



ПО СЛЕДАМ ОДНОЙ АНОМАЛИИ

ПРИВЕДУТ ЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ "ПИОНЕРОВ" ОТ ЗАКОНОВ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ К НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ?

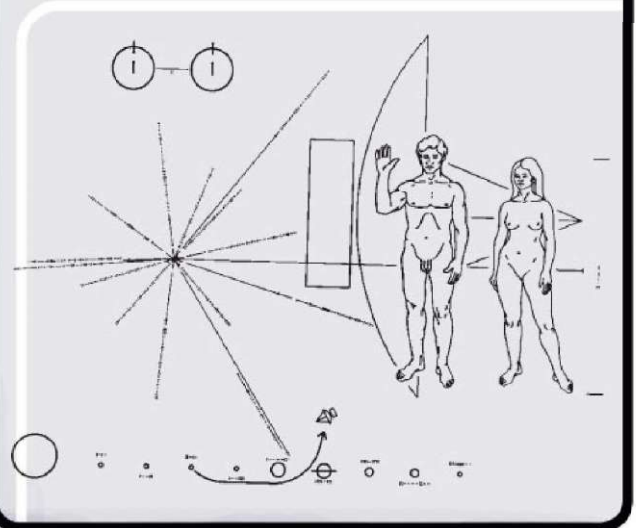
Текст: Алексей Левин

Ученые испытывают двойственное отношение к аномалиям, которые нередко возникают в ходе исследований. С одной стороны, они вызывают чувство настороженности, и это вполне понятно. Ведь по определению аномалия — это странное, необычное или уникальное событие, которое не поддается объяснению на основе общепринятых теорий. Поэтому ее появление — сигнал потенциальной опасности, который может означать, что какая-то область научного знания нуждается в корректировке, а то и полной перестройке. В то же время действительно нетривиальные аномалии обещают, а подчас и предвещают серьезные прорывы и потому создают шансы для исследователей, готовых побороться за лидерство на передовых рубежах своей науки. Неудивительно, что аномалия, открытая 13 лет назад, быстро получила немалую известность и все еще интригует специалистов и любителей научных загадок. Это так называемая аномалия "Пионеров" (The Pioneer Anomaly).

КОСМИЧЕСКИЕ БЛИЗНЕЦЫ

В начале 1970-х годов нашу планету покинули два совершенно одинаковых космических зонда, которым впервые в истории космонавтики предстояло затерять-

ОТКРЫТКА С ЗЕМЛИ На случай встречи с внеземным разумом "Пионеры" укомплектованы позолоченными алюминиевыми пластинками с посланием от землян: координаты Солнца по отношению к 15 пульсарам, схема Солнечной системы, рисунок мужчины и женщины на фоне зонда и ключ для расшифровки — изображение перехода электрона атома водорода из одного состояния в другое.



ся в межзвездном пространстве. Их миссия заключалась в исследовании газовых планет-гигантов, куда еще не долетали космические аппараты. После выполнения основной задачи корабли должны были выйти на гиперболические траектории и покинуть Солнечную систему.

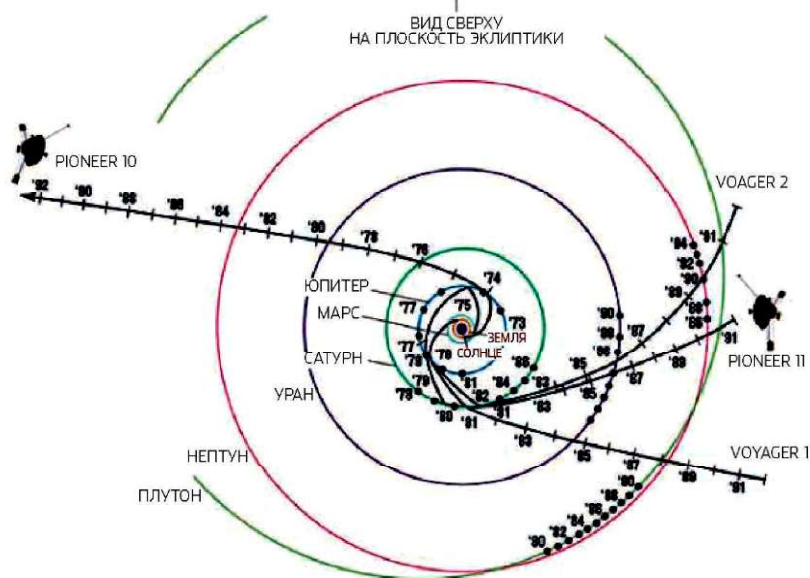
Обе межпланетные станции были запущены в рамках американского проекта, начатого во второй половине 1950-х годов. В те времена все работы в области космонавтики велись под эгидой министерства обороны США – в частности, первый американский искусственный спутник Земли Explorer-1 был выведен на орбиту армейскими ракетчиками. Командование военно-воздушных сил, в свою очередь, санкционировало разработку и запуск космических аппаратов, способных достичь второй космической скорости и выйти за пределы земного тяготения. Случилось так, что имя для этих аппаратов предложил приписанный к ВВС

специалист по организации выставок Стивен Салига. Он заметил, что служба общественных связей Армии США стала называть своих ракетчиков первопроходцами (pioneers) космического пространства. Салига порекомендовал использовать это слово в качестве названия космических кораблей ВВС – чтобы всем стало ясно, кто осуществляет самые дальние полеты. Так получилось, что новому семейству космических аппаратов было присвоено общее имя Pioneer, которое впоследствии сохранило и NASA. Первые запуски оказались неудачными, и только Pioneer 5, стартовавший 11 марта 1960 года, выполнил поставленную задачу по измерению магнитных полей, солнечного ветра и космических лучей в пространстве между Землей и Венерой.

“Пионеры”, о которых пойдет речь, имели номера 10 и 11. Каждый нес по 11 научных инструментов и, естественно, аппаратуру для радиосвязи. Эти приборы питались от радиоизотопных термоэлектри-

ПИОНЕРЫ ДАЛЬНОГО КОСМОСА

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ЗОНДЫ Pioneer 10 и Pioneer 11 стали “первыми ласточками”, отправленными в дальний космос. Основным пунктом их научной программы было изучение Юпитера, но в программу миссии Pioneer 11 в качестве эксперимента был включен гравитационный маневр в поле тяготения Юпитера и полет к Сатурну.



ческих генераторов, работающих на тепле, выделяющемся при распаде плутония-238. На каждом зонде было по четыре таких генератора, попарно укрепленных на выносных трехметровых штангах. Оба корабля вращались вокруг своих продольных осей таким образом, чтобы их параболические радиоантенны были все время направлены на Землю.

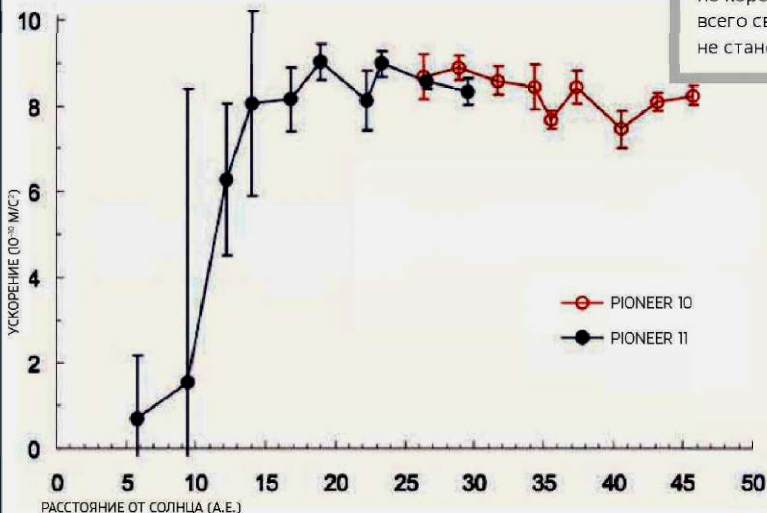
Pioneer 10 был запущен 2 марта 1972 года, его брат-близнец – 5 апреля 1973 года. Станции совершили запланированные пролеты мимо Юпитера, а Pioneer 11 в начале сентября 1979 года совершил также рандеву с Сатурном. Их бортовая аппаратура работала еще долгие годы после встречи с планетами. Pioneer 11 перестал выходить на связь в ноябре 1995 года, после того как удалился на 6,5 млрд километров от Солнца (43 а.е.). Сигналы с первого зонда поступали гораздо дольше, вплоть до 23 января 2003 года (к этому времени станция находилась в 82 а.е. от нашей планеты – то есть более чем в 12 млрд километров). В конце марта 2011 года, во время написания этой статьи, Pioneer 10 отдалился от Солнца на 103 а.е., а Pioneer 11 – на 83 а.е. (разумеется, эти оценки основаны исключительно на расчете траекторий – обе станции с Земли уже давно ненаблюдаемы). Они мчатся в противоположные стороны – Pioneer 10 стремится к периферии нашей Галактики, а Pioneer 11 – к ее центру.

СТРАННЫЕ СИЛЫ

Первые годы зонды двигались в строгом соответствии с расчетами, но впоследствии возникли странности – сами по себе ничтожные, но необъяснимые. Анализ радиометрических данных (это были доплеровские

АНОМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

На графике показано очень небольшое anomальное ускорение межпланетных зондов Pioneer 10 и Pioneer 11 по мере их удаления от Солнца.



АНОМАЛИИ И НАУЧНЫЕ РЕВОЛЮЦИИ

Аномалии возникают и в экспериментах, и в теории. К примеру, в конце XIX столетия физики обнаружили неизвестные и, главное, не предсказанные ранее излучения – рентгеновские лучи, альфа-, бета- и гамма-частицы. Эти открытия вполне заслуженно были восприняты как серьезные аномалии, а сейчас любой школьник знает, какое влияние они оказали на научный прогресс.

А вот еще пример из того же времени. В апреле 1900 года знаменитый физик Уильям Томсон, получивший за научные заслуги титул лорда Кельвина, прочел в Лондонском королевском институте лекцию “Тучи над динамической теорией тепла и света, унаследованные от XIX столетия”. Речь велась именно об аномалиях – и каких! Одну из них Кельвин усмотрел в итогах оптического эксперимента, выполненного в 1887 году американскими физиками Альбертом Майкельсоном и Эдвардом Морли. С помощью интерферометра они пытались обнаружить движение Земли относительно неподвижного эфира, в котором, как тогда считали, распространяется свет и прочие электромагнитные волны. Однако результат оказался нулевым. Другое затруднение, также отмеченное Кельвином, относилось к кинетической теории газов, разработанной еще в середине XIX столетия. Она позволяла вычислять отношение теплоемкостей газов, определенных при постоянном объеме и постоянном давлении. Эксперимент показал, что для газов, состоящих из двухатомных молекул, такое отношение равно 1,4. Теория допускала этот результат при условии, что молекулы абсолютно жесткие, а это противоречило данным об их оптических спектрах. Окончательно объяснить первую аномалию смогла только эйнштейновская теория относительности, а вторая получила объяснение лишь после создания квантовой механики.

Естественно, многие научные аномалии оказываются пустышками, возникшими из-за элементарных ошибок эксперимента или неадекватной интерпретации результатов. Так, в 1903 году весьма уважаемый французский физик-экспериментатор Рене Blondlo поразил научный мир сообщением, что газоразрядные трубки испускают ранее неизвестное проникающее излучение, не предусмотренное законами физики. У него нашлись десятки сторонников, которые опубликовали более трех сотен статей в подтверждение “открытия”. Однако через пару лет физики пришли к выводу, что “N-лучей” Blondlo попросту не существует, так что эта аномалия оказалась хоть и сенсационной, но короткоживущей. Кроме того, даже истинные аномалии чаще всего свидетельствуют о неполадках местного значения и вовсе не становятся прелюдией научных революций.

	Pioneer 10	Pioneer 11
Расстояние от Солнца (а.е.)	103,188	83,132
Скорость относительно Солнца (км/с)	12,060	11,412
Скорость относительно Солнца (а.е./год)	2,544	2,407
Небесная широта	3,0°	14,3°
Склонение (эпохи 2000 г.)	25,84°	-8,59°
Прямое восхождение (эпохи 2000 г.)	5,088 часа	18,762 часа
Курс на созвездие	Телец	Щит
Расстояние от Земли (а.е.)	103,926	82,739
Расстояние от Земли (световые часы)	14,41	11,47
Звездная величина Солнца с космического аппарата	-16,6	-17,1
Дата запуска	3 марта 1972	6 апреля 1973

сдвиги длин волн приходящих от кораблей сигналов) показал, что они удаляются от центра Солнечной системы чуть-чуть медленней, чем полагается по законам небесной механики. Создавалось впечатление, что на зонды действует не только солнечное и планетарное тяготение, но и еще какая-то очень слабая сила, ориентированная в сторону Солнца и потому создающая ускорение в этом же направлении. Величина этого ускорения была не то что малой, но совершенно ничтожной, меньше 10^{-9} м/с². Эти аберрации, называемые теперь аномалией “Пионеров”, впервые заметили в 1980 году, когда расстояние между Pioneer 10 и Солнцем достигло 20 а.е. (Pioneer 11 обнаружил их при удалении от Солнца всего на 15 а.е.).

Движение станций отслеживали сотрудники знаменитой Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory, JPL), аффилированной с Калифорнийским технологическим институтом. Они убедили руководство NASA санкционировать исследовательскую программу для изучения обнаруженной аномалии. Осуществление этой программы началось в 1995 году в партнерстве с частной калифорнийской фирмой Aerospace Corporation. Через три года участники проекта опубликовали первый отчет, основанный на радиометрических данных, полученных от Pioneer 10 в 1987–1995 годах и от Pioneer 11 до октября 1990 года. Результаты свидетельствовали, что величина аномального ускорения обеих станций почти одинакова и приблизительно равна 8×10^{-10} м/с². И было совсем уж странно, что величина этого ускорения практически не изменилась, несмотря на то что за время наблюдения каждый из зондов вдвое увеличил свою дистанцию от Солнца.

Сотрудники Лаборатории реактивного движения и дальше продолжали заниматься аномалией “Пионеров”. В 2002 году был опубликован еще один отчет, подтвердивший прежние выводы. Авторы пришли к заключению, что наиболее

правдоподобная оценка загадочного ускорения обоих кораблей составляет $(8,74 \pm 1,33) \times 10^{-10}$ м/с². Ученые не смогли объяснить эту аномалию ни одной из известных физических причин. Ее не удавалось списать ни на давление солнечного света, ни на удары частиц солнечного ветра. Эти механизмы создают чрезвычайно слабые силовые воздействия, к тому же направленные от Солнца, а не к Солнцу. Точно так же не помогал ни учет торможения корабля частицами космической пыли, ни притяжение трансеплутоновых космических тел, составляющих пояс Койпера.

Поскольку апробированная физика явно не сработала, не было недостатка в экзотических моделях. Аномалию “Пионеров” не раз пытались приписать влиянию темной материи, а также истолковывали как указание на необходимость внесения поправок в теорию тяготения – и в ньютоновскую, и в эйнштейновскую. Эту аномалию даже пробовали объяснить с помощью космологических эффектов, связанных с расширением Вселенной. В общем, гипотез возникло множество, но объяснения аномалии до сих пор как не было, так и нет.

ИЗУЧЕНИЕ АРХИВОВ

За последние несколько лет исследователи в Лаборатории реактивного движения произвели детальнейший анализ огромного массива информации, имеющей отношение к движению “Пионеров”. Окончательных выводов еще нет, но многое стало яснее. Об этом “Популярной механике” рассказал руководитель группы по изучению аномалии “Пионеров” Вячеслав Турышев.

Для начала имеет смысл вспомнить о двух классических аномалиях из истории исследования Солнечной системы. Примерно к 1840 году астрономы заметили, что движение Урана по небесной сфере немного отличается от траектории, рассчитанной на основании законов небесной механики. Когда эта аномалия сде-

лалась очевидной, ей начали искать объяснения. Одни астрономы утверждали, что орбиту Урана искажает притяжение пока что не открытой планеты, расположенной еще дальше от Солнца. Другие предлагали более радикальное решение – ньютоновский закон всемирного тяготения нуждается в поправках. Как известно, правы были первые, а вторые ошибались. Об этом свидетельствует сделанное в 1846 году открытие Нептуна, заранее вычисленного французом Урбеном Леверье и англичанином Джоном Адамсом.

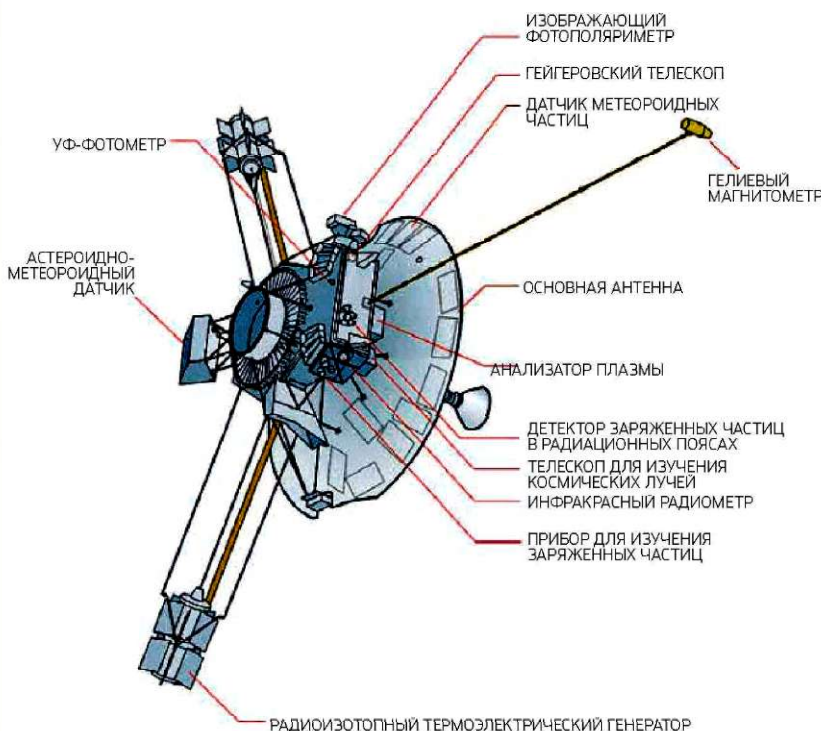
Вторая аномалия исчезла совсем иначе. Примерно в те же годы астрономы убедились, что Меркурий тоже ведет себя несколько “не по правилам”. Для интерпретации расхождений между наблюдениями и вычислениями тот же Леверье в 1855 году выдвинул гипотезу о существовании одного или нескольких небесных тел, обращающихся вокруг Солнца внутри орбиты Меркурия и практически полностью скрытых от земных наблюдателей солнечным сиянием. Эта версия оказалась ошибочной, и меркурианскую аномалию удалось полностью

объяснить лишь с помощью релятивистской теории тяготения, созданной Альбертом Эйнштейном.

“Таким образом, две очень похожие аномалии разрешились полярным образом, – говорит Турышев. – Фундаментальная теория, в контексте которой проявились aberrации движения Урана (конкретно – ньютоновская небесная механика), была оставлена без изменений, а сами aberrации удалось связать с неизвестным ранее внешним фактором – притяжением трансурановой планеты. Во втором случае все произошло ровно наоборот – неучтенные внешние помехи не обнаружались, а ньютоновская теория тяготения уступила эйнштейновской. Возникает вопрос: по какой схеме разрешится аномалия ‘Пионеров’? Нашей группе за последние годы удалось собрать воедино практически всю доступную информацию по обоим кораблям. Сюда входят и навигационные данные со станций слежения, и телеметрия с бортовой аппаратуры. Общий объем накопленных сведений по Pioneer 10 в два с половиной раза больше первоначально использовавшегося массива. А по Pioneer 11 таких данных больше в десять раз. Поэтому

АНОМАЛИЯ НЕ ПОДДАЕТСЯ ОБЪЯСНЕНИЮ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБЩЕПРИНЯТЫХ ТЕОРИЙ. ПОЭТОМУ ЕЕ ПОЯВЛЕНИЕ – СИГНАЛ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ, КОТОРЫЙ МОЖЕТ ОЗНАЧАТЬ, ЧТО КАКАЯ-ТО ОБЛАСТЬ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ НУЖДАЕТСЯ В КОРРЕКТИРОВКЕ, А ТО И ПОЛНОЙ ПЕРЕСТРОЙКЕ

НАУЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ЗОНДОВ PIONEER 10 И PIONEER 11



ВООРУЖЕН ДО ЗУБОВ

Несмотря на то что оба “Пионера” несли на борту “межзвездные открытки” (см. врезку), основной их нагрузкой стали научные инструменты для изучения окрестностей Юпитера.

Каждый аппарат нес 11 научных инструментов. При этом масса аппарата составляла менее 260 кг, а источником питания служили четыре радиоизотопных термоэлектрических генератора, работавших от тепла распада плутония-238 и выдававших на старте около 155 Вт. Для уменьшения влияния радиации на приборы зонда генераторы были расположены попарно на двух выносных трехметровых штангах. А вот компьютеров на борту зондов не было – электроника умела только принимать и выполнять команды с Земли. “Пионеры” не несли и фотокамер – фотосъемка потребовала бы стабилизации аппарата по всем трем осям, а гироскопы и двигатели не укладывались по массе и энергопотреблению. Каждый аппарат вращался вокруг продольной оси, антенна всегда смотрела на Землю. Но в NASA сообразили, что наличие эффектных снимков Юпитера – это очень хороший пиар, поэтому Том Герелс из Аризонского университета специально для “Пионеров” разработал изображающий фотополяриметр – хитрый оптический прибор, способный работать на вращающейся платформе. В эффектные снимки его сигналы преобразовывались уже на Земле с помощью компьютеров.

теперь можно с еще большей уверенностью, нежели в прошлом, утверждать, что аномалия действительно имеет место и что она практически одинакова для обоих зондов”.

ОБЪЯСНЕНИЕ НА 70%

В этом, конечно, нет ничего принципиально нового, но группе Турышева удалось сделать гораздо больше. Станции могли общаться с Землей, поскольку на них работали радиоизотопные генераторы, от которых питалась вся бортовая аппаратура. Естественно, что эти приборы выделяли тепло, которое уходило в космос в виде инфракрасного излучения. Кроме того, корабли нагревались солнечным светом и опять-таки переизлучали тепло в пространство, хотя за орбитой Сатурна этот эффект был малозначимым. Исследователям из Лаборатории реактивного движения удалось построить и просчитать математическую модель этих тепловых потоков. Очень важно, что она максимально учитывает конкретную архитектуру каждого зонда и поэтому дает возможность достоверно судить, как именно он отдает тепловую энергию.

Что же из этого получилось? Станции были стабилизированы вращением вокруг продольной оси. Тепло, которое излучалось перпендикулярно этой оси – так сказать, с боковой поверхности, – из-за вращения рассеивалось во все стороны и на движение зондов не влияло. А вот фотоны, которые уходили вдоль оси, все время сохраняли направление и поэтому создавали отдачу, которая уже могла отразиться на скорости. Один конец этой оси был направлен на внутреннюю область Солнечной системы, то есть фактически на Солнце, а другой – на ее периферию. Расчеты показали, что тепловые фотоны создавали чуть большую отдачу в сторону Солнца, нежели в противоположном направлении. Это и означает, что инфракрасное излучение зондов породило очень слабую силу, подталкивающую корабли к Солнцу.

Но почему величина аномалии была почти одинаковой за все время наблюдений, хотя мощность генераторов постепенно ослабевала из-за распада плутония? Дело в том, что бортовые приборы работали в ступенчатом режиме и с течением времени все чаще и чаще отключались. Генераторы давали все меньше энергии, однако все большая и большая часть ее расходовалась не на работу аппаратуры, а на пассивный прогрев кораблей. Поэтому и получилось, что за время наблюдений аномальное ускорение оказалось относительно стабильным.

“А теперь перейдем к самому интересному, – продолжает Вячеслав Турышев. – Наша модель объясняет это ускорение, но не полностью, а лишь примерно на 70%. Что делать с остатком, пока не ясно. Необъясненная часть составляет примерно 2×10^{-10} м/с². Интересно, что именно эту величину дают вычисления, сделанные на основании так называемой модифицированной ньютоновской динамики (Modified Newtonian Dynamics, сокращенно MOND), предложенной в 1983 году израильским физиком Мордехаем Мильгромом. Эта теория утверждает, что ньютоновская механика нуждается в поправках в тех случаях, когда она имеет дело с телами, движущимися с чрезвычайно малым ускорением. Конечно, это может быть простым совпадением, но весьма вероятно, что энтузиасты этой теории отнесутся к нашим результатам как к аргументу в ее поддержку. Сам я склонен считать, что за этот остаток несут ответственность какие-то пока не учтенные, но не такие уж экзотические причины. Впрочем, время покажет”.

Итак, аномалия “Пионеров” в основном объяснена. Но все же не закрыта. Быть может, с ней удастся окончательно справиться, не привлекая никакой новой физики, однако не исключено, что ее дальнейшее изучение принесет ученым подлинные сюрпризы. В общем, продолжение следует.