

Некоторые концептуальные проблемы квантовой теории

Артур Файн

Не язык сердца, а ясное мышление —
это то, в чем мы сегодня нуждаемся.

А. Камю

I. Введение

С самого начала квантовая физика была известна своей революционностью. Квантовая теория явила радикальный разрыв с концептуальной базой уже сформировавшихся физических теорий. Если классическая физика шла в русле парадигм причинности или детерминизма, то квантовая физика обнаружила парадигмы индетерминизма и акаузальности. Если реализм классической физики был связан с её органическим неприятием идеалистической эпистемологии, то идеализм, к которому склонялся Нильс Бор и другие из копенгагенской школы, с тупой упорностью стремится стать концептуальной базой современной физики. Даже позитивизм двадцатого века, который вырос и набирался сил бок о бок с квантовой механикой, был заменен её радикальной новизной. Волновая функция квантовой физики сопротивляется операциональному анализу, предполагаемому позитивистами. В результате "общественное положение" научных теорий, так и их содержание, стали предметом критического анализа. Настоящая статья также нацелена на ревизию. Я допускаю, что переход от старой физики к новой отмечен грандиозными инновациями. Но я отрицаю, что эти инновации ведут к революционной концептуальной (или, если хотите, философской) суперструктуре.

II. Двухщелевой эксперимент и аргументация

Пусть раскаленная проволока действует как источник электронов, испускающая их в направлении пластинки из твердого металла. В этой пластинке на равных расстояниях от источника проделаны два отверстия (назовем их A и B) и позади пластинки – на достаточном расстоянии – расположен чувствительный экран. Результатом эксперимента является некоторая структура электронных вспышек на детектирующем экране. Это так называемая интерференционная картина. Если мы заблокируем отверстие A , оставляя B открытым, то возникнет иная структура. Назовем её B -структурой. Аналогично, если мы блокируем B отверстие. Если мы наложим друг на друга A и B структуры, то мы получим нечто, что естественно назвать аддитивной структурой, ибо число элементов, которое достигает экрана в данном регионе аддитивной структуры, просто равно сумме электронных "ударов" от A и B структур. Сравнение аддитивной и интерференционных структур показывает, что они существенно различны. Например, места, где интерференционная структура показывает светлые пятна, т.е. там, где немного электронов, там аддитивная структура показывает темные пятна от множества электронов. Структура распределения электронов, возникающая в данном эксперименте, позволяет говорить о вероятностном распределении электронов в различных точках детектирующего экрана. Если X – область на экране, то вероятность локализации электронов в этой области должна быть пропорциональна числу электронных "ударов" по X .

Рассмотрим теперь следующий простой пассаж о двухщелевом эксперименте: каждый электрон, покинув проволоку, проходит барьер, вызванный твердой металлической пластиной, либо через отверстие A или через отверстие B , но не через оба отверстия сразу, и достигает детектирующего экрана. Предположим мы трактуем этот пассаж как гипотезу и хотим проверить её, проводя следующее рассуждение.

Если наш пассаж правильный, то каждый электрон проходит либо через A , либо через B , но не через оба отверстия. Символически

$$(A \vee B) \wedge \sim (A \wedge B)$$

Тогда вероятность того, что электрон достигнет области X на детектирующем экране есть вероятность того, что электрон проходит через A или через B и достигает X .

$$Pr(X) = Pr([A \vee B] \wedge X). \quad (1)$$

По дистрибутивному закону это вероятность того, что электрон либо пройдя через A достигнет X , либо пройдя через B и достигает X .

$$Pr(X) = Pr([A \wedge X] \vee [B \wedge X]). \quad (2)$$

По закону суммарной вероятности

$$Pr(X) = Pr(A \wedge X) + Pr(B \wedge X) - Pr(A \wedge X \wedge B \wedge X). \quad (3)$$

По нашей гипотезе $Pr(A \wedge B) = 0$. Следовательно

$$Pr(A \wedge X \wedge B \wedge X) = 0. \quad (4)$$

Итак,

$$Pr(X) = Pr(A \wedge X) + Pr(B \wedge X). \quad (5)$$

Таким образом вероятность локализации на X равна сумме двух членов, каждый из которых обозначает вероятность прохождения через одно из отверстий и локализации на X . Эти последние вероятности, однако, могут быть вычислены на базе однощелевых экспериментов, именно это суть вероятности, соответствующие весам A структуры и B структуры, соответственно, вероятности прохождения через A и через B . Символически:

$$Pr(A \wedge X) = Pr(X/A) \cdot Pr(A) \quad (6a)$$

и

$$Pr(B \wedge X) = Pr(X/B) \cdot Pr(B). \quad (6b)$$

Таким образом:

$$Pr(X) = Pr(X/A) \cdot Pr(A) + Pr(X/B) \cdot Pr(B). \quad (7)$$

Поскольку отверстия A и B находятся на одинаковом расстоянии от источника электронов, мы допускаем, что $Pr(A) = Pr(B)$. (Это допущение не существенно для аргументации, но арифметика становится проще.) Это дает

$$Pr(X) \propto Pr(X/A) + Pr(X/B). \quad (8)$$

Итак, вероятность локализации на X равна вероятности, соответствующей аддитивной структуре. Если наш гипотетический пассаж был бы истинен, то мы нашли бы, что двухщелевой эксперимент приводит к аддитивной структуре на детектирующем экране.

К сожалению, ситуация не очень ясная. Мы можем проверить гипотезу о взаимоисключающем прохождении непосредственно. Мы можем, например, поставить счетчики (пусть источники света и фотоумножители) около каждого отверстия, чтобы регистрировать прохождение электрона. Тогда мы можем считать число электронов, проходящих через отверстия. Однако в таком случае интерференционная структура исчезает и возникает аддитивная.

Я думаю, что существует некоторая тенденция принимать двухщелевой эксперимент со счетчиками как дающий прямое доказательство взаимоисключающего прохождения электронов через отверстия. Вероятно научный идеал объективности стимулирует эту склонность, ибо альтернатива звучит следующим образом: когда электроны наблюдаются, они проходят через то или иное отверстие, когда же они не наблюдаются, ситуация меняется. Если наблюдение должно быть объективным ключом к надежной информации, то то, что мы наблюдаем, должно соответствовать тому, каковы вещи в реальности во время наблюдения или даже до него. Таким образом до нашего наблюдения электрона, вылетающего из отверстия A , электрон должен пройти через A . Это, конечно, сопоставимо с нашим наблюдением электронов, возмущающих их так, что образуется не интерференционная, а аддитивная структура. На мгновение допустим, что готовы принять гипотезу о взаимоисключающем прохождении электронов через отверстия. Какое рассуждение ведет к отказу от интерференционной картины? Здесь присутствуют три момента: 1) отождествление $Pr(A \wedge X)$ и $Pr(B \wedge X)$ с A и B структурными вероятностями, 2) использование закона суммарной вероятности, 3) использование дистрибутивного закона, т.е. закона, устанавливающего эквивалентность

$$(\phi_1 \vee \phi_2) \wedge \phi_3$$

и

$$(\phi_1 \wedge \phi_3) \vee (\phi_2 \wedge \phi_3),$$

чтобы перейти от уравнения (1) к уравнению (2).

Первый момент, очевидно, предполагает обращение к условной вероятности, ибо если вероятности данными уравнениями (6а) и (6б) хорошо определены, то вероятность, что электрон, пройдя сквозь A , достигает X представляет собой как раз условную вероятность того, что электрон попадает в X при условии, что он прошел через A , т.е. уравнение (6а). Эта формула не использует ничего кроме определения условной вероятности.

Второй момент – это закон суммарной вероятности. При предположении, что каждый электрон проходит либо через одно отверстие, либо через другое, нет вопросов, касающихся применимости этого закона. Критиковаться может лишь сам закон. Хотя некоторые комментаторы, например, профессор Г. Маргенау, считают, что исчисление вероятности, используемое в квантовой теории, отличается от классического исчисления (что само по себе, по моему мнению, ошибочно), никому не приходит в голову предполагать нарушение закона суммарной вероятности. Ведь закон фиксирует аддитивность вероятностей над дизъюнктными классами. По Колмогорову, это требование аддитивности присуще всем аксиоматизациям теории вероятности. Я думаю, однако, что здесь есть возможность для маневра, ибо для теории вероятностей не существует ни естественной единицы, ни естественной операции дополнения. Иными словами, можно мерить вероятности там, где они не являются аддитивными.

Независимо от успешности этой аргументации, я думаю, что в нашем случае можно использовать частоты для оценки вероятностей. В нашем двух-щелевом эксперименте мы можем предположить, что вероятность локализации на X пропорциональна числу вспышек, представляющих толчки электрона по экрану. Поскольку каждый электрон, который локализован на X , должен, по нашей гипотезе, пройти либо через отверстие A , либо через отверстие B , мы можем представить, что каждая вспышка в регионе X помечена одной из букв A и B . Тогда полное число вспышек в регионе X равно сумме A вспышек и B вспышек. Каждая A вспышка маркирует электрон, который прошел сквозь A и

достиг X . Следовательно $Pr(A \wedge X)$ пропорциональна суммарному числу A -вспышек. Аналогично $Pr(B \wedge X)$ пропорциональна суммарному числу B -вспышек. Предполагая, что коэффициент пропорциональности универсален, мы получим в точности уравнение (5). Таким образом аддитивность, предполагаемая использованием закона суммарной вероятности, это как раз сложение чисел. Поскольку мы не хотим спорить с арифметикой, нам не остается ничего иного, как признать закон суммарной вероятности и таким образом заняться третьим нашим "моментом".

Третий момент – это дистрибутивный закон логики. Вспомним, что дистрибутивный закон используется, чтобы перейти от конъюнкции "электрон проходит через A или через B и электрон локализуется на X " к дизъюнкции "электрон проходит через A и локализуется на X или электрон проходит через B и локализуется на X ".

Ш. Проверка законов логики

Прежде чем исследовать как двухщелевой эксперимент ставит вопрос об истинности или ложности закона дистрибутивности, имеет смысл остановиться на том, могут ли вообще законы логики подвергаться экспериментальной проверке. Крайние точки зрения: 1) законы логики суть примеры необходимых или аналитических истин и 2) аналитических истин вообще не существует. Умеренная точка зрения: граница между синтетическими и аналитическими истинами подвижна.

Как известно, Куайн критиковал дихотомию аналитического и синтетического. Его позиция часто истолковывается в том плане, что он отказывается от законов логики, считая, что они могут быть ложными. Я покажу, что аргументация Куайна идет в другом направлении.

Куайн критикует различие между аналитическими и синтетическими положениями по двум направлениям. Первое касается фреговского подхода, согласно которому аналитические истины – это те, которые сводимы к законам

логики путем использования синонимии. Законы же логики сами по себе аналитические положения, и они не могут быть в принципе ложными. Можно, однако, обойти это заключение, распространяя соображения, высказанные Куайном, на конкретную реализацию логического закона. Мы замечаем, что каждый логический закон предполагает повторение неких символов и, следовательно, рассматривать нечто как реализацию логического закона значит рассматривать языковые конструкции, появляющиеся на месте повторяющегося символа, как синонимичные. Следовательно, аналитичность законов логики базируется на явлении синонимии. Синонимия же в свою очередь базируется на аналитичности. Куайн фиксирует порочный круг.

Итак, Куайн диагностирует относительность дихотомии аналитического и синтетического. Но здесь еще нет вывода о фальсифицируемости законов логики.

Продолжим, однако, наше обсуждение позиции Куайна. Второе направление критики дихотомии аналитического и синтетического исходит из вопроса о проверке гипотез. Опираясь на Пьера Дюгема, Куайн отмечает, что на той или иной стадии вывод следствий с целью проверки гипотезы использует вспомогательные допущения. Если мы приходим к тому, что следствие ложно, то мы не обязаны отрицать истинность гипотезы, вместо этого мы можем отвергнуть вспомогательное допущение. Поскольку эти допущения могут быть как аналитические, так и синтетические, мы можем отвергнуть как ложную "аналитическую истину". По-видимому, рассуждая в духе Дюгема, мы можем допустить ложность и законов логики. Я, однако, думаю, что это не так.

Рассмотрим гипотезу H и следствие C . Пусть вывод C из H использует некоторое вспомогательное допущение A и реализацию L некоторых законов логики. Тогда мы имеем, что H в конъюнкции с A и L имплицирует C . Заметим, что в случае нашего двуцелевого эксперимента H – гипотеза, что электроны проходят через ту или иную щель, A – вероятностные допущения, обсуждавшиеся выше вместе с законом суммарной вероятности, и L – реализация дистрибутивного закона.

Предложение состоит в том, что мы можем сохранить гипотезу H и допущение A как истинные и отказаться от L и таким образом приостановить вывод ложного следствия C . Мы, однако, приходим к выводу, что L ложно в том случае, если мы знаем, что H и A не имплицируют C . При этом мы рассуждаем следующим образом. Мы принимаем следующий принцип, подобный *modus tolens*.

Если Q есть следствие P и Q ложно, то P ложно.

Мы приписываем истинностные значения следующим образом:

Истинно, что H и A имплицируют C как следствие L , (9)

и

Ложно, что H и A имплицируют C . (10)

Давайте спросим, каковы основания для утверждения (9), почему мы считаем, что L обеспечивает импликацию C из H и A ?

Ответ по всей вероятности состоит в том, что из L в качестве следствия можно вывести то, что C выводится из H и A . Однако возникает трудность: мы должны показать, что вывод C из H и A следует из L . Получается, что то, что поддерживает (9), подрывает (10).

Как преодолеть эту трудность? Каким образом, настаивая на (10), мы можем, тем не менее, оставить возможным (9). В интересной статье "Логика и опыт" К. Айдукевич рассматривает как раз этот вопрос и предлагает следующее. Пусть логика для нас не совокупность свехистин, а нечто вроде дедуктивной машины. Иными словами, законы логики служат правилами вывода. Задавая некоторый начальный свод таких правил, мы можем ставить вопрос о проверке некоторой чисто логической формулы, присоединяя её к принятым физическим гипотезам и затем запуская дедуктивную машину, генерирующую следствия. Если некоторые из этих следствий оказываются ложными, можно отнести "вину" за это на счет чисто логической формулы и отвергнуть её как ложную.

Чтобы реализовать эту идею в интересующей нас схеме, мы начнем с некоторых правил вывода, присоединяя к ним некоторые процедурные правила,

как конструировать выводное знание. Эта совокупность правил должна быть достаточно сильной, чтобы сделать конструкцию " C выводится из H и A " выводимой из L и слишком слабой, чтобы C просто вытекало из H и A . Задавая такие правила и процедуры, мы можем использовать их, чтобы поддержать (9) и в то же время оставить открытой возможность (10). Таким образом в контексте таких правил и процедур мы можем фальсифицировать L .

Принимая правила и процедуры, как было очерчено выше, мы принимаем некую систему логики. Таким образом, мы приходим к тому, что мы можем отвергнуть систему логики, в которой присутствует L , в пользу некой иной системы (которая может быть частью исходной системы) и, только взяв в качестве точки обзора эту другую систему, мы можем обсуждать фальсифицируемость L . Это возможно только в том случае, если мы исходим из того, что выводы, санкционированные в новой системе, правомерны. В естественной науке мы отвергаем гипотезу, если она ведет к ошибочным предсказаниям. В логике мы должны заранее решить, что логический закон может быть ошибочным.

Может ли дюгемовский анализ, который воспроизведен выше, привести к выводу о ложности закона логики? Ответ: чтобы дюгемовская процедура была значима, мы должны заранее принять систему логики, в которой рассматриваемый закон несправедлив.

IV. Квантовая логика

Чтобы изучить какое место в квантовой логике занимает закон дистрибутивности и сопоставить квантовые логики с обычными, я сконструирую для простой двумерной системы аналог квантовой логики.

Рассмотрим локализацию данной логики P на данном круге C . Пусть мы различаем некоторые области круга (назовем их допустимыми). Это – 1) центр круга, 2) вся область круга, 3) любой диаметр круга.

Предложение " P на X " есть элементарное предложение (X описывает допустимую область). Наша цель состоит в том, чтобы сконструировать логику из элементарных предложений, введя связки и условия истинности.

Истинностные условия устанавливаются очень просто. Каждая возможная локализация L частицы P – локализация на круге C , но не в его центре, дает истинностное значение в соответствии с предписанием Аристотеля – Тарского:

" P на X " истинно при условии L , если при условии L P находится на X .

Это – все те приписывания истинностных значений, которые существуют. Если ϕ и ψ элементарные предложения, семантические понятия могут быть определены обычным образом, то есть:

ϕ общезначимо, если ϕ истинно при всех приписываниях истинностных значений.

ϕ логически эквивалентно ψ , если ϕ и ψ имеют те же самые истинностные значения при всех приписываниях.

Заметим, что предложение " P находится в центре круга" ложно при всех приписываниях. Оно будет играть роль **ЛОЖНОСТИ** в нашей системе. Займемся связками.

$(P$ находится на $X) \wedge (P$ находится на $Y)$ определяется как элементарное предложение P находится на Z , где Z описывает область круга, т.е. пересечение областей X и Y . Можно легко проверить, что пересечение двух допустимых областей является снова допустимым регионом, и конъюнкция, следовательно, определена надлежащим образом. Приписывание истинностных значений элементарным предложениям автоматически дает истинностные значения для конъюнкции и, согласно обычному семантическому правилу, дает:

' $\phi \wedge \psi$ ' истинно при L , если ' ϕ ' и ' ψ ' истинны при L .

Таким образом при интерпретации предложений как локализаций частицы на круге и в отношении условий истинности функтор ' \wedge ', введенный здесь, представляет собой обычную конъюнкцию. Ситуация с отрицанием, однако, отлична.

Если мы хотели бы ввести обычное отрицание, то мы ввели бы функтор '¬' и мы бы понимали, что

$$\sim (P \text{ на } X)$$

означает, что P не находится в области, описываемой как X , т.е. P находится в круге, но не на области X . Если, однако, X описывает диаметр, то, что утверждается

$$\sim (P \text{ на } X)$$

не выражается каким-либо элементарным предложением, так как круг минус диаметр не представляет собой допустимую область. Таким образом обычное отрицание увело бы нас из области элементарных предложений. Если мы все же хотим, чтобы элементарные предложения были бы замкнуты относительно отрицания, мы оказываемся перед лицом выбора: либо расширить список допустимых регионов, включая наряду с каждым регионом его дополнение, и таким образом прийти к обычному отрицанию, либо, сохранив список допустимых регионов, ввести унарный функтор, при котором элементарные предложения замкнуты, но который отличен от обычного отрицания. Квантовая логика выбирает второй путь.

Рассмотрим унарный функтор "Т", определенный на элементарном предложении следующим образом:

$$\top (P \text{ на } X)$$

есть элементарное предложение

$$P \text{ на } X^\perp,$$

где, если R есть область, описанная как X , то X^\perp описывает а) центр круга, если R – целый круг, б) целый круг, если R есть центр круга и с) диаметр, перпендикулярный R , если R диаметр.

Я назову этот новый функтор "отквантование" (dequation). Хотя отквантование конструируется с расчетом на то, что отквантование отквантования дает исходное предложение, ясно, что отквантование отличается от отрицания в отношении интерпретации предложений ссылкой на нахождение частиц на кру-

ге. Это отличие примерно таково как отличие того, что точка находится на прямой от того, что она не находится на перпендикулярной прямой.

Приписывание L истинностных значений элементарным предложениям, как и в случае конъюнкции, автоматически дает приписывание их отквантованию. Ясно, что выполняется следующее семантическое правило.

Если ' ϕ ' истинно при L , то ' $\neg\phi$ ' ложно при L .

Обратное, хотя истинно для обычного отрицания здесь не выполняется. Пусть, например, приписывание L получается из того, что P находится на некотором диаметре X . Если ϕ – предложение " P на Y ", где Y – диаметр, перпендикулярный X , то как " P на Y ", так и " P на Y^\perp " ложны при L , т.е. как ' ϕ ', так и ' $\neg\phi$ ' ложны при L . Неприятность возникает поскольку, если ложно, что P находится на некотором диаметре, то отсюда еще не следует, что P находится на перпендикулярном диаметре.

Имея конъюнкцию и отрицание, можно ввести дизъюнкцию, опираясь на законы де Моргана, т.е.

$$(\phi \vee \psi) \stackrel{\text{df}}{=} \neg (\phi \wedge \psi)$$

Семантика, накладываемая на дизъюнкцию этим определением, следующая: "Если ' ϕ ' истинно при L или ' ψ ' истинно при L , то ' $\phi \vee \psi$ ' истинно при L . Обратное не выполняется, т.е. дизъюнкция может быть истинна, хотя ни один из ее членов не истинен. Это та дань, которую мы вынуждены платить за введенный нами функтор отквантования.

Заметим, что если ϕ и ψ локализуют P на различных диаметрах, то дизъюнкция

$$(\phi \vee \psi)$$

истинна при всех приписываниях истинностных значений, поскольку она просто говорит, что P находится где-то на круге. Квантовые логики узнают в этом нечто похожее на квантовомеханический принцип суперпозиции. Ясно, что при приписывании, согласно которому P не находится на упоминавшихся диамет-

рах, каждый член дизъюнкции ложен, в то время как эта дизъюнкция в целом истинна. Аналогично, для ϕ и ψ , понимаемых как и выше, конъюнкция

$$(\phi \wedge \psi)$$

ложна при всех приписываниях, так как она помещает P в центр круга. Это аналог одновременности координаты и импульса в квантовой механике.

Хотя отквантование отличается от обычного отрицания, в нашей логике сохраняются классические законы. В частности, двойное отрицание

$$\top \top \phi \text{ логически эквивалентно } \phi,$$

закон исключенного третьего

$$(\phi \vee \top \phi) \text{ логически общезначим,}$$

закон непротиворечивости

$$\top(\phi \wedge \top \phi) \text{ логически общезначим.}$$

Посмотрим на закон дистрибутивности. Пусть ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 локализуют P на различных диаметрах R_1, R_2, R_3 соответственно. Пусть правая часть дистрибутивного закона – конъюнкция

$$(\phi_1 \vee \phi_2) \wedge \phi_3.$$

Эта конъюнкция означает, что P локализована на R_3 .

Левая часть есть дизъюнкция

$$(\phi_1 \wedge \phi_3) \vee (\phi_2 \wedge \phi_3).$$

Каждая часть дизъюнкции и вся дизъюнкция в целом локализуют P в центре круга. Таким образом дизъюнктивная часть является ложной при каждом приписывании истинностных значений. Следовательно, эквивалентность, предполагаемая дистрибутивным законом, не выполняется в нашей "круговой логике".

Не трудно заметить, что указанный провал дистрибутивного закона объясняется странностью нашей дизъюнкции, которая в свою очередь вытекает из присутствия в нашей логике нестандартного отрицания. Дистрибутивный закон в нашей "круговой логике" не равнозначен обычному дистрибутивному закону.

Именно это заключение я хотел бы получить в моем обсуждении двухщелевого эксперимента. Смысл закона дистрибутивности, который не выполняется при этом обсуждении, отличается от смысла обычного закона дистрибутивности. Повторим наше обсуждение. Конъюнктивная часть дистрибутивного закона выглядит следующим образом: "электрон прошел через A или через B , и электрон достиг X ". Мы допускаем, что электрон прошел через одну щель или через другую, следовательно, конъюнктивная часть сводится к "электрон достиг X " (точно также как в "круговой логике конъюнктивная часть свелась к φ_3). Дизъюнктивная часть состоит из следующего: "электрон прошел через A и достиг X или электрон прошел через B и достиг X ". Если эта дизъюнкция справедлива, то мы можем применить закон суммарной вероятности и прийти к аддитивной структуре, которая противоречит опыту. Чтобы избежать этой структуры, мы должны допустить, что дизъюнктивная часть является ложной. Заметим, что и здесь мы близки тем чертам, которые обнаруживала наша "круговая система", и здесь мы приходим к провалу закона дистрибутивности, ибо правая его часть может быть истинна, а левая обязательно ложна. Остается только возложить вину за этот беспорядок на дизъюнктивную часть. Если "или" не используется в некотором маргинальном смысле, дизъюнкция ложна только в том случае, когда оба ее компонента ложны. Иными словами, мы должны иметь "электрон прошел через A и достиг X " ложным и "электрон прошел через B и достиг X " тоже ложным. Пусть электрон достиг X . Тогда, если конъюнкция вне подозрений, то мы должны заключить, что как "электрон прошел через A ", так и "электрон прошел через B " являются ложными. Таким образом такое использование дизъюнкции должно позволять нам утверждать " A или B " и в то же время отрицать как A , так и B . Если мы взглянем снова на "круговую модель", то найдем там ту же ситуацию, поскольку " A " или " B " просто ставит частицу P где-то на круг, но не требует, чтобы она была бы на диаметре A или на диаметре B .

Таким образом смысл дизъюнктивного утверждения изменился. Так что закон дистрибутивности, который не проходит в случае двухщелевого опыта, не тот закон, который может здесь пройти. Это не то утверждение, к которому

можно применять закон суммарной вероятности. Это тот закон, который ведет к аддитивной структуре.