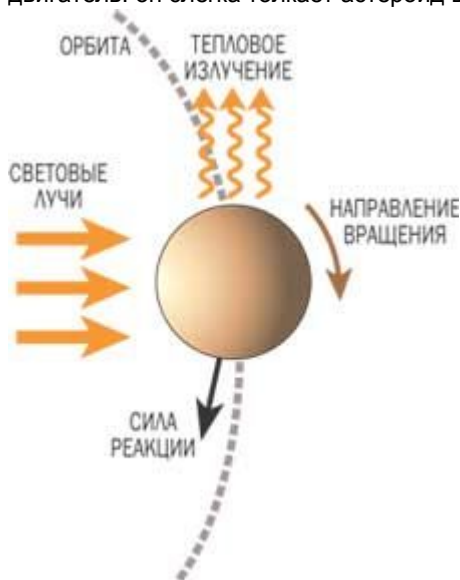


Эффект Ярковского

При разработке этой идеи несколько лет оставалась нерешенной проблема коррекции траектории зонда, не имеющего собственных двигателей. Подлетая к очередной звезде, зонд должен чуть-чуть подправить свою траекторию, чтобы в результате гравитационного маневра уйти к следующей "перспективной" звезде. Решить эту проблему помогло случайное знакомство с почти забытой книгой самобытного российского исследователя Ивана Осиповича Ярковского (1844-1902), о котором следует сказать несколько слов.

Сущность эффекта Ярковского проста: речь идет о воздействии солнечного света на движение небольшого космического тела, скажем астероида. Освещенная солнечным светом поверхность астероида нагревается и, пытаясь охладиться, излучает в космос инфракрасные лучи. Поток тепла действует как реактивный

двигатель: он слегка толкает астероид в сторону, противоположную направлению излучения.



А теперь вспомним, что все астероиды вращаются вокруг оси, подобно планетам. На поверхности астероидов тоже есть смена дня и ночи. Когда вращение тела уносит нагретую за день поверхность астероида в ночную тень, накопленное тепло излучается "вбок", действуя как разгонный или тормозной реактивный двигатель. Если вращение отклоняет нагретую поверхность астероида вперед по курсу, то эффект Ярковского тормозит движение тела, и оно, опускаясь по орбите, приближается к Солнцу. Если же теплая поверхность за счет вращения разворачивается назад, то лучевой импульс подгоняет движение тела и поднимает его орбиту, удаляя тело от Солнца.

В последние годы возрос интерес к движению астероидов, пересекающих орбиту Земли. Для точного прогноза возможного столкновения учет эффекта Ярковского оказался обязательным. А еще этот эффект можно использовать для межзвездного маневрирования. Наш микрозонд в результате воздействия

падающего на него излучения окружающих звезд может корректировать свою траекторию в процессе перелета от звезды к звезде.

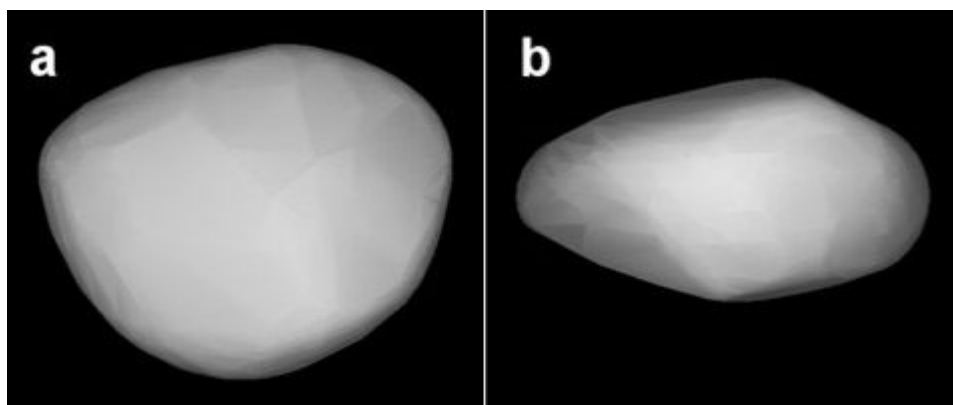
<http://nauka.relis.ru/05/0503/05405110.htm>

YORP-раскрутка: солнечные лучи вертят реактивные астероиды

Астероиды – головная боль и астрофизиков, и тех, кто в небесной механике не искушён, — опять, что называется, подкинули проблем. Проектов по борьбе с самыми опасными астероидами, а также по их мониторингу – море. Но все они запросто могут оказаться под сомнением. И кто же в этом виноват? Не поверите – наше Солнышко. Ну просто нет слов!

Когда речь заходит об астероидах — относительно мелких, но довольно зловещих штуках, заставляющих всех немножко нервничать, — учёные почему-то начинают рассказывать об этих объектах издавна, будто бы с каким-то садизмом заставляя читателя в ужасе дожидаться развязки.

Астероиды, дескать, всего-навсего объедки, доставшиеся нам со времён формирования Солнечной системы, говорит, например, астроном Стивен Лаури (Stephen Lowry) из Королевского университета в Белфасте (Queen's University Belfast). "Им где-то по четыре с половиной миллиарда лет", — как бы невзначай добавляет исследователь. Но мы-то уже догадываемся, что разговор этот начался неспроста.

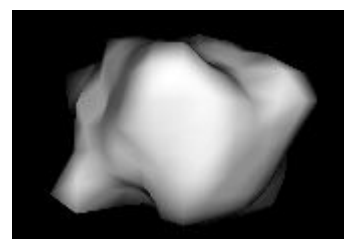


Знакомьтесь — 1862 Apollo (компьютерная модель). Представляет интерес как очень характерная жертва YORP — из-за неправильной формы, усиливающей эффект и, возможно, ведущей к гибели астероида (иллюстрация Mikko Kaasalainen/Josef Durech).

Слыша подобные аккуратные вступления, сразу начинаешь думать о нехорошем — обо всяких космических убийцах типа Чиксулуба, Шивы, или о безымянном киллере, оставившем нам 480-километровую вмятину. Что же на этот раз?

О новом исследовании астрофизики рассказывают охотно, между делом упоминая о том (не знаем, расстроитесь вы или нет), что на сей раз никакой угрозы не запланировано. Зато утверждают, что они нашли нечто любопытное и очень важное.

Итак, речь о так называемом эффекте YORP. Эта весёлая аббревиатура (ёрп!) состоит из первых букв фамилий учёных, внёсших той или иной вклад в описание данного явления — Ярковского, О'Кеефе, Радзиевского и Пэддека (Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack). Оно заключается во взаимодействии малых вращающихся тел и излучения. В частном случае — астероидов и Солнца.



Модель 2000 PH5. В настоящее время период вращения вокруг своей оси у него 12,17 минуты, и из-за YORP-эффекта эта величина медленно убывает (иллюстрация с сайта news.cornell.edu).

В поле зрения исследователей попали два астероида — 2000 PH5 и 1862 Apollo. Интересно, что ими занимались два разных коллектива, а их статьи вышли практически одновременно, хотя и в разных журналах: одна в Nature и целых две (раз&два) в Science. Эти работы впервые осветили важные особенности YOPR-эффекта для астероидов.

Как же работает YOPR?

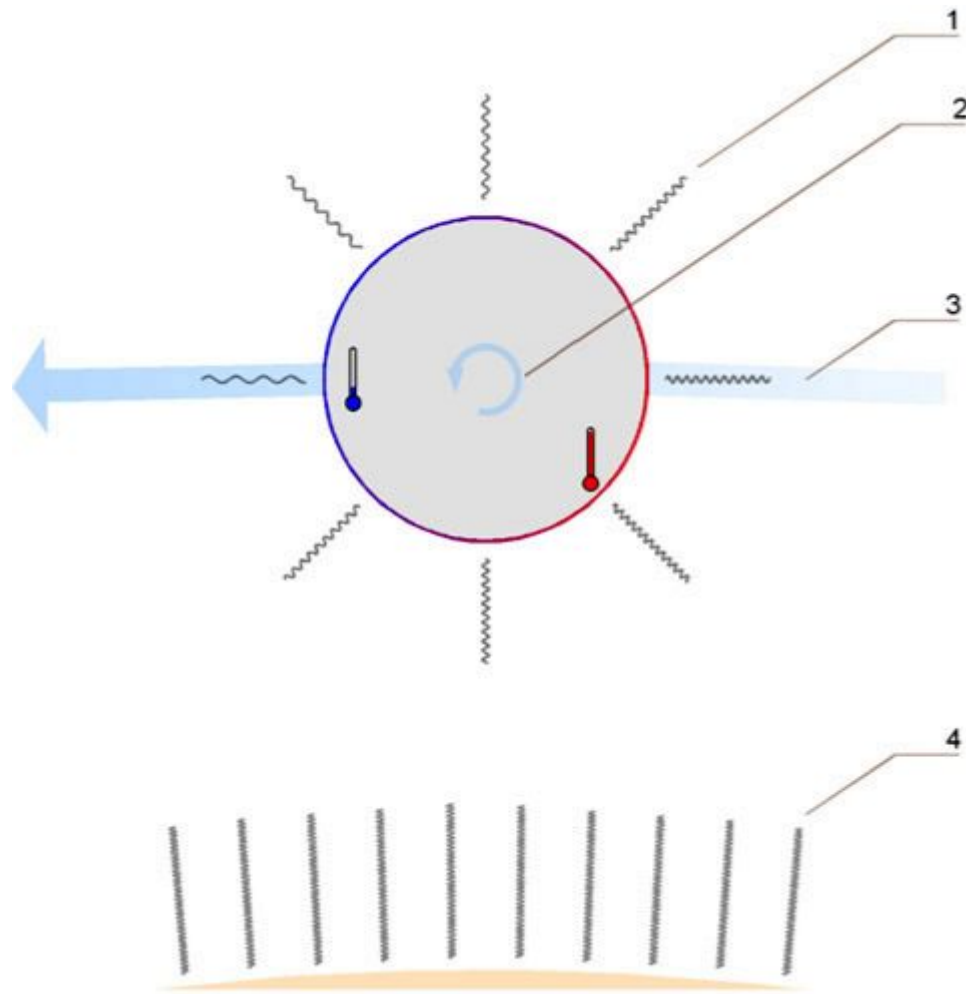
Такие небольшие тела как астероиды перемещаются не только за счёт инерции. На их движение, как известно, в основном оказывают влияние гравитация остальных тел системы и всяческие столкновения. Однако оказывается, что у астероидов есть и составляющая реактивного движения. Это звучит несколько странно, но ещё более удивительно, что источник энергии такого движения — Солнце.

Излучение светила может распахивать в разные стороны мелкие объекты типа пыли или протопланетных пушинок. На первый взгляд, то же должно происходить и с другими, более крупными телами (теми же астероидами), но разве что в несоизмеримо меньшем масштабе.

Однако всё не так просто. Эти объекты, как правило, обращаются вокруг звезды, вращаясь при этом вокруг своей оси. В результате поворота астероид оказывается разогретым неравномерно: пока один бок ещё не остывшей поверхности уходит "из вида" на ночную сторону, противоположный, соответственно выходит на дневную и начинает нагреваться.

А что есть "тёплая поверхность"? Эти слова означают, что она переизлучает тепловые фотоны, недавно поглощённые при облучении Солнцем, и часть их энергии получает астероид в виде дополнительного момента. Фактически происходит реактивное движение. Это явление описано русским инженером Иваном Осиповичем Ярковским (родился в 1844-м, умер в 1902-м).

В зависимости от того, каково соотношение угловых скоростей вращения вокруг своей оси и обращения вокруг Солнца, движение может приобретать различный характер. Один из случаев схематически приведён на иллюстрации.



Пример эффекта Ярковского — то есть YORP без O, R и P, если так можно сказать. 1 — излучение с поверхности астероида, играющее роль реактивной тяги. С тёплой 'красной' стороны оно, конечно, сильнее. 2 — направление вращения астероида (сам кружок, как вы догадались, — это идеальный астероид круглого сечения). 3 — орбита астероида и направление его движения по ней. 4 — излучение со стороны Солнца (иллюстрация с сайта en.wikipedia.org).

Астероид, впрочем, можно считать "шариком" только в первом приближении. На движение оказывают существенное влияние ряд факторов, связанных с такими особенностями "небесных камней", как специфика поверхности, форма, габариты, период вращения (он, кстати, может существенно меняться). Такую динамику уже описывает более близкий к реальности эффект YORP, учитывающий все эти детали.

Интересно, что для разных астероидов эффект может быть различным. Скажем, если объект не вращается (то есть его день равен его году), то вектор реактивного движения оказывается направленным так, что YORP-эффект приводит к сокращению орбиты под действием солнечной гравитации. Итогом этого может стать постепенное "опускание" орбиты астероида из пояса астероидов к орбитам планет близких к Солнцу.



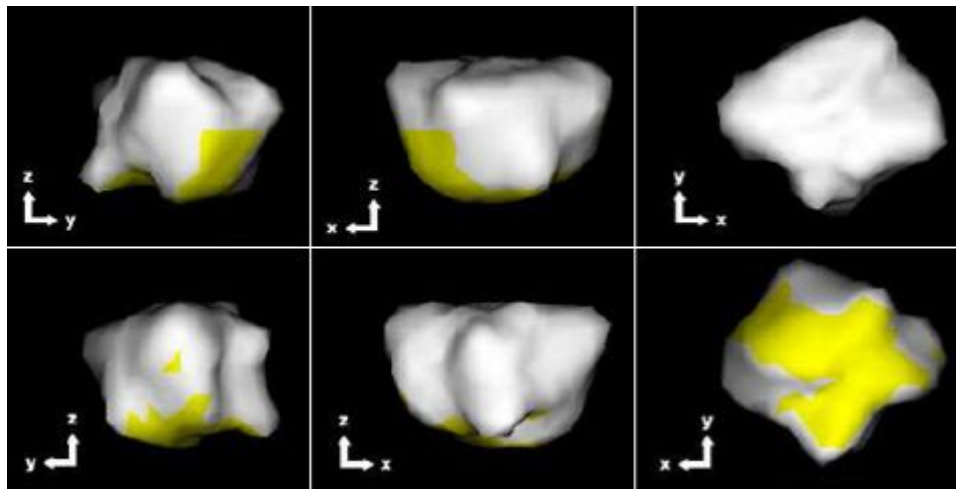
Достоверность данных для 2000 PH5 очень высока – орбита астероида недалеко от Земли. Здесь показан его полёт по небосклону, зафиксированный в одной из ирландских обсерваторий (иллюстрация Armagh Observatory).

Итог очевиден – рост астероидной опасности, в частности, для Земли. А она и без того не так уж мала – вы ведь помните, что 13 апреля 2029 года нас ожидает небольшая, гм, неприятность?..

YORP может и по-другому влиять на астероиды – например, уменьшать период их обращения и "отгонять" подальше от Солнца. И, разумеется, эффект может становиться причиной раскрутки астероидов вокруг своей оси или, опять-таки, замедления этого движения – в зависимости от набора параметров.

Вообще, не столь удивительно, что такое влияние может иметь место. Но насколько оно сильное? В 1990-х учёные пронаблюдали YORP на примере одного небольшого астероида, а также нашли несколько косвенных свидетельств существования эффекта. А вот свежие проверки двух астероидов оказались куда более обстоятельными и – что очень важно – основанными на прямых наблюдениях.

Первый из них – 150-метровый 2000 PH5, который полюбился группе исследователей во главе со Стивеном Лаури – оказался довольно удобным объектом для изучения такого влияния. Наблюдать его очень удобно – орбита 2000 PH5 находится недалеко от земной, и сам он невелик, а значит, YORP должен быть для него особенно сильным. Это подозрение, кстати, оказалось небезосновательным – "день" объекта длится всего около 12 минут, и этот астероид, вероятно, является самым быстро вращающимся в Солнечной системе.



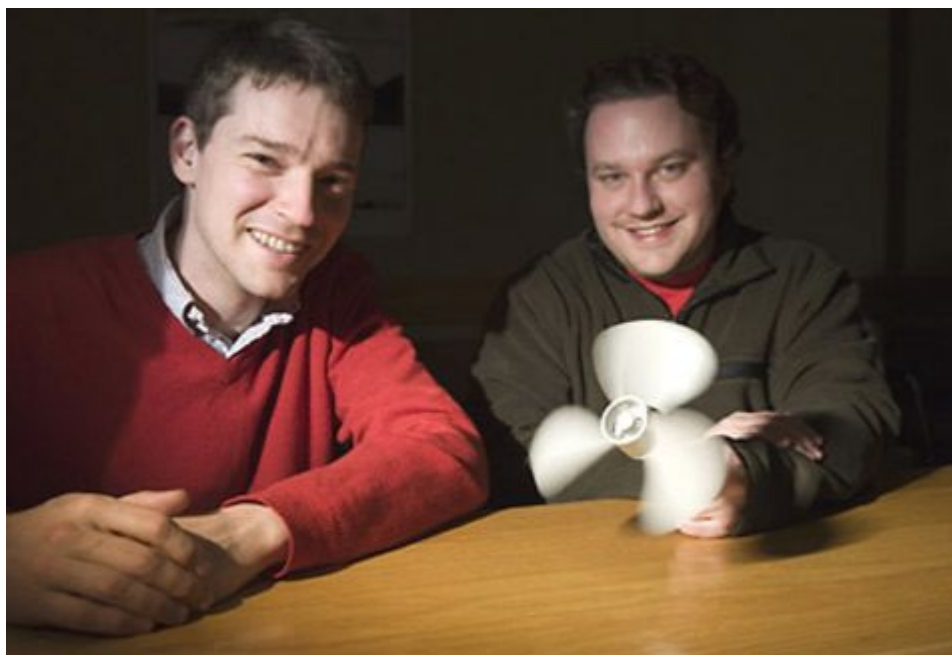
Серия изображений 2000 PH5 в разных проекциях. Цветом выделена область, нагретая в некоторый момент и становящаяся на это время 'реактивным двигателем' астероида (иллюстрация P. Taylor).

Как показала обработка параметров, такая невероятная "раскрученность" – результат YORP, и она не может объясняться гравитационным воздействием Земли или Солнца.

А что касается 1862 Apollo — им занимался физик Микко Каасалайнен (Mikko Kaasalainen) из университета Хельсинки (University of Helsinki) с компанией — то это тоже не кирпич, а астероид диаметром 1,7 километра.

По подсчётам, также основанным на прямых наблюдениях, этот объект тоже поддаётся на "YORP-провокацию", в результате которой за последние сорок лет он был "вынужден" сделать на один оборот больше, чем если бы эффекта не существовало.

И судьба сего небесного тела из-за YORP, похоже, окажется трагичной: помимо частоты обращения вокруг Солнца, растёт и скорость вращения вокруг своей оси, и возникающие центробежные силы разорвут астероид.



'Если солнце посветит на пропеллер, то он тоже начнёт крутиться', — со смехом утверждают исследователи астероида 2000 PH5 Жан-Люк Марго (Jean-Luc Margot) и Патрик Тейлор (Patrick Taylor), рассказывая об этой работе, и невероятно радуются своим же словам. М-да... Вот такой сложный юмор у некоторых астрофизиков (фото Lindsay France/University Photography).

В результате этих исследований учёным, очевидно, придётся серьёзно пересмотреть особенности эволюции орбит астероидов в современной Солнечной системе. А значит, и пересчитать даты вероятных столкновений с Землёй. Посему идеи расстрела астероидов по-японски, столкновения по-французски, астероидного буксира по-насовски и им подобные далеко откладывать, пожалуй, не следует.

К тому же, все опасные объекты такого класса учесть возможно, но невозможно.

Так что, как сказали бы древние, помните об астероидах. На всякий случай.

http://uforussia.com/space/news_2007-03-12-15-44-31-204.html

Обнаружена загадочная сила, подталкивающая астероиды к Земле

09.12.2003

Ученые из США и Чешской республики впервые сумели зарегистрировать еле заметную, но теоретически очень важную силу негравитационного происхождения, действующую на все небесные тела в Солнечной системе. Для этого пришлось с помощью гигантского космического радиорадарного дальномера в течение ряда лет производить чрезвычайно тонкие измерения орбитального пути одного из околоземных астероидов. Сила, о которой идет речь, возникает за счет так называемого эффекта Ярковского (название дано в честь дореволюционного российского инженера Ивана Ярковского, в 1900 году впервые теоретически обосновавшего действие этого эффекта). Первопричиной является солнечная энергия, которую астероид поглощает своей дневной стороной и переизлучает в космос в сумерках. "Полуденный" квадрант любого тела Солнечной системы (т.е. та его сторона, которая дольше других обращена в сторону светила), естественно, нагревается сильнее, он же излучает и больше тепловой энергии. Эта неуравновешенная тепловая радиация производит крошечное ускорение, которое до сих пор оставалось "не взвешенным". В результате его действия появляется новый фактор, который вынуждает ученых внимательнее отслеживать будущие изменения траекторий астероидов.

Астероид под номером 6489 "Голевка" ("Golevka") по околоземным стандартам малоприметен, но и такой объект способен привести к серьезной катастрофе в случае его столкновения с Землей (даже 100- или 50-метровый объект может уничтожить значительную часть города). Поперечник его составляет около полукилометра, зато вес - приблизительно 210 млрд кг. Таким образом, плотность астероида - 2,7 г/см³. аблюдение за ним проводились в 1991 (год открытия),

1995, 1999 годах и в прошлом мае, во время рекордного (16 млн км) сближения с Землей. Международная группа астрономов, включавшая исследователей из Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory - JPL) NASA в Пасадене (Калифорния) использовала эти данные для того, чтобы произвести детальный анализ орбитального пути астероида. Сообщение этой группы появилось 5 декабря в журнале Science.

http://www.spacenews.ru/spacenews/live/full_news.asp?id=5979