

## Противоречие между квантовой механикой и СТО

Путенихин П.В.  
[m55@mail.ru](mailto:m55@mail.ru)

Имеющий уши – да услышит,  
Имеющий разум – да уразумет.

### Аннотация

Утверждения о «мирном сосуществовании» квантовой теории и специальной теории относительности необоснованны. Взгляды этих двух теорий на скорость передачи взаимодействия являются непримиримыми и взаимоисключающими. Одна из этих двух теорий (или обе) требует пересмотра по вопросу скорости передачи взаимодействий.

### Ключевые слова

Нелокальность, запутанность, сверхсветовая скорость передачи взаимодействия, неравенства Белла, Ален Аспект, ЭПР-парадокс, взаимоисключающие предсказания СТО

### Нелокальность

В соответствии со специальной теорией относительности предельной скоростью передачи информации является скорость света. Никакой сигнал не может быть передан от одного объекта к другому быстрее, чем световой сигнал. Однако в квантовой механике экспериментально было зафиксировано явление, проявляющееся в том, что состояние одной квантовой частицы передаётся некоторым образом другой квантовой частице практически мгновенно, или со скоростью, многократно превышающей скорость света. Это явление связано с коллапсом волновой функции и обычно обозначается как нелокальность или несепарабельность.

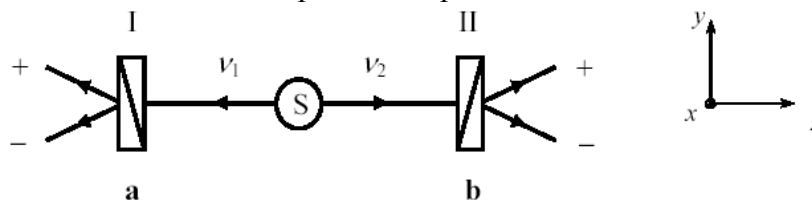
Можно считать, что само явление нелокальности берет своё начало от ЭПР-парадокса: парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена [8]. Парадокс был сформулирован в 1935 году в виде доказательства неполноты квантовой механики, то есть доказательства того, что квантовая механика недостаточно полно описывает реальность. В частности, подвергалось сомнению сама возможность сверхсветовой передачи состояния частиц:

*«Но одно предположение представляется мне бесспорным. Реальное положение вещей (состояние) системы  $S_2$  не зависит от того, что проделывают с пространственно отдалённой от неё системой  $S_1$ ». [7, с.290]*

*«...так как во время измерения эти две системы уже не взаимодействуют, то в результате каких бы то ни было операций над первой системой, во второй системе уже не может получиться никаких реальных изменений». [8]*

Из доводов Эйнштейна следовало, что корреляция состояний частиц не связана с передачей между ними информации, а является следствием статистических закономерностей. Но в 1964 году Белл математически показал [4, 6], что доводы, приводимые Эйнштейном и его сотрудниками, не вполне корректны и противоречат данным экспериментов. Доказательства Белла в настоящее время известны в виде «неравенств Белла».

В 1982 году Ален Аспект провел ряд экспериментов [1, 2, 3], которые полностью подтвердили правоту Белла и показали, что действительно передача состояния от одной частице к другой происходит со сверхсветовой скоростью. Рисунок из статьи Алена Аспекта «Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора»:



**Рис. 1. Мысленный эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена-Бома с фотонами.** Два фотона  $v_1$  и  $v_2$ , испускаемые источником  $S$  в состоянии  $|\Psi(1,2)\rangle$ , проанализированы линейными поляризаторами  $I$  и  $II$  в направлениях  $a$  и  $b$ . Можно измерять вероятности одинарного или парного обнаружения в каналах поляризаторов.

Казалось бы, налицо явное противоречие между квантовой механикой с её мгновенным коллапсом волновой функции и нелокальностью и СТО, которая не допускает сверхсветовой скорости передачи информации. Свои наблюдения Ален Аспект описывает следующим образом [3]:

- «i. Фотон  $v_1$ , который не имел явно определенной поляризации перед ее измерением, получает поляризацию, связанную с полученным результатом, во время его измерения: это не удивительно.
- ii. Когда измерение на  $v_1$  сделано, фотон  $v_2$ , который не имел определенной поляризация перед этим измерением, проектируется в состояние поляризации, параллельное результату измерения на  $v_1$ . Это очень удивительно, потому что это изменение в описание  $v_2$  происходит мгновенно, безотносительно расстояния между  $v_1$  и  $v_2$  в момент первого измерения.

Эта картина находится в противоречии с относительностью. Согласно Эйнштейну, событие в данной области пространства-времени не может находиться под влиянием события, произошедшего в пространстве-времени, которое отделено пространственно-подобным интервалом».

Однако наличие какого-либо сигнала, с помощью которого квантовые частицы обмениваются информацией, до настоящего времени не зафиксировано. В своих экспериментах Аспект использовал пары запутанных частиц, изменяя состояние которых, он фиксировал это сверхсветовое взаимное влияние состояния одной частицы на состояние другой. Тем не менее, явление запутанности, нелокальности позволяет в принципе организовать проведение эксперимента, который явным образом может трактоваться как демонстрация информационной сверхсветовой связи между частицами, что в свою очередь позволяет показать синхронность хода часов, движущихся друг относительно друга. Это означает, что утверждение СТО о том, что движущиеся часы отстают, - противоречит явлению нелокальности [5]. Отсюда следуют веские основания полагать, что между квантовой теорией и специальной теорией относительности существует неустранимое противоречие, касающееся скорости передачи взаимодействия и квантовой нелокальности.

### **Квантово-релятивистский мысленный эксперимент – исходные положения**

Рассмотрим мысленный эксперимент, который показывает, что часы в движущихся друг относительно друга ИСО идут синхронно вопреки положениям СТО. Соберём экспериментальную установку из трёх ИСО: лабораторной (неподвижной) и двух ИСО А и В,

движущихся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями относительно неподвижной ИСО.



Рис.2 Две движущиеся инерциальные системы с точки зрения неподвижной ИСО. Источник запутанных фотонов неподвижен и фотоны из каждой пары приходят в движущиеся ИСО одновременно. Стрелки-молнии указывают на точки, в которых находились фотоны в момент коллапса волновой функции.

Движение двух ИСО А и В с точки зрения неподвижной ИСО происходит в сторону источника запутанных фотонов S с одинаковой удаленности от него таким образом, что фотоны  $v_1$  и  $v_2$  из каждой пары достигают каждой своей ИСО одновременно. На рис.2 ракетные двигатели у платформ ИСО А и В показаны условно, чтобы было видно их движение. После разгона платформ двигатели отключаются, и платформы движутся равномерно прямолинейно.

Мы производим линейные измерения поляризации этих двух фотонов анализаторами I и II. Анализатор I в направлении **a** (справа налево) снабжен двумя датчиками и дает результаты + или -, если встречена линейная поляризации параллельная или перпендикулярная к **a**. Анализатор II в направлении **b** (слева направо) действует аналогично. Принцип действия анализаторов основан на изменении направления движения фотона в канал плюс или минус в зависимости от поляризации фотона. На выходе каналов стилизованно изображены датчики с пометками плюс и минус. Не трудно заметить, что установка в общих чертах соответствует мысленному эксперименту Эйнштейна-Подольского-Розена-Боба с фотонами, приведенному в статье Алена Аспекта. Допустим, что скорость сближения двух ИСО равна приблизительно  $0,86c$ , что соответствует релятивистскому замедлению времени в 2 раза. Расстояние между ИСО А и В выбираем таким, что каждая из ИСО достигнет источника фотонов S через 2 часа. Каждый из фотонов  $v_1$  и  $v_2$  достигает соответствующего измерителя I или II, в котором происходит его измерение, в результате чего волновая функция  $\Psi(1,2)$  системы запутанных фотонов коллапсирует. На рис.2 жёлтой линией условно показана нелокальная связь частиц, условный путь передачи так называемой «квантовой информации». При этом частицы приобретают собственные состояния (на рисунке это условно показано красными молниями). При этом невозможно определить, какая из частиц первой приобретает собственное состояние вследствие взаимодействия с измерителем, а какая – вследствие полученного «сигнала» от другой.

### Измерения

В момент, когда каждая из ИСО А и В поравнялись с контрольными точками в неподвижной ИСО, изображенными на рис.2 жирными точками с крестиком, показания их таймеров (часов) сбрасываются в ноль – этот момент считается началом отсчета. При этом с точки зрения, например, ИСО В показания часов А становятся равны 1 часу (то есть установлены в будущее):

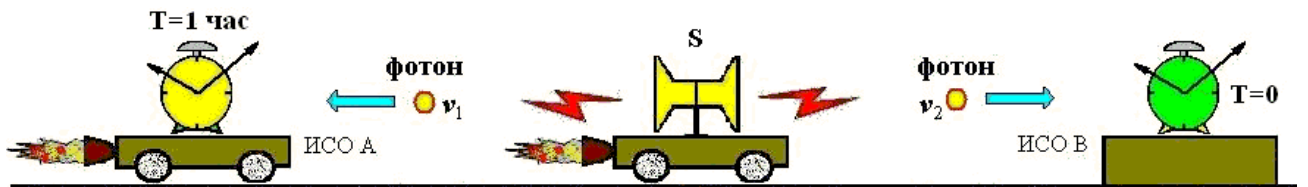


Рис.3 Вид с точки зрения ИСО В. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО А установлены в 1 час.

Напротив, в соответствии со специальной теорией относительности, с точки зрения ИСО А в момент синхронизации часов при совмещении с контрольной точкой в неподвижной ИСО в показания 1 час установлены часы ИСО В:

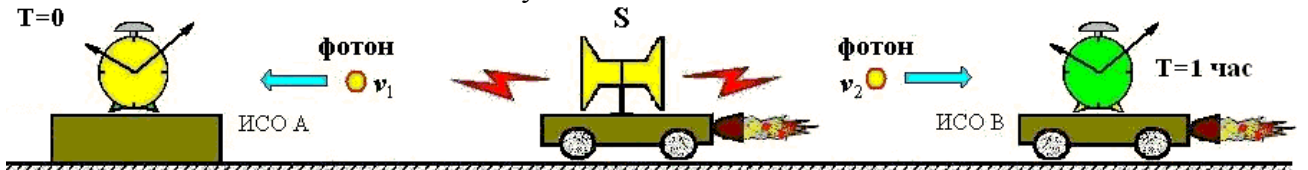


Рис.4 Вид с точки зрения ИСО А. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО В установлены в 1 час.

Поскольку каждая ИСО находится на удалении от источника фотонов S в 2-часах пути, то есть с точки зрения каждой из этих ИСО она будет находиться в пути ровно 2 часа. При этом с точки зрения этих же ИСО часы другой из них идут медленнее в 2 раза, поэтому показания таймеров (часов) в этих движущихся ИСО равны, соответственно, 1 час (исходное время) + 1 час (время в пути с учетом замедления темпа хода часов) = 2 часа. То есть, нет никаких расхождений в показаниях часов, всё соответствует положениям СТО.

В процессе движения в каждой из ИСО производятся измерения поступающих от источника S запутанных фотонов. При этом результаты измерений заносятся условно на бумажную ленту в три колонки:

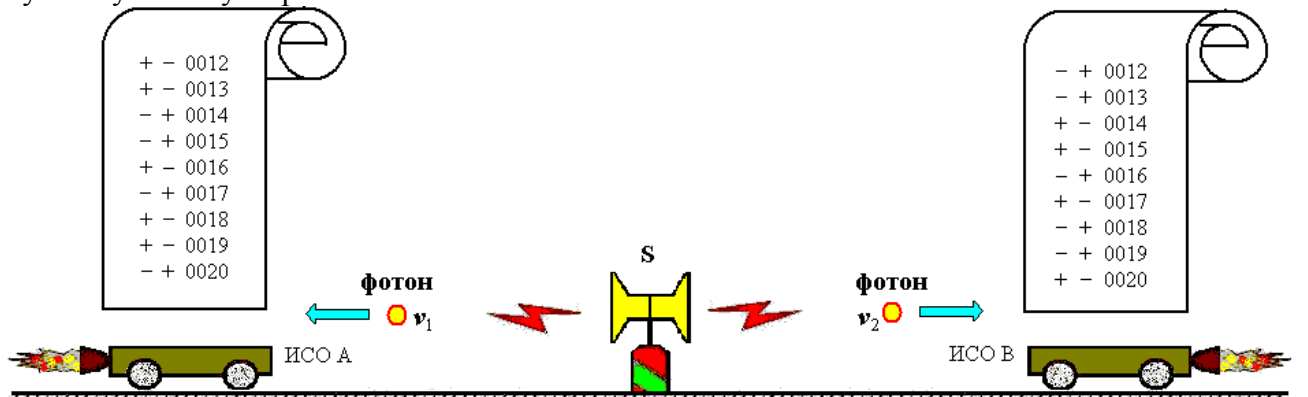


Рис.5 Сигнатуры (рулоны бумаги), на которых отображены данные датчиков и показания часов с точки зрения неподвижной ИСО.

В первой колонке записывается результат измерения канала «плюс» собственного измерителя, во второй колонке – результат измерения канала «минус», в третьей колонке – показания таймера (часов), когда была сделана запись. Если фотон был зарегистрирован в соответствующем канале, то делается запись «плюс», если фотон не зарегистрирован в этом канале (но зарегистрирован в противоположном канале), то запись «минус». Для второй колонки (второго канала), соответственно, наоборот. То есть в каждой строке всегда будет присутствовать один знак плюс и один знак минус, поскольку фотон может быть зарегистрирован только в одном из каналов.

В соответствии с квантово-механическим формализмом и экспериментально подтверждёнными свойствами запутанных частиц две записи: на ленте А и на ленте В будут зеркально тождественными. То есть первой колонке на ленте А будет соответствовать тождественно вторая колонка ленты В, а второй колонке ленты А – первая колонка ленты В.

Действительно, каждый из фотонов запутанной пары имеет противоположную поляризацию. Как показали эксперименты Аспекта [3]:

«... когда фотон  $\nu_1$  найден в + канале поляризатора I,  $\nu_2$  найден с достоверностью в + канале II (аналогично для каналов -). Для параллельных поляризаторов, таким образом, установлена полная корреляция между индивидуальными случайными результатами измерений поляризации двух фотонов  $\nu_1$  и  $\nu_2$ ».

А каковы будут при этом записи в третьих столбцах лент? Эти показания будут в точности одинаковыми. Первой причиной является симметрия системы. С точки зрения неподвижной ИСО каждый фотон из запутанной пары приходит в ИСО А и ИСО В одновременно. То есть с её точки зрения, когда фотон  $\nu_1$  зарегистрирован измерителем I, в этот же самый момент будет зарегистрирован измерителем II и фотон  $\nu_2$ . При этом для каждого момента времени по часам неподвижной ИСО с её точки зрения показания часов ИСО А и В тождественно равны. Следовательно, в каждой из двух ИСО будет зарегистрирован фотон, время регистрации которого по часам этих ИСО будет одним и тем же. Таким образом, мы приходим к выводу, что записи на каждой из лент А и В будут симметрично тождественны. Если же в одной из ИСО измеритель перевернуть «вверх ногами», то записи на лентах А и В будут тождественны.

### Анализ результатов

Когда две ИСО сойдутся в точке размещения источника запутанных фотонов S, будут получены две ленты с записями А и В. Как было показано выше, эти ленты являются тождественными (либо симметрично, либо полностью). Это означает, что с точки зрения каждой из ИСО были получены соответствующие фотоны из пар в одно и то же время с точки зрения каждой из этих ИСО.

Сразу же бросается в глаза кажущееся противоречие с СТО. Рассмотрим его суть с позиции ИСО А. Как видно из ленты, каждый из фотонов пары поступал в датчик I с интервалом в 1 секунду. Но с таким же интервалом второй фотон поступал и в ИСО В. На первый взгляд может показаться, что это означает одинаковый темп хода часов в ИСО А и ИСО В с точки зрения ИСО А. На самом же деле СТО даёт этому простое объяснение: хотя часы в ИСО В идут в два раза медленнее, но и фотоны прибывают в неё в два раза реже, поскольку интервалы в ИСО В также сокращены в два раза. Поскольку расстояния в ИСО В с точки зрения ИСО А укорочены в два раза, то в интервал между двумя фотонами помещается два отрезка ИСО В, что соответствует в два раза более редкому поступлению фотонов в ИСО В. Но поскольку часы ИСО В с точки зрения ИСО А идут также в два раза медленнее, то и показания часов, фиксирующих прибытие фотонов, будут такими же, как и в ИСО А. То есть, равенство записей лент А и В здесь не противоречит СТО.

Рассмотрим полученные результаты с учетом положений квантовой механики. С позиции неподвижной ИСО оба фотона  $\nu_1$  и  $\nu_2$  из пары прибывают в измерители I и II одновременно. Поэтому коллапс волновой функции пары происходит «по вине» одного из фотонов, которым может быть любой фотон из пары. Очевидно, что оба фотона при этом находятся вблизи своих измерителей. Конечно, учитывая волновой характер фотона, нельзя говорить с определенностью о его местонахождении. Но, если бы мы использовали макроскопический коммутатор, например, ячейки Пельтье II, как показано на рис.6, то мы могли бы на некотором расстоянии от измерителя включить его и гарантировать, что сущность, которую мы обозначаем как фотон, явно прошла через него и явно находится вблизи от измерителя. Быстродействие ячейки Пельтье достаточно высока, и мы можем включать её каждую секунду за несколько микросекунд до срабатывания датчика. В этом случае, если фотон уже прошёл через неё, то работает один из датчиков анализатора. Если

же фотон не успел пройти через ячейку, то он будет отклонён ею в сторону и ни один из датчиков не сработает. В этом случае на ленте будет отсутствовать соответствующая запись. Хотя точность такой «пеленгации» всё-таки невысока (метры пути), но она вполне достаточна для последующего анализа. Эти доводы позволяют нам рассматривать фотон как точечный объект.

В соответствии с СТО, в момент, когда с точки зрения ИСО А первый фотон из пары был зарегистрирован измерителем П в ИСО В, второй фотон находился на большом удалении от ИСО А. Действительно, с её точки зрения ИСО В находится на меньшем удалении от источника S (в два раза), чем ИСО А, поэтому и достигнет он её в два раза быстрее. Это означает, что когда фотоны получили собственные состояния, первый из них находился в измерителе ИСО В (точка коллапса III), а второй – на подлете к ИСО А (точка коллапса II):

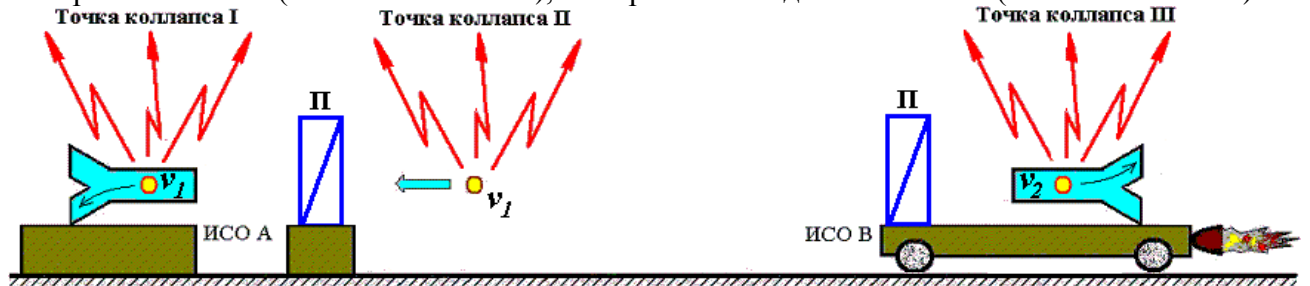


Рис.6 Точки в пространстве, где коллапсируют фотоны с точки зрения неподвижной ИСО А.

На первый взгляд никакого противоречия нет: фотон А получил своё состояние вдали от ИСО А (точка коллапса II), затем прибыл в неё и был зарегистрирован в соответствующем канале измерителя I. В этом случае будет наблюдаться описанная выше картина на лентах А и В – тождество (или симметрия). Причём коммутатор (ячейка Пельтье - П) точно зафиксирует местоположение фотона, поскольку направление его поляризации для такой фиксации значения не имеет: коммутатор сработает только после того, когда через него пройдет фотон. Тем не менее, возникает парадокс. Оказывается, фотон не может получить своё состояние нигде, кроме как вблизи от измерителя – в точках коллапса I и II.

### Парадокс коллапса волновой функции

Рассмотрим описанную картину с точки зрения неподвижной ИСО. Вследствие симметрии системы мы явно наблюдаем: фотоны получили своё состояние вблизи от измерителей. Коммутаторы П (рис.6) лишь позволяет нам удостовериться, что сущности, которые мы обозначаем как фотон, одновременно находятся вблизи от измерителей. Что означает «вблизи»? В экспериментах по квантовой нелокальности точность фиксации местоположения фотона достигала единиц метров. Этого более чем достаточно для наших целей.

Итак, коллапс волновой функции происходит, когда оба фотона из пары находятся в непосредственной близости от своих измерителей. Только там и нигде более. Об этом нам говорят наблюдения в неподвижной ИСО. В ней однозначно и определенно мы приходим к выводу: в момент коллапса волновой функции оба фотона находились вблизи от своих измерителей. Коммутатор Пельтье как вспомогательное средство мог бы доказать это: если бы один из фотонов находился чуть дальше, то он вообще не достиг бы своего измерителя. Подчеркнем, что ячейки П ничего нам не говорят о том, был ли фотон в собственном состоянии или нет. Они лишь свидетельствуют, что фотон был вблизи от измерителя, когда измеритель сработал. Это очевидное обстоятельство.

Таким образом, мы можем с уверенностью утверждать: фотон в момент перехода в собственное состояние находится вблизи измерителя. Но эти рассуждения проделаны для неподвижной ИСО. Справедливы ли они для ИСО А и ИСО В? Рассмотрим событие

**«ПРОЕЦИРОВАНИЕ ФОТОНА В СОБСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ».** Это событие имеет две особенности. Первая: не существует никаких физических средств выяснить, в каком состоянии находится фотон. Второе: собственное состояние фотон приобретает либо в процессе измерения, либо при измерении своей запутанной пары. То есть момент времени, когда фотон получает своё состояние, может быть однозначно зафиксирован. Процесс измерения фотона – это зависимое от места событие. Выше мы умышленно привязывали это событие не просто к месту в Пространстве-Времени, а к другому событию – измерению. Измерение фотона происходит в измерителях I или II. То есть, два события: упомянутое «Проецирование фотона в собственное состояние» и «Измерение фотона в измерителе I или II» - это два события, пространственное расстояние между которыми равно нулю, они происходят в одной точке пространства. А из этого следует вывод СТО: если два события произошли в одном и том же месте с точки зрения одной ИСО, то это справедливо и для любой другой ИСО. Можно сказать и проще: если событие произошло в некотором физическом месте, связанным с каким-либо материальным телом, то это справедливо для любой ИСО. Например, если метеорит упал на Луну, то из какой бы ИСО мы не рассматривали это событие – метеорит упал именно на Луну и никуда более. Вопрос относительности одновременности в данном случае значения не имеет, поскольку речь идет именно о состоявшемся событии. В принципе существуют ИСО, в которых это событие ещё не наступило, но когда наступит, то метеорит окажется именно на Луне.

С учетом этих обстоятельств мы приходим к парадоксу: наши рассуждения в рамках СТО показывают, что событие проецирования фотона в собственное состояние для разных ИСО произошло в разных местах. С точки зрения ИСО А, фотон  $\nu_2$ , зарегистрированный измерителем II в движущейся ИСО В, получил собственное состояние в точке коллапса I. А с точки зрения неподвижной ИСО фотон  $\nu_2$  получил своё собственное состояние в точке коллапса II:

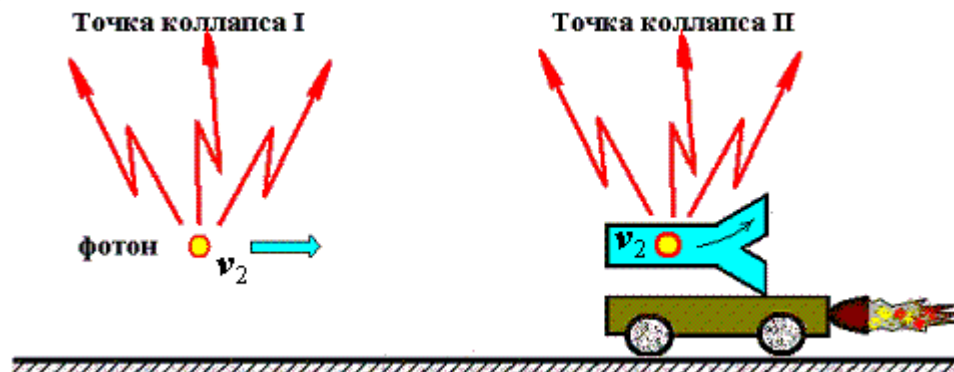


Рис.7 С точки зрения ИСО В фотон  $\nu_2$  не мог коллапсировать нигде, кроме как в его анализаторе. Поэтому точка коллапса I – ошибочна, и мнение ИСО А об этой точке также неверно.

Получается, что **СТО даёт два взаимоисключающих предсказания**. Справедливости ради необходимо подчеркнуть, что эти два взаимоисключающих предсказания получились из предположения, что коллапс волновой функции происходит мгновенно независимо от расстояния между объектами. А мгновенная передача сигнала в СТО невозможна. Но с другой стороны, собственно передачи сигнала не зарегистрировано, и, более того, в квантовой механике введено понятие «нелокальность», чтобы подчеркнуть, что поведение запутанных частиц не связано с передачей информации.

Еще раз рассмотрим ленты А и В, зарегистрировавшие результаты измерений, с позиции ИСО А. В ИСО А интервал времени между любыми соседними событиями равен 1 секунде. При этом наблюдатели в этой ИСО знают, что мгновенно, на любом расстоянии от них произошли парные события: регистрация вторых фотонов из пар. Причём интервал времени между этими событиями ввиду их мгновенности тоже равен 1 секунде. Наблюдатели

в ИСО В уже со своей точки зрения зафиксировали по собственным часам тот же самый интервал – 1 секунду. Но с точки зрения СТО для наблюдателя в ИСО А часы в ИСО В идут медленнее в два раза, поэтому интервал в ИСО В «видится» наблюдателю в ИСО А в два раза короче. Измерения же определенно показывают: интервалы равны! То есть мгновенно переданный из ИСО А в ИСО В сигнал зафиксировал синхронность хода часов этих ИСО. Причём, используя сигнатуру, то есть уникальную неповторяющуюся последовательность сигналов на лентах А и В мы обнаружим, что абсолютное время их регистрации в точности совпадает для ИСО А и ИСО В. Это означает, что часы этих двух ИСО идут не только синхронно, но и нет никакого лоренцева смещения их показаний. При первичной установке в ноль часов по контрольным точкам лабораторной ИСО показания часов обеих ИСО были равны. Не было смещения показаний движущейся ИСО в будущее по отношению к показаниям часов неподвижной ИСО.

Такие выводы следуют, если принять мгновенность передачи состояния между запутанными частицами. Если признать, что это «взаимодействие» происходит со скоростью света, то парадокс для СТО исчезает. Но возникает противоречие с квантовыми экспериментами Алена Аспекта, которые показали, что влияние между частицами происходит со сверхсветовой скоростью. Слабым выходом из положения могло бы быть признание того, что релятивистские эффекты являются математическим формализмом, кажущимися явлениями, а экспериментально наблюдаемые релятивистские эффекты вызваны другими причинами. Это относится главным образом к явлению замедления темпа хода часов. Мне не известны описания наблюдения чистого (классического) СТО-эффекта замедления хода часов. Вывод о его наличии делается на косвенных основаниях, которые, надо признать, не только логичны, последовательны, но и прекрасно вписываются в экспериментальные результаты. Что касается сокращения длин отрезков, то мне также не известны эксперименты, в которых они были зафиксированы инструментально: сокращение отрезков - всего лишь вынужденный вывод, логические следствия, которые, надо признать, прекрасно объясняют многие явления.

### *Литература:*

1. Aspect A. «Bell's theorem: the naive view of an experimentalist», 2001, URL: [http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/aspect\\_bell.zip](http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/aspect_bell.zip) (дата обращения 06.01.2015)
2. Aspect A., Dalibard J., Roger G., Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analysers. – Phys. Rev. Lett. 49, 25, (1982), URL: (дата обращения 15.06.2010) [http://kh.bu.edu/qcl/pdf/aspect\\_a1982707d6d64.pdf](http://kh.bu.edu/qcl/pdf/aspect_a1982707d6d64.pdf)
3. Аспект: Ален Аспект, *Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора*, (Пер. с англ. Путенихина П.В.), Квантовая Магия, 4, 2135 (2007), URL: <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2135.html> (дата обращения 06.01.2015)
4. Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics Vol.1, No.3, pp.198-200, 1964
5. Путенихин П.В., Квантовая механика против СТО, Квантовая Магия, 4, 2130 (2007), URL (дата обращения 06.01.2015): [http://samlib.ru/editors/p/putenihin\\_p\\_w/kmvsto.shtml](http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/kmvsto.shtml)
6. Путенихин П.В.: Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox (перевод с англ. - П.В.Путенихин; комментарии к выводам и оригинальный текст статьи), Квантовая Магия, 5, 2160 (2008), URL (дата обращения 06.01.2015): <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL522008/p2160.html>
7. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Том 4. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1967, URL: (дата обращения 06.01.2015) [http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein\\_t4\\_1967ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t4_1967ru.djvu)



8. Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным? / Эйнштейн А. Собр. научных трудов, т. 3. М., Наука, 1966, с.604-611, URL: (дата обращения 06.01.2015)  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein\\_t3\\_1966ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t3_1966ru.djvu)

05.06.2010

Адрес полного текста статьи в интернете URL:

[http://samlib.ru/editors/p/putenihin\\_p\\_w/protiv.shtml](http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/protiv.shtml)

Иллюстрации и уравнения к статье (зеркала)

[http://samlib.ru/editors/p/putenihin\\_p\\_w/](http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/)

<https://cloud.mail.ru/public/8WpP/qaUMAiGz>

<https://cloud.mail.ru/public/Hq7e/jZ9YZGJW9>

<https://yadi.sk/d/EZg36rrKmJDwk>

[https://drive.google.com/folderview?id=0B0uM56-EnG4ZaUFJb0YzY3YtcVU&usp=drive\\_web](https://drive.google.com/folderview?id=0B0uM56-EnG4ZaUFJb0YzY3YtcVU&usp=drive_web)

<http://fileload.info/users/putenikhin/>