



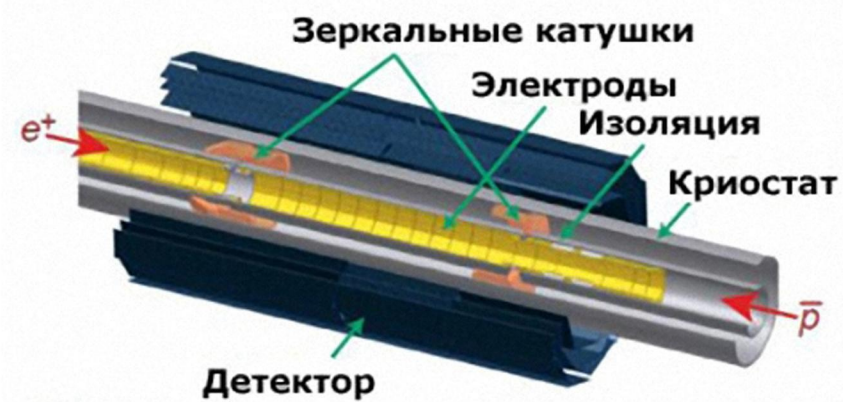
МАЙ 2011

Подготовлено группой Ф-36пр

## ПОСЛЕДНИЕ НОВОСТИ ИЗ МИРА ФИЗИКИ

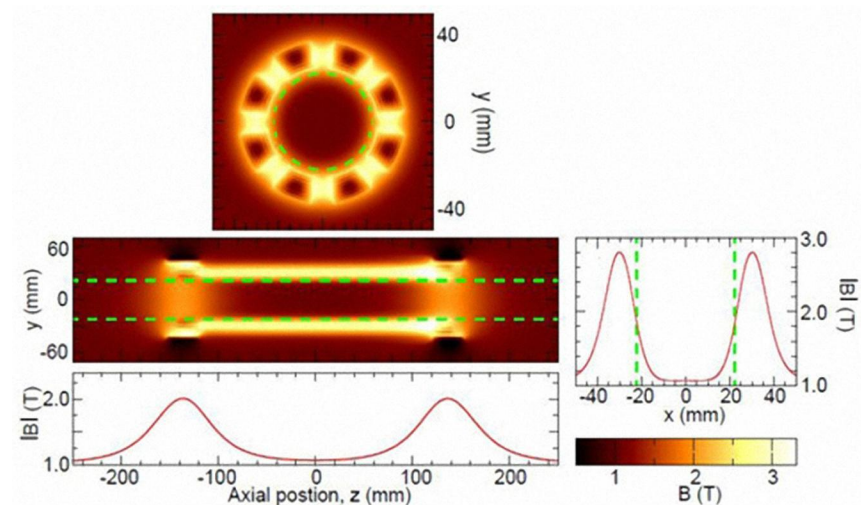
### ФИЗИКИ УДЕРЖАЛИ АНТИМАТЕРИЮ НА 17 МИНУТ

Рекордом увенчался эксперимент ALPHA, проводимый в Европейском центре ядерных исследований (CERN). 309 атомов антиводорода в течение 1000 секунд смогли сохранить учёные в ловушке до аннигиляции. Таким образом, по сравнению с прошлым экспериментом время удержания было увеличено на четыре порядка. Что интересно, предыдущее достижение (38 антиатомов и 172 миллисекунды) принадлежит той же группе учёных.



Схематическое изображение усовершенствованной ловушки. Пучок антипротонов входит в неё справа, навстречу направляются позитроны. Получаемый антиводород захватывается окупольным магнитом (здесь не показан) и магнитными зеркалами (иллюстрация G. V. Andresen et al.).

Удержать антивещество не так-то просто — не обладая зарядом, оно не «останавливается» электрическим полем и в течение микросекунд после появления аннигилирует, попадая на стенки ловушки. Для того чтобы поймать атомы антиводорода, учёные сильно охлаждают ловушку и используют магнитное поле сложной конфигурации.

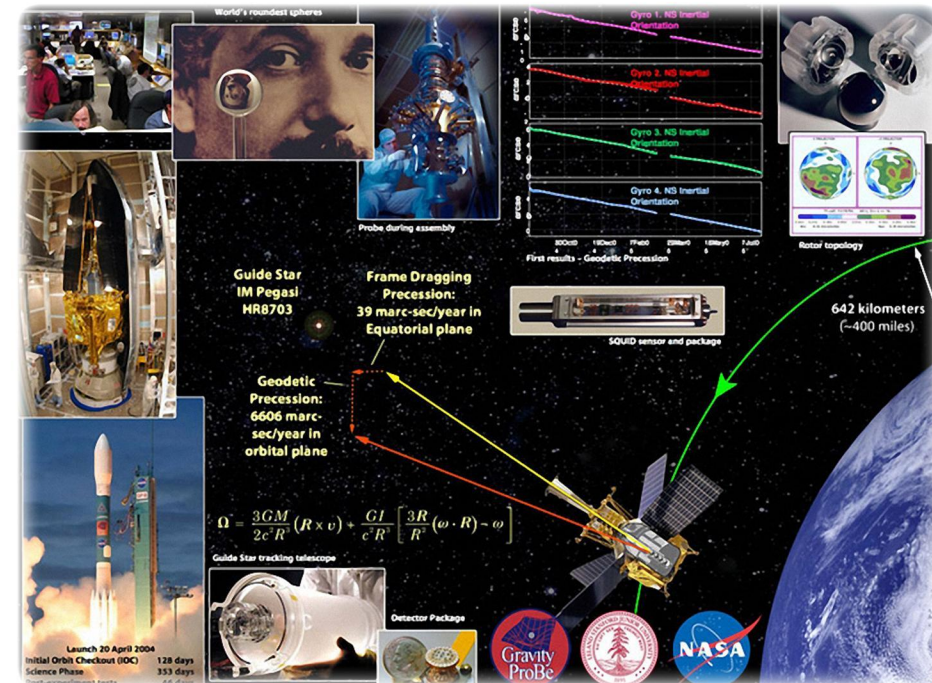


Светло-зелёными штрихами отмечены внутренние стенки ловушки, цвет отображает индукцию магнитного поля (также показана на графиках) (иллюстрация G. V. Andresen et al.).

Нынешнее достижение (статья авторов работы пока опубликована на сайте препринтов ArXiv.org) открывает дорогу новым экспериментам с антивеществом.

Например, физики CERN планируют исследовать, как воздействует на антивещество гравитация (отталкивает или притягивает). Ранее выяснить это было невозможно: слишком мало антиатомов было на руках у учёных, а время жизни частиц было очень коротким.

### ЭЙНШТЕЙНОВСКОЕ ИСКРИВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА ДОКАЗАНО ОКОНЧАТЕЛЬНО



Учёные, обрабатывающие данные уникального космического эксперимента, объявили о правоте Эйнштейна. После вычета всех технических погрешностей, вызванных несовершенством аппаратуры, в числе остался «след» от воздействия нашей планеты на пространство-время.

«Эйнштейн выжил!» — провозгласил 4 мая на пресс-конференции в Вашингтоне научный руководитель миссии Gravity Probe B профессор Френсис Эверитт (Francis Everitt) из Стэнфорда (Stanford University). Выступивший в штаб-квартире американского космического агентства физик рассказал об окончательных итогах многолетнего проекта по практической проверке общей теории относительности (ОТО).

Напомним, ещё в 2004 году для измерения тонких эффектов влияния Земли на окружающее пространство-время американцы запустили спутник Gravity Probe B, который завершил свою работу в 2005-м.



В конструкции спутника было учтено множество требований физиков по снижению любых побочных воздействий, способных внести искажения в результаты измерений. И замысел действительно сработал, хотя не настолько идеально, как планировали разработчики эксперимента (иллюстрация Stanford University).

На спутнике были установлены беспрецедентно точные гироскопы, а сам аппарат был постоянно нацелен на далёкую звезду в качестве опорной точки (на заглавном рисунке — guide star). Аппаратура спутника ловила дрейф оси гироскопов с погрешностью в десятитысячные доли угловой секунды.

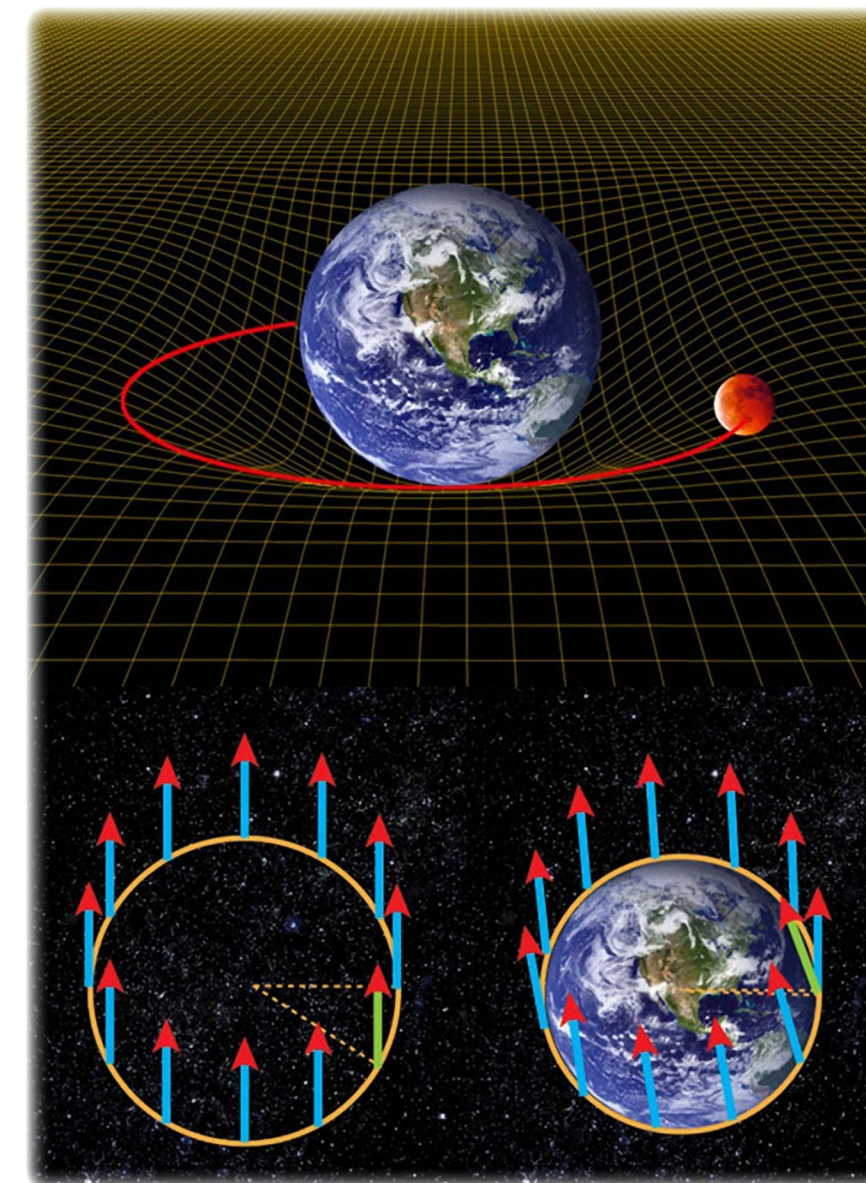
В 2007 году американцы официально обнародовали первые результаты обработки собранных данных. Для ОТО они выглядели очень радужно. Но тогда же было упомянуто об обнаруженных дополнительных силах, связанных с конструкцией спутника.

Подробнее об этих досадных помехах скажем ниже, пока нужно лишь отметить, что вычисление поправок на посторонние факторы заняло у группы физиков пять лет! Фактически они спасли весь проект, заново перелопатив гигабайты исходной информации.

И вот теперь исследователи вынесли окончательный вердикт — Земля действительно искривляет пространство вокруг себя в полном соответствии с уравнениями теории относительности.

При высоте полёта спутника в 642 километра длина окружности его орбиты превышает 40 тыс. км. Полёт аппарата показал, что точное значение этой длины примерно на три сантиметра меньше, чем следует из евклидовой геометрии, то есть рассчитанное по известной любому школьнику формуле  $2\pi R$ .

Так происходит из-за того, что масса Земли словно прогибает пространство, создавая «ямку» и нарушая плоскую геометрию космоса. Это явление называется геодезическим эффектом, отражающимся в постепенном повороте оси гироскопа в плоскости орбиты спутника (на заглавном рисунке — geodetic precession).



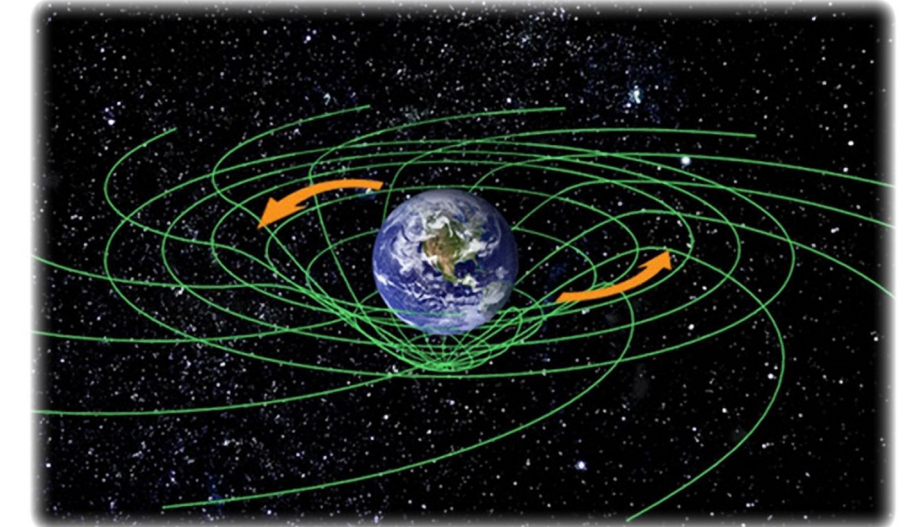
Вверху: наглядное представление геодезического искажения пространства-времени. Его чувствует даже Луна, что подтверждено прецизионными измерениями её движения по орбите при помощи лазеров и оставленных на Селене отражателей. Внизу: объяснение смещения оси гироскопа, вызванного геодезическим «прогибом» ткани пространства-времени. Детали — в тексте (иллюстрации Gravity Probe B).

Посмотрите на схему выше. На левом рисунке представлено пространство в классической физике, или просто участок космоса без планеты. В нём отмечен круг диаметром 12 745 километров. Длина этой окружности (округлённо) — 40 тыс. км. Бега по ней, гироскоп всё время сохраняет ориентацию своей оси (она отмечена стрелками).

Справа показана реальная ситуация. Масса Земли стягивает пространство-время, условно говоря, в неглубокий конус. Это искажение можно представить как вырезание из пирога

небольшого клина (пунктирные линии на обоих рисунках, угол клина преувеличен для наглядности). В результате окружность стягивается на 2,8 сантиметра. В случае со спутником ось его гироскопа по мере прохождения орбиты всё время отклоняется на небольшой угол, и за год эта ошибка накапливается настолько, что её уже могут поймать приборы.

Второй эффект — «увлечение рамы», то есть явление увлечения инерциальной системы координат вращающейся Землёй. «Это как если бы наша планета была погружена в мёд», — сравнивает Френсис. Данный эффект приводит к медленному отклонению оси вращения гироскопа в экваториальной плоскости (на заглавном рисунке — frame-dragging precession). Gravity Probe B обнаружил и его.



А так наглядно можно представить закручивание пространства вращающейся Землёй (иллюстрация Gravity Probe B).

Как пишет Science, точность измерения двух описанных эффектов составила 0,25% и 19%.

С одной стороны, это попадание в цель (полученные значения отклонения осей гироскопов согласуются «с Эйнштейном»). Но с другой — это не то, на что рассчитывали авторы опыта в самом начале. Кстати, в целом этот эксперимент со спутником был задуман, страшно сказать, аж в 1959 году! Но только в XXI веке техника позволила реализовать идею.

Одно из достижений создателей аппарата — идеальные сферы, работавшие в качестве роторов гироскопов. Они были сделаны из кварца и покрыты сверхпроводящим ниобием для создания магнитного поля. На спутнике сферы подвешивались в вакууме в камере, хорошо изолированной от внешних магнитных полей и охлаждённой до 1,8 кельвина.

По размеру роторы были с шарик для пинг-понга. Они были сделаны из очень однородного материала. А отклонение их поверхности от идеальной сферы составило менее 10 нанометров (это несколько атомов). Если такой шарик увеличить до размеров Земли, на ней не было бы холмов выше трёх метров.

Колоссальная механическая точность сфер должна была привести к высочайшей же точности измерения эффектов ОТО, но подвёл фактор, которому при проектировании миссии не придали должного значения.

Чудо-сферы оказались недостаточно сферичны не по геометрии, а в электромагнитном плане. В процессе изготовления они захватили некоторое количество электрических зарядов, которые потом повлияли на вращение этих пробных тел.

Такой просчёт и привёл к снижению общей точности опыта, хотя принципиально эффекты ОТО были подтверждены. Но данная облошность послужила поводом для критики авторов проекта со стороны некоторых коллег-физиков.

Мало того что команде Gravity Probe B теперь нужно убеждать научный мир в полной корректности всех внесённых поправок, так ей ещё и высказывают упреки в отношении неразумно потраченных денег. Ведь вся миссия обошлась государственной казне в \$760 миллионов.

Между тем ещё в 2004 году другая группа учёных с 10-процентной точностью измерила эффект «увлечения рамы» куда более дешёвым методом. Они вычислили отклонение орбит двух старых спутников за десятилетие.

Так или иначе, по словам Эверитта, эксперимент Gravity Probe B подтвердил два глубоких предсказания теории Эйнштейна.

Подробнее о впечатляющем достижении инженеров и физиков можно прочесть в пресс-релизах NASA и Стэнфордского университета. Полный научный отчёт о результатах проекта Gravity Probe B вскоре должен выйти в журнале Physical Review Letters.