

КВАНТОВАЯ ТЕЛЕПОРТАЦИЯ

Сериял "Звездные врата" и фильм "Контакт", не говоря уже о многочисленных книжках, сделали идею телепортации обыденной, если не сказать банальной. Герои мгновенно перемещаются между точками пространства – для них это привычные путешествия или рутинная работа. Современная наука допускает такую возможность, вот только со скоростью перемещения не все гладко

■ В фантастических мирах, придуманных писателями и сценаристами, телепортация давно стала стандартной транспортной услугой. Кажется, сложно найти настолько же быстрый, удобный и в то же время интуитивно понятный способ перемещения в пространстве.

Красивую идею телепортации поддерживают и ученые: еще основатель кибернетики Норберт Винер в своей работе "Кибернетика и общество" посвятил "возможности путешествовать при помощи телеграфа" целую главу. С тех пор прошло полвека, и за это время мы почти вплотную приблизились к мечте человечества о таких путешествиях: в нескольких лабораториях мира осуществлена успешная квантовая телепортация.

Основы

Почему телепортация именно квантовая? Дело в том, что квантовые объекты (элементарные частицы или атомы) обладают

ТУННЕЛЬ

специфическими свойствами, которые обусловлены законами квантового мира и в макромире не наблюдаются. Именно такие свойства частиц и послужили основой экспериментов по телепортации.

ЭПР-парадокс

В период активного развития квантовой теории, в 1935 году, в знаменитой работе Альберта Эйнштейна, Бориса Подольского и Натана Розена "Может ли квантово-механическое описание реальности быть полным?" был сформулирован так называемый ЭПР-парадокс (парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена).

Авторы показали, что из квантовой теории следует: если есть две частицы А и В с общим прошлым (разлетевшиеся после столкновения или образовавшиеся при распаде некоторой частицы), то состояние частицы В зависит от состояния частицы А и эта зависимость должна проявляться мгновенно и на любом расстоянии. Такие частицы называют ЭПР-парой и говорят, что они находятся в "запутанном" состоянии.

Прежде всего напомним, что в квантовом мире частица – это объект вероятностный, то есть она может находиться в нескольких состояниях одновременно – например, может быть не просто "черной" или "белой", а "серой". Однако при измерении такой частицы мы всегда увидим только одно из возможных состояний – "черное" или "белое", причем с определенной предсказуемой вероятностью, а все остальные состояния при этом разрушатся. Более того, из двух квантовых частиц можно создать такое "запутанное" состояние, что все будет еще интереснее: если одна из них окажется при измерении "черной", то другая – непременно "белой", и наоборот!

Чтобы разобраться, в чем же заключается парадокс, сначала

проведем опыт с макроскопическими объектами. Возьмем два ящика, в каждом из которых лежат по два шара – черный и белый. И отвезем один из этих ящиков на Северный полюс, а другой на Южный. Если мы вынем на Южном полюсе один из шаров (например, черный), то это никак не повлияет на результат выбора на Северном полюсе. Совершенно не обязательно, что там нам в этом случае попадет именно белый шар. Этот простой пример подтверждает, что наблюдать ЭПР-парадокс в нашем мире невозможно.

Но в 1980 году Алан Аспект экспериментально показал, что в квантовом мире ЭПР-парадокс действительно имеет место. Специальные измерения состояния ЭПР-частиц А и В показали, что ЭПР-пара не просто связана общим прошлым, но частица В каким-то образом мгновенно “узнает” о том, как была измерена частица А (какую ее характеристику измеряли) и какой получился результат. Если бы речь шла об упомянутых выше ящиках с четырьмя шарами, то это означало бы, что вынудив на Южном полюсе черный шар, на Северном полюсе мы непременно должны вынуть белый! Но ведь взаимодействия между А и В нет и сверхсветовая передача сигнала невозможна! В последующих экспериментах существование ЭПР-парадокса подтверждалось, даже если частицы ЭПР-пары были удалены друг от друга на расстояние порядка 10 км.

Эти совершенно невероятные с точки зрения нашей интуиции опыты легко объясняются квантовой теорией. Ведь ЭПР-пара как раз представляет собой две частицы в “запутанном” состоянии, а значит, результат измерения, например, частицы А определяет результат измерения частицы В.

Интересно, что Эйнштейн считал им же предсказанное поведение частиц в ЭПР-парах “действием демонов на расстоянии” и был уверен, что ЭПР-парадокс лишней раз демонстрирует несостоятельность квантовой механики, которую ученый отказывался принимать. Он полагал, что объяснение парадокса неубедительно, ведь “если согласно квантовой теории наблюдатель создает или может частично создавать наблюдаемое, то мышь может переделать Вселенную, просто посмотрев на нее”.

Эксперименты по телепортации

В 1993 году Чарльз Беннет и его коллеги придумали, как можно использовать замечательные свойства ЭПР-пар: они изобрели способ переноса квантового состояния объекта на другой квантовый объект с помощью ЭПР-пары и назвали этот способ квантовой телепортацией. А в 1997 году группа экспериментаторов под руководством Антона Цайлингера впервые осуществила квантовую телепортацию состояния фотона.

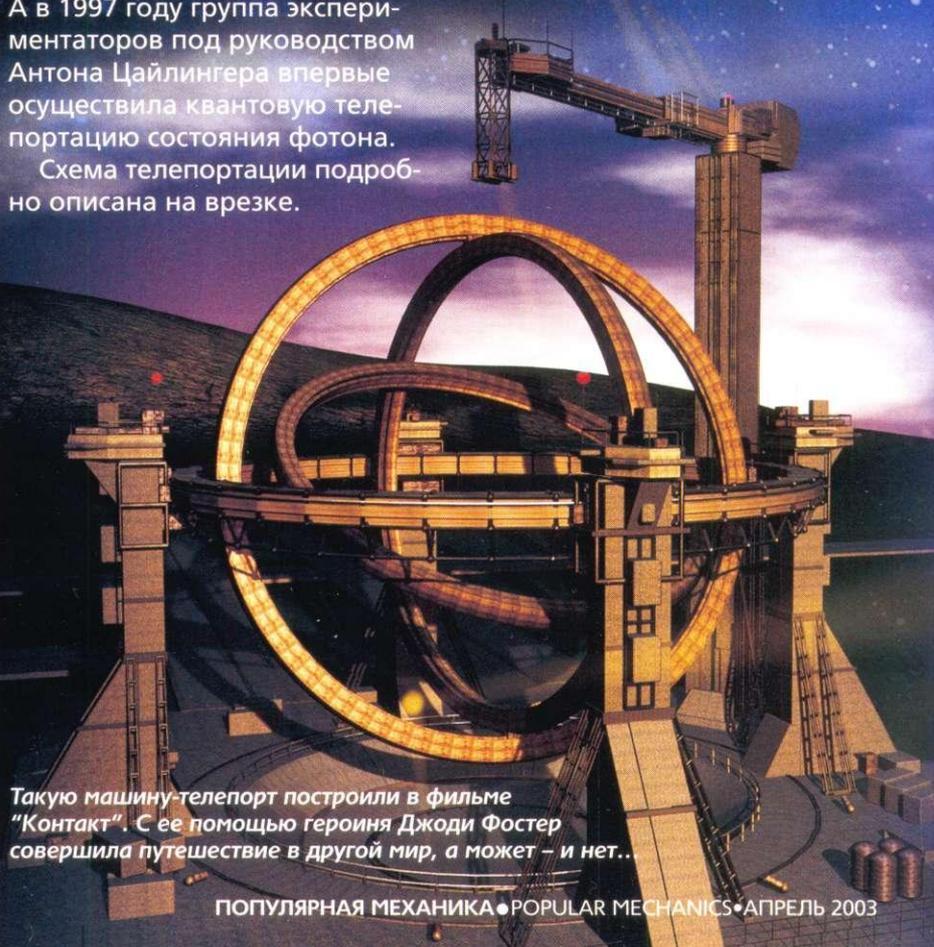
Схема телепортации подробно описана на врезке.

Ограничения и разочарования

Принципиально важно, что квантовая телепортация – это перенос не объекта, а только неизвестного квантового состояния одного объекта на другой квантовый объект. Мало того, что квантовое состояние телепортируемого объекта так и остается для нас тайной, оно к тому же необратимо разрушается. Но в чем мы можем быть совершенно уверены, так это в том, что получили идентичное состояние другого объекта в другом месте.

Тех, кто рассчитывал, что телепортация будет мгновенной, ждет разочарование. В способе Беннета для успешной телепортации необходим классический канал связи, а значит, и скорость телепортации не может превышать скорость передачи данных по обычному каналу.

И пока совершенно неизвестно, удастся ли перейти от те-



Такую машину-телепорт построили в фильме “Контакт”. С ее помощью героиня Джоди Фостер совершила путешествие в другой мир, а может – и нет...

лепортации состояний частиц и атомов к телепортации макроскопических объектов.

Применение

Практическое применение для квантовой телепортации нашлось быстро – это квантовые компьютеры, где информация хранится в виде набора квантовых состояний. Тут квантовая телепортация оказалась идеальным способом передачи данных, который принципиально исключает возможность перехвата и копирования передаваемой информации.

Дойдет ли очередь до человека?

Несмотря на все современные достижения в области квантовой телепортации, перспективы телепортации человека остаются весьма туманными. Конечно, хочется верить, что ученые что-нибудь придумают. Еще в 1966 году в книге "Сумма технологий" Станислав Лем писал: "Если нам удастся синтезировать из атомов Наполеона (при условии, что в нашем распоряжении имеется его

"поатомная опись"), то Наполеон будет живым человеком. Если снять подобную опись с любого человека и передать ее "по телеграфу" на приемное устройство, аппаратура которого на основе принятой информации воссоздаст тело и мозг этого человека, то он выйдет из приемного устройства живым и здоровым".

Однако практика в этом случае намного сложнее теории. Так что нам с вами вряд ли придется попутешествовать

по мирам с помощью телепортации, а тем более – с гарантированной безопасностью, ведь даже в случае точно одной ошибки и можно превратиться в бессмысленный набор атомов. Вот опытный галактический инспектор из романа Клиффорда Саймака знает в этом толк и не зря считает, что "те, кто берется за передачу материи на расстояние, должны бы прежде научиться делать это как положено". **ТМ**

Анастасия Блинецова

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ТЕЛЕПОРТАЦИИ

Пусть у нас есть удаленные друг от друга наблюдатели А – Алиса и В – Боб (такие имена даны наблюдателям во всех работах по квантовой телепортации). У Алисы есть фотон А в неизвестном состоянии, а у Боба – фотон В. Необходимо перевести фотон В у Боба в такое же состояние, как фотон А (что и будет телепортацией состояния фотона А на фотон В).

Для этого производятся следующие действия.

В некоторой точке создается ЭПР-пара из фотонов В и V_1 , а потом фотон В переносится в точку, где находится Боб, а фотон V_1 – в точку, где находится Алиса.

Затем производится измерение Алисиной системы, состоящей из фото-

нов А и V_1 . В результате этого измерения часть квантовой информации о частице V_1 (как составной части системы $A+V_1$) за счет свойств ЭПР-пары мгновенно передается частице В, а состояния частиц А и V_1 разрушаются. При этом полную информацию о системе $A+V_1$ мы уже знаем и можем пе-

редать ее Бобу по классическому каналу связи.

Бобу заранее известно, что измерение системы $A+V_1$ может дать несколько возможных результатов. Каждому из них Боб может поставить в соответствие специально вычисленное корректирующее преобразование – такое, что если применить его к частице В, то ее состояние станет тождественным состоянию частицы А. Таким образом, при получении от Алисы информации об измерении, Бобу остается только выбрать нужное преобразование и применить его.

В результате так и оставшееся неизвестным состояние Алисиного фотона А исчезает, зато возникает идентичное ему состояние фотона В у Боба.

