

# ВАРП-ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ МЕЖЗВЕЗДНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ — ФАНТАСТИКА ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Используя волну для создания искривленного пузыря в «метрике Алькубьерра», который искажает пространство-время, сжимая пространство перед ним, пока его задняя часть растягивается, теоретически перемещение варп-пузыря может намного превышать скорость света.

По мере того, как растет понимание нашего места во Вселенной, увеличивается интерес к контактам со звездными иными мирами. И это не праздное любопытство. Если человечество хочет выжить, нам в конечном итоге нужно стать космической цивилизацией. Земля сталкивается с рядом угроз, которые могут легко привести к концу человечества. К ним относятся астероиды, солнечные вспышки, близлежащие сверхновые звезды, блуждающие звезды и планеты.

## ОБОЙТИ ТЕОРИЮ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА, ПРЕОДОЛЕВ СКОРОСТЬ СВЕТА

Проблема космических путешествий заключается в огромном количестве времени, которое потребуется, чтобы путешествовать между ними. Используя лучшие средства движения, которые у нас есть сейчас, нам потребовались бы десятки тысяч лет, чтобы достичь ближайшей звезды. Главной проблемой является ограничение космической скорости, открытое Эйнштейном. Это говорит о том, что ничто не может двигаться быстрее скорости света — 299 792 458 метров в секунду.

В 1994 г. физик Мигель Алькубьерре предложил способ двигаться быстрее, если совершить поездку на пузыре в пространстве-времени с помощью диска Алькубьерра. Математические выкладки и научная база для создания настоящего варп-двигателя не противоречат Общей теории относительности. Он заинтересовался этим способом межзвездных путешествий после того, как увидел его в действии — при преодолении гигантских расстояний в научно-фантастических произведениях.

**Автор — Николай Макаренко**

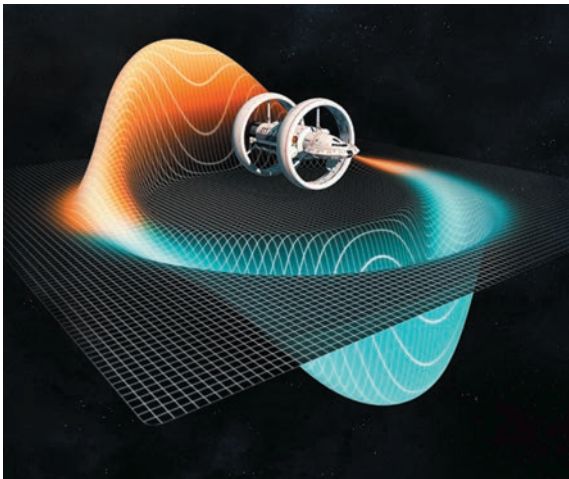
В «метрике Алькубьерра» можно использовать волну для создания искривленного пузыря, который искажает пространство-время, сжимая пространство перед ним, пока его задняя часть растягивается. Теоретически перемещение варп-пузыря может намного превышать скорость света.

Если бы транспортное средство находилось внутри такого пузыря, оно быстро переместилось бы вместе с ним. Его собственная скорость будет иметь гораздо меньшее значение, чем скорость пузыря. Поскольку сам корабль будет нормально путешествовать через свою текущую область пространства-времени внутри пузыря, никакие релятивистские эффекты не будут задействованы. Подумайте о мухе внутри движущегося автомобиля, обеспечивающего свое собственное движение вперед, назад и из стороны в сторону.

## СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА

Варп-двигатель расширяет и сжимает пространство-время вокруг корабля и его пузыря. Аппарат в принципе не ускоряется и не движется. Двигается материя вокруг него и таким образом толкает его вперед. Сжатие пространства-времени перед космическим аппаратом будет тянуть его, а расширение позади

**Как и авионике, ядерным исследованиям, космическим исследованиям, электромобилям и многообразным ракетным ускорителям, Alcubierre Warp Drive, похоже, суждено стать одной из тех концепций, которым придется пробиваться в гору. Но если эти другие исторические случаи являются какой-либо индикацией, в конечном итоге это может пройти точку невозврата и внезапно показаться совершенно возможным! ▶**



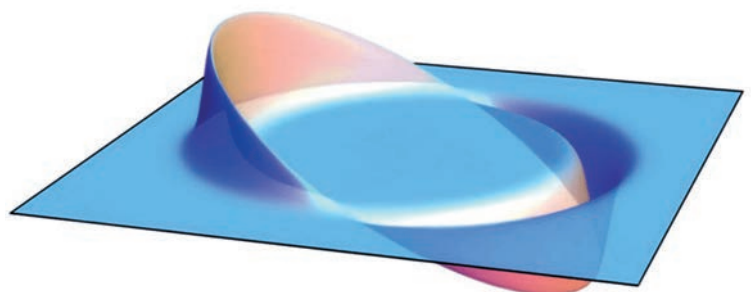
Теория деформации Алькубьерра работает не на том, чтобы толкать что-либо быстрее света. Вместо этого его искривляющее движение создает пузырь, который буквально деформирует пространство: сжимая его спереди и растягивая его сзади. Если бы вы находились на космическом корабле, путешествующем внутри такого пузыря, вы бы все равно двигались со скоростью света, но вы бы по существу путешествовали на расстояния, которые были сжаты короче, как если бы вы ехали на гребне волны через пространство-время. ©Wikipedia

него будет продолжать это движение вперед. Эйнштейн показал, что пространство-время может искривляться массой или энергией, следовательно, им можно манипулировать и другими способами. Причина, по которой этот корабль мог бы двигаться быстрее света, — в том, что Общая теория относительности гласит, что ничто в пространстве не может преодолеть предел скорости, однако нет никакого предела скорости для расширения или сжатия самого пространства. Мы ничего не движем в пространстве — мы движем само пространство.

Работа Алькубьерре была обнадеживающей и впечатляющей, но в ней было и немало дыр. В оригинальной работе он теоретизировал, что для обеспечения такого корабля достаточной мощностью понадобилось бы очень много отрицательной энергии. Проблема заключается в том, что отрицательная энергия неуловима, даже многие физики сомневаются в ее существовании, не говоря уже о том, что нам удастся произвести огромные ее объемы.

## ФАНТАСТИЧЕСКИЕ МЕЧТЫ

В некоторых моделях — например, в концепции Гарольда Уайта — космический аппарат на варп-двигателе может двигаться в 10 раз быстрее света. На такой скорости мы смогли бы добраться до ближайшей экзопланеты — альфы Центавра B b — всего за шесть месяцев, несмотря на то, что она находится более чем в четырех световых годах от Земли. Самые быстрые современные аппараты могут достигать скорости чуть выше 32 тыс. километров в час: путешествие до альфы Центавра B b



Визуализация варп-поля согласно двигателю Алькубьерре/© AllenMcC



Концепт межзвездного космического корабля NASA с варп-двигателем IXS Enterprise

на такой скорости займет 142 тыс. лет. 32 тыс. км/ч — это около 0,003 % скорости света.

Путешествие на такой скорости позволило бы человечеству преодолеть космологический горизонт и исследовать не только свою Вселенную, но и Мультивселенную. Теоретически у скорости варп-двигателя есть предел, но даже эти теоретические пределы дали бы нам возможность перемещаться в новые галактики за долю доли секунды. В качестве преимущества корабль смог бы ускоряться и замедляться, а пассажиры бы не испытывали замедления времени.

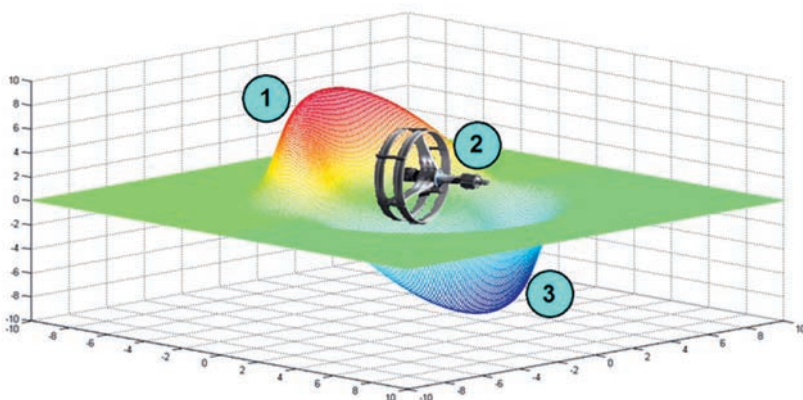
## КОСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ РЕАЛЬНЫ

К сожалению, все еще не ясно, существует ли вообще отрицательная материя в нашей Вселенной (есть предположение, что она может быть доминирующей формой материи в отдаленных областях космоса, которые, по-видимому, почти полностью лишены галактик; положительная материя будет постепенно «отталкиваться» в отдельные регионы, где образуются нормальные галактики и звезды).

Даже если объекты не могут двигаться быстрее скорости света, кажется, что само пространство (в соответствии с тем, что в настоящее время известно об общей теории относительности) может. Пространство может расширяться быстрее скорости света, унося очень далекие галактики от Солнечной системы быстрее, чем свет, даже если они находятся в состоянии покоя относительно своих локальных соседей в космосе. Кажется, что пространство-время можно расширить или сжать с любой скоростью. В этом случае космическое путешествие быстрее скорости света оказалось



Alcubierre Warp Drive растягивает пространство-время в волне, заставляя материю пространства перед космическим кораблем сокращаться и пространство позади него увеличиваться. Корабль может плыть по волне, чтобы разогнаться до высоких скоростей и путешествовать во времени. Диск Alcubierre, также известный как метрика Alcubierre или Warp Drive, представляет собой математическую модель пространства-времени, демонстрирующую особенность, напоминающие о вымышленном «приводе деформации» из Star Trek, который может путешествовать «быстрее, чем свет»



◀ Вертикальное измерение представляет, насколько данный объем пространства-времени расширяется или сжимается в модели Алькубьерре. Положительные значения [красный] подразумевают расширение в пространстве-времени, вызванное отрицательной плотностью массы-энергии в теории общей теории относительности Эйнштейна. Когда пространство-время расширяется позади корабля, оно продвигает корабль вперед (1). Внутри варп-пузыря нейтральное пространство-время оставит корабль в покое. Пассажиры будут испытывать атмосферу невесомости (2). Отрицательные значения [синий] подразумевают сокращение в пространстве-времени, вызванное положительной (т. е. «нормальной») плотностью массы-энергии. Сжатие уравновешивает расширение пространства-времени, когда пузырь движется вперед. В совокупности это позволяет кораблю «путешествовать» по фронту гравитационных волн (3)

бы возможным, если просто расширяется пространство позади и сужается — впереди транспортного средства.

Это может быть достигнуто путем применения огромного количества отрицательной энергии (отрицательной массы, отрицательной гравитации) за пределами «искривленного пузыря» нормали, окружающей данный объект. Мексиканский физик Мигель Алькубьерре продемонстрировал, что концепция возможна, по крайней мере, в принципе, но на практике она требует невероятно большого количества отрицательной энергии.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ «СОЗДАНИЯ» ВАРП-ДРАЙВА АЛЬКУБЬЕРРА

Привод деформации, предложенный Алькубьерре, может достигать скоростей, близких к скорости света и даже превышающих скорость света, искажая пространство-время. Для этого теоретическое устройство должно генерировать поле отрицательной энергии, которое будет сжимать или растягивать пространство-время, создавая пузырь. Пузырь рассекает искажения, как серфер на волне.

Как свидетельствует однородность космического микроволнового фона от Большого взрыва, что объясняется инфляционной космологией, пространство-время может расширяться настолько быстро, что объекты могут двигаться быстрее скорости света. Поэтому современные физические модели обычно допускают существование искривленного поля, которое может ускорять объекты быстрее, чем скорость света.

Реальный вопрос, который следует решить, заключается в том, может ли такое поле деформации существовать в макроскопических мас-

штабах и если да — может ли оно оставаться стабильным в течение достаточно длительного времени, чтобы наблюдать его воздействие, например, на свет в лазерном интерферометре. Более того, неизвестно, как это технологически возможно, т. е. при каких условиях материя создает отрицательную плотность энергии.

В 1948 г. физики-теоретики Хендрик Казимир и Дирк Полдер предположили, что отрицательное давление может существовать из-за квантовых флуктуаций вакуума (отклонений от среднего значения случайной величины), действующих в очень малых масштабах в пространстве и времени. Если две незаряженные металлические пластины разместить в вакууме в нескольких микрометрах друг от друга, то между внутренней и внешней сторонами пластин, из-за разницы плотности энергии вакуума и за счет квантовой флуктуации, создается некоторое усилие (давление).

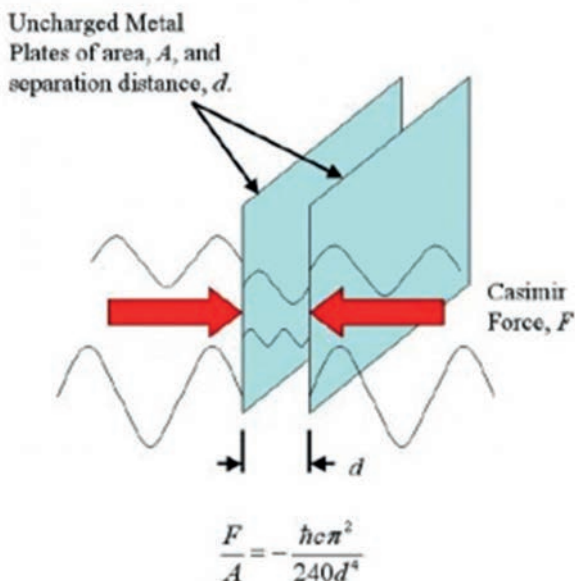
В классическом описании отсутствие внешнего поля автоматически означает, что между пластинами нет поля, и между ними не будет измеряться сила. Однако когда поле нулевой точки вместо этого исследуется с использованием вакуума КЭД квантовой электродинамики, видно, что пластины действительно воздействуют на виртуальные фотоны, которые составляют поле, и генерируют суммарную силу.

Сила может создавать либо притяжение, либо отталкивание, в зависимости от конкретного расположения двух пластин.

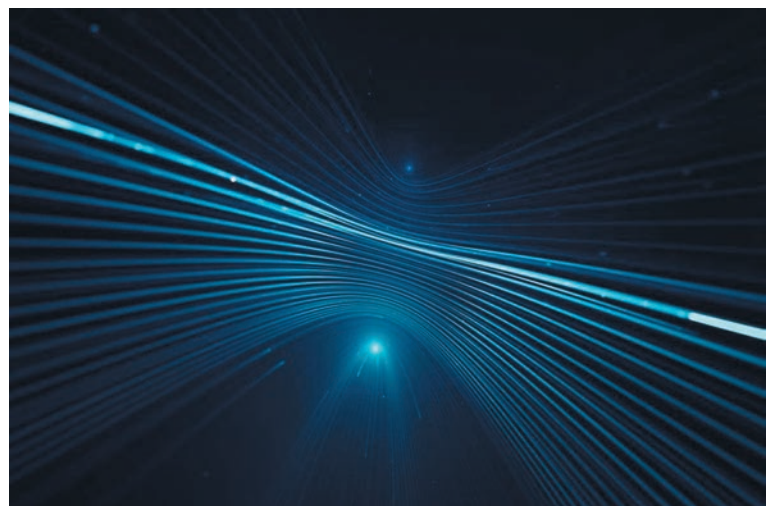
Хотя эффект Казимира может быть выражен в терминах виртуальных частиц, взаимодействующих с объектами, он лучше всего описан и более легко рассчитывается в терминах энергии нулевой точки квантованного поля в промежуточном пространстве между объектами.

Однако только в 1997 г. прямой эксперимент Стива Ламоро позволил количественно измерить силу (с точностью до 15 % от значения, предсказанного теорией). В предыдущих работах 1970-х гг. сила наблюдалась качественно, а косвенное подтверждение предсказанной энергии Казимира было получено путем измерения толщины пленок жидкого гелия Сабиски и Андерсоном в 1972 г. Последующие эксперименты с жидким гелием-3 приближаются к указанным с точностью до нескольких процентов.

Используя конденсаты Бозе-Эйнштейна, можно также подавить фоновые эффекты, возникающие между отдельными молекулами, такими как силы Ван-дер-Ваальса, которые помогут количественно определить необходимые граничные условия



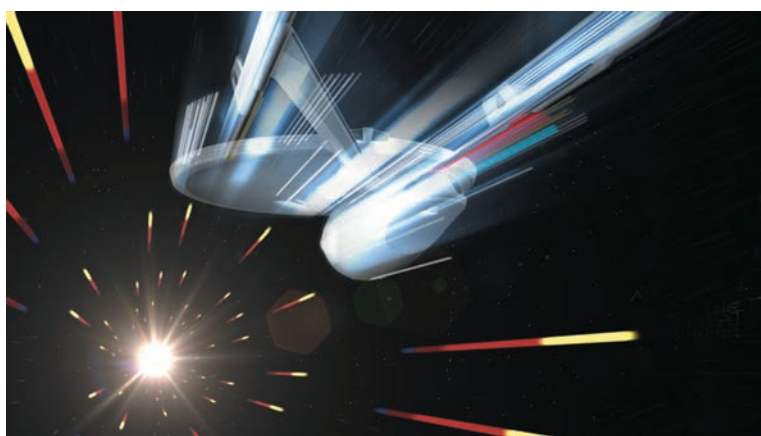
Классическая экспериментальная установка эффекта Казимира



Недавнее открытие гравитационных волн учеными LIGO стало доказательством правильности предсказаний Эйнштейна. Экспериментально доказано, что пространство-время может «искривляться» и изгибаться в присутствии огромных гравитационных полей, и это распространяется по всему миру



Мы еще не знаем, как создать варп-пузырь, и если бы мы могли и поместили в него транспортное средство, мы не знаем, как его вернуть, как только он достигнет желаемого пункта назначения. И все же математические выкладки и экспериментальные данные показывают, что у варп-двигателей может быть шанс



Путешествие на такой скорости позволило бы человечеству преодолеть космологический горизонт и исследовать не только свою Вселенную, но и Мультивселенную. Теоретически у скорости варп-двигателя есть предел, но даже эти теоретические пределы дали бы нам возможность перемещаться в новые галактики за долю доли секунды

во втором квантовом расчете квантовой электродинамики. Это позволило бы эффекту вакуума стать доминирующим в среде и позволить более прямое наблюдение отрицательной плотности энергии, влияющей на него.

Это также может позволить провести дальнейшие исследования в области физики твердого тела о том, как можно контролировать эффект Казимира на наноуровне и какие физические и прикладные возможности можно получить из него.



Некоторые из этих исследований, хотя и абстрактные, могут помочь нам понять, как электронные переходы происходят в наименьшем масштабе и как подавить шум, такой как вызванный эффектом Казимира, в наноразмерных схемах, таких как в возникающих полях квантовых схем. Поэтому, исследуя некоторые глубокие вопросы физики и изучая такие теории, как «Приводы деформации», мы можем найти много знаний и предложений для некоторых интересных экспериментов, возможно, даже наткнувшись на основы самого движения варпа.

## ПРОБЛЕМЫ

Самая большая проблема, которую необходимо преодолеть, — это ошеломляющее количество энергии, которое может потребоваться при создании пузыря: энергетический эквивалент массы Юпитера. (Это на самом деле представляет собой улучшение по сравнению с более ранними оценками, которые требовали эквивалента массе всей Вселенной.) Ученые надеются, что однажды экзотическая материя может обеспечить средства для получения необходимой энергии благодаря достижениям в квантовой физике, квантовой механике и метаматериалах. НАСА при этом уже **изучает создание пузырьков деформации**, рассматривая использование объекта, не большего, чем космический корабль *Voyager*. «То, что это делает, — это переводит идею из категории *абсолютно невозможного в, возможно, правдоподобное*», — сказал Гарольд Уайт из Eagleworks Laboratories NASA: Advanced Propulsion.

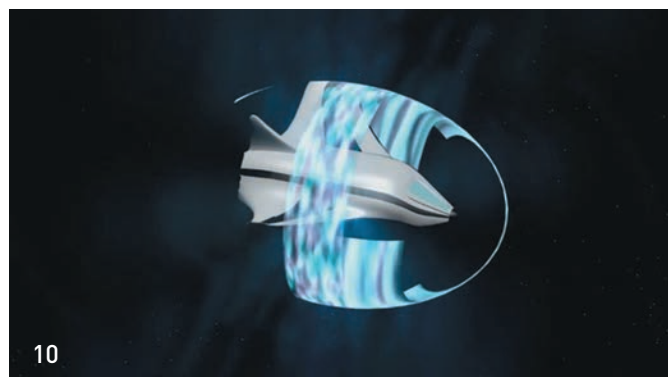
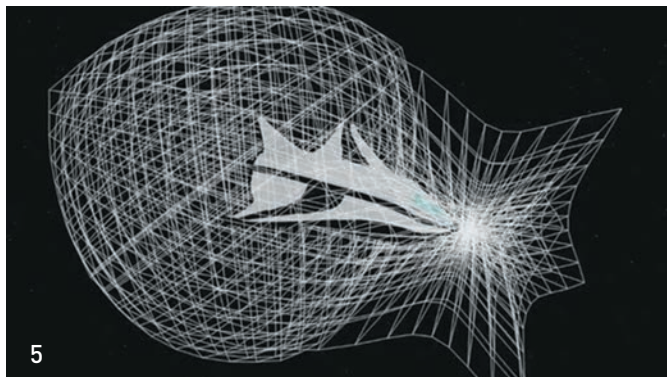
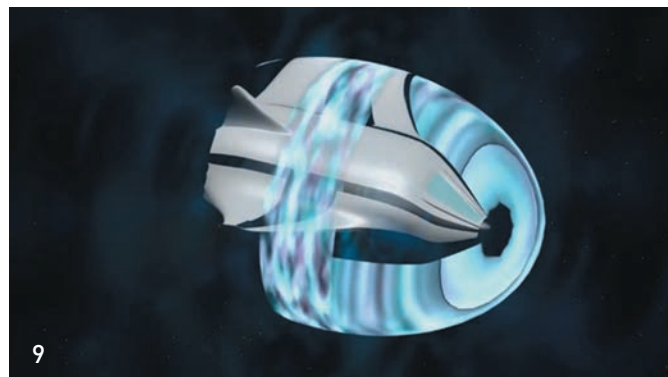
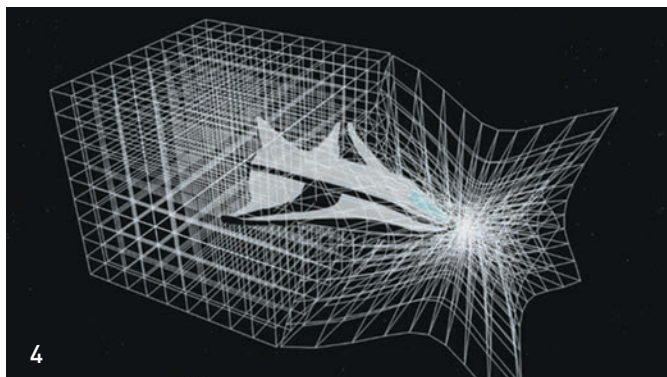
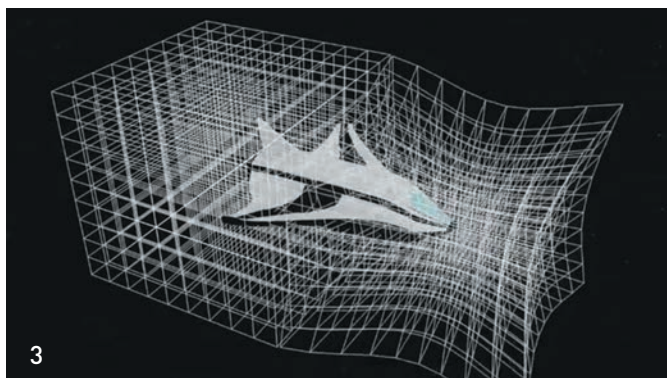
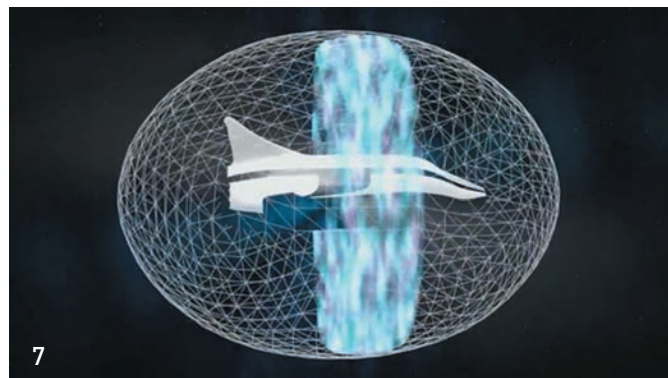
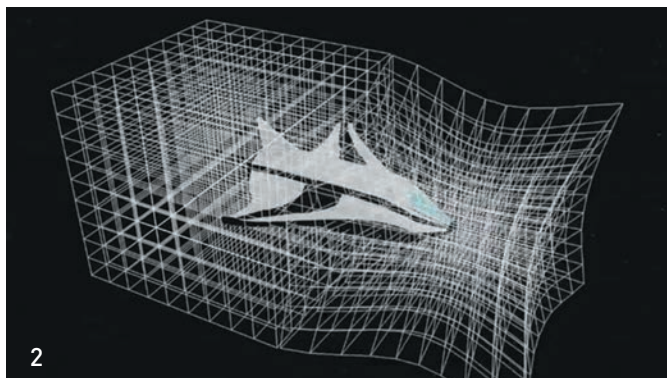
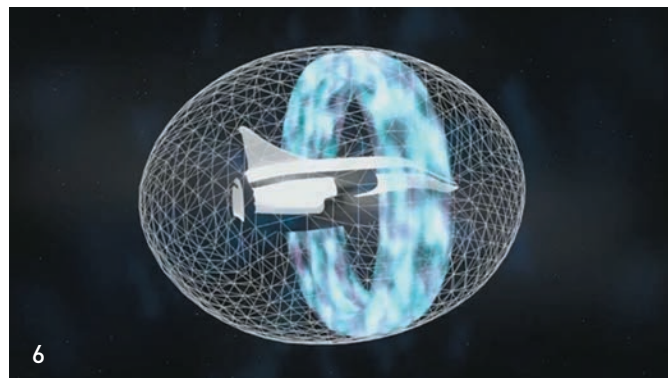
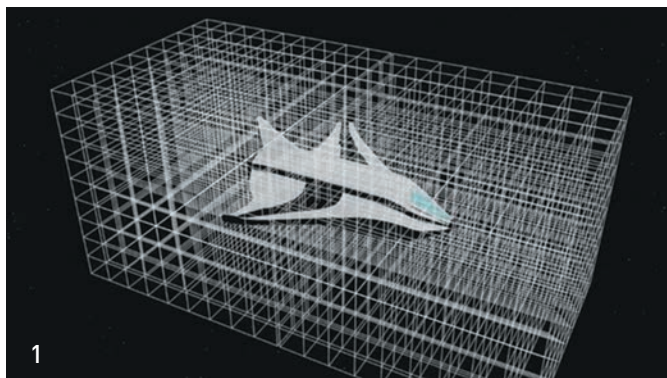
Помимо источников энергии, проблемой также считаются частицы, ускоренные во время путешествия, которые ненароком могут быть запущены при торможении и уничтожить целые миры. Более того, есть вероятность, что замедлиться, как только начнется движение, будет уже невозможно, а экипаж может погибнуть по целому ряду причин.

Кроме того, есть проблема — излучение Хокинга. В теории оно должно убить каждого, кто окажется внутри пузыря.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Бесконтактный варп-привод, приводимый в действие источником отрицательной энергии, несомненно, находится на расстоянии многих поколений от своего изобретения. Основные функциональные компоненты этого привода еще не обнаружены и даже в настоящее время их невозможно эффективно использовать. Подобно червоточинам возможности, которые могут предоставить варп-двигатели, невероятны, но добиться их реализации будет нелегко. Больше открытий о темной энергии может привести к созданию поля пространства-времени, в котором все три энергетические условия могут быть нарушены. До тех пор люди должны будут использовать ракеты.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МАТРИЦА



Линии пространства/времени изогнуты в направлении передней части космического корабля в форме воронки