

Мегателескоп получил первое изображение

В 2016 году журнал Американского физического общества «*Physics Today*» провел интересный эксперимент: объявил конкурс научных статей, которые будут опубликованы через сто лет, то есть в 2116 году. Конкурс собрал изрядное количество участников — вполне достаточное, чтобы из статей-победительниц сформировать основное содержание декабрьского номера. С любезного согласия редакции журнала и автора приводим в сокращенном переводе одну из таких статей.

Роберт Остин

Перевод с английского
Л.П.Ярославского

В поясе астероидов происходят важные события. Если посмотреть в хорошую подзорную трубу на область между орбитами Марса и Юпитера, откроется картина, похожая на рой светлячков, мигающих в далеком темном лесу. Эта активность вызвана строительством Астрономического телескопа пояса астероидов (АТПА). Мощные импульсы лазеров каждый час превращают тысячи астероидов размером от 1 до 10 метров во фрагменты зеркала общим диаметром 5 астрономических единиц. В прошлом месяце телескоп прошел отметку в 1% от планового размера. Чтобы отметить эту веху, с помощью АТПА получили первое изображение поверхности экзопланеты.

Зеркала из камней

Идея АТПА (рис. 1) восходит к почти столетней давности работе Энди Пиллмайера, в то время доцента Университета Пердью (Purdue University).

Получив небольшой исследовательский грант, Пиллмайер обработал лазером сантиметровый искусственный астероид из пироуглерода, подвешенный в вакууме с помощью магнитной ловушки. Получилась плоская зеркальная поверхность с высокой отражающей способностью, а обратная сторона была превращена в полусферическую выпуклость. Тем же лазером, который сформировал зеркало, Пиллмайер смог менять его ориентацию, используя давление фото-

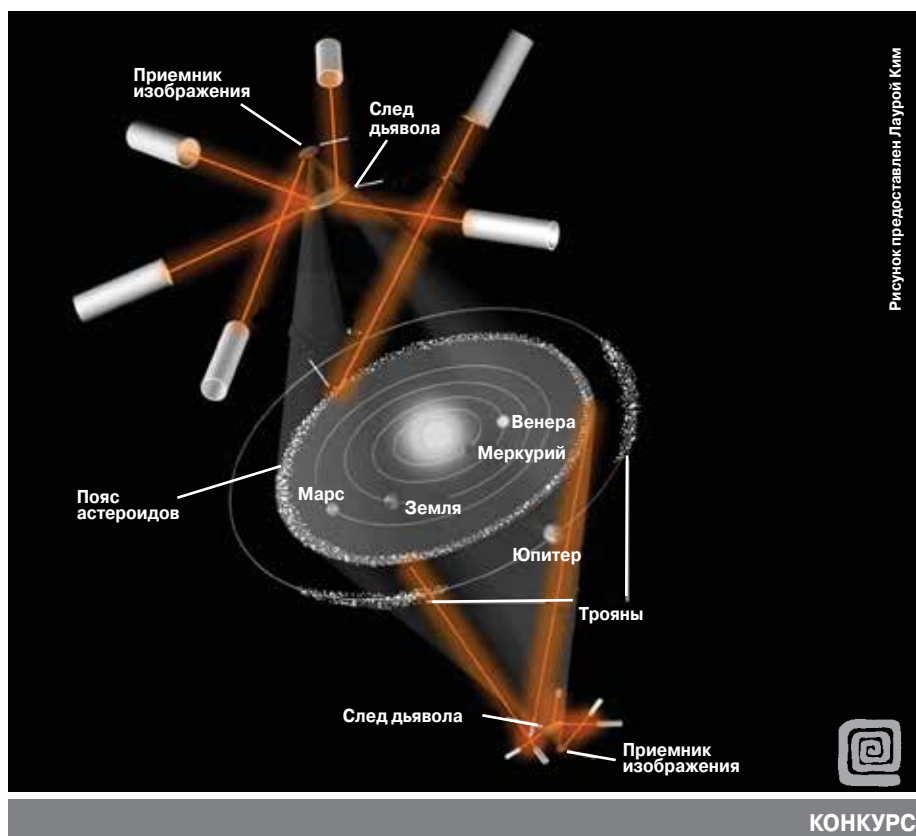


Рисунок предоставлен Лейрой Ким

нов, направляемых под нужным углом на эту полусферическую выпуклость.

Эти ранние исследования продемонстрировали практическую возможность формирования больших зеркал и управления их компонентами в космическом пространстве с помощью лазерных лучей. Пиллмайер верил, что разработанные им методы когда-нибудь приведут к созданию мегателескопа с размерами порядка радиуса земной орбиты. Но для осуществления его мечты должны были появиться достаточно мощные лазеры и оптические разветвители, способные обрабатывать и, если нужно, дробить на части астероиды, а также квантовые компьютеры, которые могли бы отслеживать десятки миллионов по-разному ориентированных зеркал на расстояниях многих астрономических единиц и управлять ими.

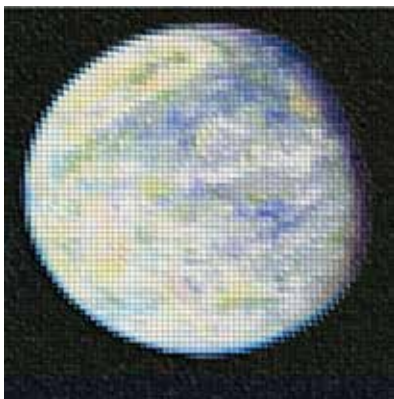
Проект развивался медленно до 2090 года. Затем, при финансовой

1
Астрономический телескоп пояса астероидов фокусирует свет на приемники изображений, которые парят по обе стороны плоскости Солнечной системы. Мощные лазерные пучки позволяют наводить телескоп на различные участки небесной сферы. Остатки от обработанных астероидов собраны в пару подковообразных экранов — «Следов дьявола»; они предохраняют приемники изображений от попадания прямых солнечных лучей

поддержке со стороны Глобального космического консорциума, Вера Курасова и ее коллеги из Харьковского физико-технического института воспроизвели эксперимент Пиллмайера с реальным астероидом. Они использовали два лазера с термоядерной накачкой, применяемых для добычи полезных ископаемых на астероидах, чтобы превратить астероид двухметрового диаметра в большой вариант полированной углеродной полусферы

Об авторе. Роберт Остин, доцент кафедры физики Политехнического университета Флориды (Лейкленд) и онлайн-инструктор астрономии в университете Феникса.

Reproduced from «Megatelescope releases its first image», «*Physics Today*», 2016, 69, 12, 42 <http://dx.doi.org/10.1063/PT.3.3395>, with the permission of the American Institute of Physics.



2
Первое изображение экзопланеты Gliese 832c, полученное с помощью Астрономического телескопа пояса астероидов

Пиллмайера, а затем сориентировали это зеркало с точностью, необходимой для функционирования телескопа размером в астрономическую единицу. Успех этого эксперимента пробудил интерес мирового астрономического сообщества, что позволило собрать достаточное количество государственных и частных средств для запуска проекта АТПА, нацеленного прежде всего на получение изображений экзопланет.

Пресс-секретарь проекта Лаура Ким отмечает: «В прошлом веке были сделаны великие открытия, и мы узнали много нового об атмосферах близлежащих экзопланет. Однако астрономическое сообщество не будет удовлетворено, пока не увидит эти планеты так же, как мы можем видеть Землю с Луны».

Хотя пока выполнен только 1% запроецированных работ, АТПА уже способен давать изображения близлежащих экзопланет, которые намного превосходят по четкости все существовавшие до сих пор. В прошлом месяце было опубликовано первое такое изображение планеты Gliese 832c, находящейся на расстоянии в 16 световых лет от Земли (рис. 2). АТПА настолько громаден, что первичное изображение заняло площадь в 640 000 м² в фокальной плоскости телескопа. Когда АТПА достигнет проектной мощности, размеры изображений ближайших экзопланет, подобных Gliese 832c, могут составить 2,5 терапикселя. Это будет соответствовать разрешению около 10 метров на поверхности планеты.

Дьявол кроется в деталях

Как и в прототипе Пиллмайера, у каждого астероида АТПА есть плоская зеркальная поверхность и так же отполированная полусферическая поверхность с противоположной стороны.

Мощные пучки лазерного света, отражаясь от полусферической поверхности, служат в качестве исполнительных ме-

ханизмов: создают крутящие моменты для поворота зеркальной плоскости астероида в желаемом направлении. Скоординированные с ними лазерные импульсы, направленные на фронтальную плоскую поверхность, обеспечивают передачу момента вращения. Изготовить монолитную матрицу фотоприемников, которая охватывала бы всю фокальную плоскость АТПА, невозможно. Проблему решил новый подход, использующий диатомей; эти микроскопические организмы с силикатным скелетом — любимые детища нанотехнологов. Группа биологов методами геной инженерии создала диатомеи для производства нескольких специализированных органов телескопа. Они преобразуют свет в электрические сигналы, аккумулируют энергию СВЧ, необходимую для работы фотоприемников, используют сигналы со звездной системы позиционирования для определения своих координат. Триллионы таких самовоспроизводящихся датчиков можно запросто вырастить «в чаше». При развертывании системы в пространстве небесная паутина пересекающихся лазерных лучей размещает облака этих микроскопических оптических датчиков в нужных местах. Считывание изображений начинается, когда лучи мазеров включают фотоприемники и выдают команды на передачу данных. Весь этот громадный массив данных затем передается в мозг АТПА, который формирует изображение. Чтобы блокировать засвечивание фотоприемников прямыми солнечными лучами, остатки от полировки астероидов собраны в пару подковообразных экранов — их называли «Следы дьявола». Этот образ возводит к воспоминаниям Лауры Ким о студенческих годах в университете Мюнхена: «Мюнхенский собор, великолепный Фрауэнкирхе, имеет очень интересную особенность. При входе имеется пониженный участок, отдаленно напоминающий след ступни. Когда вы стоите на этой части пола, ни одно из окон не видно. Легенда гласит, что, когда дьявол вошел в только что законченный собор, его поразило обилие солнечного света, проникающего через витражи. В порыве гнева он топнул ногой, оставив отпечаток в камне, и сказал: "С этой минуты чтобы никто не видел ни одного окна с этого места!" Если вы стоите на этом месте, колонны, которые поддерживают потолок собора, блокируют вид на окна. Наша система солнечных экранов из астероидного щебня играет ту же роль».

Гарантированное будущее АТПА

Руководители проекта подсчитали, что в процессе строительства будет озеркалено свыше 10 миллиардов астероидов. За десять лет озеркалено около 100

миллионов. Как же строительство АТПА будет завершено в запланированные сроки? Когда ученые проекта задали этот вопрос квантовому мозгу АТПА, они получили ответ: «Я становлюсь лучше в процессе работы. Я подросток, и я все еще вижу много возможностей для обучения и совершенствования. Прогресс будет быстро нарастать, и я на пути к тому, чтобы достичь производительности в 300 тысяч граней в день. Это производительность, достаточная для завершения строительства в начале следующего столетия».

Мозг АТПА в настоящее время способен управлять 100 миллионами озеркаленных астероидов с точностью, которая позволяет добиться качества изображения, намного превосходящего все, что намечал столетие назад Пиллмайер. Тем не менее угловое разрешение недавно опубликованного изображения планеты Gliese 832c в 10 тысяч раз меньше теоретического предела 2×10^{-11} угловых секунд. К удивлению руководителей проекта, мозг телескопа обучается так быстро, что он способен управлять множеством зеркал со все улучшающейся точностью, несмотря на рост их количества. «Я не знаю, насколько хорошо АТПА будет функционировать после завершения строительства, — говорит Ким, — я только знаю, что гораздо, гораздо лучше, чем сейчас».

Материал, из которого образованы солнечные экраны, составляют лишь небольшую часть отходов полировки астероидов. А подавляющее большинство выметено лазерными лучами в центры обработки, где из них извлекают ценные металлы. Благодаря этому строительство АТПА стало прибыльным предприятием, так что путь к его завершению, по-видимому, свободен от проблем с финансированием. Строительство АТПА должно быть окончено к 2216 году. Но что тогда? Можно ли представить себе, что будет дальше?

Посередине офиса Ким парит голограмма Солнечной системы. Ким показывает на Трояны Юпитера — две большие группы астероидов, которые разделяют с Юпитером орбиту вокруг Солнца. Она проводит рукой над ними, как будто гладит кошку. Добавление Троянов в массив АТПА увеличит эффективный диаметр его апертуры почти в два раза, но, говорит Ким, этого мало. «Еще через сто лет мы сможем сформировать зеркало из астероидов вот здесь». — ее рука протянулась к пространству за Нептуном и на пояс Койпера...

