

## Радиус дырочной и квантовой телепортации ограничен сферой Хаббла

К.З. Лешан

[leshan\\_c@yahoo.com](mailto:leshan_c@yahoo.com)

(Получена 29 марта 2007; изменена 10 апреля 2007; опубликована 15 апреля 2007)

Предельная дальность дырочной и квантовой телепортации ограничивается космологическим расширением и не может превышать радиус Хаббла ( $c/H_0$ )  $\sim 1.3 \cdot 10^{10}$  световых лет. Следует считать ошибочным утверждение, основанное на парадоксе ЭПР о том, что при измерении свойств одной запутанной частицы, у другой мгновенно появляются соответствующие характеристики, якобы *как бы далеко она не находилась*, поскольку существует фундаментально непреодолимый предел дальности для телепортации, равный радиусу Хаббла. В зависимости от схемы телепортации, появляются и другие ограничения по дальности внутри сферы Хаббла.

– Радиус дырочной телепортации зависит от скорости движения, чем больше скорость, тем больше дальность телепортации.

– Пространство вокруг телепортатора можно разделить на три зоны: 1 – зеленая зона (сфера), где телепортация разрешена без выполнения каких-либо дополнительных условий. 2 – желтая, условно разрешенная для телепортации зона, для телепортации в которую, нужно выполнить дополнительные условия. 3 – красная, запрещенная для телепортации зона.

### Конечность радиуса дырочной телепортации

Конечность радиуса дырочной телепортации можно доказать двумя независимыми способами:

- 1) Исходя из определения дырочной телепортации как супераналога равномерно прямолинейного движения;
- 2) Радиус телепортации ограничивается законами сохранения, или принципом стабильной Вселенной.

По определению, дырочная телепортация - супераналог равномерно прямолинейного движения, при телепортации объект может материализоваться только на своей траектории равномерно прямолинейного движения. Следовательно, для того чтобы узнать радиус дырочной телепортации, достаточно измерить длину траектории равномерно прямолинейного движения тела, подлежащего телепортации. Для этого нужно узнать, на каком расстоянии от стартовой точки А движение тела по инерции перестает быть равномерно прямолинейным. Если окажется, что длина траектории равномерно прямолинейного движения может быть бесконечной (при идеальных условиях - другие материальные тела и поля расположены достаточно далеко от траектории), то и радиус дырочной телепортации будет бесконечным. Если же окажется, что движение тела на каком-то расстоянии от точки А перестает быть равномерно прямолинейным, то радиус телепортации будет конечным.

Пусть из точки А тело М медленно движется по инерции в глубь Вселенной, влияние посторонних сил считается пренебрежимо малым. А и М оснащены синхронизированными часами, М также оснащен источником световых сигналов, которые испускаются через равные интервалы времени, по бортовым часам М. Нужно определить,

двигается ли тело равномерно и прямолинейно, для чего можно например вычислять, проходит ли тело равные расстояния за равные интервалы времени. Но проще проверять, не изменилась ли скорость тела  $M$ , по эффекту Доплера, измеряя сдвиг спектральных линий световых сигналов. Гораздо сложнее проверить, движется ли тело прямолинейно, для этого пришлось бы измерять с высокой точностью углы гигантского треугольника, одна сторона которого является траекторией движения тела  $M$ .

Через некоторое время наблюдатель из  $A$  обнаружит смещение спектра сигналов от  $M$  в красную сторону из-за космологического расширения, что означает что скорость тела  $M$  изменилась, и его движение не является более равномерно прямолинейным. Например на расстоянии 100 мегапарсек от  $A$ , тело  $M$  получит дополнительную скорость около 7000 – 8000 км/сек за счет космологического расширения. Таким образом, движение тел можно считать равномерно прямолинейным только на небольшом, по космологическим меркам, расстоянии  $R_g$ , следовательно безусловная телепортация тел также возможна только на расстоянии  $R_g$ .

## **Радиус телепортации ограничивается законами сохранения**

Определим радиус телепортации путем анализа выделяемой при телепортации энергии. Пусть тело  $M$  покоится относительно материи местного стандарта покоя. Телепортируем тело  $M$  из  $A$  в случайный объем  $B$ , расположенный на расстоянии  $R=100$  Мпк. Согласно закону сохранения импульса, и определению дырочной телепортации как супераналога равномерно прямолинейного движения, после материализации в объеме  $B$ , тело должно иметь ту же скорость и направление движения, относительно телепортатора с места старта  $A$  (с точностью, допускаемую принципом неопределенности). Другими словами, объемы  $A$  и  $B$  должны находиться в одной системе координат и на одной траектории равномерно прямолинейного движения. Но так как из-за космологического расширения материя в окрестности точки  $B$  удаляется от  $A$  в лучевом направлении со скоростью  $H_0 R \sim 7000 - 8000$  км/сек, это означает что после материализации тело  $M$  будет двигаться относительно материи местного стандарта покоя со скоростью  $\sim 7000 - 8000$  км/сек в сторону  $A$ . Теперь замедлим скорость тела относительно местных планет или звезд, пока его скорость не будет равна нулю относительно местного стандарта покоя, преобразуя кинетическую энергию тела в тепловую или электрическую. После того, как скорость тела  $M$  будет равна нулю относительно местного стандарта покоя в окрестности  $B$ , телепортируем тело обратно в объем  $A$ , или в любое другое место, расположенное дальше  $R=100$  Мпк, где оно опять будет иметь скорость  $\sim HR$  относительно местной материи. Повторяем процесс замедления тела  $M$ , преобразуя кинетическую энергию в тепловую. Очевидно, этот процесс телепортации можно повторять до бесконечности, причем каждый раз выделяется значительная энергия "из ничего". Если для переноса тела при дырочной телепортации не расходуется энергия, то откуда берется выделяемая энергия? Это энергия космологического расширения Вселенной, которая будет выделяться при телепортации тел (без выполнения дополнительных условий) на большие расстояния до тех пор, пока не остановится расширение Вселенной. Любой акт телепортации материи дальше  $R_g$  действует против расширения Вселенной и должен быть запрещен, законами сохранения или хотя бы принципом стабильной Вселенной, согласно которому запрещены любые процессы и структуры, которые могли бы изменить Вселенную в целом или хотя бы ее крупномасштабную часть. Энергия "из ничего" перестает выделяться, например если запретить телепортацию дальше  $R_g$ , и нет сомнений, что природа именно так и поступила. В противном случае возникают множество других противоречий, например тело не может материализоваться на своей траектории движения по инерции на расстоянии, например 1000 Мпк, так как в этом случае темп течения времени в объемах  $A$  и  $B$  был бы разным, что исключает возможность мгновенной

телепортации. А Лоренцево сокращение длин делает невозможной телепортационную инверсию, так как объемы А и В имели бы разные размеры, что исключает их обмен. Кроме того, дырочная телепортация между двигающимися системами отсчета запрещена [1], как видите, все перечисленные выше аргументы запрещают телепортацию дальше  $R_g$ .

## Разрешенная для телепортации зеленая зона

Зеленая зона  $R_g$  это область пространства вокруг телепортатора, где движение тел является равномерно прямолинейным, это расстояние, где телепортация разрешена без каких-либо дополнительных условий, как необходимость предварительного изменения скорости. Для идеального случая, когда система координат  $R_g$  покоится относительно реликтового излучения, зеленая зона имеет форму правильной сферы, радиус которой можно грубо оценить в пределах  $R_g \sim 3 - 1000$  парсек,  $R_g$  зависит от того, при какой минимальной скорости между двумя системами отсчета еще возможна телепортация материальных тел между ними. Для точного экспериментального определения  $R_g$ , можно воспользоваться следующей гипотезой: Выше обсуждался только вопрос, двигается ли тело равномерно на больших расстояниях, но не проверялось, двигается ли оно и прямолинейно. Нужно проверить, прямолинейна ли траектория движения тела по инерции на космологически больших расстояниях, в рамках 3-х мерной геометрии Эвклида, для чего можно например измерить углы треугольника, одна сторона которого имеет длину больше 3 парсек – 8 мегапарсек, и является траекторией движения тела по инерции. Хотя в научной литературе отсутствуют какие-либо данные о изменении геометрии в масштабах  $\sim 3$  парсек - 8 мегапарсек (для земного наблюдателя), но возможно это потому, что пространство расширяется равномерно, поэтому создается впечатление что свет от звезд движется по прямым линиям, отчего изменение геометрии незаметно при астрономических наблюдениях. Если равномерно растягивать пленку с прямыми линиями от звезд и большим треугольником, то наблюдателю будет казаться что свет от звезд движется по прямым линиям, хотя сумма углов треугольника может измениться. Это можно проверить, например путем измерения углов гигантского треугольника, одной из сторон которого будет траектория движения тела по инерции.

$R_g$  (сфера Эвклида) – это область пространства с 3-х мерной евклидовой геометрией, внутри которой инерциальное движение тел действительно равномерно и прямолинейно, и телепортация разрешена без каких-либо дополнительных условий. Нужно проверить, не переходит ли геометрия пространства на масштабе расстояний больше  $R_g$  в неевклидовую (сферическую?), или переход от 3-х мерной к 4-х мерной геометрии (из-за космологического расширения).

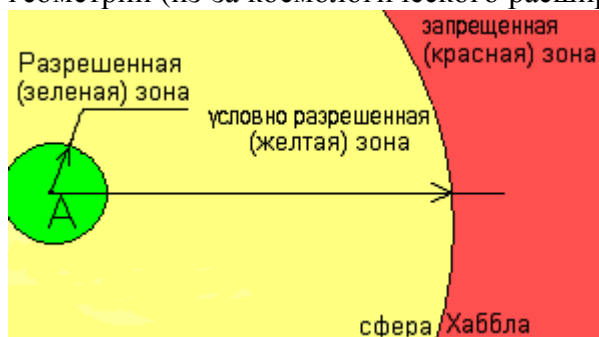


Рис. 1 Зеленая, желтая и красная зона вокруг телепортатора в точке А.

## **Желтая, условно разрешенная для телепортации зона ограничена сферой Хаббла**

Рассмотрим вопрос, каким образом можно телепортировать тела дальше зеленой сферы. Схему телепортации дальше  $R_g$  можно вывести исходя из двух направлений - а) из анализа того, как можно устранить описанные выше препятствия; б) из анализа того, как собственно материальное тело может достигнуть космологически удаленную точку, двигаясь по инерции.

а) Описанные выше препятствия при телепортации на большие расстояния можно устранить. Энергия "из ничего" не будет выделяться, если перед телепортацией придать телу (телепортатору) скорость, равную или превышающую лучевую скорость космологического убегания материи в месте предполагаемой материализации. Например, пусть мы хотим телепортировать тело на расстояние 100 Мпк - 326 миллионов световых лет, где скорость космологического разбегания материи равна  $\sim 7000 - 8000$  км\сек. В таком случае нужно придать телепортатору лучевую скорость  $V = H_0 R + v_2$ , вектор скорости должен быть направлен точно на нужную область пространства, если не будут поправки со стороны геометрии. Здесь  $v_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий изменение расстояния до цели и скорости космологического разбегания материи за время движения света к наблюдателю, равной 326 миллионам лет. При этом выравниваются все нужные для телепортации параметры - скорость и темп течения времени для тела в объемах старта и финиша будут одни и те же, можно считать что в далекой галактике появился участок траектории равномерно прямолинейного движения. Теперь после материализации в галактике на расстоянии 100 Мпк, тело будет покоится относительно местной материи, или лучше его скорость будет немного больше лучевой скорости космологического убегания материи (важна космологическая составляющая скорости, тогда как пекулярные скорости объектов менее значимы), отчего космологическая энергия не выделяется.

б) Обратите внимание, что схема телепортации на большие расстояния повторяет схему равномерно прямолинейного движения тела на космологически большие расстояния. Как материальное тело может попасть в удаленную по космологическим масштабам точку? Известно, что кинетическая энергия всех частиц и волн непрерывно уменьшается из-за космологического расширения пространства. Двигаясь в расширяющейся Вселенной, материальные тела теряют свою скорость - только в космологии возможна такая ситуация, когда двигающаяся с большой собственной скоростью к нам галактика на самом деле удаляется из-за космологического расширения. Таким образом, тело может попасть в удаленную галактику только при условии, если его скорость выше некоторого порогового значения, иначе оно никогда не достигнет цели. А после прибытия тела к цели, его лучевая скорость значительно уменьшается из-за космологического расширения. Именно такой сценарий предложен выше и для телепортации в желтую зону - тело сначала ускоряется до скорости равной или превышающей реальную скорость космологического удаления цели, а после материализации его лучевая скорость уменьшается. Этим подчеркивается, что телепортация также подчиняется законам космологии и является супераналогом равномерно прямолинейного движения. Процесс телепортации тела в другую галактику отличается от равномерно прямолинейного движения тела к той же цели главным образом тем, что не нужно учитывать изменение расстояния до цели и скорости космологического расширения за время движения тела, поскольку в телепортации время перемещения объекта равно нулю.

Максимальная дальность телепортации  $R$  (Мпк), вычисляется по формуле Хаббла  $R = V/H$ , где  $V$  - скорость тела,  $H$  - постоянная Хаббла. Поскольку скорость  $V$  массивных тел ограничена скоростью света, существует предельное расстояние для телепортации  $R_h$  - радиус Хаббла. Начиная с поверхности сферы Хаббла и дальше находится красная, запрещенная для телепортации зона. Кроме того, при телепортации дальше  $R_h$ , после материализации тело двигалось бы быстрее скорости света в вакууме, относительно местного стандарта покоя (или фона реликтового излучения). Предельная дальность дырочной телепортации непрерывно сокращается из-за ускоренного расширения Вселенной, и равна радиусу сферы Хаббла  $\sim 1,3 \cdot 10^{10}$  световых лет. Максимальная дальность телепортации с Земли, в направлении апекса Земли относительно реликтового излучения, не превышает 5 - 9 Мпк.

Поскольку для телепортации на большие расстояния нужно предварительно ускоряться, природа предусмотрительно оснастила дырочный телепортатор способностью левитировать – двигаться с огромным ускорением без сил инерции и перегрузок для пилотов [1]. Это сильно упрощает конструкцию дырочного телепортатора, так как отпадает необходимость оснащать его дополнительными двигателями для ускорения. Это делает его крайне удобным средством передвижения на большие расстояния - сначала создается незамкнутый участок дырочной поверхности, отчего аппарат двигается с огромным ускорением до получения необходимой скорости, после чего дырочная поверхность замыкается и аппарат телепортируется на большое расстояние, до  $1,3 \cdot 10^{10}$  световых лет.

## Ограничение радиуса квантовой телепортации

Так как при квантовой телепортации используются квантовый и классический каналы связи, а также требуется доставить запутанные частицы к месту назначения, то радиус квантовой телепортации может быть ограничен каждым из перечисленных факторов:

- 1) **Радиус квантового канала** – максимальное расстояние переноса квантовой части информации.
- 2) **Радиус классического канала связи** – максимальное расстояние доставки классической части информации.
- 3) **Радиус доставки запутанных частиц** – максимальное расстояние, куда можно доставить запутанные ЭПР частицы.

Для изучения природы телепортации фундаментальный интерес представляет только радиус квантового канала, который, скорее всего, имеет ту же природу, что и дырочная телепортация, поскольку в обоих случаях материальный объект или его квантовое состояние переносится из одного места в другое, не существуя в промежуточных точках между ними, т.е. вне пространства-времени, через вакуумную дырку. Радиус классического канала связи почти не связан с природой телепортации, при помощи соответствующей техники и достаточного времени, теоретически информацию можно доставить по крайней мере на расстояние равное радиусу квантового канала связи. Радиус доставки запутанных частиц связан с радиусом квантового канала, поскольку если в процессе перемещения, на некотором расстоянии частицы перестают быть запутанными, то этим также ограничивается и радиус квантового канала. Тем не менее, радиус последних двух факторов ограничивается, например антропным (человеческим) фактором – никто не будет ждать, например 326 миллионов лет, пока классическая часть информации будет передана от Алисы к Бобу на расстояние 100 Мпк. Поэтому в реальности радиус квантовой телепортации ограничивается антропным фактором до

нескольких парсек, но при изучение радиуса квантового канала можно условно считать, что технические проблемы можно исключить, считая радиусы последних двух факторов по крайней мере равными предельному радиусу квантового канала связи.

Пусть отправитель и получатель синхронизируют свои часы и договариваются заранее о создании пары квантово-запутанных массивных частиц А и В, причём А попадёт к отправителю – Алисе, а В — к получателю, Бобу. Система координат Алисы покоится относительно местного стандарта покоя (или реликтового фона), а система координат Боба медленно удаляется вместе с запутанной частицей, двигаясь по инерции, пока расстояние между ними не станет равным или превышающим радиус Хаббла. Имеются следующие обстоятельства, препятствующие квантовой телепортации на/за сферу Хаббла:

1) Движение галактик (материи) со сверхсветовыми скоростями за пределами сферы Хаббла относительно наблюдателя не противоречит специальной теории относительности (СТО), поскольку галактики двигаются вместе с пространством в котором они находятся, и в том месте где они находятся, скорость галактик не превышает скорость света в вакууме. Кроме того, эти галактики взаимодействуют (быстро) только с локальными объектами, скорость которых не превышает скорость света, и никак не связаны с объектами за пределами сферы Хаббла. В природе нет примеров (мгновенного) взаимодействия или какой-либо связи с материальным объектом, движущимся быстрее скорости света в вакууме, относительно экспериментатора. Разделенные радиусом Хаббла области пространства, где материя движется быстрее скорости света, полностью изолированы для любых взаимодействий, связей и событий между ними, тем более мгновенных, как редукция волновой функции запутанных частиц. Таким образом, движение галактик или запутанной частицы В быстрее скорости света в вакууме в точке А, разрешено при условии полной изоляции В от А, что означает невозможность квантовой телепортации на расстояниях больших или равных  $R_h$ . Двигающиеся быстрее скорости света объекты доступны нам только для косвенного, дистанционного наблюдения, например по величине красного смещения спектра, но не для каких-либо прямых контактов или связей, тем более мгновенных и одновременных.

2) Запутанные частицы, расстояние между которыми превышает радиус Хаббла, перестают быть запутанными и не описываются более единой волновой функцией из-за Лоренцева сокращения длин: поскольку скорость одной запутанной частицы (В) превышает скорость света в вакууме в точке А, длина волны частицы В не имеет физического смысла относительно длины волны частицы А, кроме того, масса (массивных запутанных частиц) или энергия бесконечны, или не имеют физического смысла, фактически это уже полностью другая частица, по сравнению с моментом запутывания, поэтому частицы не никак не могут описываться единой волновой функцией.

3) Если частица В движется со скоростью равной или быстрее скорости света в вакууме в точке А, тогда темп течения времени в В относительно А бесконечно медленный, либо не имеет физического смысла, или невозможно сравнивать показания часов в А и В, поэтому между ними невозможны мгновенные события, как мгновенная редукция волновой функции.

Ограничение радиуса квантовой телепортации не противоречит квантовой механике. В парадоксе ЭПР мгновенная нелокальная связь между частицами возникает для того, чтобы исключить возможность одновременного измерения некоммутирующих физических величин, например координат и импульса частицы. Однако если расстояние между запутанными частицами больше радиуса Хаббла (или равно  $R_h$  для массивных запутанных частиц), тогда вступает в действие другой фактор, препятствующий одновременному измерению некоммутирующих физических – релятивистский. Экспериментатор не может одновременно измерить некоммутирующие физические

величины, поскольку из-за движения частицы В быстрее скорости света, между А и В не только невозможно определить понятие одновременности, но и вообще невозможно сравнивать показания часов.

Таким образом, квантовая телепортация на расстоянии равном или превышающем радиус Хаббла абсолютно невозможна, что не противоречит квантовой механике. К перечисленным выше запретам можно добавить проблемы с радиусом классического канала связи. В некоторых статьях [2] утверждается, что свет от удаляющейся со сверхсветовой скоростью галактики может достигнуть наблюдателя, но при условии что Вселенная замедлит свое расширение. Но поскольку Вселенная в настоящее время расширяется с ускорением, испущенный в настоящее время свет либо никогда не достигнет наблюдателя, либо достигнет через время, сопоставимое с возрастом Вселенной. Если все действия по проведению квантовой телепортации начались когда Боб со своей запутанной частицей пересекал сферу Хаббла, передача классической части информации от Алисы к Бобу невозможна. Сфера Хаббла – фундаментально непреодолимый барьер для дырочной и квантовой телепортации.

## **Об ограничении радиуса квантовой телепортации внутри сферы Хаббла**

Радиус квантовой телепортации, как и дырочной, ограничен сферой Хаббла, но существуют ли какие-то ограничения внутри сферы Хаббла? Дырочная телепортация отличается от квантовой в основном тем, что в первом случае телепортируются материальные объекты, отчего радиус дырочной телепортации ограничивается строгими законами сохранения энергии, импульса. А в квантовой телепортации переносится только квантовое состояние объекта, поэтому законы сохранения никак не ограничивают радиус квантовой телепортации. Тем не менее, есть подозрение, что радиус квантовой телепортации может быть ограничен релятивистскими эффектами, и в таком случае внутри сферы Хаббла появляются ограничения, примерно как в дырочной телепортации, в зависимости от скорости и направления движения запутанных частиц и наблюдателей, массивности или безмассивности запутанных частиц. Но поскольку в литературе есть мнение, что запутывание Лоренц-инвариантно [3, 6], и релятивистские эффекты не могут оказывать значительное влияние на запутывание и квантовую телепортацию [4], может оказаться что дальность квантовой телепортации не зависит от скорости, и внутри сферы Хаббла для квантовой телепортации нет никаких ограничений по дальности, кроме антропного предела, ограничивающего ее радиус до нескольких парсек. Но с другой стороны, влияние релятивистских эффектов на квантовую телепортацию анализировалось только теоретически и может быть ошибочно [5], ведь экспериментально возможность квантовой телепортации при релятивистских скоростях еще не проверялась. Сомнителен, например ответ на вопрос, в статье [6]: « В какой Лоренцевой системе отсчета эта мгновенность? В любой!»

В частности, следует учесть такие аргументы, как влияние Лоренцева сокращения длин на дальность квантовой телепортации, ведь уже на расстоянии 1000 Мпк одна (массивная) запутанная частица будет двигаться со скоростью  $\sim 70000 - 80000$  км/сек относительно другой, покоящейся частицы, и при такой скорости ее длина волны значительно уменьшается, а масса увеличивается, фактически это уже другая частица, по сравнению с состоянием частиц в момент запутывания, поэтому обе частицы скорее всего уже не описывается единой волновой функцией и не являются более запутанными.

Также эффект замедления темпа течения времени ставит под сомнение возможность осуществления мгновенной редукции волновой функции, поскольку темп течения времени разный в обеих релятивистских системах отсчета, что исключает

возможность каких-либо мгновенных и одновременных связей или событий между ними. Причем такое ограничение радиуса квантовой телепортации было бы в полном согласии с квантовой механикой: даже если частицы более не запутаны, из-за увеличения скорости космологическим расширением, это не означает что открывается возможность одновременно измерить некоммутирующие физические величины, потому что из-за эффекта замедления темпа течения времени между ними невозможно синхронизировать часы, и редукция волновой функции частиц не была бы мгновенной (и одновременной?). Это просто замена одного фактора (ЭПР связь) препятствующего одновременному измерению некоммутирующих параметров другим – релятивистским.

В таком случае, квантовая телепортация с массивными запутанными частицами имела бы самый большой радиус действия, с наличием зеленой, желтой и красной, запрещенной зоны. (Если удастся преодолеть антропный барьер – большое время доставки запутанных частиц и классической части информации.) Безусловная телепортация (без дополнительного ускорения) возможна только внутри зеленой зоны. Для телепортации в желтую зону, вплоть до сферы Хаббла, необходимо дополнительное увеличение скорости, по направлению к цели, для компенсации космологического расширения и выравнивания темпа течения времени, если только ускорение не разрушит запутанность массивных частиц. Максимальная дальность квантовой телепортации с использованием массивных запутанных частиц  $R$  (Мпк), вычисляется по формуле Хаббла  $R = V / H$ , с учетом реальной скорости галактик на момент телепортации

Для запутанных безмассовых частиц – фотонов, радиус квантовой телепортации значительно меньше. Возьмем классическую схему, где испускаются два запутанных фотона от источника в противоположные стороны, к Алисе и Бобу. Из-за космологического расширения, лучевая скорость каждого удаляющегося запутанного фотона уже на расстоянии 1 Мпк от источника будет превышать скорость света относительно покоящегося источника, одного из наблюдателей и другой запутанной частицы, что не противоречит СТО, но ставит под сомнение возможность какой-либо мгновенной связи с ним, пусть и «призрачной» ЭПР связи, ведь в природе нет примеров взаимодействия с объектами движущимися быстрее скорости света в вакууме. В таком случае, при использовании безмассовых запутанных частиц (фотонов), радиус квантовой телепортации не превышал бы одного мегапарсека.

## Заключение

В статье доказано, что радиус дырочной и квантовой телепортации не может быть бесконечным и существует фундаментально непреодолимый барьер – сфера Хаббла. Если современные взгляды об отсутствии влияния релятивистских эффектов [3, 4, 6] на запутывание и квантовую телепортацию окажутся ошибочными, радиус квантовой телепортации будет ограничен на более коротких расстояниях, внутри сферы Хаббла. При использовании безмассовых частиц (фотонов), радиус квантовой телепортации оказывается меньше одного мегапарсека, а при использовании массивных запутанных частиц, дальность телепортации не превышает радиус зеленой зоны  $R_g$ , размеры которой будут больше чем в случае дырочной телепортации. Для телепортации дальше  $R_g$ , нужно дополнительное увеличение скорости, если только процесс ускорения не разрушит запутанное состояние частиц.



## Литература

1. К.З. Лешан, При адресной телепортации тел быстрее света нет нарушения причинности, Дырочная физика, телепортация и левитация, №1, 2001.
2. Сергей Попов, За горизонтом вселенских событий, Вокруг света, № 3, 2006.
3. Daeho Lee, E. Chang-Young, Quantum Entanglement under Lorentz Boost, quant-ph/0308156 v2 20 May 2004.
4. Anton Zeilinger, Rainer Kaltenbaek, Markus Aspelmeyer, Proof-of-Concept Experiments for Quantum Physics in Space, quant-ph/0308174 v1 29 2003.
5. D. Ahn, H.-J. Lee, S.W. Hwang, M.S. Kim, “Is quantum entanglement invariant in special relativity?”, quant-ph/0304119.
6. Asher Peres, Quantum Information and Relativity Theory, quant-ph/0212023 v27 Jul 2003.