Он приклеивает к пойманым комарам тонкую ниточку длиной в сантиметр, пропитанную ароматическим маслом индийского растения, которое не встречается в Африке. (Поливать самих комаров маслом