



Астероид Эрос, NASA

## Скопления против Ньютона

**З**акон всемирного тяготения Ньютона — это священная корова современной физики. Угаданную математическую зависимость гению так и не удалось вывести из элементарных явлений окружающего мира. Он писал, что довольно того, что найденный им закон существует. Знаменитое «гипотез не измышляю» было сказано именно по этому поводу. За три с половиной столетия ученые не раз пробовали покуситься на авторитет Ньютона. И вот очередная попытка.

На этот раз речь идет о рассеянных звездных скоплениях, наблюдаемых в спиральных и неправильных галак-

тиках. Эти кластеры содержат от десятков до тысяч звезд и существуют недолго, от нескольких сотен до миллионов лет. Теоретики считают, что звезды в них массово и по астрофизическим масштабам одновременно рождаются в гигантских облаках газа и пыли, чтобы затем разбежаться в разные стороны. Скопления обращаются вокруг центра Галактики по круговым и эллиптическим орбитам, определяемым законом тяготения. Убегающие звезды собираются в двух так называемых хвостах. Один из них движется впереди скопления, другой — позади. Расчеты на основе закона Ньютона показали, что число звезд в обоих хвостах должно быть примерно одинаковым.

Астрономы давно и хорошо изучили пять ближайших к нам рас-

сеянных скоплений. Они нашли, что в каждом из них звезд в отстающем хвосте меньше, чем в лидирующем. Кроме этого, ученые обнаружили, что звездные скопления в близких галактиках живут меньше, чем предсказывает теория Ньютона. Этими явлениями в четырех скоплениях вплотную занялись астрофизики Боннского университета под началом профессора Павла Крупы (Pavel Krupa). На периферии довольно сложно отличить принадлежащие кластеру звезды от фоновых, поэтому исследователи создали специальный алгоритм, выделяющий звезды хвостов на основе направлений их движения, скоростей и возрастов. Он позволил достоверно подтвердить нарушение закона Ньютона в обследованных кластерах.

Простые компьютерные расчеты астрофизиков показали, что данные о распределении звезд хорошо описывают формулы теории МОНД (Модифицированная ньютоновская динамика). Более того, она предсказывает и малое время жизни кластера. Теорию в 1983 году предложил израильский физик М. Мильгром (M. Milgrom).

Модификация состоит в поправках к ньютоновской динамике при малых ускорениях объектов. Теория решает ряд проблем современной космологии, однако ее принятие означало бы изменение базовых понятий. Авторы работы продолжают свои изыскания. Они совершенствуют метод выделения звезд и разрабатывают программу для прямого расчета движения системы многих тел на основе МОНД.

Это исследование вряд ли заставит большинство астрофизиков отвергнуть закон Ньютона. Современная астрофизика, в отличие от классической физики, прекрасно уживается с массой нестыковок и несоответствий. Революционная теория должна будет выстроить астрономические явления в простую и логичную цепь и, более того, обязательно предсказать новые. (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*)

## Шрамы Фобоса

Спутники Марса Фобос и Деймос, обнаруженные Асафом Холлом в 1877 году, до сей поры загадка для астрономии. Непонятно происхождение этих малых тел размерами в десяток-другой километров, их странные орбиты, формы и даже рельеф. Особенно удивителен Фобос. Из-за приливного взаимодействия он медленно приближается к Марсу по спиральной орбите. Она проходит глубоко внутри круга, радиус которого называют пределом Роша. Это минимальная орбита, ниже которой спутник должен распасться.

Множество снимков, сделанных с пролетавших мимо спутников космических аппаратов, показали, что Фобос весь покрыт кратерами и многочисленными полосами неглубоких борозд, каналов, которые простираются чуть не по всей его поверхности, часто параллельны и имеют одинако-

вую ширину. Астрофизики выделяют дюжину семейств таких борозд, а по поводу их происхождения написаны десятки научных статей.

Свою лепту в изучение этой проблемы решила внести американо-китайская группа астрофизиков, которой руководил доктор Ченг Бин (Bin Cheng), сотрудник Аризонского университета и Университета Цинхуа. Ученые провели компьютерный расчет механических напряжений, которые растягивают поверхность спутника. Для этого они воспользовались стандартной для малых небесных тел моделью «куча гравия, покрытая упругой оболочкой». Напряжения возникают из-за приливных сил со стороны Марса.

Оказалось, что они могут создавать на поверхности глубокие трещины, параллельные друг другу в направлениях широт и долгот Фобоса. Ученые считают, что когда такие трещины превращаются в разломы, материал их стенок осыпается на дно и образуются борозды, которые мы видим.

Астрофизики сравнили ориентации хорошо документированных космическими аппаратами борозд с расчетами и установили, что некоторые из их предсказаний верны в средних широтах Фобоса. Авторы работы считают, что это доказательство оправдывает принципы их подхода. Вместе с тем они признают, что геометрия каналов гораздо разнообразнее расчетной. К примеру, на спутнике есть аномальные регионы, где борозды попросту исчезают, но модель объяснить это не может.

Исследователи надеются, что прямые наблюдения Фобоса во время планируемого полета японской миссии MMX (Martian Moons eXploration) позволят выяснить причины появления каналов. Прибытие MMX к марсианским лунам запланировано на 2025 год. (*Planet. Sci. J.*)

## Эрос и семейства

Астероид (433) Эрос принадлежит к семейству малых тел, которые, как утверждает современная астрофизика, представ-

ляют опасность для нашей планеты из-за возможного столкновения.

Эрос — это одно из самых крупных и хорошо изученных тел. Размеры сильно вытянутого и изрытого кратерами астероида составляют 37x11x11 км. Его поверхность несет на себе следы космических ударов и покрыта кратерами и длинными трещинами, что вполне обычно для астероида такого размера. Он представляет собой сплошное тело, в котором могут распространяться объемные и поверхностные сейсмические волны подобно тому, как это происходит на нашей планете при землетрясениях.

Группа американских астрофизиков во главе с доктором Рональдом-Луисом Баллоузом (Ronald-Louis Ballouz) из лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса на основе трехмерной модели астероида измерила отношение глубин его кратеров к их диаметрам по всей поверхности. Оказалось, что вокруг крупного кратера Шумейкер размером в 7,5 км отношение растет с удалением от его центра. Это справедливо для кратеров диаметром более 500 м. Эффект проявлен до расстояний в 10 км от центра Шумейкера. Это значит, что кратеры были частично заполнены выбросами его породы и в разной степени стерты поверхностными волнами, возникшими от внешнего удара небесного тела. Авторы заключают, что это обычное явление для астероидов размерами в 10–100 км, в частности Эроса, который локально ослабил удар не разрушившись. Объем породы, выброшенной в космос при образовании кратера Шумейкера, соответствует объему пятикилометрового астероида.

Оценки возраста кратера в несколько десятков миллионов лет и ряд косвенных соображений заставили авторов прийти к заключению, что метеориты и семейства околоземных астероидов размером менее 10 км могут быть не только частями астероидов, прилетевшими из главного пояса астероидов за орбитой Марса, как это по общему убеждению случилось с Эросом. Околоземные малые тела и метеориты также могут рождаться от околоземных же астероидов при их каскадных стол-

кновениях. Это может происходить в результате выбросов осколков, которым сопутствует образование кратеров типа Шумейкер.

Отметим, что известна альтернативная точка зрения геологов. Она предполагает, что кратеры и осколки вещества из них образуются в результате естественных природных явлений. (*Research Square, 6 Oct 2022*)

## Самый полный обзор

**А**стероиды, о которых шла речь в предыдущей новости, открывают в обычный телескоп. Однако радиотелескопы, работающие в дециметровом диапазоне волн, извлекают более полную информацию о них.

Радарные исследования околоземных астероидов давно стали рутинными. Применение этой военной по происхождению техники неудивительно, ведь официальная наука считает, что некоторые из них могут столкнуться с Землей. Правда, история человечества таких случаев не помнит.

Радары позволяют получить уникальную информацию об астероидах — измерить расстояния до них, скорости, периоды их вращения, а также точно определить форму, вычленив метровые детали рельефа и даже обнаружить их спутники. А кроме того, благодаря поляризационным измерениям, они дают представление о строении и составе приповерхностного слоя астероида до метровых глубин.

В этом смысле радар обсерватории вблизи города Аресибо (Пуэрто-Рико) был уникальным прибором с высочайшим разрешением. Среди широкой публики он печально знаменит тем, что в декабре 2020 года разрушился, не дожив три года до своего шестидесятилетия. Однако вклад ученых обсерватории в астрофизику неоценим.

Только что вышел обзор наблюдений телескопом околоземных астероидов в 2017–2019 годах. Этот самый крупный из известных обзор выполнен под руководством доктора Анне Виркки (Anne K. Virkki) из Университета Хельсинки.

Работа содержит параметры 191 астероида. Астрофизики определили

размеры 167 из них, а для 112 получили поляризационные данные о минералогии поверхности. Два астероида, 2011WN15 и (505657) 2014 SR339, в отличие от большинства силикатных, оказались обогащены металлами. Для 37 тел радар получил данные с разрешением менее 75 м. Наблюдателям удалось выяснить их геометрические размеры и детали поверхности, а также периоды вращения.

Точная форма определена у 33 астероидов со средним диаметром более 200 м. Из них 10 оказались контактными двойными телами с перемычкой между ними (в форме кегли или арахиса). У астероида 2017 YE5 обе части имеют одинаковые размеры, и он предположительно содержит воду. Двойные астероиды образуются при слипании двух тел, но их число вдвое превысило теоретические предсказания.

По современным представлениям, астероиды — это строительные элементы для планет Солнечной системы, оставшиеся со времени ее образования 4,5 миллиарда лет назад. Есть и альтернативные точки зрения. В любом случае, данные радара Аресибо бесценны, так как дают возможность изучать статистику малых небесных тел. Доктор Виркки считает потерю обсерватории невосполнимой утратой, поскольку подобных радиотелескопов в Западном полушарии больше нет. Расположенный в Восточном полушарии китайский FAST с пятисотметровым радиоволновым зеркалом не способен в одиночку обеспечить непрерывный обзор неба. (*The Planetary Science Journal*)

## Странная кварковая звезда?

**А**строфизики уверены в существовании нейтронных звезд. Это настолько плотные объекты размером в десятки километров, что сильно сблизившиеся в них атомы перестают существовать по отдельности и переходят в состояние сплошной нейтронной среды. Компактное светило надежно удерживают силы взаимного тяготения его частей, а

сверху оно покрыто оболочкой из кристаллического железа.

Теория таких звезд разработана достаточно подробно. Например, расчеты показывают, что эти звезды не могут иметь массы, меньшие 1,17 солнечной. Однако теория не всегда соответствует наблюдениям. Поэтому физики придумали кварковые звезды, в которых нейтроны при высоких давлениях распадаются на *u* и *d*-кварки. Теоретики говорят, что часть из них может даже преобразовываться в *s*-кварк. Это сильно изменит свойства звезд, поэтому их называют странными.

Подходящие под описание объекты долго не находились. Однако в 2022 году астрофизики уточнили параметры нейтронной звезды HESS J1731-347. Это окруженный большим облаком пыли остаток от взрыва сверхновой. Его радиус чуть больше 5 км, а масса равна 0,77 массы Солнца. Данные наблюдений поставили ученых перед дилеммой: либо теория нейтронных звезд неверна, либо открыта первая кварковая звезда.

Три итальянских астронома из Национального института ядерной физики и Университета Феррары, руководимые профессором Джузеппе Паглиара (Giuseppe Pagliara), попытались разрешить эту загадку. Они предложили сценарий образования, объясняющий не только массу и радиус объекта HESS J1731-347, но и его медленное остывание после взрыва. Теория базируется на представлении о сжатии белых карликов, содержащих кварковое вещество в их центрах.

Авторы теории также показали, что к кварковым звездам могут принадлежать объекты с массой от 2,5 и больше солнечных масс. Например — рентгеновский пульсар SAX J1808.4-3658, быстро охлаждающийся, выбрасывающий вещество и меняющий свою яркость, который считают нейтронной звездой.

В заключение теоретики отмечают, что феноменология многостадийных сценариев образования нейтронных и кварковых звезд может быть очень разнообразной. Это означает, что гипотез на эту тему можно измыслить много.

Выпуск подготовил  
**А. Гурьянов**