

Интерферометр Маха-Цандера опровергает многомировую интерпретацию квантовой механики Эверетта (эвереттика, оксфордская интерпретация)

The Mach-Zehnder interferometer refutes the many-worlds interpretation of quantum mechanics Everett (everettics, the oxford's interpretation)

Путенихин П.В.
m55@mail.ru

Аннотация

Эксперимент БИЭВ (бесконтактные измерения Элицура – Вайдмана) опровергает многомировую интерпретацию Эверетта.

The EVIFM – experiment (Elitzur-Vaidman Interaction-Free Measurement) refutes the Everett's many-worlds interpretation.

Ключевые слова

Квант; эвереттика; Маха-Цандера интерферометр; многомировая интерпретация; альтерверс; оксфордская интерпретация; соотнесённые состояния; БИЭВ; бесконтактные измерения Элицура-Вайдмана; детектор; расщепитель луча

Quantum; everettik; Mach-Zehnder interferometer; the many-worlds interpretation; altervers; the oxford's interpretation of the quantum mechanics; EVIFM; Elitzur-Vaidman Interaction-Free Measurement; a detector; a beam splitter

УДК 530.145.1 Квантовая теория Основные проблемы

Эксперимент на интерферометре Маха-Цандера с точки зрения эвереттики

Можно утверждать, что главной причиной (целью) появления оксфордской интерпретации квантовой механики, известной также как эвереттика или многомировая интерпретация квантовой механики, является попытка исключить из интерпретации постулат о редукции волновой функции. Действительно, редукция или коллапс волновой функции означает прерывание её унитарной шрёдингеровской эволюции, последовательно-эволюционного развития и переход в непредсказуемое, но одно из известных состояний.

Наиболее простым и наглядным вариантом такого развития событий является поведение фотона в интерферометре Маха-Цандера. Считается, что состояние фотона является суперпозицией двух ортогональных состояний, когда фотон как бы равновероятно и одновременно находится в двух ортогональных состояниях: с вертикальной и горизонтальной поляризацией. В этом случае согласно копенгагенской интерпретации в процессе измерения фотона он из суперпозиционного состояния переходит в собственное, однозначно определённое состояние. В результате его поляризация становится либо вертикальной, либо горизонтальной. Следовательно, одно из состояний как бы исчезает, что, согласно

критике Эверетта, выглядит несколько странно, если не сказать противоречиво, ошибочно.

В соответствии же с оксфордской интерпретацией (эвереттикой) в процессе измерения фотона оба его состояния продолжают свою унитарную эволюцию, просто каждый из них оказывается в своём собственном, независимом от другого мире. Такое расщепление миров, по мнению Эверетта, может рассматриваться как интерпретация квантовой механики в более общем виде, нежели копенгагенская.

Другими словами, в процессе измерения квантовой частицы ни одно из её суперпозиционных состояний не исчезает. В качестве примера такое прохождение квантовой частицы через интерферометр Маха-Цандера рассматривает Ю.Лебедев в своей статье, опубликованной в 2010 году в журнале «Наука и жизнь» [8].

При поверхностном рассмотрении может показаться, что эвереттическое описание вполне точное и непротиворечивое. Однако, чтобы увидеть противоречивость оксфордской интерпретации, присмотримся внимательнее к доводам Лебедева, одного из ведущих сторонников теории.

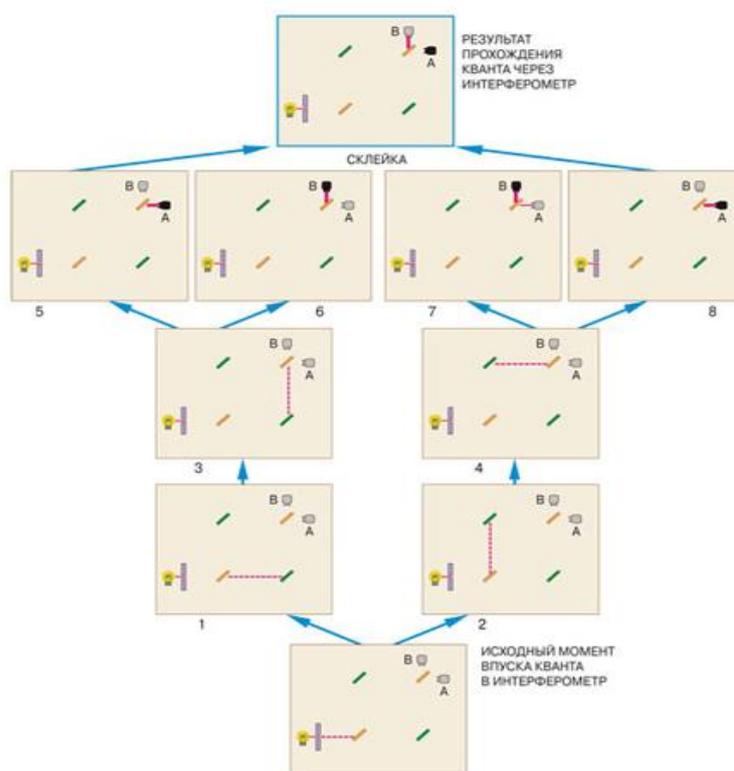


Рис.1 Альтерверсы прохождения кванта через интерферометр Маха-Цандера

На рисунке из статьи представлены все этапы прохождения кванта через интерферометр. Каждая строка кадров – это все возможные варианты прохождения на соответствующем этапе.

После прохождения кванта через первый расщепитель, он создаёт два альтернативных мира 1 и 2. В одном из них фотон отразился – 2, в другом – прошёл прямо – 1. Следующие два этапа в двух образовавшихся мирах тождественны и квант просто отразился от соответствующего зеркала 3 и 4.

На следующем этапе квант вновь встречает полупрозрачные зеркала и, согласно эвереттике, образует две новые пары миров: 5-6 и 7-8. В мирах 5 и 8 квант продолжает движение в том же направлении, что и при входе в интерферометр, попадая на датчик А, а двух других – 6 и 7 – в перпендикулярном направлении, попадая на датчик В. Однако, согласно эксперименту, квант никогда

не попадает на датчик В, следовательно, эвереттика должна объяснить это отклонение от своих предсказаний, допускающих существование этих миров.

И здесь ей приходится прибегнуть к искусственному, весьма надуманному приёму, введённому Лебедевым и названному им склейкой. Никаких строгих физических обоснований этот приём не имеет. Исключительно директивно объявляется, что два из четырёх исходов являются верными или, как они именуются в эвереттике, физически возможными результатами взаимодействия.

Чтобы выяснить обоснованность такой селекции, рассмотрим миры 5-8, для чего вырежем часть рисунка и добавим на него предысторию, взятую из предыдущих миров 3 и 4, чтобы сделать картину более наглядной:

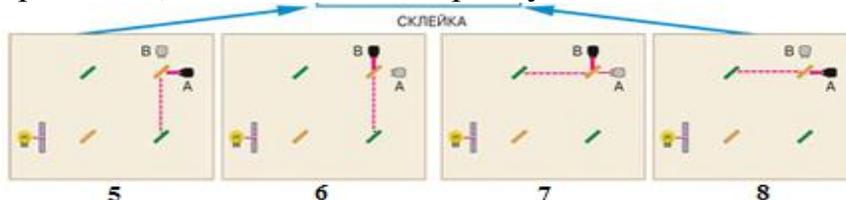


Рис.2 Склейки альтерверсов прохождения кванта через интерферометр Маха-Цандера

На фрагменте рисунка из статьи отражена так называемая «эвереттическая склейка» Лебедева между мирами (альтерверсами). Правда, из рисунка не совсем ясно, какие именно миры склеиваются. Из дальнейшего описания следует, что это миры 6 и 7. Утверждается, что эта склейка означает «выбор» эвереттовской интерпретацией физически возможных результатов взаимодействия. Иными словами, эти два результата возможны по неким физическим причинам, а другие – невозможны. Итак, утверждается:

«Особый интерес представляют альтерверсы 6 и 7. Они образуют склейку, в которой физические конфигурации обоих альтерверсов абсолютно идентичны. Различие между ними состоит в истории их возникновения, то есть в различии путей, по которым пришёл квант». [8]

Хорошо, допустим, это так. Но что тогда можно сказать об альтерверсах 5 и 8? Чем идентичность физических конфигураций 6 и 7 отличается от идентичности физической конфигурации 5 и 8? Как ни приглядывайся, как ни вращай направления движения фотона, мы видим полное тождество в смысле идентичности конфигураций 6-7 и 5-8. В обоих случаях фотон приходит на зеркало с двух взаимно перпендикулярных направлений. Что 6-7, что 5-8 не дают никаких оснований для обоснованной отбраковки: это можно, а это – нельзя. Строго логически мы обязаны объявить ещё одну склейку – 5-8, причём она столь же «представляет особый интерес», как и склейка 6-7. Про склейку 5-8 мы можем столь же обоснованно, как и про склейку 6-7, заявить, что в ней физические конфигурации обоих альтерверсов абсолютно идентичны, и различие между ними состоит в истории их возникновения, то есть в различии путей, по которым пришёл квант. Какие доводы можно привести против таких оснований? Никаких!

«Многомировая трактовка исходит из корпускулярного описания кванта и показывает, что в данной склейке вследствие закона сохранения импульса суммарный импульс, передаваемый зеркалу альтерверсами 6 и 7, должен равняться нулю». [8]

И вновь мы обязаны рассмотреть склейку 5-8 и обнаружить, что нет никаких оснований для иного, чем и в этом случае заключения о равенстве нулю суммарного импульса. Одной только имеющейся информации на рисунке

недостаточно для вывода о какой-бы то ни было разнице между этими двумя склейками: они тождественны. Более того, рисунок позволяет нам без каких бы то ни было проблем поменять исходы на противоположные! Абсолютно никаких изменений на рисунке не произойдёт. На приведённом рисунке исходы обозначены как АВВА, то есть, слева направо фотон на изображенных кадрах (мирах) 5, 6, 7, и 8 попадает, соответственно, на датчики А, В, В, А. Но столь же верными будут и исходы ВАВА, ВААВ, АВАВ. Кроме этого, нет никаких видимых причин отказать в реальности результатам: ВВАА и ААВВ. Каждому из этих пяти новых исходов легко «назначить» и соответствующие склейки, причём их в каждом случае будет две, полностью равноценные склейки. Такой непротиворечивый разброс склеек и исходов вызывает, по меньшей мере, некоторое недоумение.

«В этом случае и импульс кванта должен стать нулевым, что в нашей ветви мультиверса невозможно, а потому такая склейка не может реализоваться ни в какой ветви КРФМ». [8]

А вот этот вывод вызывает удивление. Суммарный импульс от квантов, находящихся в *разных* альтерверсах, как это понимать? По меньшей мере, здесь явно просматриваются *два* кванта вместо исходного одного. Только *два* кванта могут создать *суммарный* импульс, поскольку сумма из одного слагаемого, это просто нелепость. В результате склейки в наш, результирующий мир попадают из альтерверсов сразу *два* кванта.

Кроме того, автор статьи несколько вольно использует терминологию. Здесь он упоминает мультиверс. Но этот термин правильнее отнести к области инфляционной гипотезы Линде, а в рассматриваемой статье, видимо, нужно говорить о ветвях альтерверса или КРФМ. Мультиверс Линде по определению не является принципиально недоступным для наблюдения.

В итоге не видно никакого разумного обоснования, почему именно такая склейка не может реализоваться. Склейка 5-8 на рисунке не имеет абсолютно никаких принципиальных отличий от склейки 6-7.

«Ведь согласно оксфордской интерпретации реализуются не все, а только физически возможные результаты взаимодействия». [8]

Конечно, с таким заключением трудно не согласиться: может произойти только то, что может произойти. Однако, помимо этой тавтологии, следовало бы пояснить, что означает: во-первых, физически возможный результат от взаимодействия двух квантов, каждый из которых находится в альтерверсе, *принципиально недоступном* для другого. Либо как *два кванта* из двух разных альтерверсов в результате склейки превращаются в *единственный квант*. Во-вторых, выбор склейки фактически *наугад*. И, наконец, в чём вообще состоит смысл «нулевого импульса»? Как импульс «преобразуется» в возможность прохождения фотона на следующий уровень альтерверсов?

«Отсюда следует, что в данной схеме при прохождении фотона возможна реализация только альтерверсов 5 и 8. Какой бы из них ни стал «нашим» альтерверсом, мы обнаружим, что сработал детектор А с вероятностью 100%». [8]

Это, с учетом вышесказанного, ничем не обоснованное следствие. Из приведённых выше «доводов» автора статьи никак нельзя сделать такой вывод, поскольку обе склейки по рисунку друг перед другом не имеют никаких преимуществ. К тому же о склейке больше не говорится, почему?

Единственным основанием для выбора той или иной склейки из набора альтерверсов оксфордской интерпретации является довольно заметная «маленькая

хитрость». Автор знает заранее, что исход эксперимента – срабатывание детектора А. Только и всего. Сама эвереттика не предоставила абсолютно никаких обоснований для выбора альтерверсов, в отличие от классической (копенгагенской) интерпретации, которая исключительно в рамках своего формализма даёт однозначное, непротиворечивое и согласующееся с экспериментом предсказание его исхода, поведения фотона в интерферометре Маха-Цандера.

Кроме того, для оригинала, то есть, для работы Эверетта, склейки по смыслу являются чуждым механизмом или, по меньшей мере, весьма сомнительным её улучшением. Миры у Эверетта расщепляются, но нет ни намёка на то, что они могут сливаться. Напротив, по его мнению **«все ветви существуют одновременно в суперпозиции после любой данной последовательности наблюдений»**. Более того, некоторые миры, описанные в рассматриваемой статье Лебедева, по определению являются физически *невозможными* результатами взаимодействия. Показывая их на рисунке, автор, чтобы не противоречить отстаиваемой гипотезе и своему тезису, обязан перечеркнуть их «жирным крестом».

Таким образом, эвереттика не способна доказать, физически обосновать исход эксперимента на интерферометре Маха-Цандера. Вместо доказательства от её имени в статье делается явная подтасовка. Результат эксперимента ей известен по результатам конкретных *чужих* физических экспериментов. Что забавно, сколько бы мы ни проводили эти эксперименты, мы *никогда* в результате расщепления миров не окажемся в альтерверсе, в котором реализуются исходы 6 и 7. Никогда! И в этом случае возникает очередное недоумение. Почему на рисунке результатом показана именно склейка 6-7 как «результат прохождения кванта через интерферометр», хотя *возможна реализация только склейки 5-8?* Это просто опечатка или автор сильно засомневался?

Напротив, такой исход строго корректно, как говорится, до пятого знака после запятой, доказывается копенгагенской интерпретацией. В ней нет таких сомнительных обоснований. Доказательств, по сути, два, согласно копускулярно-волновому дуализму квантовой частицы. Напомню, выше утверждалось, что эвереттика рассматривает только корпускулярное поведение квантов.

И здесь мы вновь видим нестыковку. Эвереттика не приводит строгих обоснований исхода эксперимента на интерферометре, однако критикует интерпретацию, которая такое обоснование приводит в самом исчерпывающем виде:

«Традиционный квантово-механический формализм описывает в данном случае квант как волну и предсказывает возникновение «деструктивной интерференции» расщеплённых волновых функций кванта с равенством нулю вероятности обнаружить его в этом состоянии». [8]

Сразу же отметим ошибочность этого мнения. Видимо, автор не проводил даже поверхностного изучения вопроса. А между тем даже небольшой сёрфинг в интернете сразу же показывает: этот исход, согласно копенгагенской интерпретации, не является единственным. Просто в литературе рассмотрен один из вариантов устройства интерферометра Маха-Цандера, для которого такой исход однозначен. То есть существуют и другие варианты конструкции интерферометра, для которых исход в точности *противоположный*. Например, такой вариант интерферометра Маха-Цандера, в котором свет никогда не попадает на датчик В [5]:

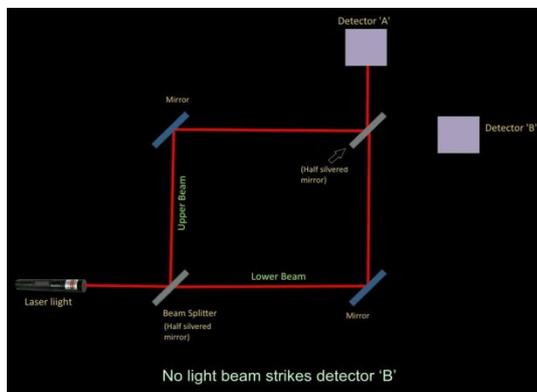


Рис.3 Луч света никогда не достигает детектора В

И ещё один пример [6] прохождения кванта в интерферометре Маха-Цандера на «перпендикулярный» датчик:

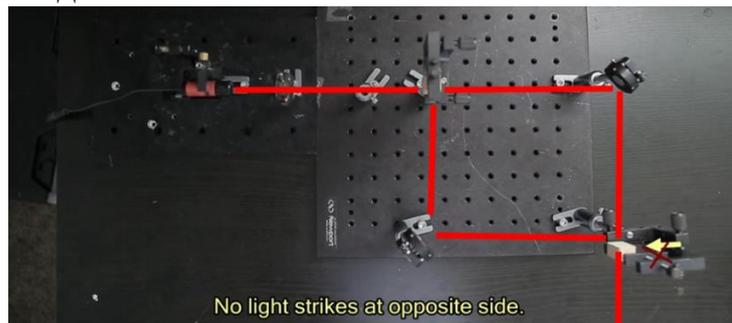


Рис.4 Свет никогда не проходит на противоположную сторону интерферометра

Автор статьи приводит копенгагенское объяснение поведения кванта в интерферометре Маха-Цандера в следующем виде:

«Смысл описания таков. Фотон (единичный!) в форме волны расщепляется на первом зеркале и далее проходит интерферометр в виде двух полуволн («расщеплённых волновых функций»), оставаясь при том единственной частицей!» [8]

И вновь здесь видим неточности. Если частица, то причём здесь полуволны? Волна и волновая функция – это как бы разные вещи, поэтому «уточнение» о функциях в скобках не вполне уместно. Кроме того, волновые функции описывают как раз частицу, но сами ею при этом не являются. Другими словами, эти сомнения сами выглядят как-то сомнительно. Далее:

«О том, как ему это удаётся и что такое «фотонная полуволна», копенгагенская интерпретация умалчивает». [8]

Надо признать, что, действительно, вряд ли можно встретить обоснование «полуволны», но то, что это лишь математический формализм, несомненно. Причём формализм, абсолютно точно и логично дающий ответ: почему фотон проходит на этот датчик и никогда не попадает на другой. Мы же пользуемся положительным направлением тока в металлах, и ничего, всё прекрасно работает.

Конечно, фотонная полуволна в копенгагенской интерпретации не является реальным физическим элементом. Но это отлично работающая аппроксимация.

«На выходе полуволны интерферируют и объединяются снова в «полноценный фотон», причём оказывается, что он может двигаться только вправо». [8]

Это верно, но это лишь половина правды. Во-первых, «полуволны» объединяются не в фотон, а в такую же волну. Как её дальше рассматривать, зависит от корпускулярно-волнового характера эксперимента. Во-вторых, в

копенгагенской интерпретации существует и однозначно корпускулярное описание прохождения кванта через интерферометр. В этом случае фотон рассматривается как квант, частица, а не волна. В интернете есть прекрасные учебные фильмы, описывающие этот процесс.

С корпускулярной точки зрения объяснение движения «половинок» фотона удобно использовать комплексные функции. Функции эти проистекают из основного понятия квантовой механики – вектора состояния квантовой частицы (здесь – фотона), его волновой функции, которые имеют ещё одно название – амплитуда вероятности. Вероятность того, что фотон попадёт в некоторую точку на экране (фотопластинке) в случае двухщелевого эксперимента равна квадрату суммарной волновой функции, для двух возможных траекторий движения фотона, образующих суперпозицию состояний.

«Когда мы образуем квадрат модуля суммы $w+z$ двух комплексных чисел w и z , мы обычно не получаем только лишь сумму квадратов модулей этих чисел; существует дополнительный «поправочный член»:

$$|w + z|^2 = |w|^2 + |z|^2 + 2|w||z|\cos\theta,$$

где θ – угол, образуемый направлениями на точки z и w из начала координат на плоскости Аргана...

Именно поправочный член $2|w||z|\cos\theta$ описывает квантовую интерференцию между квантовомеханическими альтернативами». [9, с.198]

Придаться, конечно же, можно к любому квантовому формализму. Причём даже к его фундаментальным понятиям. Как, например, описать само «яблоко раздора», явившееся едва ли не самой главной причиной разработки Эверетта? Как понять суперпозицию состояний? Квантовая частица – единственная! – находится одновременно в двух местах, или в двух состояниях. Сколько их, этих квантовых частиц? Одна? Или всё-таки две? И это положение в одинаковой мере лежит в основе как копенгагенской, так и оксфордской интерпретаций. Различие в малом: в первой одно из состояний может коллапсировать, исчезать, а во второй – «порождает» новый мир. Чем одно хуже или лучше другого? Почему сторонники эвереттики в лице Лебедева удивляются разделению кванта («единственного!») на две полуволны, но спокойно принимают его разделение на два (и более) независимых суперпозиционных состояния?

В подтверждение сказанного рассмотрим упомянутые выше описания поведения кванта в интерферометре Маха-Цандера с позиции копенгагенской интерпретации. В работе [3] приводятся выкладки, объясняющие поведение кванта с «волновой» точки зрения. Причём, судя по выводам, авторы этой работы тоже не в совершенстве знакомы с особенностями конструкции интерферометра. Они отбрасывают одно из решений, показавшихся им неправильным. Но это отброшенное решение тоже верное, просто относящееся к другой конструкции интерферометра:

«So that is the problem—the Mach–Zehnder interferometer as presented does not work». [3].

Авторы, рассмотрев исходный вариант интерферометра с тонкими полупрозрачными зеркалами, получили результат, в котором фотон всегда прибывает не к прямолежащему детектору (детектор А), а к перпендикулярному (детектор В):

«Так что возникла проблема – интерферометр Маха-Цандера, как описано, не работает».

Анализ проводился в терминах «оптического пути кванта в интерферометре». Было учтено, что при отражении от зеркал квант (фотон) изменяет свою фазу на π , а при прохождении через полупрозрачное зеркало фазу не изменяет. По этой причине на пути к зеркалу В фотон по обоим путям изменяет свою поляризацию на 2π , поэтому выходит из последнего зеркала по направлению к датчику В с «удвоенной полуамплитудой», то есть в исходном состоянии. На пути к датчику А фотон по одному пути получает сдвиг фазы 2π , а по другому – 3π , поэтому на выходе зеркала по направлению к датчику А эти два «полукванта» имеют противоположные фазы и гасят друг друга.

Однако, в русскоязычной литературе и интернете можно встретить лишь вариант прохождения кванта именно к датчику А. В них вариант прохождения кванта к датчику В практически не встречается. Но такие описания в других сегментах интернета имеются. В первом варианте авторы работы [3] рассмотрели как раз его, получили верный ответ, но сделали, тем не менее, ошибочное заключение.

Рассмотрев затем другую, более распространённую конструкцию интерферометра, авторы вновь получили корректный результат, согласно которому квант теперь уже со 100% вероятностью проходит только к датчику А (соответствует обозначениям схемы в статье Лебедева).

В этом случае было учтено, что полупрозрачные зеркала имеют определённую толщину, и при разных путях движения фотон либо испытывает на нём сдвиг фазы, либо нет:

[«... ключ к решению проблемы состоит в том, что происходит с фотоном, приближающимся к светоделителю сзади». \[3\]](#)

Сзади означает со стороны, на которой отсутствует диэлектрическая (стеклянная) основа светоделителя. В результате анализа они приходят к правильному выводу, что в таком интерферометре фотон всегда попадает на датчик А.

Как видим, в копенгагенской интерпретации нет никаких противоречий в описании интерферометра. Но для оксфордской эти описания создают заметные проблемы. Как было показано выше, выбор склейки крайне сомнителен. И копенгагенская интерпретация ещё более отчетливо это высветила. С этой позиции термин «физически возможный исход» эвереттики выглядит ещё более сомнительным и туманным, явно намекая на «чужие» доказательства. В копенгагенской же интерпретации таких расплывчатых обоснований нет. Есть строгие математические выкладки. Например, рассмотренная волновая версия описания [3].

Можно привести и ещё одно наглядное и полное объяснение принципа действия интерферометра Маха-Цандера, это работа [7]. Или прекрасная анимация, сопровождаемая чёткими уравнениями, рассматривающими фотон как частицу [4]:

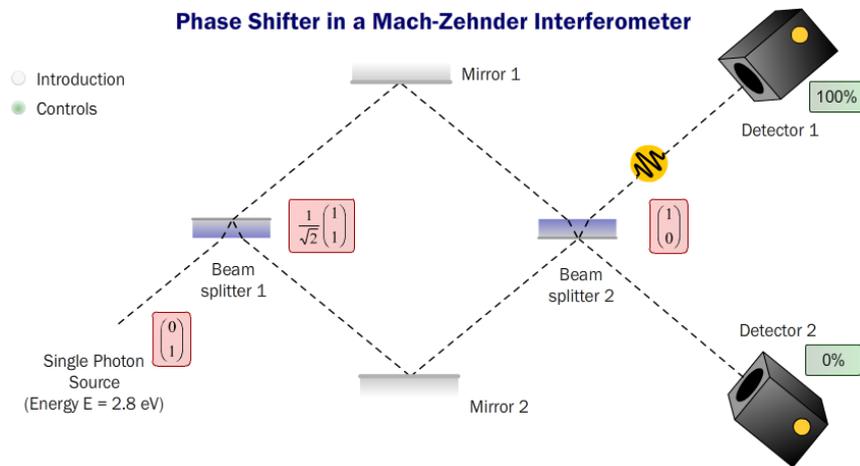


Рис.5 Сдвиг фаз в интерферометре Маха-Цандера изменяет направление выхода фотона [4]. Справа от рисунка иконка для запуска анимации.

Справа от рисунка находится иконка для запуска swf-анимации, на которой можно выбрать различные режимы отображения. Интерфейс анимации интуитивно понятен и не требует особых знаний ни английского языка, ни html-технологий, ни квантовой информатики. Тем не менее, поясню, что для запуска анимации нужно выбрать меню «Controls», а затем снизу слева нажать кнопку «Continuous Fire».

Сторонникам оксфордской интерпретации следовало бы разработать соответствующий механизм для более формального, объективного, даже, скажем так, математического описания процесса прохождения кванта через интерферометр Маха-Цандера. Утверждения «физически возможный исход» больше подходят для философских или религиозных тезисов.

Итак, описание поведения кванта при его прохождении через интерферометр Маха-Цандера с использованием оксфордской (многомировой) интерпретации Эверетта (эвереттики) является крайне противоречивым и неполным. Оно определённо использует в своих выкладках выводы других теорий или результаты экспериментов. То есть, эвереттика объясняет, почему квант попадает именно на указанный датчик, не на основе собственного формализма, а использует для этого данные эксперимента. Получается, что эвереттика объясняет результаты эксперимента самими этими результатами, причём весьма противоречиво.

Говоря словами Де-Витта, такая **«математически привлекательная теория Эверетта не может быть правильной»**.

Эксперимент БИЭВ

В связи со стремительным развитием наук, в частности, физических, постоянно создаются всё новые и новые теории, которые, как правило, не согласуются, противоречат друг другу. Возникает необходимость выбора среди них более правильных, более верно объясняющих некоторую совокупность фактов. Как указано в рассмотренной статье, для такой селекции необходим некий «решающий эксперимент», под которым в науке принято считать эксперимент, по результатам которого и можно было бы выбрать такую правильную теорию.

Для тестирования, верификации эвереттики в 1994 году был осуществлён эксперимент, который её сторонники предлагают рассматривать как такой решающий эксперимент.

В основу эксперимента положена идея о реальности «параллельных миров», предложенная в 1993 году Элицуром и Вайдманом, которых, несомненно, можно считать одними из наиболее авторитетных западных сторонников многомировой интерпретации Эверетта. Эксперименты, получили название «измерения, свободные от взаимодействия» или «бесконтактные измерения Элицура-Вайдмана» - БИЭВ. Ими была сформулирована задача в виде детективной проблемы тестирования фото-чувствительных бомб, срабатывающих от воздействия единственного фотона [1, 2].

Утверждается, что этот эксперимент определённо подтверждает действительность, истинность формализма эвереттики. Однако, при его анализе обнаруживаются противоречия, ставящие под сомнение истинность как выкладок, так и самой многомировой теории. Рассмотрим критически эти выкладки, воспользовавшись его описанием и рисунком в статье Лебедева:

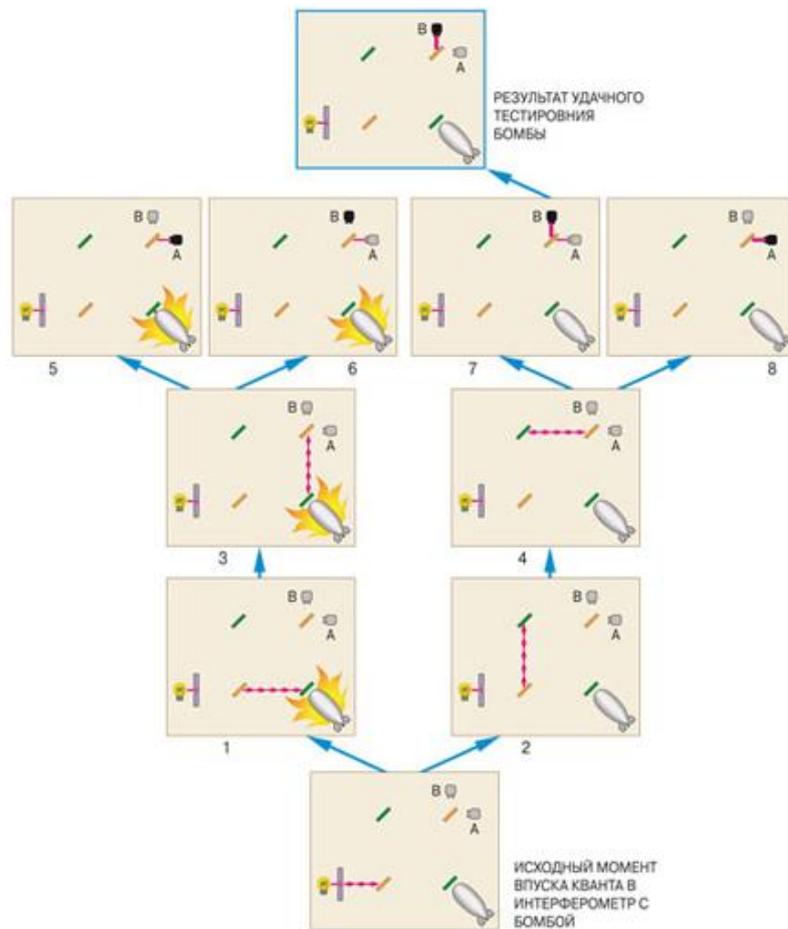


Рис. 6 Многомировая трактовка решения задачи Элицура-Вайдмана. Рисунок из статьи Лебедева [8]

На данном рисунке, взятом из статьи Лебедева, показаны все ветвления альтерверса при тестировании фото-чувствительных бомб в задаче Элицура-Вайдмана. Согласно БИЭВ поведение исправной бомбы, неисправной бомбы и бомбы исправной, но не сработавшей, абсолютно одинаково. Если фотон коснулся зеркала, то во всех случаях «как бы сработала» некая кнопка, сигнал от которой во втором и третьем случаях просто не дошёл до взрывателя. То есть, входной чувствительный элемент во всех случаях «почувствовал» давление фотона. Это означает, что мы в принципе можем определить путь, по которому двигался фотон, просто поставив рядом со штатным взрывателем второй «технологический», более

чувствительный датчик, назначение которого – лишь фиксировать взаимодействие датчика бомбы и фотона для контроля и отладки механизма бомбы на этапе её изготовления.

Подобием такого технологического датчика являются контрольные точки на обычных электронных модулях. Например, на первых электронных часах на дискретных элементах можно было найти точку, в которой осциллографом можно было наблюдать сигнал задающего генератора для его корректировки.

Отметим, что это непосредственно следует из формализма эксперимента БИЭВ. И исправные и неисправные бомбы неизбежно должны «почувствовать» давление фотона. Только в этом случае их механизм может совершить дальнейшие действия: запустить или не запускать взрыватель. Отсюда сразу же следует, что при любом исходе испытаний мы неизбежно будем в принципе иметь возможность получить информацию о пути фотона, даже не устанавливая дополнительный датчик, а лишь имея такую возможность. Это важно: мы не обязательно получим эту информацию, но в принципе у нас такая возможность есть.

Всё это приводит к резкому противоречию эвереттики с традиционной интерпретацией. Согласно копенгагенской интерпретации квантовой механики сформулировано замечательное правило нарушения интерференции: любая даже потенциальная возможность получить информацию о пути фотона разрушает интерференцию. Были проведены различные эксперименты, некоторые из которых [10] в высшей степени замысловатые (атомы рубидия). Все эксперименты однозначно подтвердили строгое соблюдение этого правила.

Если рассматривать эксперимент БИЭВ с точки зрения копенгагенской интерпретации, то во всех случаях мы имеем принципиальную возможность определить путь фотона. Это значит, что независимо от того, исправна бомба или нет, взорвалась неисправная бомба или нет, мы всегда будем наблюдать нарушение интерференции на интерферометре Маха-Цандера. То есть, независимо от состояния бомб мы всегда будем иметь равновероятные выходы фотонов к обоим датчикам. Отметим, что даже в случае взрыва бомбы фотон успеет дойти до какого-либо датчика и будет зарегистрирован.

Таким образом, предсказания поведения «тестера бомб» БИЭВ согласно копенгагенской и оксфордской (эвереттовской) интерпретаций квантовой механики являются противоположными. В случае эвереттики все неисправные бомбы будут приводить к срабатыванию только датчика А, а в случае копенгагенской интерпретации – будут срабатывать оба датчика – А и В. При наличии исправных, но не сработавших бомб, результаты копенгагенских измерений будут такими же, то есть, информация об исправных бомбах получена не будет. Эвереттика же, как утверждается, такую информацию даёт.

Эти противоположные предсказания исходов свидетельствуют о том, что эвереттика делает ложные предсказания. Это действительно так, поскольку для копенгагенской интерпретации все без исключения проведённые эксперименты являются «решающими» и все они без исключения подтверждают её.

Ещё раз вспомним, что описание стандартного поведения интерферометра Маха-Цандера с позиций оксфордской (эвереттовской, многомировой) интерпретации использует предположение о «физически возможном исходе». Это означает, что в само предсказание изначально заложен результат эксперимента или... предсказания копенгагенской интерпретации. Без этих дополнительных сведений о физически возможных исходах, кем-то и когда-то определённых,

оксфордская интерпретация не может дать верного предсказания. Предлагаемые Лебедевым «склейки» именно это и означают: рассматриваются только те исходы, которые соответствуют копенгагенскому корпускулярному (взаимодействие волновых функций) или волновому (усиление или ослабление волн) описанию интерферометра.

Заметим, что прохождение фотона до датчиков в случае взрыва бомбы в БИЭВ эвереттикой не рассматривается, и это является ошибкой. Каким бы быстрым ни был взрыв бомбы и последующее разрушение её зеркал, фотон, вызвавший этот взрыв, успеет пройти весь оставшийся путь в интерферометре и вызвать срабатывание датчика. Это обстоятельство имеет значение для сравнения предсказаний оксфордской и копенгагенской интерпретаций, поскольку его учёт позволяет максимально наглядно показать интерференционные расхождения двух теорий.

Ещё раз обратимся к рисунку 6. Согласно аксиоматике БИЭВ измерение является *бесконтактным*. Поэтому наличие, присутствие объекта определяется как бы *без прикосновения* к нему. В этом случае утверждать, что бомба «почувствовала» фотон, нельзя. Следовательно, если фотон в задаче БИЭВ «прошёл мимо», то не будет срабатывания никакой бомбы – ни исправной, ни дефектной. То есть, правые на рисунке альтерверсы оказываются нечувствительными к исправности бомб. Поэтому оба исхода: срабатывание А или срабатывание В будут одинаково соответствовать двум состояниям бомб: исправному и дефектному. Метод не позволяет произвести отбраковку. Здесь имеется явная логическая ошибка.

Действительно, пусть для однократного измерения мы получили, например, исход В. Что это значит? Это значит, что, согласно рисунку, мы оказались в альтерверсе, в котором эвереттический фотон прошёл «в обход» взрывателя бомбы. И ничего более. Результаты других альтерверсов нам принципиально недоступны, поэтому узнать, что в каком-то из них бомба взорвалась, мы не можем.

При этом помимо сказанного, необходимо указать на ещё одну проблему: полученный только что результат явно расходится с «физически возможными исходами». Эвереттика, как и копенгагенская интерпретация не допускают исхода В для нормальных условий эксперимента, то есть без привлечения мистики. Почему же, согласно рисунку, фотон всё-таки попал на датчик В? Это противоречит и эвереттике и копенгагенскому формализму. Ведь если бомба неисправна, то в альтерверсах 6 и 7, как показано на рисунке, наблюдаются исходы В, которые, как утверждалось эвереттикой в примере с обычными зеркалами, не являются физически возможными. Если же бомба исправна и сработала, то фотон на левых альтерверсах, тем не менее, достигнет датчиков, в частности, датчика В, поскольку движется быстрее любой взрывной волны. Возникает парадокс интерпретации: к объяснению привлечены физически *невозможные* ситуации. По меньшей мере, это означает, что при любом состоянии бомб всегда будет равновероятное срабатывание обоих датчиков с довольно неприятными следствиями.

В рассмотренной ситуации срабатыванию датчика В всегда будут соответствовать *оба* состояния бомбы: исправная (о чём мы сразу же узнаем по взрыву) и неясно какое: датчик В сработает и при исправной, но не взорвавшейся, и при неисправной бомбе. Не спасает положение и многократное измерение. Мы

получаем либо взрыв (альтерверсы 1, 3, 5, 6), либо «обход» фотоном взрывателя, что явно *не несёт информацию* об исправности бомбы.

Причём точно такие же исходы будут соответствовать и срабатыванию датчика А. Получается, что у нас нет определённой информации об исправности бомбы, помимо единственного случая, когда бомба взорвалась.

Заметим, что и с точки зрения копенгагенской интерпретации мы также не можем получить достоверную, однозначную информацию о состоянии бомб. Любая гипотетическая возможность получить информацию о пути фотона разрушает интерференцию, в результате чего датчики А и В всегда будут срабатывать равновероятно. В этом случае интерферометр, собственно, и исполняет роль бесконтактного регистратора наличия объекта на пути фотонов, в данном случае зеркала на бомбе. Если есть зеркало без бомбы – сработает только датчик А. Если зеркала нет, или зеркало «чувствует» наличие фотона, то есть, исправная бомба взорвалась или неисправная взорвалась или нет, – интерференция разрушается, и сработает равновероятно любой из датчиков. Никакой селекции, отбраковки бомб при таких исходах провести не удастся.

Итак, описанный БИЭВ эксперимент *в принципе не может быть* подтверждающим «решающим экспериментом» для эвереттики. Скорее наоборот, он свидетельствует о её противоречивости. Претензии Эверетта на более общую интерпретацию квантовой механики имеют опровергающий результат «решающего эксперимента». Такая теория не может быть правильной.

02.03.2016

Литература

1. Иванов М. Г. Как понимать квантовую механику. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. — 516 с.
2. Пенроуз Р., Шимони А., Картрайт Н., Хокинг С. Большое, малое и человеческий разум / Пер. с англ. — М.: Мир, 2004. — 191 с, ил.
3. Zetie K.P., Adams S.F., Tocknell R.M., How does a Mach–Zehnder interferometer work, UK, Phys. Educ. **35**(1) January 2000, URL: http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall06/cos576/papers/zetie_et_al_mach_zehnder00.pdf
4. Mach-Zehnder Interferometer - University of St. Andrews, flash-simulator, URL: http://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/quvis/simulations_twolev/IOP%20-%20Mach%20Zehnder-PhaseShifter%20V7%20REV%20-%20Copy.swf
5. Vijayan T., Mach-Zehnder Interferometer experiment, URL: https://youtu.be/M6y_igUyCg
6. Vijayan T., Mach-Zehnder Interferometer with Polarizing Beam Splitter (PBS) and Quantum Eraser, URL: <https://youtu.be/2PJbAeBERjI>
7. Harrison D.M., Mach-Zehnder Interferometer, URL: <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/MachZehnder/MachZehnder.html>
8. Лебедев Ю., Реально ли многомирие?, ж-л «Наука и жизнь», №4, 2010, URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/17795/>
9. Пенроуз Роджер, Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В.О.Малышенко. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 384 с. Оригинал перевода:

Roger Penrose, The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics. Oxford University Press, 1989.

10. Цыпенюк Ю.М., Соотношение неопределенностей или принцип дополнительности? – М.: Природа, №5, 1999, с.90