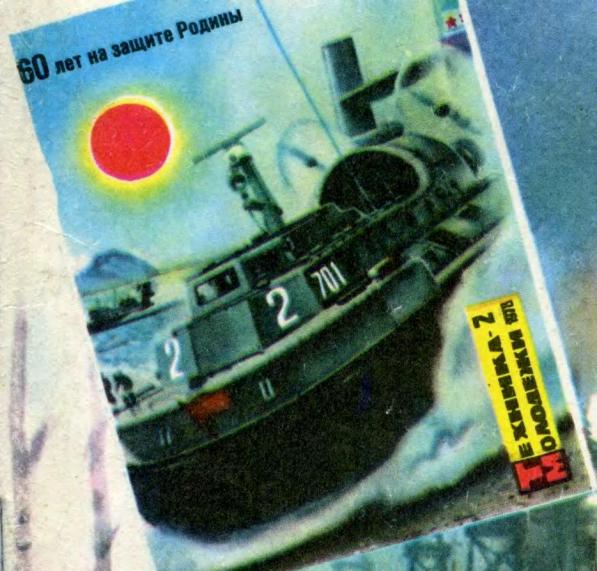


на воздушных
струях



Техника-11
молодежи 1983

ISSN 0320—33IX



ДОКЛАДЫ МБОУДОИИ
«ИНВЕР(О)»

Доклад № 83

КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ, РАЗРУШАЮЩИЙ ПРОСТРАНСТВО?

АЛЕКСАНДР ГУЦ, кандидат
физико-математических наук,
доцент
г. Омск

Как далеко человечество способно проникнуть в космическое пространство? Ответ на этот вопрос зависит от доступных людям средств космического полета. До 1903 года он был полностью отрицательным. Благодаря изобретенной К. Э. Циолковским ракете на жидком топливе мы получили возможность освоить всю солнечную систему. Ну а дальше?

ОТВЕЧАЕТ СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Согласно теории относительности предельная скорость перемещения материальных тел не должна превышать скорости света. Отсюда вытекает, что даже если удастся по-

строить звездолет, способный развивать скорость, сравнимую со скоростью света, то все равно до ближайших звезд полет по часам звездолетчиков будет длиться годы, а до более удаленных десятки лет. На Земле между тем будут проходить сотни, тысячи и миллионы лет. Например, до туманности Андромеды корабль будет лететь 28 лет, а на Земле пройдет 3,6 млн. лет! Вряд ли в таком случае можно говорить о познаваемости удаленных галактик, ибо диалектико-материалистическое понятие познаваемости предполагает включение объекта в сферу практической деятельности человека. Чтобы как-то справиться с этим затруднением, выдвигается следующий довод: вселенная, по-видимому, всюду одинаково устроена, и, следовательно, нет необходимости непосредственного исследования сверхдалеких объектов. Но это позиция лисицы перед недоступным ей виноградом. Во всяком случае, очевидна научная ценность полета к центру нашей Галактики. Но и здесь полет продолжится 21 год по часам космонавтов и 60 тыс. лет по календарю Земли.

Такие сроки сводят всю научную ценность этого полета на нет. Получается, что не только далекие галактики, но и далекие звезды недостижимы. Такие же ограничения на предельную скорость передачи радиосигналов делают невозможным живой диалог между находящими друг друга цивилизациями, удаленными на межзвездные расстояния. Каждой из них придется ожидать ответа на свой запрос десятки, сотни лет.

Следовательно, освоив пространство солнечной системы, человечество вынуждено будет ограничить-

ся только этим пренебрежимо малым кусочком вселенных просторов. И если каким-то образом удастся организовать далекую звездную колонию, она быстро потеряет чувство родства с нами в силу крайне редких, раз в десятки или сотни лет, контактов со своей прародиной.

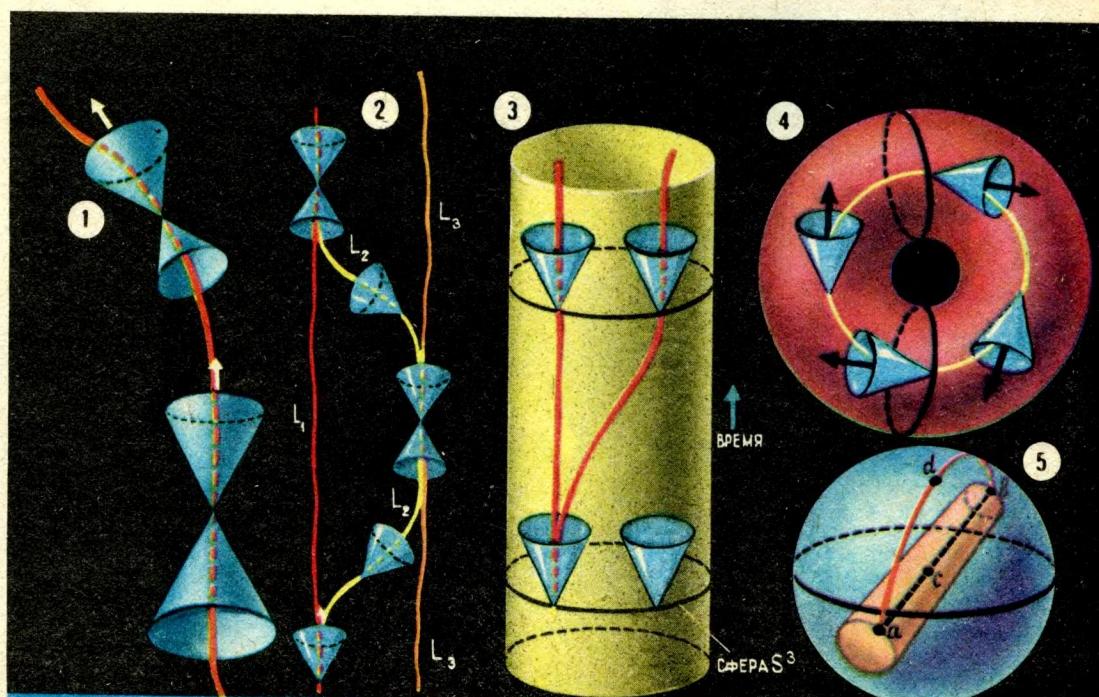
В настоящее время человечество развивается по геометрической прогрессии. Каждые 10–12 лет мировая наука удваивается по всем существенным количественным показателям. Удваивается каждые 15–20 лет объем потребляемой энергии. Как показывают оценки, при существующем ограничении скорости перемещения в пространстве цивилизация не способна успешно решить проблему пополнения в том же темпе материальных и энергетических ресурсов за счет беспредельной космической экспансии, осваивая все новые и новые области вселенной. Следовательно, либо темпы развития станут со временем более умеренными, либо человечество станет на трудно представляемый в настоящее время путь экспансии во «внутрь» элементарных частиц. Возникающая при этом картина будущего, ожидающего любую космическую цивилизацию, заставляет нас рассстаться с мечтой о сверхдалеких космических полетах и посещениях далеких галактик.

ЧТО ГОВОРИТ ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ?

Картина, нарисованная специальной теорией относительности, разрушится, если изыскать возможность совершать сверх дальние полеты или сверх дальнюю связь в небольшие по сравнению с жизнью

Мировая линия, описывающая частицу в ОТО, должна находиться внутри светового конуса, состоящего из двух половин: конуса прошлого и конуса будущего (1).
Пространственно-временная картина перелета «Земля — звезда» по ОТО, где L_1 , L_2 и L_3 — мировые линии, соответствующие Земле, кораблю и звезде (2).

Поведение световых конусов и мировых линий в цилиндрической (3) и торовой (4) моделях пространства с помощью «прототипов» (5).



человека отрезки времени по часам Земли. Для этого обратимся к общей теории относительности (ОТО), которая является теорией пространства-времени.

Материальная частица описывает ОТО траекторией, мировой линии лежащей в четырехмерном мире событий, называемом пространством-временем. Событие — это точка, мировая точка в пространстве-времени. В каждой такой точке априори задан световой конус, состоящий из двух половин: конуса прошлого и конуса будущего. Мировая линия материальной частицы должна всегда находиться внутри конуса (рис. 1). На каждой мировой линии течет собственное время, идут собственные часы, что и дает соответствующую картину перелета (рис. 2). То, что мировая линия должна находиться всегда внутри светового конуса, и отражает тот факт, что предельная скорость механического перемещения материального тела или электромагнитной волны не превышает скорости света.

В специальной теории относительности пространство-время есть четырехмерное евклидово пространство (произведение трехмерного евклида пространства на прямую времени), а все световые конусы равны и параллельны. В общей теории относительности пространство-время может быть существенно иным. Например, цилиндром (произведением трехмерной сферы-пространства на прямую времени) или произведением четырех окружностей — четырехмерным тором. Соответствующим образом ведут себя световые конусы (рис. 3, 4).

Правда, еще вопрос, имеют ли эти модели какое-либо отношение к реальной вселенной. Но на данном

этапе не будем ограничивать себя в выборе самых разнообразных моделей.

Для облегчения изложения рассмотрим модель пространства-времени, в которой опустим одно пространственное измерение. Возьмем сферу и отрежем от нее два равных диаметрально противоположных диска. Образовавшиеся дырки заклеим с помощью цилиндра: края дырок приклеиваем в края цилиндра (рис. 5). Получившаяся сфера с «круговой норой» является пространством в нашей модели. Пространство-время получается теперь перемножением такого «кругового» пространства на прямую времени.

Путь adb , ведущий из точки a в точку b , длиннее, чем путь acb . Поэтому, «нырнув» в «круговую нору», можно быстрее по часам точки a добраться до b , нежели по пути adb . Аналогично полет к далекой галактике может стать реальным с точки зрения календаря Земли, если отыскать ведущую к цели «круговую нору». Конечно, пространство-время в действительности может не иметь вообще никаких «круговых нор», но теоретически идея сверхбыстрого космического полета (по часам Земли) принципиально совместима с ОТО.

Уяснив это, можно самым серьезным образом исследовать возможность искусственного создания необходимой «круговой норы». Цель данного доклада и состоит в подобном исследовании, правда, мы будем изучать не трехмерные «круговые норы», а четырехмерные. Но об этом разговор пойдет чуть позднее.

А пока напомним еще об идее, часто эксплуатируемой в фантастической литературе, которая заключа-

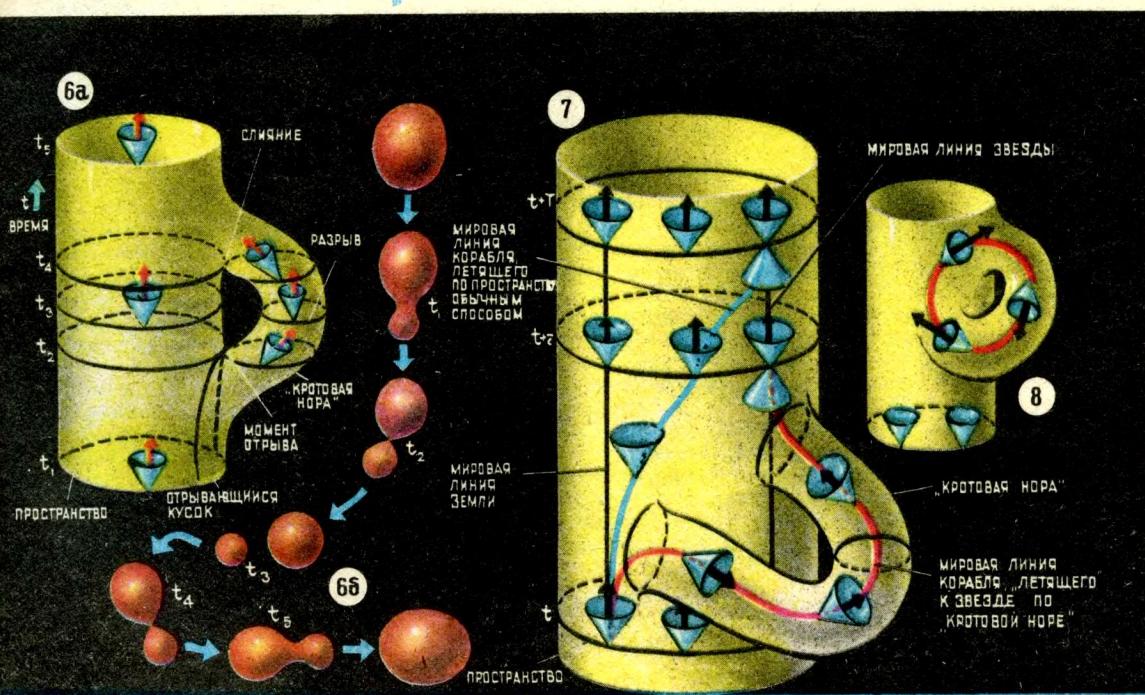
ется в том, что четырехмерное пространство-время — лишь граница пятимерного гиперпространства. Поэтому сверхдалние перелеты, кажущиеся обитателям четырехмерного мира сверхбыстрыми, можно совершать благодаря выходу в гиперпространство, то есть используя пятое измерение. Как ни фантастично подобное предположение, оно, как будет видно из дальнейшего, может быть подкреплено вескими соображениями.

Теория относительности вполне допускает сверхбыстрые перемещения материальных тел в пространстве или гиперпространстве. Особенность таких перемещений состоит в том, что они совершаются благодаря использованию особой геометрической и топологической структуры вселенной («круговые норы», гиперпространство и пр.), о которых мы сейчас ничего не знаем.

ЧЕРЕЗ РАЗРЫВ ПРОСТРАНСТВА — К ЗВЕЗДАМ!

В фантастической литературе космический полет к звездам, протекающий по часам Земли всего неделю, месяц и называемый «прыжком» звездолета прямого луча» или «нуль-транспортировкой», описывается просто: корабль растворяется в пространстве, исчезает, а затем появляется у цели, материализовавшись в пустоте.

Представим, что от трехмерного пространства в виде сферы, в котором мы с вами живем, отрывается кусочек, содержащий некоторый предмет (рис. 6). Тогда он тоже растворится, исчезнет прямо на глазах, ибо свет от него уже не будет доходить до нас. Слившись вновь с пространством, предмет материализуется, возникнет из ни-



чего. Можно даже предположить, что оторвавшийся кусок уходил в гиперпространство. Отрыв куска пространства — это и есть образование четырехмерной «круговой ямы» в пространстве-времени.

Таким образом, решение проблемы сверхбыстрых космических полетов сводится к нахождению ответов на следующие два вопроса. Можно ли оторвать кусок пространства? Если можно, то как его потом «прилепить» к нужному месту так, чтобы по часам Земли прошло как можно меньше времени по мере перелета корабля по образовавшейся «круговой яме»?

На рисунке 7 показано, каким образом находится ответ на второй вопрос. Читатель, знакомый с дифференциальной топологией, отчетливо может себе представить, какой ворох головоломок скрывается за этим рисунком. На рисунке 8 изображен полет в собственное прошлое. Но здесь следует сразу оговориться, что, если пространство-время априори имеет «круговую яму», ведущую в прошлое, то такой процесс действительно может реализоваться, хотя вряд ли он отвечает нашему представлению о таком заманчивом путешествии. Создать же искусственно такие «ямы», по-видимому, в принципе нельзя, и это каким-то образом должно входить в число запретов, действующих в природе.

Постараемся теперь ответить на основной, первый вопрос:

КАК РАЗОРВАТЬ ПРОСТРАНСТВО?

Попытаемся показать, как решается поставленная перед нами задача, на примере разрыва двухмерной сферы.

Для этого мы должны напомнить о понятии кривизны поверхности. Любая поверхность имеет ту или иную кривизну, для определения которой применяются сравнительно простые математические построения, дающие ее количественное выражение, так называемое абсолютное значение гауссовой кривизны поверхности в данной точке. Кривизна положительна, если в малой окрестности точки поверхность выглядит как кусочек сферы, и отрицательна, если поверхность подобна седлу. Плоскость имеет нулевую кривизну.

В топологии интегральная кривизна замкнутой поверхности, подобной сфере, тору и т. д., определяется теоремой Гаусса — Боне, выводящей ее зависимость от характеристики Эйлера — Пуанкаре. Например, для сферы она равна 2, для тора — нулю, для многогранника — сумме вершин и граней за вычетом числа ребер. Если сфе-

ра распадается на две сферы, то характеристика Эйлера — Пуанкаре за счет изменения кривизны сферы увеличивается в два раза. При отрыве от сферы небольшого кусочка кривизна изменяется только в районе области разрыва. В этом случае условие разрыва можно записать в виде неравенства: изменение средней кривизны, умноженное на площадь оторванной области, больше или равно 4л. Естественно, что для реального пространства условие разрыва выводится более сложно (см. статью автора в «Известиях вузов СССР. Физика», № 5 за 1982 год).

Пространство, являющееся трехмерной поверхностью в пространстве-времени, так же характеризуется кривизной. Даже двумя. Одна из них — внутренняя, или скалярная кривизна, определяется без «взгляда со стороны» четвертого измерения. Другая — внешняя кривизна, искривленность пространства в четырехмерном пространстве-времени.

Отрыв шара от пространства происходит за счет резкого изменения средней внутренней кривизны в области шара. Условие разрыва получается следующим: изменение средней внутренней кривизны, умноженное на характерную площадь двухмерного сечения шара, больше или равно 2л. Внешняя кривизна при этом не меняется.

Пространство с течением времени может менять свою геометрию, например расширяться, и, следовательно, изменять свою кривизну. С точки зрения ОТО геометрия пространства определяется распределением материи. Связь между кривизной пространства и распределением материи описывается уравнениями Эйнштейна. Из них, в частности, следует, что для отрыва шара конечного размера от пространства нужно добиться резкого возрастания среднего значения плотности энергии в этом шаре. Полученные автором условия разрыва пространства позволяют рассчитать энергетические параметры, которыми должна обладать двигательная установка звездолета, перемещающегося в пространстве за счет изменения его структуры.

Если отрывается шар, имеющий объем 1 км³, то силовая установка должна создать плотность энергии 10³⁷ эрг/см³. Это очень и очень много! Например, термоядерная бомба характеризуется гораздо меньшей плотностью энергии — 10²² эрг/см³.

Не означает ли это крах идеи лететь к звездам, создавая «круговые ямы» в пространстве-времени.

Утвердительный ответ был бы слишком поспешным. Ведь уже расчеты, связанные с проектом фотон-

ного звездолета, приводят к неутешительным цифрам. А с фотонным звездолетом мы продолжаем, за неимением других мысленных на сегодня средств, связывать будущее космонавтики. Тем более было бы крайне наивно ожидать, что перемещение в пространстве посредством крушения структуры пространства-времени можно осуществить, обладая тем уровнем техники, которым человечество владеет в настоящее время или будет владеть в недалеком будущем.

Наше исследование показывает, сколь большое значение имеет для характеристики уровня развития космической цивилизации такой численный показатель, как производимая плотность энергии.

Цивилизация, осваивающая межпланетные перелеты, использует для этого главным образом законы нерелятивистской теории тяготения Ньютона. Околосветовые, релятивистские скорости для решения задач освоения околозвездного пространства вряд ли нужны. В то же время цивилизация, ставшая на путь межзвездной экспансии, как было показано выше, не сможет удовлетвориться только околосветовыми полетами. У нее возникает необходимость в практическом использовании релятивистской теории пространства-времени, то есть общей теории относительности, называемой также релятивистской теорией тяготения Эйнштейна. Именно она определяет высокие плотности энергии, возникшие в наших расчетах. Поэтому цивилизация, способная совершать сверхбыстрые межзвездные перелеты, должна освоить уровень производства плотности энергии, сравнимой хотя бы с 10³⁴ эрг/см³ — плотность энергии ядерной материи и нейтронных звезд. Такая цифра берется на основании того, что нейтронная звезда близка по своим параметрам к тому, чтобы оторваться от пространства.

По-видимому, в дальнейшем цивилизация достигнет еще более высокого уровня развития. Она начнет вести космологическую экспансию во «внутрь» элементарных частиц и будет нуждаться в квантовой релятивистской теории тяготения. Но наша земная цивилизация пока еще далека и от уровня производства плотностей энергии, позволяющих разрывать пространство, «прогрызая круговые ямы» в пространстве-времени. Поэтому идея сверхбыстрых полетов за счет изменения структуры мира кажется нам фантастической и недоступной, хотя теоретически она представляется обоснованной уже настолько же, насколько была обоснована возможность космических полетов в начале века.