



Ведущий: Антон Перушин

## ЗА МЕСЯЦ ПРОЧИТАЛ:

Джим Аль-Халили «Парадокс. Девять великих загадок физики»

Интересная работа британского физика-теоретика и телеведущего о появлении и разрешении парадоксов, связанных с открытием новых явлений в физике и астрономии. Например, автор анализирует парадокс Ахиллеса и черепахи, парадокс Ольберса и парадокс Ферми, обсуждает демона Максвелла и кота Шрёдингера.

# МАШИНА ВРЕМЕНИ

В истории науки было множество эпизодов, когда данные наблюдений в той или иной области упорно не согласовывались с господствующей теорией и вытекающими из неё результатами расчётов. Разрешение противоречий обычно приводило к значительным открытиям, которые меняли картину мира. Самый грандиозный пример — переход от геоцентрической космологии к гелиоцентрической. Попытки (ретроградное) движение Марса на небе никак не стыковалось с теорией, что в центре Вселенной находится Земля, но стоило Николаю Копернику поместить в этот условный центр Солнце, как наблюдаемая аномалия тут же получила объяснение. И всё равно расчёты противоречили более тонким наблюдениям, потому что Коперник считал орбиты планет, в том числе Земли, круговыми — понадобился гений Иоганна Кеплера, чтобы доказать их эллиптичность. После этого теория и практика начали сходить друг с другом настолько хорошо, что позднее астрономы открыли Нептун буквально «на кончике пера», предсказав его присутствие по аномалиям в орбитальном движении Урана. Следующее фундаментальное открытие было сделано в попытке объяснить странное смещение перигелия Меркурия. Объяснение ему нашёл Альберт Эйнштейн, показавший в своей общей теории относительности, как гравитация искажает пространственно-временной континуум, влияя в том числе на орбиты планет. Учёные привыкли к такому положению вещей, поэтому относятся к аномалиям в наблюдениях с большим интересом, надеясь обнаружить за ними путь к очередным выдающимся открытиям.

## Тёмная физика

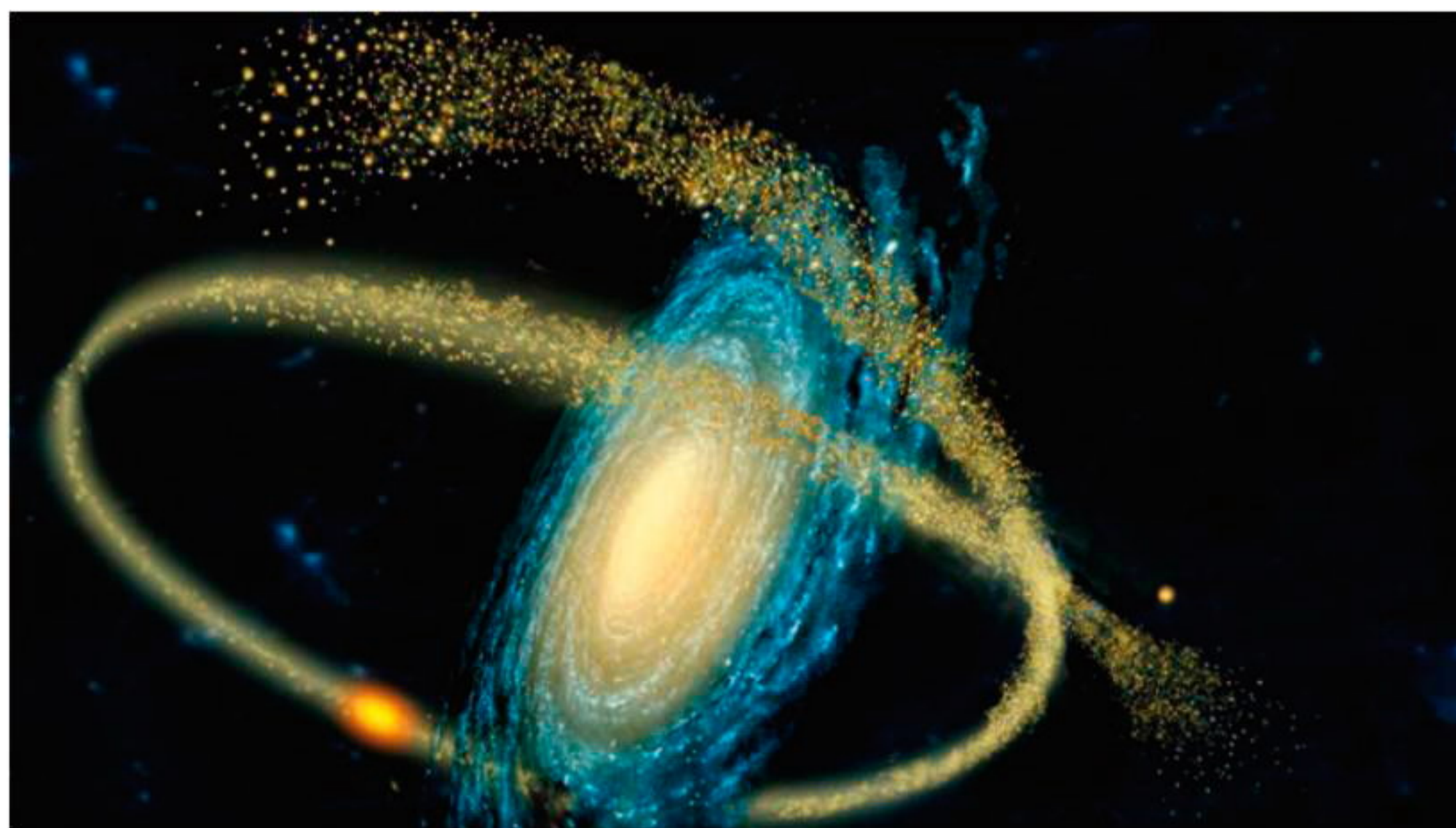
Гипотеза о существовании «тёмной материи» появилась в качестве возможного объяснения очередной аномалии, замеченной астрономом. В 1922 году голландец Якобус Каптейн, исследуя странности в движении звёзд, пришёл к выводу, что значительная часть вещества в нашей Галактике невидима. В его работе, вероятно, и был впервые использован термин «тёмная (скрытая) материя». Через десять лет гипотезу поддержал пионер радиоастрономии Ян Оорт, но широкое распространение она получила ещё через год, когда швейцарский астрофизик Фриц Цвикки вычислил радиальные скорости восьми галактик, расположенных на краю скопления Кома (созвездие Волосы Вероники), и сравнил полученные данные с аналогичными, но рассчитанными с использованием видимой яркости скопления. Он установил, что для сохранения устойчивости полная масса скопления должна быть

в четыреста раз больше, чем масса входящих в него звёзд. На основании этого Цвикки предположил, что в скоплении присутствует значительный запас вещества, которые остаётся для нас невидимым, но оказывает сильнейшее гравитационное воздействие на галактики, не давая им распасться. Цвикки ошибся в расчётах на порядок, но поздние, более точные и тщательные измерения подтвердили: масса скопления Кома, если её вычислять двумя разными способами, по результату не сходится в разы!

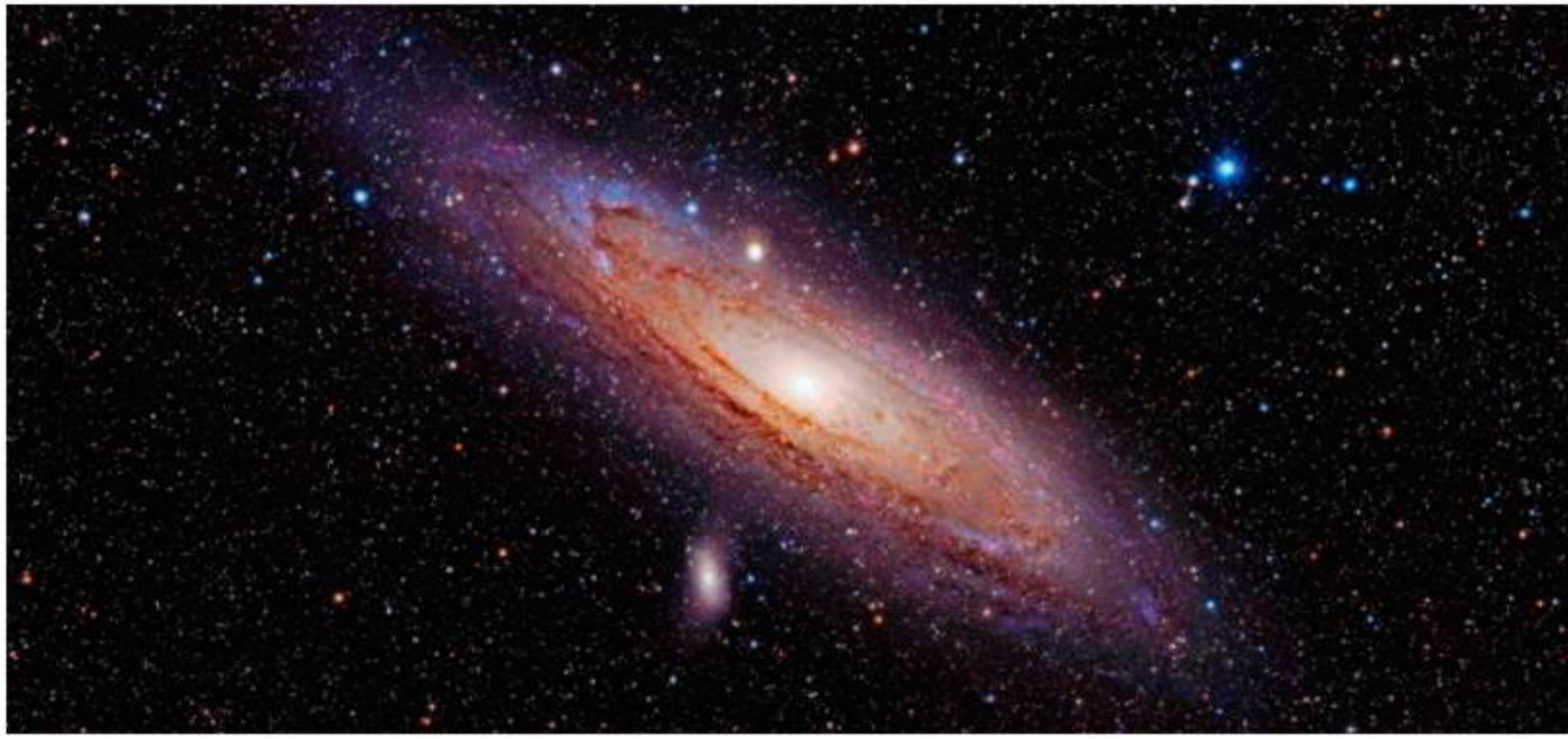
Впрочем, прежде чем делать соответствующие обобщения, требовалось доказать, что подобный эффект наблюдается и у других объектов обозримого космоса. В 1939 году американский астроном Хорес Бэбкок, исследуя вращение ближайшей к нам галактики М31 (Туманность Андромеды), обнаружил, что скорость вращения звёзд вокруг её центра не уменьшается, как предска-

зывала небесная механика, обратно пропорционально квадрату расстояния, а остаётся почти постоянной. Это означает, что галактика на всём своём протяжении содержит значительную массу невидимого вещества. Бэбкок, правда, не стал связывать аномалию с непонятной «тёмной материей», а высказал предположение, что, вероятно, в наружной части М31 происходят какие-то процессы, меняющие её динамику.

К гипотезе «тёмной материи» астрономы вернулись в 1960-е годы, когда появились новые точные инструменты для изучения Вселенной. Прежде всего было установлено, что постоянная скорость вращения звёзд в галактиках — это не уникальное явление, характерное только для Туманности Андромеды, а вполне типичное. В 1975 году на конференции Американского астрономического общества выступили Вера Рубин и Кент Форд, которые заявили, что им удалось получить надёжные данные, свидетельствующие о значительном рассогласовании между теорией распределения масс в галактиках и наблюдаемой реальностью. Учёные использовали самый современный и чувствительный спектрограф, позволявший определять скорость вращения ветвей спиральных галактик даже при виде «с ребра». И установили, что подавляющее большинство звёзд в галактиках движутся по своим орбитам с одинаковой угловой скоростью, подтверждая невероятное допущение: плотность массы в галактиках распределена равномерно, она практически не отличается как в регионах, где находится большинство звёзд (балдж), так и там, где звёзд мало (на краю диска). Ещё через три года наблюдения Рубин и Форда получили независимое подтверждение, а в 1980 году







астрономическое сообщество окончательно признало правоту их выводов. Тогда же Рубин установила, что для согласования теории с практикой галактики должны содержать в шесть раз больше невидимой материи, чем той, которую мы способны разглядеть в телескопы.

Тогда же начали поступать и другие доказательства. Во-первых, изучение движения в системах двойных галактик выявило колоссальное влияние на него «тёмной материи», явно нарушающее классические законы небесной механики. Во-вторых, без «тёмной материи» эллиптические галактики быстро теряли бы свой горячий газ, чего не наблюдается. В-третьих, сама «тёмная материя» изгибает свет, о чём свидетельствует эффект гравитационного линзирования.

Сегодня считается, что доля «тёмной материи» составляет 84,5% от всей материи, содержащейся во Вселенной.

Идея «тёмной материи» пригодились космологам, когда они не смогли обнаружить предсказанную теорией происхождения Вселенной неоднородность в реликтовом излучении (космическом микроволновом фоне) и объяснить через это возникновение галактических структур. Введение в модель неких частиц, почти не взаимодействующих с обычным веществом, но зато очень тяжёлых, позволяло обойти возникшее затруднение. Однако в начале 1990-х годов неоднородность реликтового излучения была всё-таки выявлена с помощью космической обсерватории COBE (Explorer 66). Казалось, вопрос закрыт, но «тёмная материя» уже настолько очаровала учёных, что они не отказались от неё, а, наоборот, занялись поисками её «носителя» на субатомном уровне.

Проблема в том, что «тёмная материя» не взаимодействует с электромагнитным излучением (в том числе с видимым светом), поэтому её нельзя обнаружить традиционными методами. Хуже того, исследование движения четырёх сотен звёзд, находящихся в радиусе 13 000 свето-

вых лет от Солнца, не показало какого-либо влияния «тёмной материи», и учёным пришлось сделать вывод, что её в нашей области космоса ничтожно мало (около 500 граммов на объём земного шара), то есть зарегистрировать частицу такого вещества невероятно трудно, если вообще возможно. В последнее время было несколько «ложных тревог», когда космические гамма-телескопы (Compton и Fermi) вроде бы фиксировали проявления «тёмной материи», но позднее выяснилось, что это было либо ошибкой интерпретации, либо результатом флуктуации.

Физики пытались решить проблему теоретически, определив параметры гипотетического вещества в опоре на Стандартную модель элементарных частиц. В качестве претендентов рассматривались нейтрино (но они слишком лёгкие) и такие гипотетические частицы, как аксионы, космоны, гравитоны, гейджино, вимпы, магнитные монополи и другие. Вызывает вопросы и наблюдаемое распределение «тёмной материи» в пространстве: ведь если она гравитационно взаимодействует с обычным веществом, то должна стягиваться в центры галактик так же, как обычное вещество, однако этого не происходит — напротив, она заполняет гало в межгалактической среде.

Понятно, что странности в поведении «тёмной материи» вызывают инстинктивный протест у ряда

физиков, поэтому они отказываются признать её существование, объясняя аномалии в распределении галактических масс другими способами. Например, упомянутая Вера Рубин полагает, что разумнее доработать классические теории, чем вводить в модель принципиально новый класс субатомных частиц. Она сторонница модифицированной ньютоновской динамики (MOND), которая была предложена Мордехаем Милгромом в 1983 году и пока остаётся маргинальной.

Однако новейшие исследования, похоже, вскоре заставят научный мир пересмотреть своё отношение к «тёмной материи». Группа физиков из университета Кейс Вестерн Резерв (Кливленд, штат Огайо) опубликовала 19 сентября статью, в которой анализируются результаты наблюдений 153 галактик с помощью инфракрасного телескопа Spitzer, причём в поле зрения попали и спиральные галактики типа нашей, и галактики неправильной формы, и гигантские галактики, и карликовые. Исследование проводилось для того, чтобы уточнить степень влияния «тёмной материи» на вращение звёзд. И внезапно выяснилось, что никакого влияния нет вовсе, а известные аномалии отлично объясняются распределением нормального вещества.

Авторы открытия предполагают, что их результаты кардинально расходятся с предшествующими, потому что впервые для оценки массы далёких астрономических объектов использовались снимки в инфракрасном диапазоне, а не в видимом свете. Многие такие объекты выглядят очень тусклыми, что, вероятно, и приводило к ошибкам при подсчёте их реальной массы. Если данные подтвердятся, то на космологической модели, в основу которой положена гипотеза о существовании «тёмной материи», можно уверенно ставить крест, причём даже не прибегая к пересмотру классической физики.

