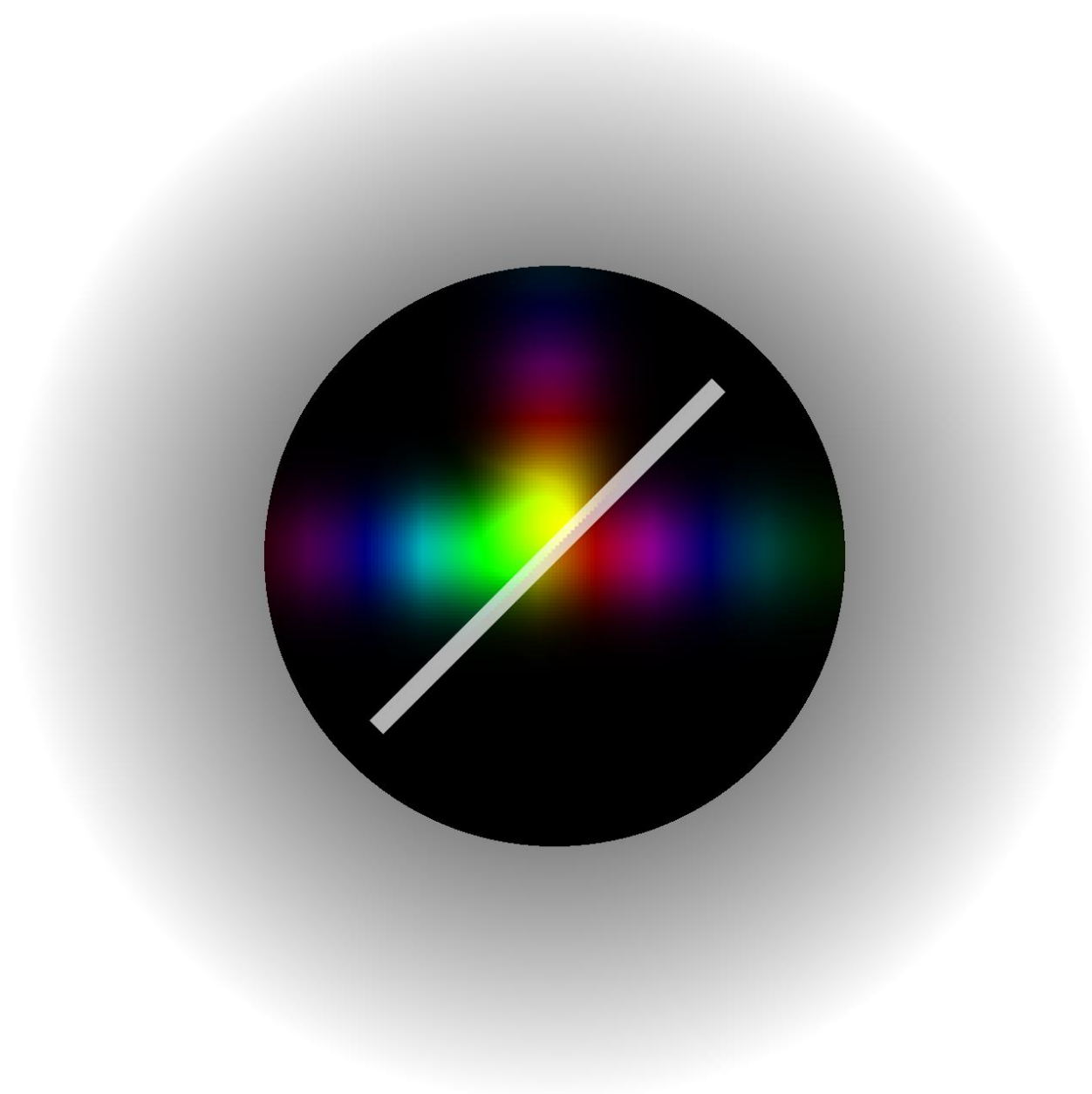




Квантовый мост



Михаил Осокин

eslitak.com

Оглавление

От автора.....	3
Цель	4
План	5
Шаг 1. Старый классический фундамент.....	6
Шаг 2. Блеск и нищета наблюдения.....	8
Шаг 3. Протореальность.....	10
Шаг 4. Управление или переключение?.....	12
Шаг 5. Наблюдаемый объект – дитя протосостояний.....	16
Шаг 6. Закон есть закон.....	18
Шаг 7. Случайность = перспективы + неопределённость.....	19
Шаг 8. Редукция вероятности	21
Шаг 9. Протоварианты и перспективы – классическая схема.....	24
Шаг 10. Новый классический фундамент.....	27
Шаг 11. Сбой детерминизма	30
Шаг 12. Множество ненулевых перспектив.....	32
Шаг 13. «Детонатор» реализации и квантовая редукция.....	34
Шаг 14. Неопределённость своими руками.....	41
Шаг 15. Элементарные и групповые перспективы.....	45
Шаг 16. Согласованный дуальный выбор.....	54
Шаг 17. Интерференция квантовых шансов.....	61
Шаг 18. Редукция на уровне интерференции.....	73
Шаг 19. Квантовое состояние свободной частицы.....	78
Шаг 20. Принцип элементарного вращения	86
Шаг 21. Квантовый фундамент.....	90
Шаг 22. Интерференция на практике.....	95
Шаг 23. Запутки со временем.....	102

От автора

Автор очень надеется, что для интересующихся эта книжка послужит хорошим «мостом над пропастью», разделяющей классические и квантовые представления о мире.

Файл свободен для скачивания и распространения. Вы можете также свободно использовать имеющиеся в нём куски текста, картинки и идеи, но в этом случае ссылка на первоисточник обязательна.

Автор поддерживает связь с читателями по следующим каналам:

Мыло: eslitaks@yandex.ru – в основном для личных вопросов и предложений.

Комментарии к посту в ЖЖ: <https://eslitak.livejournal.com/276168.html> – для вопросов и ответов по тексту, обсуждений и дискуссий. Площадка модерировается, не с целью ограничения свободы слова, а для отсека спама и прочего мусора не по теме.

Также не возбраняется поприставать к автору комментариями к постам в телеграмм-канале:

t.me/eslitak_q

Сообщения о найденных ошибках и опечатках, конструктивную критику содержимого, а также отзывы об умственных способностях автора отправляйте, пожалуйста, туда, куда сочтёте более уместным.

Цель

Этот текст – очередная попытка перевести основные идеи квантовой механики на понятный широкой аудитории язык. Под «широкой аудиторией» автор понимает заинтересованного читателя, который обладает (или думает, что обладает) стартовой физической, математической и логической эрудицией и готов потратить некоторые усилия на то, чтобы понять квантовую механику хотя бы на самом базовом уровне. Предлагаю маленький тест.

1. Знаете ли вы, что такое импульс?
2. Понимаете ли вы разницу между кинетической и потенциальной энергией?
3. В курсе ли вы, чем электрон отличается от протона?
4. Понятие «замкнутая физическая система» вам о чём-нибудь говорит?
5. Сможете ли вы объяснить, что такое система отсчёта?
6. Помните ли вы, что такое вектор, и что такое векторная сумма?
7. Слышали ли вы когда-нибудь о мнимых и комплексных числах?
8. Знаете ли вы, как посчитать вероятность выпадения хотя бы одной «шестёрки» в двух бросках игральной кости?
9. Прочитали ли вы «от корки до корки» хотя бы одну популярную книгу или статью по квантовой механике?

Если на все девять вопросов Вы ответили «да», тогда этот текст для вас. Если хотя бы на один вы ответили «нет», то Вам, пожалуй, будет непросто осилить книгу. Но можете попробовать – почему нет?

Многие авторы популярных книжек по физике любят хвастаться тем, что в их творениях нет формул, я тоже в этом «тренде». Вообще, эта книга больше философская, чем физическая. Она не научит вас квантовой механике, но, надеюсь, устраним некоторые барьеры, мешающие правильно и без напряжения воспринимать квантовые идеи. Приглашаю вас, уважаемый читатель, сделать 23 шага по «квантовому мосту». И начнём мы с того, что обсудим план нашего с вами движения.

План

Почему квантовая механика так трудна для понимания? Вспомним школьный курс физики. Не каждому, конечно, в школе физика давалась легко, но саму логику физических рассуждений освоили и усвоили все или почти все..(как минимум, все из тех, кто читает этот текст). При этом никто (наверное) не сомневался в том, что на уроках и в учебниках излагались правильные знания о природе. Но при начальном знакомстве с квантовой механикой создаётся впечатление, что она классической физике противоречит. Возникает первый психологический барьер: ведь довольно сложно отказаться от убеждений, которые ты всегда считал истинными. Пусть даже на уровне сознания мозг готов согласиться на пересмотр, но подсознание активно противится и мешает.

Как же с этим бороться? Можно было бы сказать: «абсурдные» идеи квантовой механики подтверждаются экспериментально, поэтому примите их, как данность. Однако, «ломать» подсознание, даже опираясь на факты, – дело практически бесполезное – сердцу, как говорится, не прикажешь. Поэтому мы пойдём другим путём: попытаемся помирить квантовую механику с классической физикой и показать, что никаких противоречий между ними на самом деле нет. Да, квантовая механика **не отменяет** ни одного из законов классической физики, она лишь **ограничивает** область их действия.

Поскольку всякое примирение требует компромисса с двух сторон, поступим так.

Сначала взглянем на основы классической физики с нового, непривычного ракурса. Нет, пересматривать классические представления мы не будем, просто переведём их «на другой язык», максимально приближенный к тому, который используются в квантовой механике.

Затем добавим к классической физике парочку новых сущностей. Не лишних, от чего правильно предостерегал мудрый Оккам, а именно новых, без которых ничего не поделаешь. Тем самым мы получим «идеологическую платформу», гуляя по которой, можно будет воспринимать идеи квантовой механики «в обход», без мучительного прыжка через вышеупомянутый психологический барьер.

После, излагая логику квантовой механики, мы не будем подчёркивать необычность, неочевидность и кажущуюся абсурдность квантовых идей. Наоборот, увидим, что все из них имеют пусть и не полные, но достаточно адекватные аналогии в классическом мире. Ладно, **почти** все.

Потом ко всем абстрактным построениям мы добавим практическую часть, а именно разберём реальный квантовый эксперимент и увидим, как работает наш новый подход.

И, наконец, немного поговорим о странной квантованной запутанности.

Шаг 1. Старый классический фундамент.

В основе классической физики лежат три базовых принципа. Эти «три кита» кажутся настолько самоочевидными, что авторы школьных учебников даже не считают нужным о них упоминать. Но начиная наше движение к компромиссу с квантовой механикой, нам следует их сформулировать с небольшими комментариями.

Принцип существования материальных объектов

Существуют физические объекты – материальные тела и поля.

Дальше будем говорить просто «объекты». Комментировать тут особо нечего, пожалуй.

Принцип единственности варианта состояния

В определённый момент времени объект может находиться в одном и только одном варианте физического состояния.

Под вариантом физического состояния мы будем понимать набор значений всех физических величин, так или иначе связанных с объектом. Например, автомобиль может неподвижно стоять у города Арбата, может быстро проноситься через город Удоев, а может медленно подъезжать к городу Черноморску. Всё это разные варианты состояния объекта – автомобиля. С точки зрения физики эти варианты состояния отличаются, как минимум, значениями пространственных координат и скорости. Но для любого **одного** варианта возможно **только одно** значение координат и **только одно** значение скорости – именно об этом нам толкует классический принцип единственности. То же самое, разумеется, касается и всех прочих характеристик состояния: массы автомобиля, температуры двигателя, количества пассажиров на борту, считая гуся, и так далее.

В этом месте слово «вариант» может показаться вам излишним – почему бы вместо «вариант физического состояния» просто не сказать – «физическое состояние»? Почему – речь пойдёт дальше. А сейчас просто чётко разведём эти понятия. И в дальнейшем, для устранения возможных двусмысленностей и неоднозначностей, время от времени будем уточнять значение применяемых здесь терминов.

Что такое «вариант состояния» – мы уже определили чуть выше. Да, чаще будем говорить просто «вариант». Термин «состояние» строго определять не будем (честно говоря, автор просто не знает, как это сделать).

А кто знает?

У философов, начиная с Аристотеля, принято причислять понятие «состояние» к разряду категорий – самоочевидных, но неопределяемых понятий. С одной стороны, любому двоечнику ясно, что такое состояние. С другой стороны, чёткого определения ни у кого нет. Если у вас есть – поделитесь!

Тем не менее, разницу в содержании этих понятий показать можно. «Состояние» и «вариант» соотносятся друг с другом примерно так же, как понятия «физическая величина» и «значение физической величины». Другое сравнение – для тех, кому ближе математика: как «переменная» и «значение переменной». А для тех, кто равноудалён и от физики, и от математики, такой пример:

«эмоциональное состояние» вообще, как психологическое явление, и конкретная эмоция, например, «недоумение». Это я к тому, что если с ходу не всё понятно – не тормозите, читайте дальше, – авось, прояснится.

Принцип предопределённости

Существуют физические законы – строгие «правила», согласно которым физическое состояние изменяется во времени.

Используя нашу свежесогласованную терминологию, ту же мысль можно сформулировать так: текущий вариант состояния объекта однозначно предопределяет следующий вариант. И всю череду будущих вариантов тоже. Сплошной детерминизм, то есть.

Наше сознание интуитивно воспринимает эти базовые принципы именно в такой последовательности: материальный объект – состояние объекта – изменение состояния. Объект первичен, это данность. Вариант состояния объекта однозначен, и меняется состояние строго определённым образом – череда вариантов «предписана».

Шаг 2. Блеск и нищета наблюдения.

Возникает вопрос: откуда мы про эти принципы знаем? Почему мы уверены, что они соответствуют действительности? Ответ даёт

Принцип наблюдаемости

Наблюдение предоставляет достоверную информацию о текущем варианте состояния объекта.

Здесь слово «наблюдение» следует понимать в широком смысле – любой акт получения объективной информации от объекта, как непосредственно через органы чувств, так и с помощью измерительных приборов.

Про объективность

Мы, конечно, не имеем в виду информационные каналы типа «одна бабка сказала» или «Рабинович напел». Тем не менее, предлагаю считать объективной информацию о физических фактах, полученную из заслуживающих доверия источников – учебников и научных журналов. Что касается научно-популярных книжек и статей – не всем им следует доверять. Можно ли доверять этому опусу – решайте сами. Во всяком случае, здесь вы, надеюсь, не встретите ни одного противоречия современным научным данным. Но могу ошибаться (а кто не может?), так что если обнаружите малейшие признаки ~~лапши на уши~~ «альтернативного знания» – дайте знать, поправим.

Принцип наблюдаемости подразумевает, что любой аспект варианта, любой физический параметр может быть измерен, и результат измерения будет при этом соответствовать текущему варианту состояния объекта. Теоретически – соответствовать идеально, а практически – в пределах точности измерительного прибора.

Обращаю ваше внимание: принцип наблюдаемости не имеет прямого отношения к чисто физической реальности. Физики вообще с большим подозрением относятся к слову «информация»; например, на такое понятие как «информационное поле» уже давно навешан большой красный ярлык: «Осторожно, лженаука!». Так что явление наблюдаемости, с классической точки зрения, следует изучать не столько в рамках физики, сколько в рамках **информологии** – есть такая относительно новая наука.

Как бы то ни было, никакого другого способа получить информацию о реальности, кроме наблюдений, у нас нет. Акт наблюдения является единственным «интерфейсом», передающим информацию из физического мира в наше сознание.

При этом сознание наблюдателя **никогда** не имеет прямого взаимодействия с материальным объектом. Оно взаимодействует исключительно с информацией, имеющейся на выходе «интерфейса», то есть получаемой в результате наблюдения, и уже на основе этой информации строит **модель** наблюдаемого объекта. Так, наблюдая разные объекты в различных условиях, сопоставляя модели объектов и анализируя их поведение, сознание строит модель объективной реальности в целом. В частности, базовая классическая модель мира, то есть, три фундаментальных принципа, которые мы рассмотрели на первом шаге, есть не что иное, как продукт осмысления и обобщения результатов огромного множества наблюдений.

Таким образом, все наши знания о мире, какими бы они ни казались логичными, практически полезными и эстетически привлекательными – всего лишь

представления, но не сам мир. Иными словами, это картина мира, запечатлённая в нашем сознании. Однако опыт подсказывает, что никакая картина не является точной копией натуры, с которой она нарисована. Сколь реалистично не нарисуй яблоко, вкусным, как настоящее, оно никогда не будет.

Читатель наверняка уже догадался, к чему клонит автор. Да, наблюдение действительно предоставляет нам **достоверную** информацию о физической реальности.

Идеальный эксперимент

Конечно, на практике возможны неисправности измерительных приборов, методические ошибки экспериментатора, разные помехи и прочие факторы, которые делают результат измерения – наблюдения недостоверным. Но мы оставим эти досадные неприятности за скобками и будем иметь в виду только идеальные безошибочные измерения.

Но мы не можем быть на сто процентов уверены, что наблюдение предоставляет **полную** информацию, и, следовательно, не можем быть до конца уверены в полноте воображаемой модели мироздания.

Наглядный исторический пример. В Древней Греции пифагорейцы считали самоочевидным, что в математике существуют только рациональные числа. Эти учёные мужи были настолько уверены в рациональной «полноте», что даже, негодуя, утопили «изобретателя» иррациональных чисел – Гиппаса из Метапонта. Утопили они беднягу на самом деле или нет – науке неизвестно; но то, что рациональная числовая модель оказалась в итоге неполной – это факт.

Резюмируем. Акт наблюдения – это процедура, на входе которой имеется некоторый элемент **объективной** физической реальности, а на выходе – некоторая порция информации, которую наблюдатель **субъективно** интерпретирует как исход наблюдения. Разумеется, между объективным элементом реальности и субъективным исходом наблюдения существует жесткая взаимосвязь. Например, глядя на утку, как элемент физической реальности, мы получаем именно утку как исход наблюдения. Точнее, получаем исход, соответствующий в нашем сознании модели именно утки, а не модели поросёнка, например, или патефона. Да, эта устойчивая взаимосвязь между физическим объектом и наблюдаемым исходом позволяет делать заключения о **достоверности** наблюдения, но не даёт совершенно никаких оснований утверждать о **полноте** наблюдения. Физическая реальность может быть вовсе не такой, какой мы её себе представляем. В конце концов, если исход наблюдения «утка» всегда сопоставлен какой-то «объективной» утке, то с исходом «белочка» всё далеко не так однозначно.

Шаг 3. Протореальность.

На этом и следующих нескольких шагах мы увидим, что фундаментальные принципы «старой» классической физики могут быть пересмотрены или, как минимум, дополнены, притом без всякого противоречия с теми знаниями, которые в нас вкладывали на школьных уроках. Представьте на время, как будто бы сейчас на дворе вторая половина XIX века, и мы слыхом не слыхивали ни о каких квантовых явлениях. Просто для развлечения сочиняем новый философский фундамент для классической физики и показываем, что он ничуть не менее основателен, чем старый.

«Подкоп» под традиционную интерпретацию классики мы начнём с принципа единственности варианта состояния. А в качестве «лопаты» используем принцип предопределённости (детерминизм). Как уже отмечено выше, каким бы ни был вариант состояния объекта в данный момент, законы физики предопределяют будущее объекта. Дело, согласитесь, выглядит таким образом, как будто бы кроме текущего варианта мир содержит в себе информацию обо всех будущих вариантах.

Возьмём простейшую ситуацию – свободно движущуюся частицу. Свободно – это значит без воздействия каких-либо внешних сил. Мы знаем, что такая частица, согласно первому закону Ньютона, будет двигаться равномерно и прямолинейно. В любой момент времени вариант состояния классической частицы, по принципу однозначности, характеризуется какой-то определённой скоростью и каким-то определённым положением в пространстве (формально – координатой). Величина и направление вектора скорости в этой ситуации со временем не изменяется. А вот значение координаты изменяется совершенно определённым образом. Если в данный момент частица расположена в точке «А» (назовём это – вариант «А»), то в следующий момент она окажется в соседней точке «В» (состояние перейдёт в вариант «В»), затем в точках «С», «D» и так далее. Все эти точки – будущие варианты – расположены в пространстве не как попало, а строго на прямой линии. Точнее, на геометрическом луче, начало которого задано точкой «А», а направление задано вектором скорости частицы. В начальный момент у нас имеется только текущий вариант «А», и параметры только этого **актуального** варианта мы можем измерить, только в этой точке мы сможем обнаружить частицу. Все будущие варианты – «В», «С», «D» в данный момент принципиально не наблюдаемы. Но они уже **где-то** существуют и «ожидают» своего законного права на актуальность.

Так мы пришли к идее, что в каждый момент времени существует бесконечное множество, скажем так, вариантов – прототипов. Среди них имеется единственный, актуальный именно сейчас. Но с течением времени статус актуальности может передаваться, как эстафетная палочка, от одного прототипа к другому, что и создаёт для наблюдателя видимость движения частицы. Самой, пожалуй, наглядной аналогией такого положения дел является старое доброе кино. Из множества кадров на киноленте только один актуальный – тот, который в данный момент отражается на большом экране.

Дальше эти ненаблюдаемые варианты (кроме одного, актуального в конкретный момент времени) мы так и будем называть – **прототипы** или **протоварианты**. А вся их совокупность пусть называется у нас так: реальность прототипов, сокращённо – **протореальность**. В примере с кинолентой аналогами протовариантов являются отдельные кадры на плёнке, а аналогом протореальности – вся киноплёнка в целом.

Свобода выбора

Один кадр на плёнке – это совокупность двух разных сущностей. Есть материальный носитель – маленький кусочек плёнки. И есть запечатлённая на нём нематериальная информация – прототип изображения на экране. Возникает философский вопрос: а физический протовариант – это тоже некий носитель плюс «запечатлённое» на нём мгновенное состояние? Или это только порция информации, существующая сама по себе? Этот вопрос, на мой взгляд, практического значения не имеет. В каждом из подходов есть свои плюсы и минусы, перечислять которые на этом этапе не имеет смысла. Мне лично, как человеку, воспитанному под давлением оголтелого материализма, больше импонирует идея «тандема»: носитель плюс информация. Но вы можете, следуя заветам Платона, рассматривать протовариант как чистую информацию, без всякого носителя. А протореальность – как то самое, «репрессированное» физиками информационное поле. Выбирайте тот подход, который больше гармонирует с вашим мировоззрением. Главное, что я призываю вас осознать – протоварианты существуют физически и обладают, как ни крути, физическими свойствами.

Чтобы облегчить себе дальнейшее изложение, а вам – обеспечить однозначность понимания, договоримся о следующем. Будем формально рассматривать актуальность как присущую каждому протоварианту физическую величину, которая может иметь два значения: ноль или единица (для справки – такие величины называются бинарными). Итак, в любой момент времени среди бесконечного множества протовариантов существует только один с актуальностью, равной единице, у всех прочих актуальность равна нулю. Дальше, для краткости, протовариант с нулевым значением актуальности будем называть **нулевым**.

Расширим пример с одиночной частицей на более общий случай. В каждый момент существует тонкий, можно даже сказать – бесконечно тонкий – слой актуальной реальности, сотканный, само собой, из актуальных прототипов отдельных физических объектов. Эта именно та **классическая** реальность, с которой мы привыкли иметь дело. Одновременно существует ненаблюдаемая протореальность, вмещающая в себя, кроме одного актуального слоя, бесконечное количество слоёв с нулевой (в данный момент!) актуальностью.

Кстати, все эти рассуждения в полной мере распространяются и на самого наблюдателя, поскольку он тоже является физическим объектом.. Примерьте на себя. Сейчас актуальны вы «настоящий» (имеется в виду – вы в настоящий момент времени). Но все ваши прототипы на любой момент будущего, как, впрочем, и прошлого, тоже существуют в протореальности, пусть и с нулевым значением актуальности в данный момент.

Сказка – ложь, да в ней...

Думаете, почему гадалки всё про вас знают? Да потому что они умеют прямо заглядывать в протореальность.

Шаг 4. Управление или переключение?

Возможно, рассуждения на предыдущем шаге вас не убедили, и вы по-прежнему не допускаете мысли о существовании принципиально ненаблюдаемых вещей вообще и протовариантов в частности. Хорошо. Если вы не согласны с концепцией протореальности, тогда предложите свою версию ответа на вопрос: откуда же берутся новые актуальные варианты состояния? И, в частности, если говорить о состоянии движущейся частицы, каким образом вариант «А» превращается в вариант «В», затем в вариант «С» и так далее?

На этот вопрос вы могли бы ответить, например, так: «никаких протовариантов **сейчас** не существует, а существует лишь единственное, без вариантов, состояние объекта, и существуют законы физики, согласно которым оно изменяется» (здесь вы справедливо сошлётесь на принцип предопределённости).

Тогда я, в свою очередь, спрошу вас: а где же хранятся эти самые физические законы? Мы можем представлять себе мир как автомат, работающий по некой программе, это в духе классической физики. Но у всех автоматов, у компьютеров, в частности, программа записана на каком-либо материальном носителе: перфоленте, магнитном диске, флэшке и так далее. В принципе мы можем любую компьютерную программу наблюдать непосредственно – в виде дырок на той же перфоленте, или с помощью приборов, измеряя степень намагниченности различных участков диска-носителя. Но скажите, где можно увидеть «перфоленту» или «диск», на которых записан первый закон Ньютона? Если вы ответите, что «запись» физических законов принципиально невозможно увидеть, можно только наблюдать результаты их воздействия на объекты, то мне остаётся вас поздравить: ведь вы только что заявили, что принципиально ненаблюдаемое в природе-таки существует!

Для наглядного сравнения наших позиций вернёмся к образу киноленты.

Я утверждаю, что ненаблюдаемое существует. В частности, смена изображений на экране объясняется заэкраным, то есть – принципиально ненаблюдаемым (для кинозрителя) существованием **киноленты**, содержащей все прошлые и будущие кадры фильма.

Вы утверждаете, что ненаблюдаемого не существует. Но при этом объясняете происходящее заэкраным существованием **перфоленты**, содержащей программу, которая управляет изображением на экране.

Спрашивается, чья позиция тут приводит к противоречию? Ответ очевиден.

Предлагаю считать, что спор о существовании ненаблюдаемого завершён. Ещё раз хочу подчеркнуть: ненаблюдаемое объективно существует, вне зависимости от нашего мнения о нём. На мой взгляд, эту идею следует даже включить в число фундаментальных физических принципов как **принцип существования ненаблюдаемого**. Возможно, даже как самый базовый, **нулевой постулат** физического мироздания.

Между тем, даже в условиях действия нулевого постулата, и ваша теория, скажем так – протопрограммы, и моя теория протореальности имеют право на жизнь. Значит, на вопрос о том, откуда берутся новые состояния, есть два альтернативных ответа.

Первый ответ, построенный на старом классическом фундаменте, подразумевает, что в любой момент времени имеется только одно состояние, и существует программа – физический закон, согласно которому это состояние будет изменяться. Для краткости назовём этот ответ **«гипотеза единственности варианта состояния»**, сокращённо – **гипотеза ЕВС**.

Альтернативный ответ заключается в том, что одновременно существует множество вариантов состояний. Один, и только один из них является «актуальным», именно его можно сейчас наблюдать. Все остальные варианты тоже имеются в протореальности. Назовём это **«гипотезой множественности протовариантов состояния»**, или гипотезой **МПВС**. В этом случае наблюдаемое изменение реальности обусловлено переключением актуальности между различными протовариантами.

Попробую показать разницу между гипотезами **ЕВС** и **МПВС** с помощью такой аналогии. Представьте себе, что вы в густом тумане видите движущийся огонёк. Что вы подумаете в первую очередь? Скорее всего, решите, что это источник света, приделанный к какому-то движущемуся предмету, как, например, лампочка к самолёту. Это аналог гипотезы **ЕВС**: одномоментно существует только одно состояние – единственная светящаяся лампочка в единственной точке пространства. И это состояние, то есть положение лампочки в пространстве, изменяется в соответствии с управляющей программой. Носителем программы в данной аналогии является скрытый от нас движущийся самолёт.

Но представьте себе, что в тумане скрывается не одна, а множество лампочек, причём в конкретный момент времени светится только одна из них, а все остальные выключены. В следующий момент эта лампочка выключается и включается соседняя, и так далее. Если лампочки расположены достаточно близко и переключаются достаточно быстро, вы увидите то же самое: единственный огонёк, плавно движущийся в темноте. Вот это и есть аналог гипотезы **МПВС**: есть множество «протовариантов» – лампочек, но «актуален» только один из вариантов – лампочка, включённая в данный момент.

Если у нас нет никакой возможности заглянуть в туман, то мы можем только догадываться, что там происходит на самом деле. Может, это движется единственная лампочка, а может, это «бегущий огонь» в цепи неподвижных лампочек.

Вернёмся к физике. У нас на выбор две альтернативные гипотезы, объясняющие наблюдаемые физические явления: **ЕВС** и **МПВС**.

Есть ли какие-то основания предпочесть первую гипотезу второй?

Во-первых, обе гипотезы никак не противоречат наблюдаемым фактам.

Во-вторых, ни та, ни другая не предлагают никаких методов экспериментальной проверки. Пока мы остаемся в рамках классической физики, предпочтение той или иной гипотезы – исключительно «вопрос веры».

В-третьих, обе гипотезы подразумевают существование «тумана» – принципиально скрывающего от наблюдений некоторые аспекты реальности. По гипотезе **ЕВС** «туман» скрывает носитель физических законов, а заодно и исполнительный механизм, приводящий эти законы в действие. По гипотезе **МПВС** в «тумане» скрывается протореальность («склад» протовариантов).

Получается, что с точки зрения объяснения наблюдаемых в классической физике явлений оба подхода равноправны.

Так и быть!

Долго сомневался, стоит ли помещать именно здесь эту врезку, и решил – пусть будет. Справедливости ради надо сказать, что гипотеза **МПВС** тоже подразумевает наличие программы. Не будь её – актуальность передавалась бы как попало, и никакой упорядоченности движения объектов и прочих наблюдаемых физических процессов мы бы не видели.

Тем не менее, я предлагаю взять на вооружение гипотезу **МПВС**. Не призываю вас уверовать в неё, нет. Просто давайте примем её, как рабочую модель, и посмотрим, что из этого получится.

Ещё раз обращаю ваше внимание: мы до сих пор не коснулись никаких квантовых «чудес». Вывод о том, что гипотеза **МПВС** вовсе не так абсурдна, как может показаться на первый взгляд, мы получили, не выходя за рамки классической физики. Так и будем пока действовать. Напомню, что мы сейчас «перенастраиваем» классические представления для того, чтобы затем легко воспринять квантовые идеи. И когда мы перейдём к квантовой специфике, автор не забудет об этом упомянуть.

Согласившись, хотя бы временно, с реальностью множества протовариантов, вы можете спросить: а что, существуют только такие прототипы, которые рано или поздно актуализируются? Применительно к свободно движущейся частице этот вопрос можно поставить так: существуют **только те** протоварианты, которые соответствуют точкам на геометрическом луче, заданном текущим положением и вектором скорости? Правильный ответ такой: нет, одновременно существуют вообще **все** мыслимые протоварианты. Например, если речь идёт о координатах, можно говорить, что в любой момент времени в протореальности существуют все возможные варианты расположения частицы.

Попробуем обосновать и это утверждение. Действительно, для свободно движущейся частицы активизируются только те варианты, в которых она расположена на вышеупомянутом луче. Но свободное движение – это ведь всего лишь частный случай. В общем же случае частица может подвергаться самым разнообразным воздействиям и в результате оказаться вообще где угодно. И этот самый вариант «где угодно» тоже не может появиться из ниоткуда. Он также «является в мир» из протореальности. Значит, там существуют прототипы всех вариантов. В этом смысле справедливо утверждение о том, что в протореальности частица существует именно «где угодно», то есть везде сразу. Следует только

уточнить: речь идёт всё же не о множестве материальных копий одиночной частицы, а о множестве её прототипов.

Подправим теперь приведённые выше аналогии. В случае с «бегущим огнём»: теперь множество лампочек лучше представлять не как цепь, протянутую в тумане, а как целый экран из таких лампочек, заполняющий весь обзор. В этом случае набор «протолампочек» может имитировать движение огня не только по прямой линии, но и по любой другой траектории.

В аналогии с кинолентой: пусть наш условный фильм на экране демонстрирует не допотопный кинопроектор, а современный компьютер. В этом случае аналогом одного протоварианта будет не кадр на плёнке, а некоторая порция информации в памяти компьютера – прототип одной экранной картинки (как говорят технари – фрейм). Аналогом же протореальности будет файл, содержащий в себе фреймы абсолютно всех картинок, которые способен отобразить наш экран.

В наших предыдущих примерах мы говорили о разных прототипах, имея в виду разные значения пространственных координат физического объекта. Но идея **МПВС** распространяется не только на координаты, но и на все наблюдаемые свойства физических объектов. Вот греем мы, например, чайник, справедливо полагая, что он в каждый момент имеет какую-то определённую температуру. Соответственно, в протореальности имеется бесконечное количество прототипов чайника со всевозможными температурами, но актуален в данный момент только один из них, со значением температуры в данный момент времени. Сам же процесс нагревания в нашей новой логике заключается в том, что единичная актуальность постоянно передаётся от более холодного «проточайника» к более горячему.

В завершение этого шага дадим ответ ещё на один вопрос. Вы не станете отрицать, что будущее существует? Причём существует буквально, а не «абстрактно». А вот где и в каком виде? Следуя приведённым выше рассуждениям этого шага, мы легко получим ответ: оно расположено в протореальности и существует в виде прототипов. Как видите, наш пересмотр причин классической однозначности наблюдения никак не противоречит не только школьной физике, но и житейскому здравому смыслу.

Шаг 5. Наблюдаемый объект – дитя протосостояний.

Теперь переосмыслим принцип существования. Мы не будем его опровергать (ведь объекты, само собой, существуют), а лишь немножко «подвинем». Первопричиной всего будем считать теперь не материальные объекты, а протоварианты. Объект, как исход наблюдения, является наблюдателю не сам по себе, он – результат актуализации протообъекта. Или, точнее: результат актуализации протоварианта, который включает в себя объект именно таким, каким его видит наблюдатель. Если бы вдруг исчезла протореальность, что, конечно, с точки зрения **МПВС** – ненаучная фантастика, то сразу исчезли бы и материальные объекты. Более того, исчезли бы и мы с вами.

Воспользуемся еще раз аналогией с кинофильмом. Представьте себе, что вы видите сюжет с летящим самолётом. Этот самолёт на экране – материальный объект или нет? По всем признакам – да. Изображение имеет вполне конкретные и измеримые физические характеристики: размеры, форму, цвет, координаты и скорость в экранной системе отсчёта. Но существует ли этот объект сам по себе, является ли он первичным? Разумеется, нет. Первичным в данном случае является цифровой прототип самолёта – упорядоченная последовательность нулей и единиц в границах экранного фрейма.

Конечно, особо въедливый читатель обнаружит главный недостаток всех наших аналогий. На самом деле и киноплёнка, и стена из лампочек, и видеофайл, в отличие от настоящей протореальности, доступны для прямого исследования. Например, если взять оптический прибор, то на киноплёнке можно увидеть множество маленьких «протосамолётиков». Но представьте себе, что в нашем классическом мире есть только поверхность экрана, а прототипы всех мыслимых изображений существует где-то в принципиально недоступном для наблюдения «параллельном мире», в наших терминах – в протореальности. Всё, что вы можете видеть – это картинка на экране. Более того, вы сами – тоже часть этой картинки. Вот с таким «фантастическим» допущением наша экранная аналогия будет ближе к тому, как на самом деле устроен мир.

Те, кто не выходил покурить на втором шаге, должны уже понимать, что это никакое не допущение, а самый реальный факт: наше сознание имеет не прямую, а только информационную связь с физической реальностью. В конце концов, любой так или иначе ощущаемый нами объект – это не более чем результат расшифровки сознанием электрического сигнала, приходящего в мозг от соответствующего органа чувств. Если угодно, считайте этот интерфейс типа «датчик – процессор» тем самым непреодолимым «экраном» между наблюдателем и протореальностью.

Повторюсь: очевидно, что цифровые «протосамолёты» на фреймах первичны по отношению к самолёту на экране. Аналогично, и протоварианты первичны по отношению к наблюдаемым объектам. Всё, что может происходить с материальными объектами классической реальности, то есть все наблюдаемые физические явления, полностью обусловлены тем, как изменяются актуальности протовариантов. В нашем примере: если на экран друг за другом проецируются идентичные фреймы, картинка будет выглядеть неподвижной. Если же каждый новый фрейм отличается от предыдущего, мы увидим на экране движущиеся объекты. Аналогично, если раз за разом актуализируются протоварианты, в

которых материальный объект находится в одном и том же месте, мы будем наблюдать неподвижный объект. Если же актуализируются протоварианты с различным положением объекта, то мы увидим движущийся объект.

Дополнительно заметим, что и в традиционной классической интерпретации **ЕВС** мы вовсе не обязаны считать состояние вторичным по отношению к объекту. Всё зависит от того, какой смысл мы вкладываем в слово «состояние».

Если речь идёт о свойствах объекта, тогда да, объект – «главный». Например, мы можем сказать: «автомобиль движется со скоростью 90 километров в час». Здесь мы действительно выделяем материальный объект и говорим о присущем ему варианте состояния.

Если же мы понимаем под состоянием исследуемую физическую ситуацию в целом, тогда, наоборот, объект является элементом варианта состояния. Вот пример такого подхода: «рассмотрим вариант физического состояния, в котором автомобиль движется со скоростью 90 километров в час».

Далее мы будем подразумевать под словом «вариант» именно физическую ситуацию, включающую в себя интересующий нас объект.

Нет, птицефабрика в соседней деревне

С другой стороны, протовариант, как элемент объективной реальности, сам является физическим объектом. Правда, объектом специфическим, не обладающим массой, размерами и прочими традиционными физическими свойствами. Зато он обладает другими свойствами, о которых речь впереди. Впрочем, в связи с отсутствием формального определения слова «объект», есть риск надолго зависнуть на проблеме курицы и яйца. Поэтому протовариант лучше называть не «объектом», а «сущностью». А «объектом» пусть у нас будет нечто привычно наблюдаемое, та же классическая курица, например.

Такой подход позволяет нам трактовать предположение об одновременном существовании всех физически возможных протовариантов состояния в ещё более широком смысле. Выше мы разбирали физическую ситуацию, в которой объектом наблюдения является одиночная частица (уточним для конкретики – электрон), и обсуждали, что:

а) в протореальности существуют все мыслимые прототипы этого одинокого электрона, с любыми положениями в пространстве и скоростями;

б) только один из протоэлектронов является актуальным в конкретный момент времени.

Но с точки зрения гипотезы **МПВС**, в протореальности всегда существуют прототипы не только электронов, но и любых других физических объектов: элементарных частиц, атомов и молекул, планет, звёзд, галактик и вообще всего, чего угодно. Другое дело, что в конкретной физической ситуации какие-то протообъекты актуальны, а остальные – нет. Например, в опыте с одиночным электроном статус единичной актуальности может быть только у протоэлектрона и передаваться от одного протоэлектрона к другому, но никак не к «протоутюгу», «протопирог», или к «прото»-чему-то ещё. Таков закон!

Шаг 6. Закон есть закон.

Конечно, никакие новые концепции не отрицают физических законов – последние существуют и действуют. В рамках гипотезы **МПВС** нам следует лишь немного переосмыслить логику действия закона.

Раньше мы полагали, что в каждый момент времени существует единственный вариант состояния. И существует предопределённый процесс изменения состояния во времени. По сути дела, гипотеза **ЕВС** подразумевает, что природа непрерывно трансформирует состояния согласно некой программе, которую мы и называем физическим законом. В примере с движением свободной частицы, согласно первому закону Ньютона состояние «частица в точке «А» превращается в состояние «частица в точке «В», затем – в состояние «частица в точке «С» и так бесконечно вдоль прямой.

Гипотеза **МПВС** предлагает другой механизм. В любой момент времени существуют все варианты состояния. И физический закон – это не «программа» трансформации состояния, это «программа» переключения актуальности между протовариантами. Сейчас актуален вариант «А», затем – вариант «В» и далее по списку.

Для наблюдателя же разницы нет: он видит частицу, движущуюся прямолинейно и равномерно, независимо от того, какая из двух гипотез на самом деле соответствует истине.

Здесь можно было бы подытожить нашу фундаментальную перестройку. Но перед тем, как это сделать, хотелось бы показать, что гипотеза **МПВС** возникла не на пустом месте – родственные ей представления уже давно и широко используются на практике. Правда, не в физике, а в осмыслении таких абстрактных вещей, как неопределённость, случайность и вероятность. Поговорим об этом – здесь есть, чем поживиться.

Шаг 7. Случайность = перспективы + неопределённость.

Начнём со случайности. Случайность, как явление, возникает при двух обязательных условиях:

- существует несколько (больше одной) различных перспектив будущего;
- имеется неопределённость насчёт того, какая из перспектив реализуется.

При этом высказывание «существует такая-то перспектива» традиционно подразумевает, что указанная перспектива имеет ненулевую вероятность реализации. Предлагаю слегка пересмотреть этот подход с тем, чтобы сделать понятие «перспектива» более универсальным и удобным для дальнейших рассуждений. Давайте будем считать, что перспективы с нулевой вероятностью реализации тоже существуют. Фактически это означает, что в любой ситуации существует бесконечное множество перспектив.

На предыдущих шагах мы «постулировали» идею множественности протовариантов. Это непривычно и с трудом укладывается в сознании. Идея множественности перспектив, надеюсь, воспринимается гораздо легче, ведь несколько перспектив будущего – это обычная житейская практика. Что касается существования «нулевых» перспектив – это, конечно, не столь очевидно. Однако высказывание типа «вероятность перспективы встретить за углом живого динозавра равна нулю» никому, надеюсь, не покажется абсурдным. Но, согласитесь, в такой подаче мы рассматриваем встречу с динозавром как пусть и нереализуемую, но **существующую** перспективу. Иными словами, существование или несуществование нулевых перспектив – не более чем предмет договорённости. Если мы объявляем перспективой такое событие, которое имеет, по нашему мнению, ненулевые шансы реализоваться, значит, договариваемся о том, что только такие перспективы и существуют. Если же мы считаем перспективой любое мыслимое событие, как в примере с динозавром, то полагаем, что нулевые перспективы существуют автоматически. Чтобы избавиться от этой двойственности и определиться однозначно, будем отныне считать, что нулевые перспективы существуют. При такой договорённости случайность – это ситуация, когда существует две или больше перспектив с ненулевой вероятностью.

Дед Мороз против динозавра

Здесь и дальше мы будем иметь в виду только рациональные перспективы. То есть такие, реализация которых допустима если не в данном конкретном случае, то хотя бы в принципе. Например, вышеупомянутая перспектива встретиться с настоящим динозавром является рациональной. Полагаю, вы сможете сами придумать не противоречащий никаким материалистическим догмам сценарий, который мог бы привести к такому событию (голливудский «Парк Юрского периода» вам в помощь). А вот перспектива встретиться с настоящим Дедом Морозом рациональной не является, как раз потому, что ни к какому объективному сценарию она не привязана. Хотя...

Теперь, простите за каламбур, определимся с неопределённостью. По классике причиной неопределённости может быть только незнание, отсутствие полной информации. Настоящей, физической неопределённости классика не допускает, хоть старую **ЕВС** возьми, хоть новую **МПВС**. Это со всей неизбежностью следует из принципа детерминизма.

Скажем, вам понадобилось отыскать какую-то вещь, например, ключ. Вы точно знаете, что он где-то дома, в каком-то конкретном, определённом месте. Но место это неизвестно – вот вам и неопределённость насчёт того, где конкретно вы ключ в итоге найдёте.

Антинаучная демонология

Насчёт однозначности местоположения ключа или другой потерянной вещи порой возникают некоторые суеверные сомнения. Случается, вдруг находишь искомое там, где, кажется, уже сто раз до этого смотрел и не видел – неужели с вами никогда такого не бывало? Как будто бы нечистая сила стянула вещь, а потом вернула, чтобы потешиться вашим изумлением. В порядке практического совета: заклинание «Черти-черти, поиграйте и отдайте» иногда помогает в поисках.

Другой пример: вы подбрасываете монету. Чисто теоретически, учтя все воздействия, которым монета подвергается во время броска, полёта и падения, можно вычислить заранее, какой стороной она упадёт.

Научная демонология

[Демон маркиза де Лапласа](#), твёрдого сторонника детерминизма, теоретически вообще мог точно просчитать судьбу не то что какой-то там монеты, а вообще всей вселенной.

Так что в «голой» классической физике с монетой тоже всё однозначно: одна ненулевая перспектива, исход предопределён. Но на практике игрок не в состоянии учесть все влияющие факторы и сделать точный расчёт: опять незнание, опять неопределённость. Поэтому до тех пор, пока монета не остановилась, в сознании игрока существуют две ненулевые перспективы – «орёл» и «решка», что и обеспечивает случайный результат игры.

Эти примеры демонстрируют два вида классической неопределённости.

В ситуации, когда неизвестно истинное местоположение ключа, случайность исхода поиска порождается незнанием начальных условий. Актуальный вариант физического состояния, однозначно предопределяющий исход эксперимента, изначально существует, но мы не знаем, каков он. Классифицируем эту причину случайности как **неопределённость состояния**.

А при игре в орлянку случайность – следствие отсутствия полной информации о поведении монеты в полёте. В начале игры есть два «протосостояния» как две стороны одной монеты. Но предопределяющего, актуального состояния ещё нет, оно возникнет только после остановки монеты. Здесь случайность является «продуктом» **неопределённости процесса**. Имеется в виду процесс, скажем так, «эволюции» протосостояний в полёте монеты.

Приведём ещё один пример, демонстрирующий **неопределённость выбора**. Пусть игрок, не глядя, выбирает одну игральную карту из колоды. Это не обязательно может быть стандартная колода – годится любой произвольный набор карт. Здесь также имеются в начале игры разные «протоварианты», их носителями являются карты определённой масти и достоинства. Но колода, в отличие от монеты, **стационарна** – никакой «эволюции» не происходит. Здесь неопределённость – это незнание игрока о том, какие карты в колоде и о том, как именно они там разложены. Впрочем, о том, какие карты, игрок может и знать. А вот расклад для него – всегда тайна, по определению. Зафиксируйте в голове этот пример, **случайный выбор** – «наше всё».

Шаг 8. Редукция вероятности

Отметим ещё одно крайне важное свойство тех понятий, о которых мы рассуждали на предыдущем шаге. Точнее говоря – свойство тех явлений, которые за этими понятиями стоят, и выделим нечто, достойное особо пристального внимания:

Получение информации скачкообразно изменяет вероятности перспектив.

Этот эффект мы назовём **редукцией** вероятностей (тем, кто любит «погорячее», предлагаю заменить слово «редукция» словом «коллапс» – в данном контексте это синонимы). Замечу попутно, что термины «редукция» и «коллапс» авансом заимствованы из квантовой механики. Хотя само явление скачка вероятностей, как мы сейчас увидим, вполне обыденное, можно даже сказать – бытовое.

В какой степени редукция изменяет вероятности – это зависит, во-первых, от того, как построено «пространство» перспектив. Во-вторых, от того, насколько полную информацию мы получили.

Для начала рассмотрим крайний случай, когда происходит полное разрушение неопределённости и уничтожение случайности. Например, в ситуации с поиском ключа неожиданно реализовалась перспектива «ключ в левом ботинке». Эта перспектива мгновенно обрела единичную вероятность, а вероятности всех прочих перспектив обнулились. Как только вы нашли ключ – всё, нет больше никакой неопределённости насчёт того, где он лежит. Дальнейший поиск, если вдруг вам вздумается его совершить, не сулит уже никаких случайностей.

Застольные игры

Возможно, кому-то предложение искать предмет, который точно знаешь, где лежит, покажется довольно глупым. Хорошо, поиграйте с кем-нибудь в «горячо-холодно» – пусть теперь он поищет этот чёртов ключ. Для вас исход такого поиска предопределён. А вот для вашего визави он будет случайным.

Если вы точно знаете, что ключ, например, лежит в левом ботинке, то он и будет найден в левом ботинке, а не в правом, не на полке, не торчащим в замке (вот это особенно обидно после мучительно долгого поиска!) и не где-либо ещё.

Теперь рассмотрим сценарий, в котором порция информации к полному разрушению неопределённости не приводит. Допустим, перед тем, как начать поиск, вы выстроили перспективы с их вероятностями так:

- в кармане: 0,6 (или 60%, если кому так удобнее);
- в сумке: 0,3 (30%);
- где-то ещё: 0,1 (10%).

Потенциальным критикам

Да, да, конечно, в бытовом поиске осознанно вы таких подсчётов не проводите, просто оцениваете и сравниваете вероятности по принципу «больше – меньше». Числа тут приведены исключительно для конкретизации размышлений.

Скорее всего, проверять свои догадки вы начнёте с той, которая кажется наиболее вероятной. В данном случае вы не обнаружите ключ в кармане (он же в ботинке), и перспективы в вашей голове немедленно претерпят редукцию. Вариант «в кармане» обнулится, а у прочих шансы резко вырастут. Расклад вероятностей теперь будет такой:

- в кармане: 0;
- в сумке: 0,75 (75%);
- где-то ещё: 0,25 (25%).

Возьмите тоже на заметку: после редукции соотношение вероятностей необнулившихся перспектив «в сумке» и «где-то ещё» сохранилось. Как оно было три к одному (30/10), так и осталось (75/25).

Секундочку, заметит внимательный читатель, но тут же не реализовалась ни одна из перечисленных перспектив? Это и так, и не так. Всё зависит от того, как «нарезаны» перспективы. Если мы выстроим пространство перспектив так:

- в кармане: 0,6;
- не в кармане: 0,4,

то установленный факт отсутствия ключа в кармане полностью уничтожит неопределённость. Перспектива «не в кармане», реализуется и приобретёт единичную вероятность. А вероятность перспективы «в кармане» обнулится. А то, что реализовавшая перспектива «не в кармане» не очень-то обрадует растеряшу, так никто и не обещал, что ключ найдётся с первой попытки. Обещана была только редукция вероятностей при получении информации – она и есть, как видите.

Любой информации?

Конечно, речь идёт только о той информации, которая имеет отношение к делу. Например, сведения о резком падении монгольского тугрика относительно казахского тенге вызовут, конечно, редукцию игровых вероятностей в головах биржевых игроков, но ничего не изменят в раскладе перспектив поиска ключа.

Последний пример позволяет ещё обратить внимание на тот факт, что несколько перспектив можно объединять в одну. В частности, перспектива «не в кармане» является логическим объединением перспектив «в сумке» и «где-то ещё». Вероятность совокупной перспективы равняется, ясное дело, сумме вероятностей объединяемых перспектив.

А что при редукции произойдёт с самими перспективами? Они никуда не денутся. Вполне достаточным, на мой взгляд, доказательством этого «крамольного» утверждения является тот факт, что мысли о разных перспективах не исчезают из вашей головы даже по окончании поиска. Не согласны с таким доводом, мол, мысли и перспективы – это две большие разницы? Тогда задумайтесь о том, могут ли перспективы, связанные с классической неопределённостью, то есть отсутствием информации об актуальном варианте состояния, существовать где-то ещё, кроме как в вашей голове. Что, скажите на милость, может быть носителем перспективы, кроме вашей идеи о ней?

И, конечно, редукция вероятностей при получении информации тоже происходит только в мире идей, в объективном мире физических состояний ничего

при этом не изменяется. По крайней мере, именно так мы полагаем, пока рассуждаем *классически*.

Шаг 9. Протоварианты и перспективы – классическая схема.

Теперь совместим две сюжетные линии нашего рассказа: ту, что про множественность протовариантов и ту, что про множественность перспектив.

Перспективы в классическом понимании сугубо умозрительны, они существуют только в сознании субъекта. Тем не менее, любая субъективная перспектива существует не на пустом месте, она привязана к некоторому предполагаемому варианту состояния.

Встречаясь с неопределённостью, наблюдатель представляет у себя в голове множество вариантов и к каждому из них привязывает перспективу. Это именно то, о чём мы говорили в конце шестого шага: идея множественности вариантов вовсе не так радикальна, как может показаться на первый взгляд. Если вы согласились с существованием субъективной «протореальности», что тогда мешает вам допустить существование протореальности физической?

Вернёмся снова к примеру с ключом. Теоретически ключ может лежать в любом месте квартиры, иными словами, любое его предполагаемое местоположение – это физически возможный вариант состояния. Но, согласитесь, среди всех этих предполагаемых рациональных вариантов существует только один актуальный, соответствующий тому, где ключ лежит **на самом деле**. Еще раз: все наши перспективы, кроме какой-то одной, опираются не на буквально физические варианты, а на их мысленные, субъективные прототипы.

И к чему мы таким образом пришли? С одной стороны, есть реальный мир с его объективными прототипами вариантов. С другой стороны, имеется картина мира в сознании наблюдателя с её субъективными прототипами вариантов, к каждому из которых привязана субъективная же перспектива.

Итак, в субъективной реальности у каждого предполагаемого варианта есть пара – перспектива. А объективные протоварианты у нас пока скучают без собственных перспектив – это безобразие срочно надо пресечь!

А если серьёзно, то предлагаю сопоставить каждому протоварианту собственную перспективу. И, поскольку протовариант – это **физическая сущность**, то его перспектива – это уже не умозрительная абстракция, а самое настоящее **физическое свойство**. В принципе такое сопоставление можно сделать, даже не ведая изначально ни о каких протовариантах. Ведь обычно, указывая положение частицы, мы говорим так:

Частица находится в точке «А».

Но можно ведь сказать и по-другому:

Вероятность обнаружить частицу в точке «А» равна единице.

Согласитесь, что второе утверждение ничуть не грешит против истины. При этом оно содержит в себе нечто большее, чем первое утверждение. Думая о

вероятности, мы всегда имеем в виду некоторые перспективы. Мы просто пропустили сейчас это слово, давайте используем его явно:

Вероятность перспективы обнаружить частицу в точке «А» равна единице.

Вот, пожалуйста: перспектива привязывается даже к классическому варианту легко и просто.

В этой ситуации будет справедливым и ещё ряд утверждений:

Вероятность перспективы обнаружить частицу в точке «В» равна нулю.

Вероятность перспективы обнаружить частицу в точке «С» равна нулю.

И так далее хоть до бесконечности – всё это опять верно. Пожалуйста – имеем множество объективных перспектив. Объективных, потому что здесь мы говорим не о модели реальности в голове наблюдателя, а о вполне конкретной физической ситуации. Но любая перспектива, как мы выяснили, базируется на варианте состояния.

Если вдруг кто подумал, что автор пытается тем самым создать видимость краткого доказательства гипотезы **МПВС** – это не так. Выше уже сообщалось: в рамках классической физики гипотезы **ЕВС** и **МПВС** совершенно «равноправны». Автор просто полагает, что переход на вероятностный язык при разборе привычных физических ситуаций облегчает восприятие идеи множественности протовариантов.

Вспомним, что выше мы ввели такой параметр протоварианта, как актуальность. И теперь, когда мы сопоставили каждому протоварианту чёткую перспективу быть обнаруженным при наблюдении, можно сказать так: ***актуальный протовариант – это такой, который в данный момент имеет перспективу с единичной вероятностью реализации.*** Неактуальные протоварианты обладают, разумеется, нулевой перспективой. О существовании перспектив с нулевой вероятностью реализации мы уже раньше договорились. Правда, тогда имелись в виду субъективные перспективы, существующие в голове наблюдателя. А здесь предлагается распространить ту же договорённость и на объективные перспективы, привязанные к протовариантам.

Хотя пока мы рассуждаем, не выходя за рамки представлений классической физики, хотелось бы заложить «бомбу» на совсем уже близкое будущее и привести классический же пример «нулевого» существования. Протон и электрон имеют электрические заряды. Но атом водорода, состоящий из протона и электрона, электрически нейтрален, потому что положительный и отрицательный заряды в нём взаимно скомпенсированы. Это можно подтвердить экспериментально: никакое измерение заряда у атома водорода не обнаружит. Но можно ли говорить, что заряд у атома водорода отсутствует? Нет, нельзя. Ведь если он отсутствует, то что же тогда друг друга компенсирует? Правильнее говорить, что заряд есть, но он

равен нулю. Вот и про перспективу предлагаю думать аналогично, как про некий «вероятностный заряд», имеющийся у любого протоварианта. Другое дело, что только у актуального протоварианта вероятность перспективы не равна нулю. А что там в нулевых перспективах друг друга компенсирует – с этим мы скоро разберёмся.

Во врезке на третьем шаге мы рассуждали о сущности протоварианта: что это – тандем «физический носитель плюс информация» или порция информации в «чистом виде»? Вот вам плюс за «тандем»: предлагаю рассматривать сам протовариант как физический носитель, а привязанную к нему перспективу – как информацию.

Шаг 10. Новый классический фундамент.

На предыдущих шагах уже довольно подробно изложен свежий взгляд на классическую физику. Но давайте для порядка соберём новые фундаментальные принципы в одном месте, а заодно обсудим некоторые важные детали гипотезы МПВС. Итак:

Принцип существования протосостояний

Существуют протоварианты, являющиеся прототипами наблюдаемых физических состояний. Множество протовариантов представляет собой полный набор прототипов.

Всё это означает, что какой бы классический вариант состояния мы себе не помыслили, в протореальности обязательно найдётся его прототип.

Здесь уместно указать на ещё одну особенность протореальности.

Каждый протовариант уникален.

Эта особенность на базовый принцип «не потянет», но для общей картины пригодится.

Не бывает двух разных протовариантов, являющихся прототипами абсолютно идентичных вариантов классических состояний. Они хоть чуть-чуть, хоть на бесконечно малую долю какой-либо физической величины, но отличаются.

Про уникальность протовариантов – это, конечно, допущение.

Можно подумать,

что все остальные рассмотренные принципы, хоть из ЕПС, хоть из МПВС – это что-то другое.

Но основания для такого допущения определённо есть. Во-первых, чтобы иметь возможность «спроецировать на экран» наблюдателя любую физическую ситуацию, природе необходимо и достаточно по одному прототипу каждого наблюдаемого варианта. Во-вторых, с чего бы вдруг один протовариант как-то выделялся относительно другого и существовал в большем количестве экземпляров?

Главное, что ещё раз рекомендуется осознать: протоварианты – это не какая-нибудь там математическая модель, не философская абстракция, а вполне реальные сущности. Если осознали, то, считайте, что физический смысл квантовой механики у вас в кармане. (Надеюсь, что по прочтению этой книжки смысл перекачет из кармана в вашу голову).

Принцип объективности перспективы

Каждый протовариант обладает объективной перспективой реализации в классической реальности.

Ещё раз констатируем, что применительно к протовариантам перспектива – это не что-то умозрительное, а настоящее физическое свойство. И связанная с перспективой вероятность реализации – не какая-нибудь там математическая

абстракция, а настоящая физическая величина. Надеюсь, эти умозаключения были достаточно аргументированы на предыдущем шаге.

Принцип единственности реализуемой перспективы

В любой момент времени только один протовариант обладает перспективой с единичной вероятностью реализации. У всех прочих перспективы нулевые.

Здесь имеет смысл уточнить, что именно мы будем понимать под реализацией. Если взять видеоаналогию, то там реализация – это появление картинка, хранящейся во фрейме памяти, на экране монитора. Речь идёт, обратите внимание, не о физическом «переносе» фрейма на экран, а только о переносе информации от носителя к наблюдателю. То есть реализуется не сам фрейм, а только хранящаяся в нём информация. Та же логика работает и в гипотезе **МПВС**: в реальности, доступной для наблюдения, реализуется не сам протовариант, а только связанная с ним перспектива.

Тут может возникнуть вопрос: какой физический механизм обеспечивает реализацию перспективы? С видеоанalogией всё понятно, там отрабатывается программа: показать на экране фрейм №1, затем фрейм №2, и так далее. А какой механизм «выбрасывает» перспективы из протореальности в наблюдаемую реальность?

Пока мы рассуждаем в рамках классических представлений, такого вопроса просто не существует: если перспектива имеет единичную вероятность реализации, то она реализуется автоматически, безо всякого дополнительного «механизма», просто, как говорится, по определению. Так что можно уверенно написать:

Реализация перспективы происходит в тот момент, когда её вероятность становится равной единице.

Принцип предопределённости реализации

Существуют физические законы – строгие «правила», задающие последовательность реализации перспектив.

Узнаёте? Это старый принцип предопределённости, только адаптированный к новой логике. Раньше мы полагали, что никакой другой реальности, кроме классической, не существует. Теперь мы выяснили, что классическая реальность – это не более чем изменяющаяся «картинка на экране», отделяющем наблюдателя от протореальности. Логично тогда считать, что законы классической физики – это следствие законов природы, действующих на более глубоком уровне, в протореальности. Вот об этих «глубинных» законах и говорит нам новый принцип предопределённости реализации. Пока мы остаёмся в рамках классической физики, мы придерживаемся идеи строгого детерминизма: всё предопределено. Ну а раз предопределено, значит, законы действуют.

В самом общем виде действие закона в протореальности, должно бы, по идее, выражаться в «переключении» единичной вероятности с одной перспективы на другую. Но как именно закон «выбирает», какую перспективу в данный момент следует актуализировать? Почему, например, в классической реальности мы наблюдаем движение свободного тела вдоль прямой линии, а не как-то иначе? Разбираться в этом механизме мы будем через несколько шагов.

Принцип однозначности наблюдения

В определённый момент времени можно наблюдать одно и только одно классическое состояние.

Этот принцип относится не столько к физической реальности, сколько к информационному «интерфейсу» между ней и сознанием наблюдателя. Действительно, никто и никогда не наблюдал одного кота спящим и бодрствующим одновременно.

Квантовый гуманизм

Автор с большим пиететом относится к Шредингеру, но не одобряет жестокого обращения с животными. С котиками – особенно.

Используем наш образ с видеофайлом: экран в принципе не может показать двух разных изображений одновременно. Вот также и «экран» между физической реальностью и сознанием наблюдателя не может вместить больше одного наблюдаемого варианта состояния.

Принцип однозначности наблюдения считается само собой разумеющимся и незыблемым во всякой разумной теории мироздания: хоть в **ЕВС**, хоть в **МПВС**, хоть (чуть забежая вперёд) в любой интерпретации квантовой механики.

А как связана реализация с наблюдением? С классической точки зрения связь реализации и наблюдения сугубо односторонняя: наблюдать можно только то, что реализовалось.

Призываю вас ещё раз внимательно обдумать новые фундаментальные принципы, самостоятельно убедиться, что они ни в чём не противоречат известным фактам и принять **МПВС** в качестве рабочей гипотезы для дальнейшего погружения.

На этом заканчиваем нашу «предквантовую подготовку», которая, надеюсь, не показалась вам слишком сложной и утомительной. Давайте теперь перейдём к освоению фундаментальных принципов квантовой механики.

Шаг 11. Сбой детерминизма

На втором шаге мы толковали о том, что все фундаментальные классические принципы – это не более чем логические умозаключения, сделанные на основе огромного множества наблюдений. До некоторых пор эти принципы отлично работали. Настолько отлично, что стали даже прикидываться истиной. Взять хотя бы принцип предопределённости – идея абсолютного детерминизма и отсутствия материальном мире каких бы то ни было случайностей крепко засела в головах доквантовых физиков.

Однако, когда техника наблюдений сделала возможными опыты с мельчайшими материальными объектами – атомами, протонами, электронами, фотонами и так далее, детерминизм сильно «захромал». Частицы то и дело норовили продемонстрировать экспериментаторам случайное, абсолютно непредсказуемое поведение.

Что обычно происходит, когда обнаруживаются противоречащие устоявшимся представлениям факты? Отбросим средневековые способы борьбы за «абсолютные истины» типа «факты – под ковёр, смутьяна – на костёр», и рассмотрим свободную конкуренцию научных идей. После обнаружения и подтверждения «неудобных» фактов учёный мир, как правило, делится на два лагеря: условных новаторов и консерваторов. Новаторы предлагают под давлением фактов пересмотреть фундаментальные принципы. Консерваторы же пытаются придумать этим фактам объяснение, не потрясающее основ. Если же такого объяснения найти не удаётся, консерваторы уходят в «глухую оборону»: да, мол, пусть новые факты временно объяснить не можем, но и принципами не поступимся.

Примерно такая картина и наблюдалась в научном сообществе после обнаружения случайного поведения микрообъектов. Консерваторы не могли отказаться от абсолютного детерминизма и утверждали, что никаких случайностей не бывает. Непредсказуемость микрочастиц они считали следствием нашего неполного знания. У частиц, полагали они, существуют некоторые неизвестные (пока!), или, как принято говорить, **скрытые** параметры, которые всё однозначно предопределяют. Новаторы же предложили отказаться от детерминизма. Точнее, отказаться от **абсолютного** детерминизма и считать, что принцип предопределённости работает далеко не во всех физических ситуациях.

Консерваторы и новаторы спорили примерно на равных лет этак сорок. Но после появления неравенств Белла и многократного проведения экспериментов по их проверке позиции консерваторов существенно ослабли. Результаты этих опытов практически загнали теории скрытых параметров примерно туда же, где сферические кони в вакууме пасутся среди прочих принципиально не доказуемых и ещё более принципиально не опровергаемых идей. Конечно, гипотеза существования в физическом мире идеальной случайности тоже не имеет прямых доказательств, но она хотя бы более продуктивна, если её взять, как постулат.

Здесь могу предположить, что мои читатели разделятся на четыре группы по отношению к детерминизму и случайности. Дам краткие рекомендации для каждой из них.

1. Твёрдые сторонники абсолютного детерминизма (сократим так: АД), не собирающиеся менять своего мнения ни при каких обстоятельствах. Этой группе просто нет смысла тратить время на дальнейшее чтение.
2. Желающие самостоятельно разобраться в аргументах против АД и дезавуировать их. Пожалуйста, вот статьи [Белла](#) и [Аспекта](#) – изучайте. Найдёте убедительные возражения – шейте толстый кошелек под Нобелевку. А если в этих статьях окажется слишком заумно, так автор не постесняется предложить вашему вниманию [собственный опус](#) о неравенствах Белла.
3. Готовые согласиться с возможностью существования объективной случайности при достаточной весомости доводов (на мой взгляд, это пусть и не самая лёгкая, но самая правильная позиция). Вам рекомендую те же статьи, что и потенциальным ниспровергателям.
4. Доверяющие автору на слово (даже в самом популярном изложении неравенств Белла не очень просто разобраться). Вам легче всего – примите идею существования физической случайности как непротиворечивую научную теорию и читайте дальше.

Шаг 12. Множество ненулевых перспектив

Цитируя самого себя, повторю формулу: «случайность = перспективы + неопределённость».

Ой...

Обещал же без формул! Извините, тут не удержался. Тем, кому математические обозначения претят даже в таком зачаточном виде, предлагаю заменить символы «=» и «+» словами «равно» и «плюс».

О существовании множества объективных перспектив мы уже знаем, так что первое «слагаемое» объективной случайности у нас есть. Остался вопрос: откуда истекает объективная неопределённость? Раньше, рассуждая о субъективной случайности, мы трактовали неопределённость как отсутствие информации. Либо о том, какое физическое состояние актуально в данный момент (неопределённость состояния). Либо о том, какое из физических состояний актуализируется в будущем (неопределённость процесса). Так или иначе, неопределённость равносильна существованию **нескольких перспектив с ненулевой вероятностью**.

Предлагаю ту же логику рассуждений распространить и на физическую случайность. Итак:

В некоторых физических ситуациях может существовать несколько объективных перспектив с вероятностью реализации, не равной нулю или единице.

Можно заметить, что в такой формулировке присутствует маленький кусочек «масла масляного». Ведь если существует хотя бы одна перспектива с вероятностью больше нуля и меньше единицы, значит, автоматически, существуют и другие такие, потому что сумма вероятностей полного набора реализуемых перспектив всегда равна единице. На всякий случай следует уточнить: здесь и дальше говорим только об альтернативных, взаимоисключающих перспективах.

О чём не говорим

Возьмём для примера игральную кость (кубик) и рассмотрим две перспективы: «выбросить любое число, кроме единицы» и «выбросить любое число, кроме шестёрки». Такие перспективы не являются взаимоисключающими, потому что при выпадении любого числа от двух до пяти реализуются обе. Сумма вероятностей таких перспектив, конечно, не равняется единице. Да и набор тут никакой не полный, бывают ведь ещё перспективы «выбросить любое число, кроме двойки», «выбросить любое число, кроме тройки и четвёрки» и так далее. Такой безобразной нарезке перспектив тут не место!

Таким образом, для того, чтобы перейти на квантовые представления о мире, нам даже не потребовалось разрушать новый классический фундамент (имеется в виду гипотеза **МПВС**). Оказалось достаточным всего лишь «понижить» статус принципа единственности реализуемой перспективы. Если на десятом шаге мы рассматривали этот принцип как постулат, то теперь он становится правилом, работающим только в ряде физических ситуаций. Каких ситуаций, спросите вы? Да именно тех, с которыми имела дело классическая физика. В тех же ситуациях, где принцип единственности перестаёт действовать, мы и обнаруживаем странные квантовые «чудеса».

Итак, сейчас «логика мира» выглядит для нас следующим образом. В протореальности существует несколько ненулевых перспектив будущего. В какой-

то момент времени одна и только одна из перспектив реализуется в классической реальности. Информация о том, какая именно из перспектив реализуется, принципиально отсутствует в природе. Наличие множественности перспектив и физической неопределённости означает, что:

Реализация физической перспективы осуществляется абсолютно случайным образом.

В помощь оппонентам и теологам

В противовес абсолютной случайности можно придумать и другие механизмы выбора одной перспективы из множества. Вот две идеи:

1. Существуют неизвестные нам факторы и законы физической реальности, предопределяющие выбор перспективы. Эта та самая консервативная теория скрытых параметров, о которой мы говорили шагом выше. Если вы сторонник такого подхода – попробуйте открыть эти законы. Только имейте, пожалуйста, в виду: согласно современным научным данным теория скрытых параметров вступает в противоречие с теорией относительности, [вот здесь](#) подробнее об этом. Так что желающим ниспровергнуть Альберта нашего Эйнштейна есть над чем поработать.
2. Выбором перспективы управляют некие «сверхзаконы», принципиально недоступные для изучения, понимания и практического использования. Что же, возможно, но подобного рода метафизика не имеет ничего общего с наукой. С таким же успехом можно утверждать, что выбором перспективы управляет всемогущий и принципиально непознаваемый Бог.

Кстати, о богословии. Существование физической случайности предоставляет гипотетическому Богу орудие для абсолютно неуловимого вмешательства в дела «дольного мира». До тех пор, пока выбор перспективы кажется нам случайным, Бог может этим выбором управлять без всякого риска быть «пойманным за руку». Учитывая теоретическую возможность такого мироустройства, автор на всякий случай пишет слово «Бог» с большой буквы.

Заметим, это утверждение о случайности реализации перспективы, порождённое в «логове» квантовой механики, в классической физике тоже работает. Даже в тех ситуациях, когда существует только одна физическая перспектива с единичной вероятностью, абсолютно случайный выбор всё равно происходит. Другое дело, что исход этого выбора однозначно предопределён. Вам кажется сомнительной такая логическая смычка случайности и предопределённости? Хорошо, потратим некоторое время на то, чтобы развеять смутные сомнения – это важно. Заодно рассмотрим ещё один пример существования перспектив с нулевой вероятностью реализации.

Предположим, что мы случайным образом выбираем одно число в диапазоне от нуля до единицы. Рассмотрим две взаимоисключающих перспективы:

- а) случайно выбранное число окажется рациональным;
- б) случайно выбранное число окажется иррациональным.

Надеюсь, ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что обе эти перспективы существуют, ведь в указанном диапазоне бесконечное множество чисел обоих сортов. Также несомненно, что вероятность исхода «а» равна нулю, потому что иррациональная бесконечность «мощнее» бесконечности рациональной. Проще говоря, иррациональных чисел тут в бесконечное количество раз больше, чем рациональных. Вот, пожалуйста, пример существования нулевой перспективы во всей красе.

Вероятность же исхода «б» равна единице. Таким образом, при всей случайности выбора исход однозначно предопределён.

Шаг 13. «Детонатор» реализации и квантовая редукция

Обсуждая гипотезу МПВС применительно к классике, мы договорились, что перспектива автоматически реализуется в тот момент, когда её вероятность становится равной единице. Действительно, если в протореальности имеется всего одна реализуемая перспектива, это правило чётко работает. Но теперь мы вынуждены нашу договорённость не то чтобы отменить, но несколько усложнить.

Проведём уже вполне физический мысленный эксперимент. Допустим, мы хотим измерить момент импульса (спин) электрона. (Если вы не знаете, что такое спин, то это и не обязательно сейчас, просто считайте, что мы измеряем некую связанную с электроном физическую величину).

Измеряя момент импульса, предположим, металлического шарика, мы могли бы получить любое значение. Но при измерении спина электрона возможны только два исхода, это следует из квантовой теории и подтверждено на множестве реально проведённых опытов. Почему так – обсуждать здесь не будем, просто примем, как данность, что спин может иметь только два значения. Точные цифры нам тоже не нужны, ограничимся тем фактом, что спин может быть либо положительным, либо отрицательным и обозначим возможные исходы как «плюс» и «минус».

Вероятности перспектив «плюс» и «минус» могут от опыта к опыту различаться, но они всегда будут вполне определёнными. В частной ситуации, когда вероятность одной из перспектив равна нулю, а другой, соответственно, единице, исход измерения предопределён. Но в общем случае вероятности обеих перспектив ненулевые, а значит, имеет место **физическая** неопределённость исхода измерения. Максимальная неопределённость – это когда обе перспективы равновероятны.

Терминологическое заблуждение

На заре квантовой механики среди физиков было принято трактовать неопределённость как отсутствие (у наблюдателя!) точной информации о состоянии объекта. Электрон, полагали они, имеет определённый спин, но какой конкретно – неизвестно, точнее, не всегда известно. Однако сейчас, после множества экспериментов по проверке неравенств Белла, в квантовом «тренде» неопределённость понимается именно как множественность **физических** перспектив с ненулевой вероятностью. По современным понятиям правильнее было бы назвать этот квантовый феномен так: «**непредопределённость**». Но прижился термин «неопределённость» – им и будем пользоваться. Однако местами нам придётся говорить о неопределённости в привычном смысле – как о незнании. Чтобы не путаться, на такой случай будем применять слово «неизвестность». Пока просто примите это к сведению, а чуть позже мы ещё обсудим тонкие различия между **неопределённым состоянием** и **неизвестным состоянием**.

Пример с измерением спина можно встретить почти во всех научно-популярных книжках про квантовую механику. Он хорош, как минимум, по двум причинам. Во-первых, здесь всего две реализуемых перспективы – проще некуда (справедливости ради, ещё проще – когда реализуемая перспектива только одна, но это тот случай, когда квантовая механика «вырождается» в классическую физику). Во-вторых, спин – это стационарное состояние. В том смысле, что вероятности перспектив «плюс» и «минус» не изменяются со временем самопроизвольно, без внешнего воздействия на частицу. Вот и мы воспользуемся этим простым примером, чтобы «обкатать» некоторые квантовые идеи.

Для начала положим, что вероятности перспектив «плюс» и «минус» одинаковы – спин электрона в состоянии максимальной неопределённости. При таком раскладе в протореальности имеются две перспективы с вероятностью $\frac{1}{2}$ на каждую.

Занудство в меру

Если строго, то следовало бы говорить так. Одному электрону, наблюдаемому в классической реальности, соответствует бесконечное количество прототипов электрона в протореальности, каждый – со своим, уникальным значением спина и собственной перспективой. Каждая перспектива, в свою очередь, обладает определённой вероятностью реализации. Только у двух перспектив в данной ситуации вероятности равны одной второй, у всех прочих перспектив вероятности нулевые. Но давайте считать это всё само собой разумеющимся, и не будем дальше повторяться. Просто скажем: есть столько-то перспектив с такими-то вероятностями, по умолчанию имея в виду только ненулевые перспективы.

В тех же популярных книжках такую странную с классической точки зрения ситуацию обычно объясняют так: электрон находится одновременно в двух состояниях: «спин плюс» и «спин минус». То есть, спин как бы и «плюс», и «минус». И то и другое сразу, а не то и не другое по отдельности. Довольно трудно такое укладывается в голове, правда? Надеюсь, что предложенная здесь концепция множественности протосостояний и множественности физических перспектив облегчит вам понимание. Ведь одно дело – представить себе физическую раздвоенность (в общем случае – множественность) одного объекта – это, по моему, невозможно. Гораздо легче представить себе множественность прототипов с различными вероятностями перспектив.

Воспользуемся ещё раз аналогией между протореальностью с видеофайлом. Допустим, в данный на экране зима – «реализовался» кадр (фрейм) с записью зимнего пейзажа. Если вам скажут, что в видеофайле существуют не только зимние, но и летние кадры – вы же не станете этого отрицать, правда? Особенно если уже давно смотрите на экран и видели там лето собственными глазами. Точно так же призываю вас не отрицать, что в протореальности одновременно существуют протоэлектроны с разным значением спина. А то, что сами протоэлектроны принципиально невозможно увидеть и «пощупать» – что же, так устроен мир, придётся с этим смириться. Кинозритель ведь тоже не может видеть фреймы в памяти компьютера.

Вернёмся к нашему электрону. Пока мы с ним ничего не проделали, он несёт в себе две ненулевых перспективы: «плюс» и «минус». Когда же реализуется одна из перспектив? Вопрос уже содержит в себе ответ. Если мы вспомним о том, что рассматриваем перспективы различных исходов измерения, то очевидно, что реализация перспективы (одной из двух) произойдёт в момент измерения. А именно тогда, когда в классической реальности появится однозначная информация о спине электрона.

Последняя фраза, хоть и верно отражает суть дела, но грешит некоторой философской абстрактностью. Попытаемся приблизить её к конкретной экспериментальной практике. Любое измерение, оно же – наблюдение подразумевает некоторое взаимодействие исследуемого объекта с измерительным прибором. Даже если никакой «железяки» в опыте не используется и измерение осуществляется непосредственно, что называется, «на глазок», в роли

прибора выступает сам наблюдатель, точнее говоря, его органы чувств. Электрон, а тем более его спин, увидеть невозможно, поэтому тут без прибора никак не обойтись.

Сильно упрощённая, но вполне корректная схема опыта по измерению спина электрона показана на следующем рисунке.

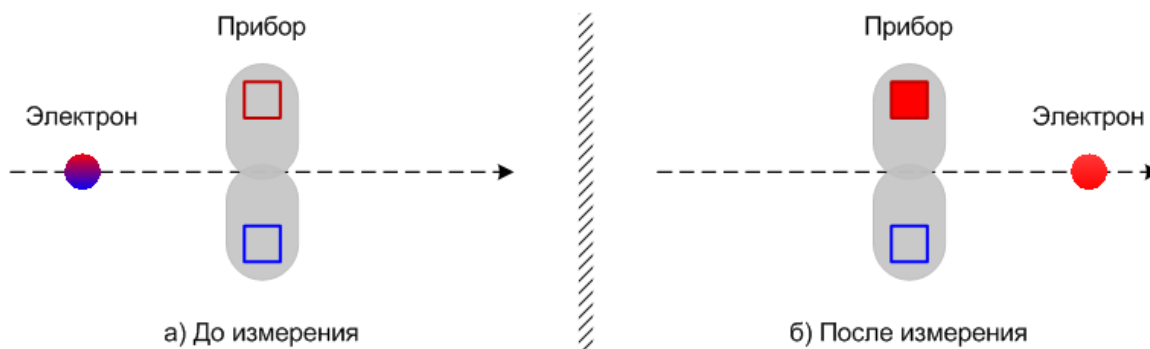


Рисунок 1 – Прямое измерение спина электрона

Пусть прибор имеет два индикатора – красный и синий. В начале опыта оба индикатора выключены (левый рисунок). Одиночный электрон пропускается через прибор, в момент прохождения происходит измерение спина. Если прибор обнаруживает спин «плюс», включается красный индикатор (правый рисунок). Если же прибор обнаруживает спин «минус», включается синий индикатор (эта ситуация на рисунке 1 не показана).

До попадания в прибор спин электрона представляет собой комбинацию двух равновероятных перспектив: «плюс» и «минус». В таком странном с классической точки зрения «двойственном» состоянии спин пребывает до тех пор, пока электрон ни с чем не взаимодействует. Но в момент взаимодействия с прибором совершается событие, которое уже может быть зафиксировано наблюдателем: включается один из индикаторов. Именно в этот момент одна из перспектив реализуется.

Итак, под словом «реализация» мы теперь будем понимать такое событие, когда одна из квантовых перспектив будущего становится свершившимся фактом.

Воспользовавшись этим, на мой взгляд, несложным примером, мы можем сформулировать два условия, необходимых для того, чтобы произошла реализация одной из ненулевых перспектив. Во-первых, должно произойти какое-то взаимодействие, как минимум, двух объектов – в нашем случае это электрон и прибор. Во-вторых, результат этого взаимодействия должен быть наблюдаем хотя бы в принципе. Для пояснения «во-вторых» немного усложним наш измерительный прибор.

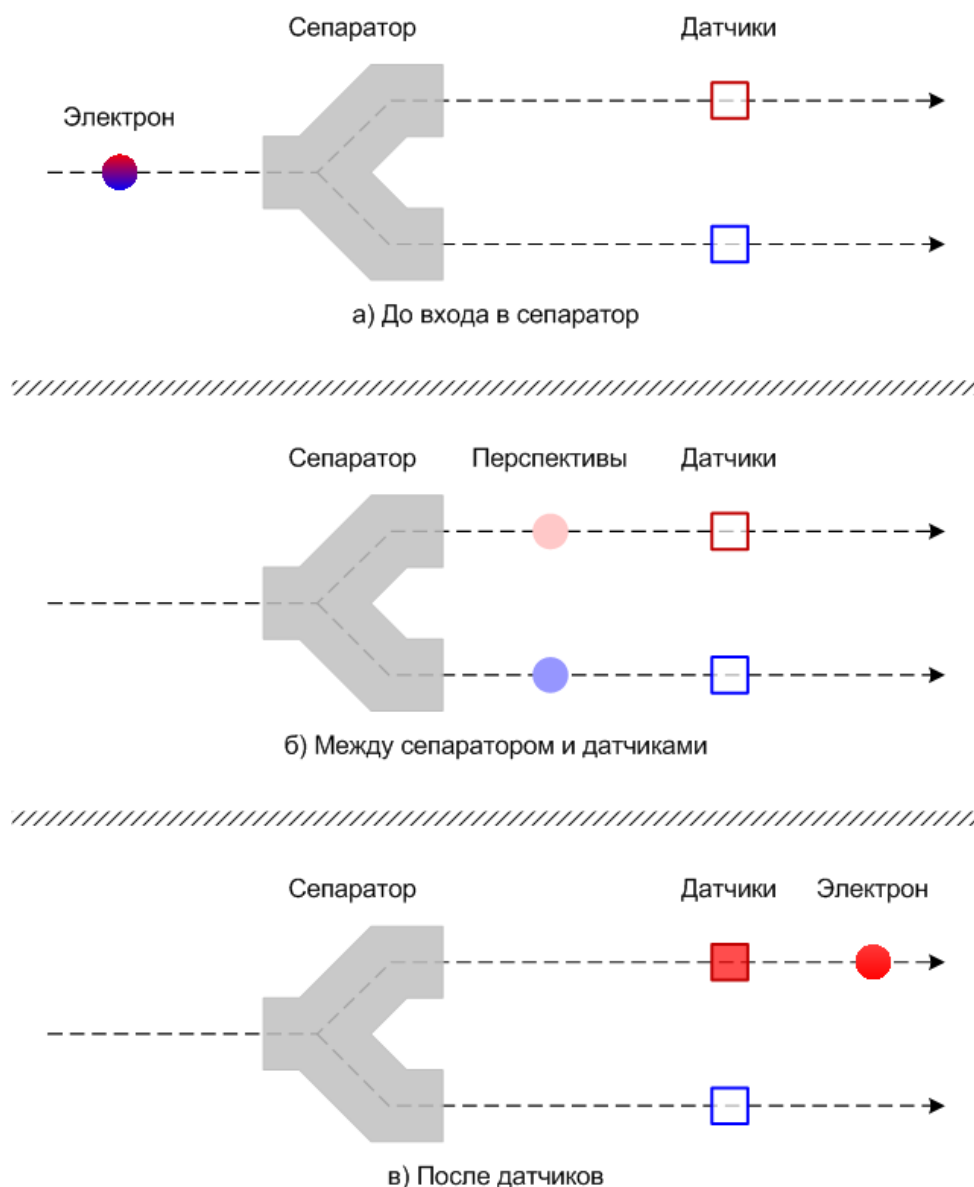


Рисунок 2 – Отложенное измерение спина электрона

Пусть прибор включает в себя сепаратор и два датчика-индикатора, отстоящие на некотором удалении. Сепаратор разделяет попадающие в него частицы на два канала. Электрон с положительным спином попадает в верхний канал, а затем, пролетев некоторое расстояние, в плюс-датчик. Электрон с отрицательным спином попадает в нижний канал и в минус-датчик.

Лабораторная практика

На самом деле традиционный «спиномер» – прибор Штерна-Герлаха, именно так и работает. Подробно принцип действия ПШГ описан [вот здесь](#).

На рисунке показаны три разных этапа эксперимента. Первое условие реализации – взаимодействие электрона с прибором – выполняется уже на границе этапов «а» и «б», в момент входа электрона в сепаратор. Но сам сепаратор никакими датчиками не обладает, поэтому в данный момент реализации не происходит. А происходит вот что: сепаратор трансформирует неопределённость спина в неопределённость положения электрона. На этапе «б» по-прежнему существуют две равновесных взаимоисключающих перспективы, но теперь это

перспективы обнаружить электрон в верхнем или в нижнем канале. Некоторые толкуют это так, что электрон до срабатывания датчика находится в разных местах (разных каналах) одновременно. Но мне представляется более предпочтительным другое толкование. Одновременно существуют не «раздвоившийся» объект в разных местах, а две разных ненулевых перспективы: обнаружить объект в плюс-канале или в минус-канале. Почти так же, как если бы говорили о субъективных перспективах в голове наблюдателя. Только в «субъективном» случае информация о том, где в действительности находится электрон, отсутствует в сознании наблюдателя. А в «объективном» случае эта информация отсутствует в принципе. То есть, в протореальности есть оба состояния: «электрон в плюс-канале» и «электрон в минус-канале». А в классической реальности наблюдателя электрона нет, есть только перспективы обнаружить его тут или там.

Реализация же одной из перспектив происходит только тогда, когда срабатывает какой-то из датчиков, то есть, на границе этапов «б» и «в». В нашем примере сработал плюс-датчик – реализовалась перспектива «электрон в плюс-канале».

Тут настал самый момент поговорить про объективную редукцию вероятностей. С ней всё *почти* так же, как и с субъективной редукцией, о которой мы говорили на восьмом шаге:

Получение информации скачкообразно изменяет вероятности перспектив.

Почему «почти»? Дело в том, что субъективная редукция вероятностей происходит только в сознании наблюдателя, ничего не меняя в физическом мире. А вот объективная квантовая редукция изменяет физическую реальность, точнее сказать – протореальность.

Применительно к нашему эксперименту это означает следующее. Очевидно, что как только электрон обнаруживается в одном из каналов, вероятность этой перспективы становится равной единице. Вероятность альтернативной перспективы мгновенно обнуляется. Взгляните ещё раз на рисунок 2, этап «в». Если бы у нас в каждом канале правее стояло ещё по одному датчику, то второй красный датчик сработал бы однозначно. Потому что при срабатывании первого красного датчика происходит редукция: вероятность обнаружить электрон в плюс-канале становится равной единице, а вероятность обнаружить электрон в минус-канале обнуляется. Сами же объективные перспективы, как мы уже договорились, в момент реализации одной из них никуда не деваются, изменяются только их вероятности.

С учётом неразрывности реализации перспективы и редукции вероятностей, тезис ***«перспектива автоматически реализуется в тот момент, когда её вероятность становится равной единице»*** остаётся в силе.

А можно ли сказать, что обязательным условием реализации и редукции вероятностей является физическое взаимодействие электрона с одним из датчиков? В конфигурации эксперимента, показанной на рисунке 2 – да. Но в общем случае «детонатором» реализации является не столько физическое, сколько информационное взаимодействие объектов. Для прояснения смысла этого заявления немного изменим схему эксперимента.

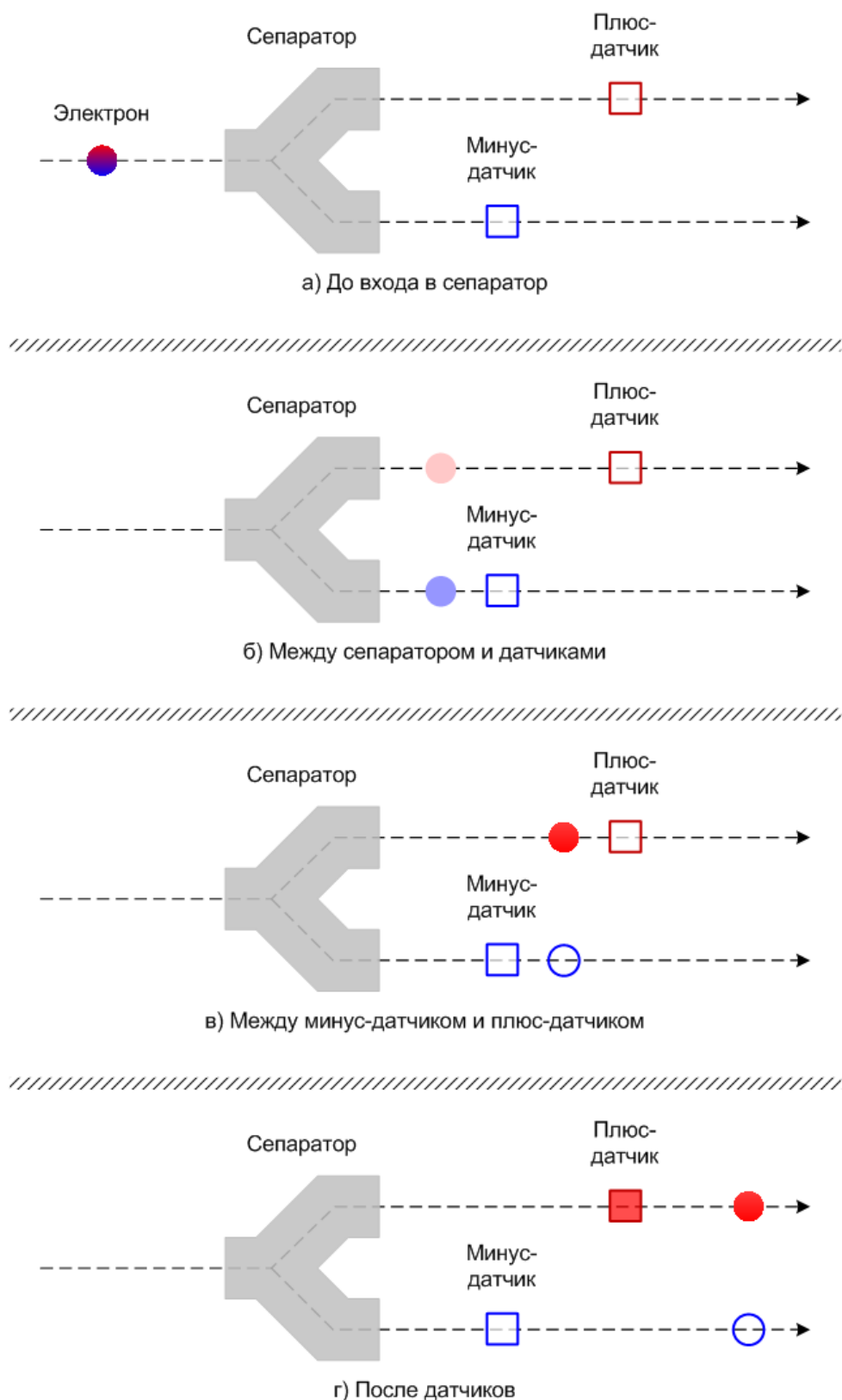


Рисунок 3 – Реализация без взаимодействия

Теперь минус-датчик установлен близко к сепаратору, а плюс-датчик отнесён на некоторое расстояние. Допустим, что время достижения электроном минус-датчика определено с достаточной точностью. Так или иначе, но редукция в этот момент обязательно произойдёт. Если минус-датчик сработает, реализуется перспектива «электрон в минус-канале». Реализуется – значит, приобретёт

единичную вероятность. Если же минус-датчик не срабатывает, реализуется перспектива «электрон в плюс-канале». Как видите, во втором случае редукцию запускает не информация о физическом взаимодействии электрона с датчиком, а, наоборот, информация о том, что такого взаимодействия в нужный момент не произошло.

Остаётся непонятным, что же всё-таки «запускает» редукцию: само событие срабатывания/несрабатывания детектора, или факт наблюдения этого события экспериментатором? Этот вопрос квантовые авторы называют «проблемой наблюдателя». Продемонстрируем суть этой проблемы на примере рассмотренного чуть выше эксперимента (рисунок 2).

Представьте себе, что опыт от начала (запуска электрона в сепаратор) и до окончания (срабатывание одного из детекторов) осуществляется автоматически, в наглухо закрытом «чёрном ящике». И лишь затем наблюдатель открывает ящик и получает информацию о том, какой из детекторов сработал. Когда в таком случае происходит редукция? По-прежнему, в момент срабатывания датчика, или позже, в момент, когда наблюдатель открыл ящик? Должен вас разочаровать: науке это неизвестно. Среди физиков есть сторонники как первого, так и второго вариантов, но решающих аргументов в пользу того или другого пока нет.

В любом случае, для редукции необходимо взаимодействие. Мы можем, конечно, построить цепочку взаимодействий от электрона до наблюдателя, например, так:

электрон – датчик – индикатор – фотон – глаз наблюдателя – мозг наблюдателя – сознание наблюдателя.

Но такие построения только усложнят дальнейшее объяснение. Поэтому давайте считать, что реализация и редукция происходят тогда, когда в классической реальности появляется информация, которую хотя бы в принципе может воспринять наблюдатель. В нашем примере на рисунке 3 это в любом случае происходит, если:

- в нужный момент минус-датчик срабатывает – в классической реальности появляется информация о том, что электрон в минус-канале;
- в нужный момент минус-датчик не срабатывает – в классической реальности появляется информация о том, что электрон в плюс-канале.

Короче, предлагаю (хотя и не настаиваю) придерживаться объективизма и считать, что реализация и редукция происходят вне зависимости от наличия или отсутствия наблюдателя. В то же время сам факт наблюдения исхода эксперимента является стопроцентной гарантией того, что реализация и редукция произошла.

Тем же, кого такой поверхностный взгляд на «проблему наблюдателя» не устраивает, рекомендую вбить это словосочетание в поисковик и вдоволь насладиться спекуляциями на тему.

На следующих шагах мы узнаем ещё одно совершенно необходимое условие реализации, а перед этим проведём небольшую лабораторную работу.

Шаг 14. Неопределённость своими руками.

Для дальнейшего продвижения нам желательно чуть лучше разобраться в некоторых практических тонкостях квантовых экспериментов. На предыдущем шаге было заявлено: исход измерения спина случаен. Что это означает на деле? Допустим, у нас есть источник, способный испускать одиночный электрон в направлении прибора. Генерируем электрон, запускаем его в прибор, как на рисунке 1, и смотрим, какой индикатор сработал. Делаем достаточно длинную серию таких одиночных выстрелов и видим, что количество исходов «плюс» и «минус» примерно одинаково. Можем констатировать, что:

- а) исход одного выстрела непредсказуем;
- б) вероятности исходов «плюс» и «минус» одинаковы.

Таким образом, мы имеем, с одной стороны, полную определённость в плане вероятностей исходов, но с другой стороны – полную неопределённость исхода каждого конкретного выстрела. Пока в этом не видится ничего «квантового». Казалось бы, здесь обычная субъективная неопределённость – мы ведь просто не знаем, в каком спиновом состоянии электрон входит в прибор.

Давайте теперь устраним фактор незнания. На следующем рисунке показан эксперимент, в котором последовательно установлены два прибора.

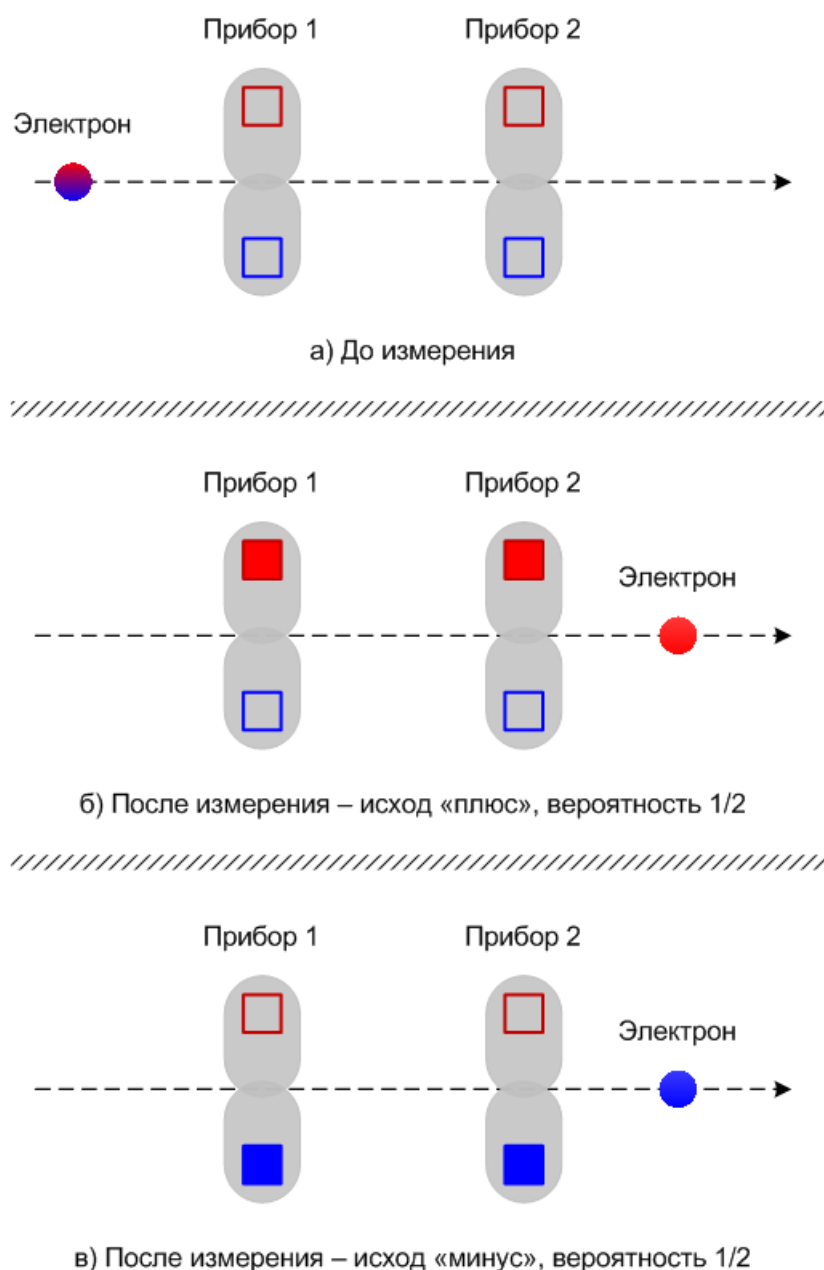


Рисунок 4. Последовательное измерение на двух приборах

Опять же сделаем длинную серию выстрелов, или несколько серий, и увидим, что в такой конфигурации возможны только два исхода. Либо оба прибора покажут «плюс», либо оба – «минус». Мы-то с вами уже знаем, что это последствия квантовой редукции. Но для экспериментатора, который, допустим, ничего не слышал о квантовой механике, картина выглядит так. На прибор 1 электрон приходит в неопределённом, если угодно – в неизвестном состоянии, поэтому исход первого измерения случаен. А вот на выходе прибора 1 состояние электрона определено. И по исходу измерения 1 уже понятно, каков будет исход измерения 2.

Результаты этого опыта дают возможность сконструировать устройство, «приготавливающее» электроны в любом желаемом состоянии. Например, нам нужен электрон в состоянии «плюс». Тогда мы берём прибор и запускаем в него электрон прямо из источника, как на рисунке 1. Если прибор выдаёт исход «плюс», то мы используем «готовый» электрон для дальнейших экспериментов. Если же прибор

выдаёт «минус», то такой выстрел мы просто игнорируем и не берём «в зачёт». В следующих наших опытах мы уже, чтобы не изображать «подготовительного» прибора, сразу на вход будем подавать электрон в готовом состоянии «плюс». То есть от неизвестности мы гарантированно избавляемся.

При измерении спина имеет значение то, как прибор ориентирован в пространстве – это экспериментальный факт. В приведённых выше примерах везде использовались приборы, сориентированные вдоль условной вертикальной оси, причём красным датчиком вверх. Такое положение мы дальше будем называть «вверх». И электроны для наших экспериментов мы будем готовить на приборе, сориентированном «вверх». Иными словами, мы будем использовать электроны в состоянии «спин вверх». Для закрепления изобразим ещё раз ситуацию, когда предопределён исход измерения «плюс».

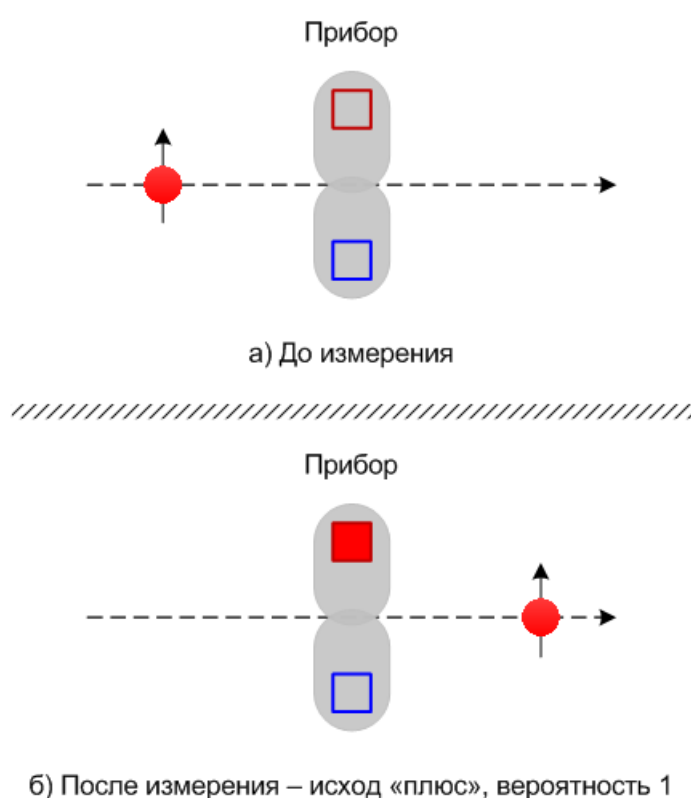


Рисунок 5 – Измерение с предопределённым исходом «плюс»

На входе у нас электрон в состоянии «спин вверх». Прибор тоже ориентирован вверх. При таком измерении перспектива исхода «плюс» имеет единичную вероятность, а перспектива исхода «минус» – нулевую вероятность.

Если мы при том же состоянии электрона на входе повернём прибор, то есть отклоним его от вертикали, расклад вероятностей изменится. При этом вероятности исходов находятся в строгой математической зависимости от угла поворота. Например, при повороте прибора на 60 градусов, как на следующем рисунке, в среднем три четверти выстрелов дадут исход «плюс», а одна четверть – исход «минус».

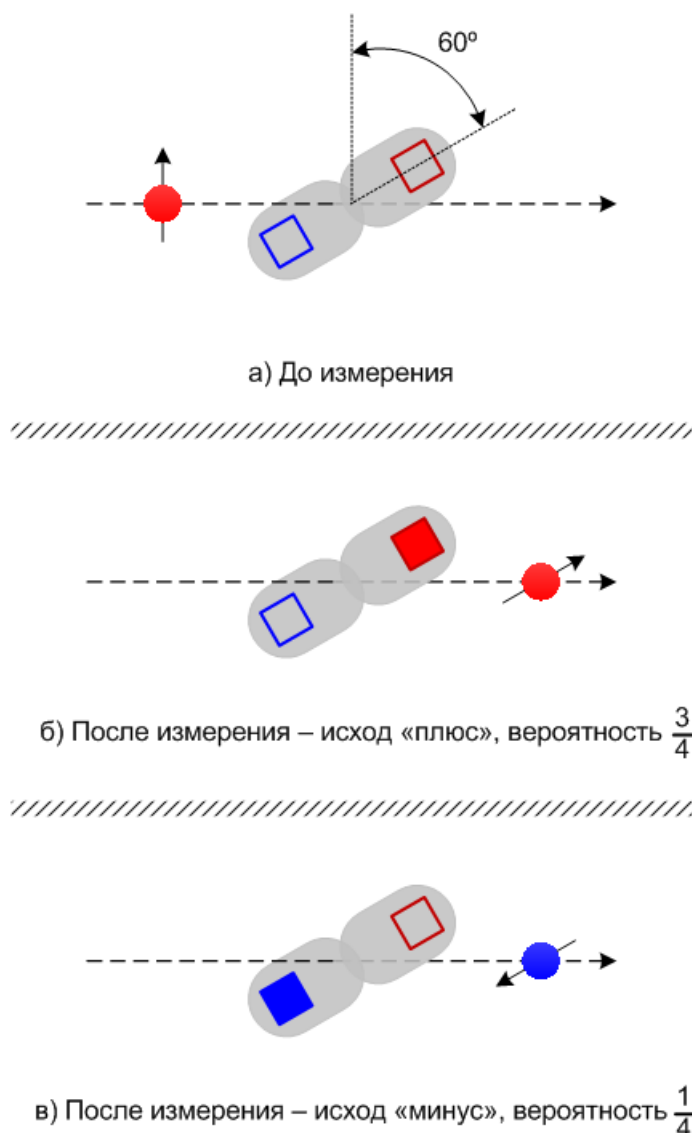


Рисунок 6 – Измерение с разными вероятностями исходов

Таким образом, поворот прибора вновь привёл к появлению неопределённости исхода. При этом уже нельзя говорить о незнании, ведь спиновое состояние электрона нам известно ещё до попадания в прибор. Так что тут мы имеем объективную квантовую неопределённость в чистом виде.

Максимальная неопределённость, когда вероятности исходов равны, возникает при повороте прибора на 90 градусов.

Итак, управлять вероятностями перспектив мы научились, значит, эту лабораторную работу можно закончить.

Возвращаемся теперь к обсуждению теоретических тонкостей гипотезы МПВС.

Шаг 15. Элементарные и групповые перспективы.

На шаге 10 мы уже вскользь упомянули, а здесь подчеркнём особо:

Выбирается протовариант, но реализуется перспектива.

Для начала разберём это важное утверждение применительно к классическому случайному выбору. Например, пусть у вас имеется стандартная колода из 36 карт (колода для игры в «дурака»). Вы вытаскиваете одну карту наугад, и у вас имеется 36 равновероятных перспектив. В «протореальности» колоды один вариант – это одна карта: неделимая совокупность кусочка картона и записанной на нём информации. Вы выбираете именно карту – вариант, при этом «материальная часть» карты вас не интересует, и при получении карты реализуется не вариант – раскрашенный кусок картона, а одна из игровых перспектив.

Аналогично, в протореальности случайно выбирается протовариант, но для наблюдателя реализуется не сам вариант, а связанная с ним перспектива. Квантовый выбор устроен несколько сложнее, но приведённая аналогия в целом передаёт его суть.

Посмотрим на случайный выбор как на физический процесс. Случайность означает, что может быть выбран любой вариант. Можно сформулировать это более научно: вариант обладает таким физическим свойством, как «выбираемость».

За чистоту языка

Слово «выбираемость» правильно отражает суть дела, но звучит не очень красиво, поэтому для ситуации случайного выбора будем использовать термин «доступность». В английском языке не пришлось бы ничего такого придумывать, там есть устоявшееся «selectability».

В ситуации классического случайного выбора (карты, кости, рулетка и тому подобное) все варианты имеют равные шансы на выбор. В качестве небольшого задела на будущее отметим, что в квантовом случайном выборе это правило не вполне работает. На самом глубинном уровне реальности все протоварианты тоже «равноправны», но на уровне выбора – нет. Ладно, об этих тонкостях речь пойдёт впереди.

Как бы то ни было, фраза «все варианты имеют равные шансы на выбор» на языке физики звучит как «доступность каждого варианта равна одному шансу».

Итак, мы определили для варианта особую физическую величину: «**доступность**». И даже задали для неё единицу измерения – **шанс**.

Поскольку вариант – минимально возможная единица выбора, то можно сказать, что он обладает доступностью в один **элементарный шанс**. Если мы говорим о случайном выборе как о физическом процессе, то элементарный шанс мы вправе считать физической константой, по аналогии, например, с элементарным электрическим зарядом.

Модульное уточнение

На самом деле, константой является не сам элементарный заряд (который может быть и положительным, и отрицательным), а его абсолютная величина, или, на языке математики – модуль. Впрочем, как мы дальше увидим, у квантового элементарного шанса константой также является только модуль.

Вернёмся к аналогии с карточной игрой. Каждая карта является носителем собственной уникальной перспективы, которую мы тоже назовём **элементарной**.

Поскольку доступности всех карт равны, то и вероятности всех элементарных перспектив одинаковы. В нашем примере, если используется стандартная колода, элементарная вероятность равна $1/36$.

Для пущей ясности отметим, что доступность – это физическое свойство самого варианта, если угодно – физического носителя, а вероятность – это физическое свойство привязанной к варианту перспективы. Потом, доступность – величина абсолютная и обладающая размерностью, а вероятность – величина относительная и безразмерная. Элементарный шанс всегда равняется единице и не зависит от количества карт в колоде, а элементарная вероятность обратно пропорциональна общему количеству вариантов. Важно понимать, что вероятность (перспективы) и доступность (варианта) – это не одно и то же, хотя первая неразрывно привязана ко второй.

Перспектива вытащить из колоды карту, например, бубновой масти, вне зависимости от достоинства, элементарной уже не является. Она реализуется, если мы вытащим любую из девяти бубновых карт. Иными словами, за такую перспективу отвечают уже девять разных вариантов.

Определим новое полезное понятие: **группа**. Так мы впредь будем называть множество вариантов, выбор любого из которых ведёт к реализации одной и той же **групповой** перспективы.

Доступность применительно к группе означает возможность выбора любого из вариантов последней и является суммой элементарных шансов всех её вариантов. Вероятность групповой перспективы также является суммой вероятностей элементарных перспектив всех вариантов группы. Например, вероятность вытащить из колоды бубновую масть равна $1/4$ (9 вариантов из 36), а вероятность альтернативной групповой перспективы вытащить карту любой другой масти равна $3/4$.

Необходимо отметить, что уникальная элементарная перспектива может реализоваться только в том случае, если вы получаете всю информацию, которую несёт в себе случайно выбранный вариант – так, в случае карточной игры на выбранной карте вы видите сразу и её масть, и достоинство.

Групповая перспектива реализуется даже в том случае, когда вы получаете только часть информации о выбранном варианте. Например, карту из колоды выбираете и смотрите не вы, а ваш партнёр, вам же он сообщает только часть информации, например, масть выбранной карты. Какого достоинства была эта карта – шестёрка, семёрка и так далее – этой информации у вас нет. У вас есть только информация о масти, и этого вполне достаточно для того, чтобы соответствующая групповая перспектива реализовалась. Обратите внимание на ещё одну особенность: партнёр выбирает вариант (карту), но для вас дело выглядит так, как будто он выбирает групповую перспективу.

На одиннадцатом и двенадцатом шагах мы выдвинули три версии объяснения экспериментально наблюдаемых случайностей. Давайте немного отвлечёмся и более наглядно проиллюстрируем эти версии на примере игры в карты с партнёром.

Представим себе, что партнёр по вашему запросу называет одну из четырёх карточных мастей. После множества запросов вы видите, что статистика исходов

выглядит как беспорядочная случайная последовательность, и легко можете посчитать вероятность выбора партнёром той или иной перспективы. Но можете ли вы знать, как именно он на каждом ходу делает выбор между мастями? Об этом можно только строить догадки. Разумных версий объяснения действий партнера всего три. Сопоставим эти версии с гипотезами, пытающимися объяснить квантовую случайность.

Версия № 1

У партнёра есть достаточно длинный, практически нескончаемый список с беспорядочным перечислением мастей. И он на каждый ваш запрос просто зачитывает очередную строку этого списка.

Взгляд классического консерватора

Это игровой аналог чисто детерминистской гипотезы скрытых параметров, предопределяющих исход в каждой попытке измерения.

Действия партнёра предопределяет скрытый от вас список. Но остаётся вопрос о том, что предопределяло действия того, кто составлял этот список. Таким образом, мы уходим в дурную бесконечность.

Версия № 2

Партнёр просто выдумывает называемые масти, как говорится, из головы. Но выдумать длинную последовательность, неотличимую от случайной, довольно трудно, а очень длинную – практически невозможно. Если вы подвергнете статистику исходов специальной математической обработке, то обнаружите некоторые закономерности. Если же не обнаружите, то вам придётся либо попрощаться с версией № 2, либо признать в вашем партнёре сверхъестественные способности.

Взгляд клерикала

Эта версия – аналог гипотезы о том, что случайным (якобы) выбором управляет Бог, всемогущий и непознаваемый.

Практический совет эзотерикам, желающим доказать существование сверхъестественного: придумайте «из головы» последовательность из четырёх мастей длиной в миллион строк, такую, чтобы профессиональный математик не смог отличить её от случайной.

Версия № 3

В распоряжении партнёра имеется некий генератор случайностей – хотя бы та же колода карт, из которой он по вашему запросу случайно вытягивает одну и сообщает вам масть.

Взгляд квантового новатора

Версия № 3 – аналог квантового, абсолютно случайного выбора одной ненулевой перспективы из нескольких имеющихся.

А теперь вернёмся обратно к нашему повествованию. Как вы понимаете, в квантовой механике правильной считается версия №3 (применительно к настоящей физике, а не к игре в карты). Приведённый выше пример разных вероятностей для разных групповых перспектив: $1/4$ за «буби» и $3/4$ за «не буби» – хотя и корректный, но не вполне честный. Ведь перспектива «одна масть» объединяет несколько элементарных перспектив, связанных со всеми картами этой масти. А перспектива «любая из трёх мастей» объединяет уже групповые перспективы. То есть в иерархии группировки перспектива «три масти» стоит выше, чем перспектива

«одна масть», именно поэтому при стандартной колоде вероятность случайно выбрать «не буби» втрое выше, чем вероятность выбрать «буби». Чтобы такое неравноправие перспектив впредь не путало нас карты, будем группировать варианты «по-честному»: так, чтобы все перспективы располагались на одном уровне иерархии. Если говорить о группировке по масти, в нашей карточной игре существуют четыре равноправных перспективы.

Меняя условия игры, мы тем самым меняем и условия группировки элементарных перспектив. Например, мы можем попросить партнёра сообщать нам не масть, а достоинство выбранной карты. В таком случае у нас будет девять перспектив одного уровня иерархии – от шестёрки до туза с вероятностями, соответственно, $1/9$ у каждой (напоминаю – пока что мы подразумеваем стандартную колоду для игры в «дурака»).

Обратите внимание, что нам даже не пришлось выдумывать никаких дополнительных правил, обеспечивающих группировку вариантов по перспективам. Достаточно того, что мы задаём «измеряемый» параметр карты: в одном случае это масть, в другом – достоинство, а также того, что варианты, в целом разные, но в той части информации, которая нас в данный момент интересует – одинаковые, ведут к одинаковому результату эксперимента. Это естественным образом обеспечивает как сложение шансов, так и суммирование элементарных вероятностей внутри одной группы.

Также следует отметить, что один вариант «отвечает» за реализацию групповых перспектив разного типа. Например, бубновая дама одновременно представляет перспективу «буби» при измерении масти, и перспективу «дама» при измерении достоинства.

На математическом языке это звучит так: «группировка элементарных вариантов есть не что иное, как разбиение всего имеющегося множества элементов на разные подмножества. Разбиение возможно по разным критериям, у нас – по масти и по достоинству. С математической точки зрения один вариант – это тоже подмножество, включающее всего один элемент, и являющееся при этом пересечением нескольких подмножеств разного типа. Та же бубновая дама является пересечением двух разнотипных подмножеств: «буби» и «дама».

Принципы разнотипной группировки и пересечения подмножеств показаны на следующем рисунке.

Группы по достоинству

Группы по масти	6♠	7♠	8♠	9♠	10♠	В♠	Д♠	К♠	Т♠
	6♣	7♣	8♣	9♣	10♣	В♣	Д♣	К♣	Т♣
	6♦	7♦	8♦	9♦	10♦	В♦	Д♦	К♦	Т♦
	6♥	7♥	8♥	9♥	10♥	В♥	Д♥	К♥	Т♥

Рисунок 7 – группировка карт по мастям и по достоинству

Эта картинка наглядно иллюстрирует абстракцию, которую физики называют «пространство состояний». В нашей терминологии это будет называться «пространство вариантов». Для обычного трёхмерного физического пространства можно задать систему координат и относительно неё указывать положение любой конкретной точки (x,y,z) . В абстрактном пространстве состояний функцию различных координат выполняют разные «качества» вариантов. У нас вот получилось «двумерное» пространство вариантов, для его наглядной иллюстрации достаточно обычной плоскости. По горизонтали отсчитываем достоинство карты, а по вертикали – её масть. Таким образом, каждый вариант (карта) занимает своё уникальное «положение». Математики, а вслед за ними и физики, вообще очень уважают абстрактные пространства, это полезное подспорье для всяких расчётов. И нам пространство вариантов ещё пригодится.

Для облегчения дальнейшего изложения временно упростим условия игры до минимума. Пусть партнёр теперь сообщает вам только цвет выбранной карты. При группировке по цвету пространство вариантов целиком перекрывается всего двумя равноправными перспективами: «красный» и «чёрный».

Повторяю, мы не знаем, каким генератором случайностей пользуется партнёр. Но хотим, допустим, сделать на этот счёт какие-то предположения. Если при достаточно длинной серии ходов мы увидим, что исходы «красный» и «чёрный» равновероятны, то логично допустить, что в руках у партнёра стандартная колода. Но почему обязательно стандартная? Ведь такой же результат получится, если в колоде не тридцать шесть карт, а всего две: красная и чёрная.

Дополнительное правило

Мы больше не станем ограничивать партнёра в выборе исходного набора карт, но попросим, чтобы после каждого хода он возвращал колоду в исходное состояние. То есть случайно выбрал карту, посмотрел, положил обратно. Это обеспечит, во-первых, неизменный расклад вероятностей при каждом новом ходе. А во-вторых – возможность играть сколь угодно долго. С учётом этого дополнения уточним задачу: в каждой серии игры мы хотим установить исходный для этой серии расклад.

При этом, не ограничивая партнёра в составе колоды, мы тем самым допускаем, что какие-то карты могут там встречаться более чем в одном экземпляре. Это превращает некоторые из элементарных карточных перспектив в групповые, что несколько выбивается из логики рассказа. Но давайте пока согласимся с этим маленьким недостатком игровой модели.

Возможно сколь угодно большое число раскладов в колоде, приводящих к такому же результату: две красных и две чёрных, миллион красных и миллион чёрных и так далее, вплоть до бесконечности. Короче, «толщину» колоды партнёра мы в нашей игре определить не сможем, зато сможем вполне уверенно утверждать, что количество красных и чёрных карт в колоде одинаково.

Для следующей серии игры партнёр вправе выбрать другой исходный расклад. Например, мы поиграли и увидели, что теперь количества красных и чёрных исходов соотносятся как два к одному. В таком случае предположение о том, что в колоде две красных карты и одна чёрная, не будет противоречить полученному результату игры. Но и предположение «двести красных, сто чёрных» – тоже не будет противоречить, и так далее. Однако это всего лишь предположения. Единственное **достоверное** утверждение, которое тут можно сделать, таково: красных карт в колоде вдвое больше, чем чёрных.

Итак, сколь бы долгой не была серия ходов, абсолютные количество красных и чёрных карт мы вычислить не сможем, зато сможем посчитать относительные количества. Если мы точно определили вероятности реализации перспектив «красный» и «чёрный», то мы узнали о состоянии колоды всё, что могли узнать.

Кстати, теперь можно реабилитировать термин «состояние», а точнее – придать ему новый смысл. Говоря о состоянии карточной колоды, которой оперирует наш партнёр, мы подразумеваем какой-то конкретный набор карт. Например, если стандартная колода, то это одно состояние. Если там только тузы разных мастей поровну – это другое состояние. Если только крестовые карты – это третье состояние, и так далее.

Идеальным описанием состояния было бы перечисление всех вариантов – всех карт в колоде, с указанием количества для каждой. Но по условиям игры партнёр никогда не сообщает нам всей информации о выбранной карте. Он-то точным знанием содержимого колоды обладает, а мы – нет. Зато мы можем, совершив достаточное количество ходов, сделать заключение о вероятности реализации той или иной групповой перспективы. Вот это мы и будем понимать под состоянием: полный набор перспектив с указанием вероятности для каждой. Например, если бы партнёр пользовался стандартной колодой, а мы бы «измеряли» масть, то получилось бы такое описание состояния:

Перспектива «пики» – вероятность $\frac{1}{4}$.

Перспектива «крести» – вероятность $\frac{1}{4}$.

Перспектива «буби» – вероятность $\frac{1}{4}$.

Перспектива «черви» – вероятность $\frac{1}{4}$.

Однако можно было бы «измерять» не масть, а достоинство карты. Тогда мы бы получили описание того же самого исходного состояния колоды в виде перечисления девяти перспектив от шестёрки до туза, с вероятностью $\frac{1}{9}$ для каждой.

Таким образом, одно и то же состояние может быть представлено различными способами. Перспективы мы всегда выстраиваем в привязке к тому свойству объекта, о котором мы планируем получить информацию. Если говорить о физическом объекте – в привязке к той физической величине, которую планируем измерять. Способ представления состояния, соответственно, определяется типом измеряемой величины. Например, мы только что описали состояние стандартной колоды двумя способами: в представлении по масти и в представлении по достоинству.

Похожий смысл физики вкладывают в понятие «**квантовое состояние**». Вы, наверное, встречали такие выражения, как «квантовое состояние частицы в координатном представлении» и «квантовое состояние частицы в импульсном представлении». Принцип аналогичный: речь может идти об одном и том же квантовом состоянии, но в привязке к разным измеряемым величинам.

Искусство требует жертв

Строго говоря, понятие «представление» в квантовой механике существенно шире и сложнее. Чтобы его по-настоящему осмыслить, нужно довольно глубоко нырнуть в квантовый физмат – тут мы таким «дайвингом» заниматься не будем.

Игру, как мы увидели, можно организовать так, что будут реализовываться элементарные перспективы – когда вы получаете всю информацию о картинке на выбранной карте. А можно и так, что будут реализовываться только групповые перспективы, как в нашем эксперименте с партнёром. В реальном же физическом измерении могут реализоваться только групповые перспективы, а реализация элементарных перспектив принципиально невозможна. Дело в том, что никакое измерение не даст вам всю информацию о физическом объекте, и вы не сможете определить точно, какой протовариант был выбран при измерении.

Последнее утверждение справедливо даже в том случае, если речь идёт о классической физике (в интерпретации **МПВС**, конечно). Вот доводы в пользу этого.

Во-первых, никакое реальное измерение не может быть идеально точным, всегда есть какая-то погрешность, то есть полной информации об объекте мы уже не получаем.

Во-вторых, любой физический объект обладает большим количеством параметров, которые невозможно измерить все сразу. Даже у простейшего объекта – точечной частицы в трёхмерном пространстве – невозможно одновременно измерить и все три пространственные координаты, и все три компоненты импульса.

Ладно, возразите вы, пусть невозможно измерить параметры положения и движения сразу, но что нам мешает измерить их поочерёдно? Сначала одну координату, потом другую, третью, дальше – и так же с импульсом. Ничего не мешает, конечно. Но не будем забывать, что любое измерение – это воздействие. А любое, даже самое слабое воздействие, вносит некоторое возмущение в параметры измеряемого объекта, причём, непредсказуемое возмущение. Следовательно, перед вторым и последующими измерениями объект уже не в точно таком же состоянии, как перед первым. Даже измерив всё, что только можно, мы не сможем получить информацию об исходном варианте состояния объекта с абсолютной точностью и достоверностью.

Но все эти проблемы классического измерения меркнут по сравнению с теми информационными ограничениями, которые есть у измерения квантового. Вспомним о квантовой редукции: любое измерение меняет расклад перспектив.

Покажем, как могли бы выглядеть последствия редукции в нашей карточной игре. Сымитируем редукцию: пусть партнёр после каждого хода не восстанавливает состояние колоды, а, наоборот, изменяет его вполне определённым образом. А именно – подгоняет под исход предыдущего выбора.

Во избежание путаницы

Игра первого типа – когда партнёр после каждого хода восстанавливает первоначальное состояние, имитирует серию однократных измерений спина электрона. Партнёр как бы раз за разом «готовит» новый электрон в известном ему, но неизвестном нам спиновом состоянии, а мы затем однократно измеряем спин. Игра второго типа – с подгоном колоды под исход первого измерения, имитирует двукратное измерение спина одного и того же электрона.

Тогда игра может развиваться, например, так. Мы просим: «назови масть». Партнёр отвечает: «крести», и тут же выбрасывает из колоды все карты не крестовой масти. После этого у нас есть полная определённость о текущем состоянии колоды в представлении масти: одна перспектива «крести» с единичной вероятностью. Второе «измерение» масти обязательно даст «крести». Но про то,

каким было исходное состояние, мы уже ничего узнать не сможем, ведь редукция изменила его радикально.

Повторим ещё раз: в игре с партнёром вероятности реализации групповых перспектив соотносятся так же, как доступности соответствующих групп. Проще говоря, так же, как соотносятся количества карт. Но работает ли аналогичный принцип для квантовых перспектив?

Как мы отмечали выше, в протореальности существуют все варианты состояний, причём каждый – в единственном экземпляре. Протореальность в этом смысле аналогична стандартной колоде, в которой есть все полагающиеся карты, и ни одна из них не повторяется. А в стандартной колоде вероятности равноправных перспектив всегда одинаковы, например, при измерении достоинства с равным успехом может выпасть восьмёрка, может – валет, может что-то другое. Конечно, состав колоды поменять не сложно. Если, например, выбросить из колоды все карты, кроме восьмёрок, то и реализоваться смогут только восьмёрки, но валет – никогда. Можно наоборот, ничего не выбрасывать, а добавить в колоду ещё бесконечное количество восьмёрок плюс к имеющимся четырём. Результат будет такой же: вероятность выбора карты любого другого достоинства обратится в ноль. Всё это можно проделать с колодой.

Но это не точно

В случае с бесконечностью это можно проделать, разумеется, только теоретически.

Но с протореальностью такая манипуляция не пройдёт. Невозможно ни выбросить из неё какую-то часть протовариантов, ни добавить новые. При любом способе группировки не может быть там вариантов одной группы больше, чем вариантов другой. Так что же, все группы имеют равную доступность, а все групповые перспективы – равную вероятность?

Нет, если бы это было так, то в классической реальности мы бы не наблюдали не то что детерминизма, а вообще никакого порядка. Пусть, например, в настоящий момент при наблюдении вашей комнаты выбирается группа протовариантов, в каждом из которых на столе стоит стакан. Связанная перспектива реализуется, и действительно – видим стакан. В следующий миг выбирается группа вариантов со стаканом на потолке. А в следующий за ним миг – вместо стакана появляется пингвин с балалайкой. Иными словами – хаос. Однако в реальности мы наблюдаем порядок: если на стакан никак не воздействовать, то он будет стоять на столе и через секунду, и через минуту, и через месяц. Получается, что у группы «стакан на столе» шансов на выбор всё-таки больше, чем у остальных? Получается, всё, о чём говорилось на этом шаге, не имеет никакого отношения к физической реальности?

Имеет, если предположить, что квантовые шансы протовариантов складываются в группе не совсем так, как классические шансы карт одной масти или одного достоинства. Такое «особенное» сложение приводит к тому, что часть вариантов одной группы может «прятаться» от выбора. И получается, что в одной группе больше скрытых вариантов, а то и вообще все скрыты, а в другой группе – меньше скрытых, а то и вообще нет. Чем больше в группе скрытых вариантов, тем меньше её доступность, и, соответственно, тем меньше вероятность реализации соответствующей групповой перспективы.

Чтобы подробнее разобраться в этом, разобьём ключевую часть рассказа на два уровня. На первом уровне – это следующий шаг – мы будем говорить только о тех протовариантах, которые как бы «открыты». Здесь вполне работает классическое правило выбора: чем больше открытых вариантов в группе, тем больше вероятность перспективы. А на втором уровне «копнём» глубже и узнаем, по каким правилам протоварианты «играют в прятки»

Шаг 16. Согласованный дуальный выбор.

Настала пора извлечь ощутимую пользу из наших рассуждений. На этом и следующем шагах нам предстоит постичь физический смысл квантовой амплитуды вероятности – не больше и не меньше. Прошу только не воспринимать мысли автора как претензию на абсолютную истину. Что на самом деле скрывается за наблюдаемой реальностью – об этом мы не знаем и никогда не узнаем по причинам, изложенным на втором шаге. Однако строить предположения об этом можно и нужно.

Вы наверняка в курсе, что существует множество разных гипотетических, но «правильных» интерпретаций квантовой механики. Поясним: «разных» – поскольку каждая из них по-своему толкует свойства скрытой реальности. «Гипотетических» – потому что базируются исключительно на гипотезах, а не доказанных утверждениях. И «правильных» – ведь все они не противоречат наблюдаемым физическим явлениям. Как же в этой ситуации выбрать «истинную» интерпретацию, если мы не можем заглянуть в протореальность и проверить? Предлагаю простой выход: ознакомиться с несколькими вариантами и выбрать ту интерпретацию, которая лично Вам покажется наиболее понятной и стройной. Буду рад, если предпочтёте излагаемую в этой книге интерпретацию **МПВС**. Впрочем, в любом случае выбор – за Вами.

Для дальнейших рассуждений нам потребуется очередное наглядное пособие. Пусть у нас есть закрытая коробка, так называемый «чёрный ящик». На внешней стороне ящика находятся кнопка и индикатор. Внутри ящика лежит множество шариков двух разных «сортов». Чем именно отличается один сорт от другого, в принципе неважно, но для определённости договоримся: там могут быть шарики, помеченные знаком «плюс», и могут быть шарики, помеченные «минусом».

Сбой креативности?

Тут читатель может заподозрить, что у автора не хватило фантазии использовать шарики двух разных цветов. Нет, дело не в этом. Разноцветность мы пока оставим в «засадном полку», она пригодится нам для разъяснения куда более сложного явления, чем случайный выбор. А для данного примера «плюс» и «минус» вполне сгодятся, тем более что эти знаки напрямую перекликаются с двумя исходами измерения спина.

Также для рассуждений «на пальцах» не имеет значения конкретное количество шариков, важно только относительное количество «положительных» и «отрицательных». Но опять же, для максимального сближения нашей модели с протореальностью будем считать, что количество шаров бесконечно. Дальше будем называть эту неисчислимую кучу шариков незамысловато – «набор».

Также в ящике пусть имеется устройство случайного выбора (УСВ), работающее следующим образом. По нажатию кнопки это устройство выбирает в наборе один случайный шарик и выводит его знак на индикатор.

Для тех, кому легче воспринимать информацию в графическом виде, нарисую такую схему.

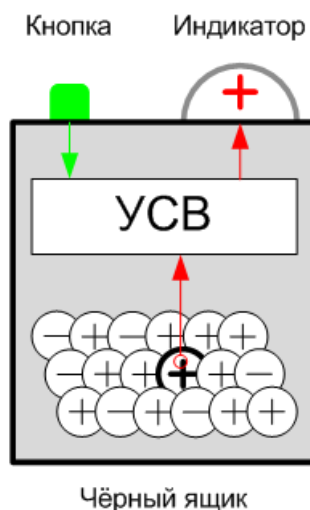


Рисунок 8 – Классический имитатор квантового выбора

Понятно, что нарисовать бесконечное количество шариков нельзя, поэтому, дорогой читатель, «домысливайте» до бесконечности самостоятельно..

На схеме показана ситуация, в которой выбранным оказался «плюс».

У нас получился своеобразный лототрон, обеспечивающий случайный выбор одного из двух знаков. Всё, что может наблюдатель – это «провести эксперимент», то есть запустить лототрон, нажав кнопку, и зафиксировать исход: «плюс» или «минус» на индикаторе.

В этой модели набор шариков грубо имитирует скрытую от наблюдателя протореальность. Различные шарики – это разные «протоварианты». А знак шарика можно уподобить объективной перспективе, привязанной к «протоварианту». Аналогом же наблюдаемой классической реальности является индикатор. В роли «интерфейса» между наблюдателем и протореальностью выступает в данном случае устройство случайного выбора.

Шариков в наборе бесконечное количество, и каждый из них имеет равную доступность для выбора. Но ненулевых перспектив всего две, и каждая перспектива имеет вполне определённую вероятность реализации.

Представьте себе, что природа «играет» во что-то подобное. Некий принципиально недоступный взору наблюдателя естественный механизм выбора абсолютно случайным образом «выхватывает» один из протовариантов и «выбрасывает» в классическую реальность какую-то часть информации, связанной с этим вариантом. Факт появления этой информации в наблюдаемой реальности мы называем реализацией перспективы.

Для дальнейшего понимания полезно представить себе реальность как иерархическую структуру. Её нижний уровень выбора – протореальность. Здесь расположены протоварианты, и здесь же осуществляется случайный выбор одного из них. А её верхний уровень – «классическая» реальность, в которой перспектива, связанная с выбранным вариантом, реализуется как наблюдаемый исход измерения.

В нашей модели устройство выбора передаёт в индикатор «на реализацию» не сам шарик, а только информацию о знаке на «борту» – это очередная демонстрация работы правила: выбирается вариант, но реализуется перспектива. Групповая перспектива! При этом вероятности реализации разных групповых перспектив уже не равны.

В физических экспериментах по измерению спина, которые мы тут мысленно проводили, выбор осуществляется между «протоэлектронами» с элементарными перспективами «спин плюс» или «спин минус». В первом приближении можно считать, что в протореальности существует бесконечное количество протовариантов обеих групп, как и в наборе существует бесконечное количество «положительных» и «отрицательных» шариков. Вышеупомянутый гипотетический механизм выбирает один из вариантов и «выбрасывает» в реальность наблюдателя информацию о спине выбранного протоэлектрона. В такой концепции вероятности реализации исходов «спин плюс» или «спин минус» равны вероятностям случайного выбора «плюсового» или «минусового» электрона.

Но, позвольте, можно ли ограничиться выбором среди протовариантов одного только электрона? Нет! В реализации перспективы участвуют ведь два объекта: электрон и прибор. Согласно излагаемой нами концепции, прибор подчиняется тем же фундаментальным принципам, что и электрон.

За универсальный мир

Авторы некоторых интерпретаций квантовой механики склонны наделять квантовые и классические объекты принципиально разными физическими свойствами. Электрон, например, они сочли бы квантовым объектом, а измерительный прибор – классическим. На мой взгляд, в таком разделении нет необходимости. Мне лично больше импонирует идея фундаментальной универсальности всех материальных тел. Другое дело, что электрон, в силу его размеров, сравнительно несложно уберечь от взаимодействий с прочими объектами, А, значит, и от реализации какой-либо из его ненулевых перспектив. В частности, опыты типа тех, о которых рассказано на шаге 13, проводят в вакууме, и электрон, до тех пор, пока он не встречается с датчиком, сохраняется в неопределённом состоянии. Прибор же большой и тяжелый, его спрятать от информационного взаимодействия с окружающей средой весьма проблематично. Поэтому наблюдатель ошибочно (?) думает, что прибор вообще не обладает квантовыми свойствами. Это в информационном взаимодействии прибора и наблюдателя не обладает. А в отношениях прибора и электрона обладает, и ещё как!

До измерения прибор в протореальности тоже существуют во множестве протовариантов, несущих в себе одну из двух реализуемых перспектив: либо сработает плюс-датчик, либо минус-датчик. Значит, выбор происходит и между протовариантами прибора.

Интуиция подсказывает, что перспективы электрона и прибора взаимно согласованы. В этом случае вероятность реализации перспективы «спин плюс» электрона равна вероятности реализации перспективы «плюс-датчик» прибора. То же самое касается и пары «спин минус» – «минус-датчик». Справедливо будет сказать, что перспективы электрона и перспективы датчика **дуальны** друг другу.

Заметим, что до тех пор, пока не произошло событие измерения, электрон и прибор – отдельные друг от друга, не взаимодействующие физические объекты. Поэтому случайный выбор среди вариантов электрона и случайный выбор среди вариантов прибора – явления взаимно независимые. А теперь выскажу следующее предположение:

обязательным условием реализации перспективы является совпадение результата случайного выбора среди протовариантов одного объекта с результатом случайного выбора среди протовариантов второго объекта.

Иными словами, реализация происходит, если оба выбора «падают» в одну и ту же перспективу. Остерегаясь вводить такое утверждение как базовый принцип, подчеркну ещё раз, что это именно предположение. Но, думается, вполне логичное. Можете ли Вы представить себе ситуацию, когда одновременно реализуются перспективы: для электрона – попадание в плюс-датчик, а для прибора – срабатывание минус-датчика? Нет? Значит, приходим к выводу, что реализоваться могут только дуальные перспективы. Либо «плюс – плюс», либо «минус – минус», и никак иначе.

Получается, что как будто за гранью наблюдаемой реальности природа играет в два дуальных «лототрона». В одном она случайно выбирает протоэлектрон. В другом, также случайно, выбирает протоприбор. Если перспективы, связанные с обоими выбранными протообъектами, не совпадают, то в наблюдаемой реальности ничего не происходит, а в протореальности двойной случайный выбор повторяется. Если же перспективы совпадают, обе дуальных перспективы реализуются как наблюдаемый исход взаимодействия электрона и прибора.

На нашем наглядном пособии схема дуального выбора будет выглядеть так.

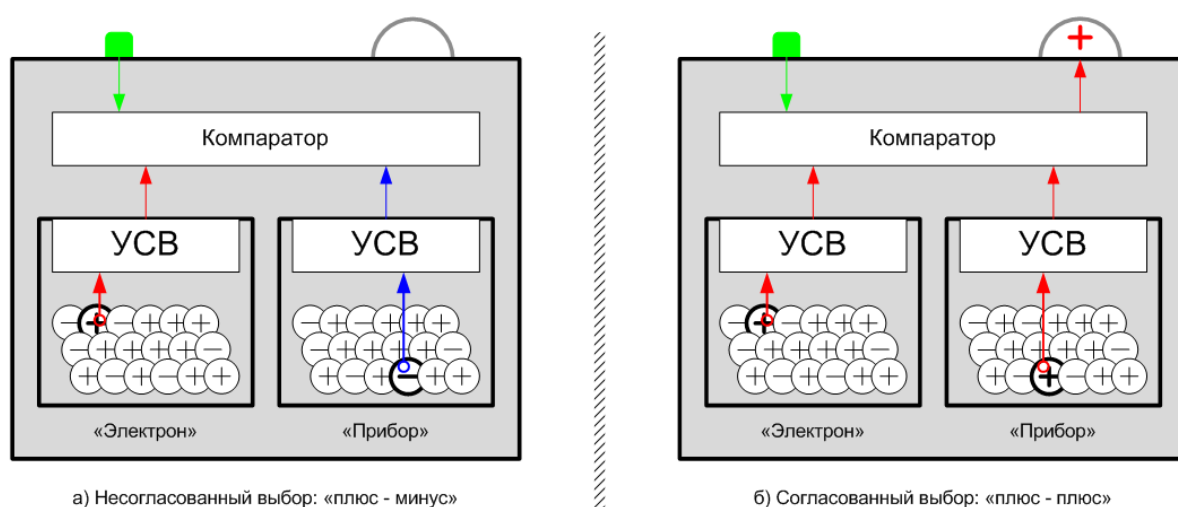


Рисунок 9 – Имитатор дуального выбора

Теперь в чёрном ящике находятся два идентичных набора шариков, один из которых имитирует перспективы электрона, другой – прибора. С каждым из этих наборов связано собственное устройство выбора. Также в ящике имеется компаратор, сравнивающий выбранные перспективы «электрона» и «прибора». Если дуальный выбор не согласован, в реальности наблюдателя ничего не происходит, индикатор выключен: эта ситуация показана на левой половине рисунка. Если же выбор согласован (правая часть рисунка), тогда компаратор выводит на индикатор дуально выбранный знак.

От читателей, понимающих толк в схемотехнике, ожидаю вопрос: а чем тут запускается устройство выбора? В модели лототрона, показанной на рисунке 8,

выбор осуществлялся по нажатию кнопки. В имитаторе же дуального выбора вообще нет необходимости запускать выбор. Будем считать, что оба УСВ работают всегда и постоянно. Одиночный случайный выбор, таким образом, превращается в непрерывный случайный перебор перспектив.

Кнопка же теперь запускает компаратор. Пока кнопка не нажата, компаратор «спит» и игнорирует сигналы от устройств выбора. Чёрный ящик находится как бы в режиме ожидания. Согласуются результаты выбора или нет – не важно, индикатор выключен. Но по нажатию кнопки сравнение сразу начинается. При первом же совпадении «плюс – плюс» или «минус – минус» на индикаторе появляется соответствующий знак, и наблюдатель может зафиксировать реализацию перспективы.

А что же выполняет функцию «кнопки» в реальном квантовом эксперименте? При каких условиях «запускается» сравнение результатов дуального выбора? Навскидку можно было бы сказать, что «кнопкой» служит само по себе начало эксперимента, в наших мысленных лабораторных работах – запуск электрона в прибор. Но это не совсем так. Взгляните ещё раз на рисунок 3. Пока электрон движется от сепаратора к датчикам, там тоже осуществляется непрерывный «протореальный» перебор протовариантов электрона и прибора, но никаких **наблюдаемых** событий при этом не происходит. Сравнение перспектив начинается тогда, когда электрон достигает или должен достигнуть ближайшего к сепаратору датчика. Можно сказать, что сравнение происходит в тот момент, когда в наблюдаемой реальности просто не может не появиться хоть какая-то информация об электроны. Когда именно наступает такой момент – зависит от конкретных условий эксперимента. Позже мы ещё немного поговорим об этих вещах, а пока продолжим исследование нашего «лототрона». Точнее, исследование ненаблюдаемой протореальности с помощью нарисованной модели. Иными словами, мы смотрим вовнутрь «лототрона» так, как будто подглядываем в протореальность.

В нашей модельной протореальности добавился ещё один уровень – тот, на котором происходит сравнение двух выбранных перспектив. Пусть он называется «уровень реализации».

Уточним иерархию уровней. С точки зрения классического наблюдателя чёрным ящиком является вся протореальность. А для уровня реализации чёрным ящиком является уровень выбора (если быть точным, то два чёрных ящика, поскольку выбор дуальный).

Среди физиков принято для наглядной демонстрации своих умственных построений придумывать «демонов» – гипотетических существ, якобы управляющих разными физическими процессами. Одного такого – демона Лапласа – мы уже упоминали. Прибегнем и мы к «демонической» помощи. Для начала представим себе, что внутри чёрного ящика протореальности на каждом уровне «живёт» специальный демон. «Демоны выбора» (их двое), по сути, выполняют функции левого и правого УСВ. То есть каждый из них выбирает в наборе случайный шарик, а затем передаёт его знак на уровень реализации. «Демон реализации» сравнивает информацию, полученную от «демонов выбора», и, если она совпадает, выводит полученный «снизу» знак на индикатор. А на верхнем

уровне наблюдаемой реальности никакой «демон» уже не нужен, мы тут «сами с усами».

Конечно, никаких демонов на самом деле не существует (по крайней мере, я так полагаю), случайный выбор и передача информации между уровнями происходят естественным образом. Но «демоническая» аналогия - достаточно наглядный инструмент для пояснения принципов действия протореальности, давайте этим пользоваться. Опять же, сами мы заглянуть в протореальность не способны, но живущие там «демоны» уже многое нам о ней поведали, и расскажут ещё кое-что.

Посмотрим, что у нас получается с вероятностями. Их тут две разных: вероятность случайного выбора (шарика с тем или иным знаком) и вероятность реализации перспективы (появление того или иного знака на индикаторе).

Предположим, что вероятность случайного выбора перспективы «плюс» составляет две третьих, а вероятность перспективы «минус» – одна третья. При таком раскладе вероятности возможных комбинаций выбора на левом и правом лототроне будут такими:

Левый выбор {вероятность}	Правый выбор {вероятность}	Вероятность комбинации
плюс $\{\frac{2}{3}\}$	плюс $\{\frac{2}{3}\}$	$\frac{4}{9}$
плюс $\{\frac{2}{3}\}$	минус $\{\frac{1}{3}\}$	$\frac{2}{9}$
минус $\{\frac{1}{3}\}$	плюс $\{\frac{2}{3}\}$	$\frac{2}{9}$
минус $\{\frac{1}{3}\}$	минус $\{\frac{1}{3}\}$	$\frac{1}{9}$

Несогласованные комбинации «плюс – минус» и «минус – плюс» реализоваться не могут. В лототроне их не пропускает компаратор (он же – «демон реализации»), а в реальном физическом эксперименте их игнорирует сама природа, которая не терпит абсурда. А вот любая из согласованных комбинаций приводит к реализации.

Итого: вероятность реализации перспективы «плюс на индикаторе» составляет четыре пятых, вероятность реализации перспективы «минус на индикаторе» – одну пятую. Подробностей несложного расчёта не привожу, поскольку обещал без формул. Но если взглянуть на таблицу выше, то и без расчёта видно, что вероятность комбинации «плюс – плюс» в четыре раза больше, чем вероятность комбинации «минус-минус». Если всё равно не понятно, так просто поверьте: когда вероятности случайного выбора перспектив соотносятся как два к одному, то вероятности совпадения результатов дуального выбора, они же – вероятности реализации перспектив, соотносятся как четыре к одному. Это был

конкретный пример, как говорится, на пальцах, а теперь сформулируем общее правило согласованного дуального выбора:

Вероятности реализации перспектив соотносятся так же, как квадраты вероятностей случайного выбора.

Сказанное верно для любого расклада вероятностей (в наглядном пособии – для любого набора). И для любого количества ненулевых перспектив, от одной до бесконечности. Всякий, кто имеет хотя бы минимальное представление о том, как рассчитываются вероятности, может сам в этом убедиться.

Если вы раньше уже что-либо читали о квантовой механике, то наверняка встречали такое понятие, как амплитуда вероятности. Но сомневаюсь, что вам попадалось разъяснение физического смысла этого понятия.. Излагаемая здесь концепция **МПВС** такое разъяснение даёт. Точное определение амплитуды вероятности мы сможем дать только на следующем шаге, пока же отметим, что это величина, квадрат которой равен вероятности реализации перспективы.

Амплитуда вероятности, таким образом, очень похожа на вероятность одиночного случайного выбора. Это не совсем одно и то же, но можно точно сказать, что модуль амплитуды вероятности пропорционален вероятности случайного выбора.

Почему пропорционален, а не равен? Не вдаваясь в математические подробности, скажем, что в практических расчётах имеет значение только соотношение вероятностей выбора различных перспектив между собой.

Сравним две формулировки:

- 1.Каждый пятый поэт способен понять квантовую механику.
- 2.Двадцать процентов поэтов способны понять квантовую механику.

Это лингвистическое упражнение содержит в себе маленький математический фокус. Секрет прост: мы «умножили» первое высказывание на двадцать и получили второе, смысл от этого ничуть не изменился. Аналогично и с амплитудами: если в некой квантовой формуле умножить их все на одно и то же число, смысл формулы не измениться.

Надеюсь, дорогие читатели, про согласованный дуальный выбор и «квадраты» вы поняли. Теперь перейдём на следующий уровень, где и найдём, наконец, решение проблемы пингвина.

Шаг 17. Интерференция квантовых шансов.

На пятнадцатом шаге мы сформулировали несколько утверждений:

- каждый вариант имеет шанс на случайный выбор;
- варианты группируются по значениям измеряемой величины;
- шансы вариантов в группе складываются в групповую доступность;
- вероятности случайного выбора той или иной группы соотносятся так же, как соответствующие групповые доступности.

Это никакие не предположения и не гипотезы, а естественные правила, если угодно – постулаты, которые безусловно работают в ситуации классического случайного выбора.

Эти же утверждения, кроме первого, мы постулируем и для квантового случайного выбора среди протовариантов и протогрупп (а вот это уже гипотеза в рамках интерпретации **МПВС**, нравится – пользуйтесь, не нравится – предложите свою). А почему «кроме первого» – это мы вскоре выясним.

Классические шансы складываются как положительные числа, аналогично тому, как складываются массы, площади или просто предметы, например, леденцы в коробке. Но можно ведь с тем же успехом сопоставлять и леденцам, и шансам вариантов не число, а другой математический объект – вектор, и складывать не числа, а векторы. Ничто не мешает считать, что элементарный шанс – это вектор единичной длины. Тогда шансы вариантов группы складываются в суммарный групповой вектор. На следующей картинке представлен пример сложения в группе из четырёх векторных шансов.



Рисунок 10 – Векторное сложение классических шансов (или леденцов)

Маленькие чёрные стрелки одинаковой длины символизируют элементарные шансы. Толстая серая стрелка – суммарный групповой вектор.

Заскучали?

Тем, кого вгоняют в тоску все эти векторные рассуждения, предлагаю проскочить по тексту на несколько страниц вниз, до того места, где мы будем складывать шансы не как векторы, а как цвета спектра.

Конечно, положительные числа и однонаправленные векторы – это всего лишь разные способы математического описания одного и того же физического явления. Но природа «знает» ведь и принципиально другие естественные способы сложения сущностей.

Например, электрические заряды складываются как положительные и отрицательные числа. Складываем «плюсовой» заряд протона и «минусовой»

заряд электрона и получаем нулевой заряд атома. Разноимённые заряды одинаковой величины при сложении как бы «маскируют» друг друга. Элементарным зарядам протона и электрона тоже можно сопоставить векторы одинаковой длины, но уже противоположных направлений. Вот иллюстрация сложения четырёх элементарных зарядов, трёх положительных, и одного отрицательного.



Рисунок 11 – Векторное сложение разноимённых зарядов

Итог сложения – положительный заряд величиной в два элементарных. Одни «плюс» и один «минус» «скушали друг» друга.

Существует множество физических величин, которые складываются как геометрические векторы. Известный любому семикласснику пример: разные силы, приложенные к одному телу. Равнодействующая сила, каковая и является результатом этого векторного сложения, зависит не только от абсолютной величины (модуля) каждой из приложенных сил, но и от их взаимного направления. Так что силы тоже могут взаимно «маскироваться».

Теперь сформулируем главное:

элементарному квантовому шансу адекватно сопоставляется двухмерный вектор единичной длины.

Модель такого вектора тоже легко изобразить на плоском рисунке – такая же стрелочка, какую мы рисовали для леденцов или зарядов. Но сориентирована она может быть в любую сторону. Разумеется, поясняющий рисунок – это всего лишь условность. В отличие от векторов сил, векторы шансов ни к каким реальным направлениям в физическом пространстве не привязаны. Если эта фраза сходу непонятна, проведите аналогию между векторами шансов и векторами зарядов – направление последних на рисунке 11 тоже сугубо условно.

Так же, как и в ситуации классического случайного выбора, групповой квантовый вектор является суммой элементарных векторных шансов всех протовариантов группы. Как и в примере с зарядами, и в примере с силами, длина группового вектора зависит от взаимных направлений складываемых единичных векторов. На следующем рисунке представлено три примера сложения четырёх элементарных шансов.

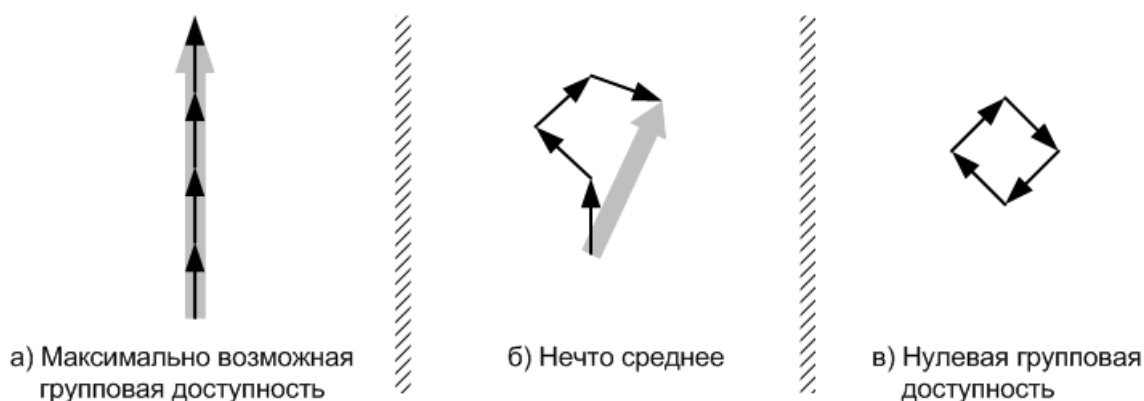


Рисунок 12 – Векторное сложение квантовых шансов

Встречали такое мудрое слово – «суперпозиция»? Векторная сумма – это она самая и есть. Групповой вектор является суперпозицией элементарных векторных шансов группы.

Здесь нам необходимо уточнить дальнейшую терминологию. Термин «суперпозиция» в данном случае был бы вполне адекватен, только есть одно «но»: он уже задействован в традиционных изложениях квантовой механики для обозначения другого физического явления. Встречали, наверное, такое словосочетание – **суперпозиция состояний**? Нет? Мы тут, на самом деле, уже неоднократно обсуждали ситуации, в которой существует несколько ненулевых перспектив – это и есть то, что физики называют суперпозицией состояний. Но сейчас мы говорим о векторном сложении шансов в группе. И, чтобы впредь не запутаться в словах, будем называть эту сумму **«интерференция»**. Такое слово в квантовой механике тоже есть, и наше понимание этого термина ничуть не противоречит традиционному.

На пятнадцатом шаге нами было введено понятие классической групповой доступности – то есть способности группы быть случайно выбранной. Мы рассчитывали групповую доступность как сумму шансов всех составляющих группу вариантов. Теперь, говоря о квантовом случайном выборе, мы утверждаем, что квантовые шансы протовариантов суммируются в групповой вектор. Можно ли считать, что групповой вектор и доступность протогруппы – это одно и то же? Нет! Доступность протогруппы для случайного выбора определяется исключительно длиной группового вектора.

Посмотрим ещё раз на рисунок 12. Максимально возможную доступность, или, тут ещё раз скажем нелюбимое слово – выбираемость, группа имеет в ситуации, когда элементарные векторные шансы всех её вариантов направлены одинаково. Если же векторные шансы вариантов направлены так, что групповая векторная сумма равна нулю, то такая группа недоступна для выбора. И возможно нечто среднее, когда взаимная ориентация векторных шансов не «прячет» группу совсем, но понижает её доступность.

Ситуацию, когда векторные шансы при сложении увеличивают длину группового вектора, обычно именуют **конструктивной** интерференцией.

Обратная ситуация, когда длина группового вектора уменьшается, называется **деструктивной** интерференцией.

Таким образом, при одном и том же количестве вариантов групповая доступность может быть различной, она зависит от взаимной ориентации элементарных векторных шансов.

Кстати, об элементарных шансах. Рассуждая о классическом выборе, мы договорились о том, шансы на выбор у всех вариантов равны. Про квантовый случайный выбор такого сказать уже нельзя. Деструктивная интерференция уменьшает доступность для выбора не только группы, но и любого из вариантов, эту группу составляющих. Сравните левую и правую картинки на рисунке 12. В ситуации «а») любой из четырёх протовариантов равнодоступен для выбора. В ситуации «в») не может быть выбран ни один – все варианты взаимно «замаскировались». Не любой, стало быть, протовариант имеет шанс на выбор, и не всегда элементарные шансы разных протовариантов равны. А раз они не равны, то о какой же элементарности шанса можно говорить?

Но нечто одинаковое и неизменное у всех протовариантов всё же есть – это модуль шансового вектора. Или длина вектора, если кому так удобнее. Учитывая сказанное, предлагаю с этого момента считать элементарным квантовым шансом не сам квантовый вектор, а его единичный модуль.

Посмотрим, как работает интерференция в ситуации с двумя перспективами. Положим, имеется две «равновесных» группы, в каждой по четыре протоварианта. И пусть квантовые векторы сориентированы так, как показано на следующем рисунке.

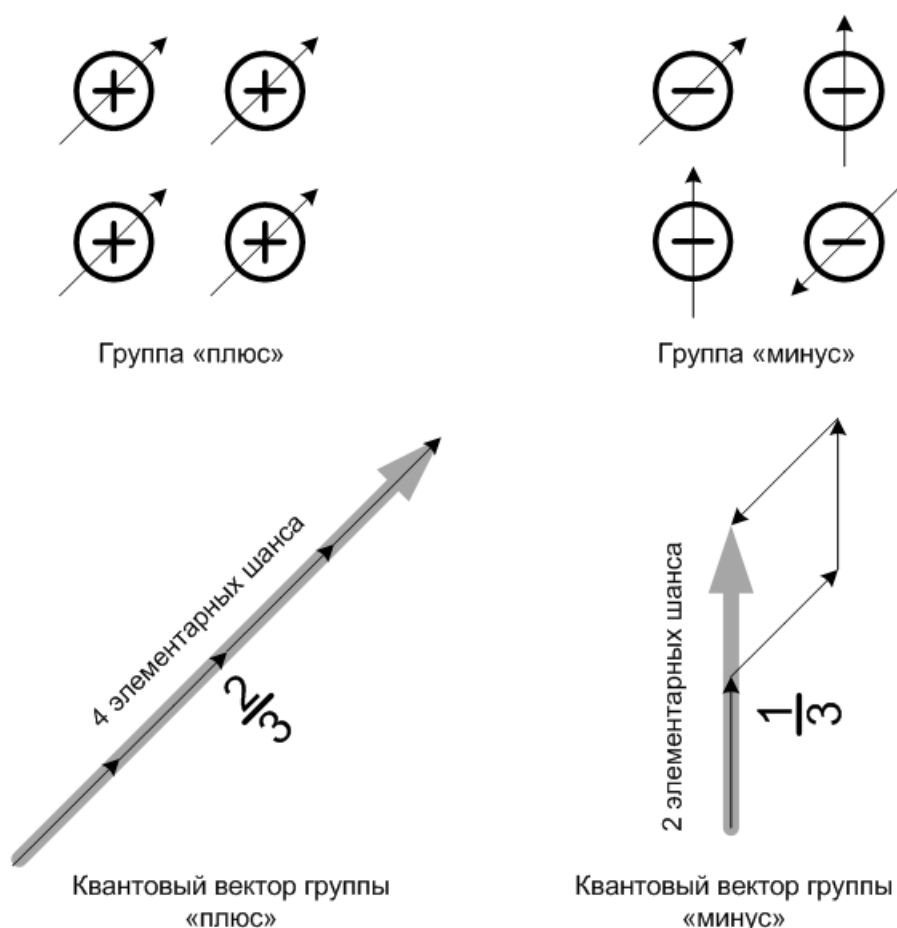


Рисунок 13 – Квантовые векторы групп «плюс» и «минус»

Все квантовые векторы группы «плюс» направлены одинаково, поэтому группа имеет максимально возможную доступность – четыре шанса. А в группе «минус», поскольку векторы протовариантов ориентированы по-разному, деструктивная интерференция укорачивает длину группового вектора до двух шансов.

Пересчитывая абсолютные доступности в относительные вероятности случайного выбора, получаем:

- вероятность случайного выбора группы «плюс» составляет четыре шанса из шести или две третьих;
- вероятность случайного выбора группы «минус» составляет два шанса из шести или одну третью.

И теперь мы готовы дать обещанное на прошлом шаге определение амплитуды вероятности. Это тот же групповой квантовый вектор, только длина его должна быть выражена не в абсолютных единицах (шансах), а в относительных. На рисунке уже всё пересчитано, длины векторов обозначены как в абсолютных шансах, так и в модулях амплитуд вероятности (дробями).

Хотя уже понятно, но подчеркнём отдельно:

вероятность случайного выбора группы равна модулю вектора амплитуды вероятности.

А как же мнимое «i»?

Наверняка многие знают, что в квантовой механике принято выражать амплитуды вероятности через комплексные числа. Наши рассуждения этому никак не противоречат – [комплексному числу легко сопоставляется вектор условного двумерного пространства](#). В будущих книжках мы более-менее строго увяжем интерпретацию **МПВС** с основами традиционной квантовой математики. А здесь, как и договаривались, обойдёмся без формул.

Векторная интерференция вполне понятна (надеюсь) с геометрической точки зрения. И даже физически наглядна, если говорить о таких величинах, как, например, сила или скорость. Гораздо сложнее осмыслить интерференцию величин, никак не связанных с направлениями в физическом пространстве. Мы наделяем квантовые шансы и амплитуды вероятности векторными свойствами, и даже изображаем их в виде стрелочек, как на нескольких предыдущих рисунках. Но всё-таки это больше похоже на математику, чем на физику. К сожалению, с этим «разрывом мозга» ничего поделать нельзя. Но можно его хотя бы сгладить, показав, как можно «пришить» абстрактный вектор к другим, более привычным физическим величинам.

Наглядным примером «безвекторной» интерференции является сложение цветов спектра. Обычно сложение цветов демонстрируют такой картинкой:

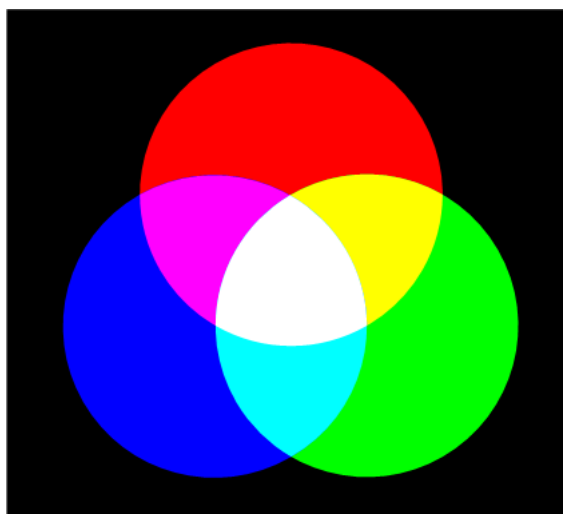


Рисунок 14 – Сложение цветов

Сумма не похожа на исходные цвета. Если, например, красный цвет сложить с зелёным, увидим жёлтый. А сумма красного, зелёного и синего выглядит как ахроматический белый цвет.

На самом деле, словосочетание «ахроматический цвет» – оксюморон, ведь если точно перевести первое слово с древнегреческого, а второе оставить на русском, то получится «бесцветный цвет». Поэтому давайте временно вычеркнем всё ахроматическое из списка цветов. Если белый, чёрный и все оттенки серого –

то цвета как будто бы и нет. Для усиления аналогии между цветностью объекта и доступностью для выбора квантовой группы протовариантов можем даже представить себе, что всё ахроматическое мы воспринимаем как чёрное, то есть не видим вообще, примерно как на рисунке 15:

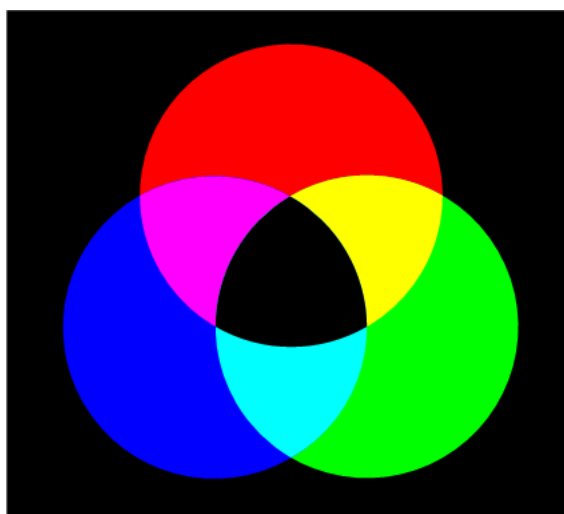
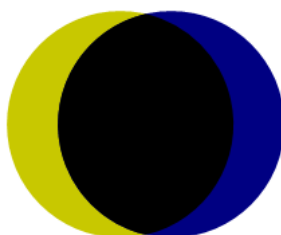


Рисунок 15 – Сложение цветов

Сложение, например, синего и желтого цветов одинаковой интенсивности полностью уничтожает всякую цветность.

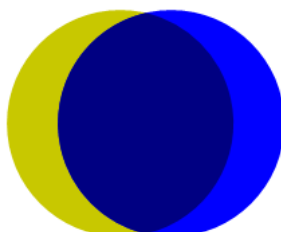


Чем вам не полная деструктивная интерференция?

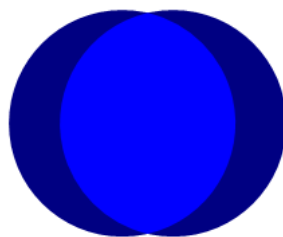
Издержки рисования на белой «бумаге»

Для правильности восприятия мысленно подкладывайте, пожалуйста, под все подобные рисунки черный фон. Ведь белый мы, по договорённости, как бы «не видим».

Если же интенсивность синего цвета выше, чем желтого, то деструктивная интерференция тоже будет, но уже не полная. Желтого цвета мы в этом случае не увидим, а синий останется, хотя его интенсивность уменьшится.



Если же, например, сложить синий и синий, то и получится синий, но интенсивность увеличится – это конструктивная интерференция.



Синий и желтый – это просто конкретные примеры. А в общем, когда складываются близкие друг к другу цвета, интенсивность увеличивается. Если же складываются противоположные цвета, она уменьшается. Тем, кто занимался цветовыми настройками в различных компьютерных программах, наверняка попадалась на глаза такого типа картинка:

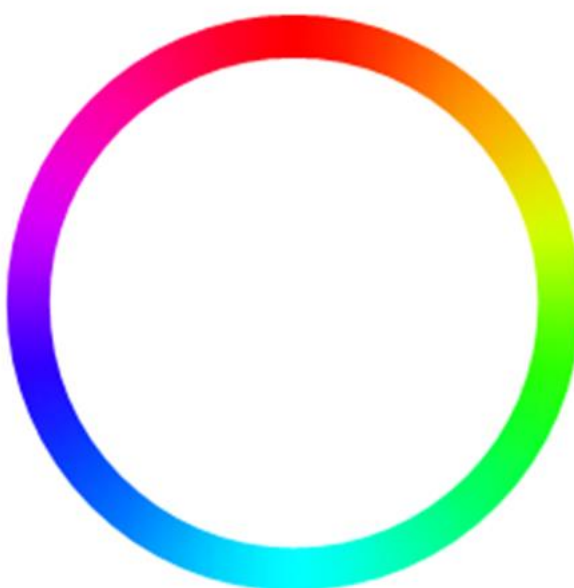


Рисунок 16 – Цветовой круг

Эта картинка называется «цветовой круг». Он построен таким образом, что напротив друг друга находятся цвета, которые при сложении дают ахроматический белый (для нас как бы чёрный), полностью «маскируя» цветность. А соседние цвета при сложении, наоборот, усиливают цветность. Всё очень похоже на векторную интерференцию, если сопоставить каждому цвету направление вектора. На следующем рисунке дан наглядный пример такого сопоставления для зелёного цвета.

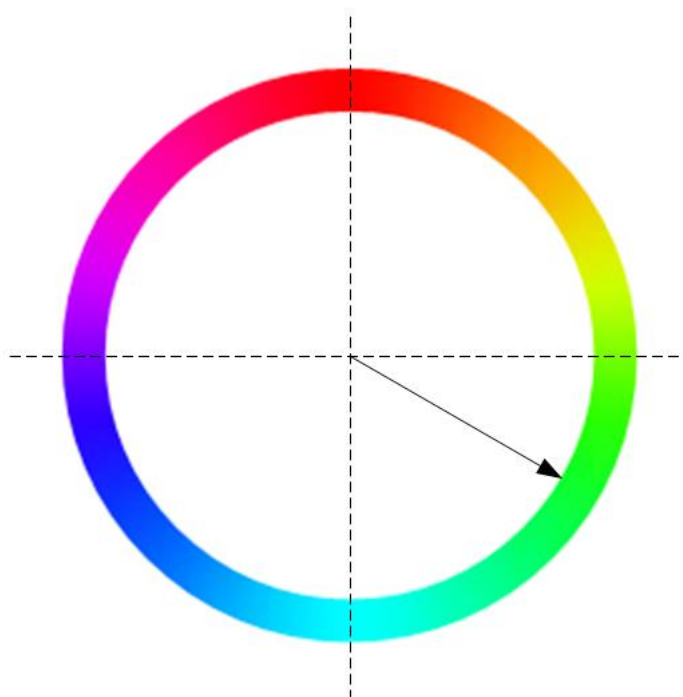


Рисунок 17 – Условный вектор для зелёного цвета

Интенсивности же цвета будет соответствовать длина (модуль) вектора. Вот, хотя в физическом смысле цвета никаких «настоящих» векторов в себе не содержат, мы можем вполне адекватно моделировать сумму цветов как векторную интерференцию.

Аналогично предлагаю интерпретировать и сложение квантовых шансов. Если хотите, сопоставьте выбираемости протоварианта или квантовой группы не условный вектор, а некое физическое свойство, ведущее себя при суммировании подобно обычному цвету. Как для нас сумма желтого и синеного уничтожает возможность увидеть какой-либо цвет, так и для квантового «лототрона» сложение в одной группе условно «желтого» и условно «синего» шансов уничтожает всякую возможность случайного выбора любого из них.

Дальше на рисунках, изображающих протореальность, мы будем использовать эту цветовую кодировку. Но условные векторы тоже оставим для тех, кому удобнее пользоваться геометрическим представлением квантовых шансов.

Теперь, зная о суперпозиции шансов, мы должны модернизировать наше наглядное пособие. Вот как выглядит его новая модель.

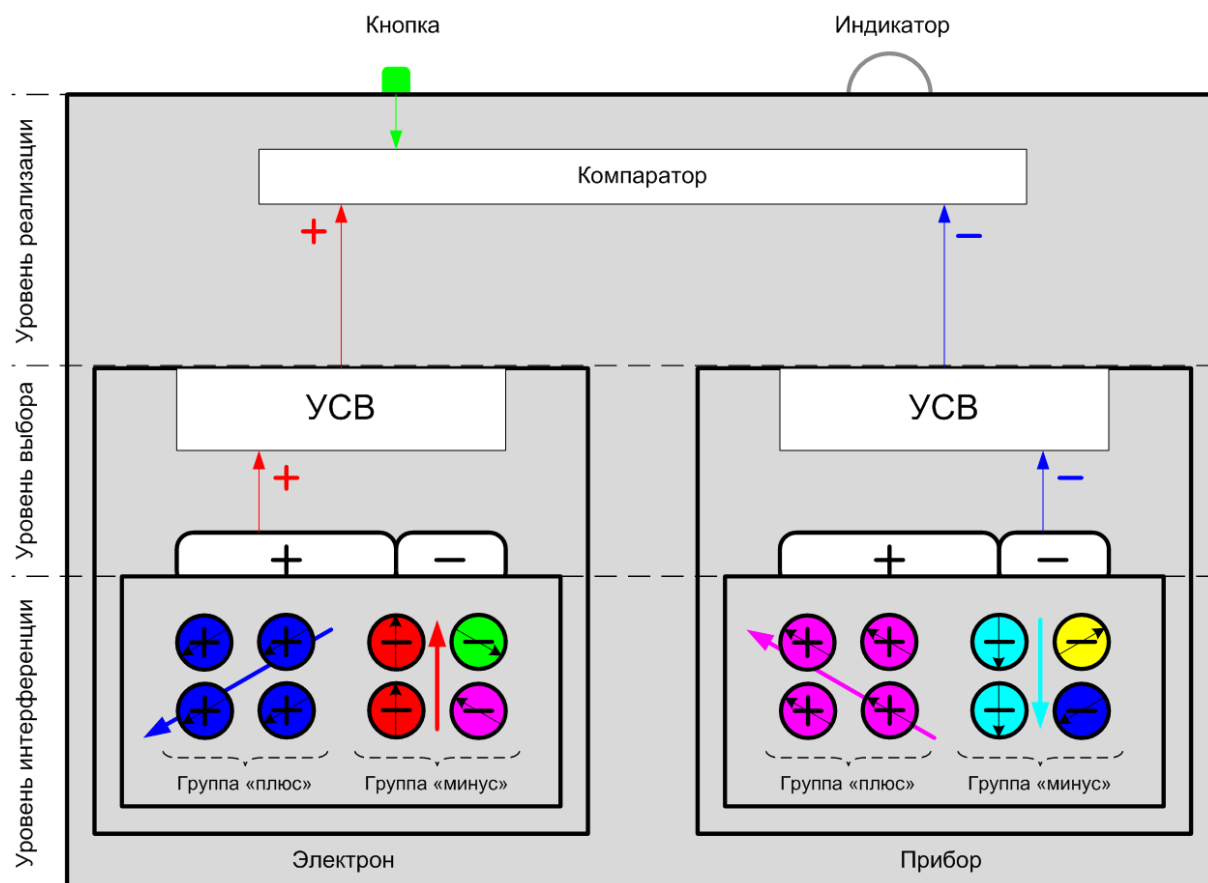


Рисунок 18 – Дуальный выбор с учётом интерференции

В самой глубине протореальности, на уровне интерференции, все протоварианты абсолютно «равноправны». В смысле, если бы квантовые шансы складывались так же, как классические, то вероятности выбора всех протовариантов были бы одинаковы. И вероятности выбора протогрупп тоже. Как в стандартной колоде карт вероятность выбора любой из мастей.

Но интерференция меняет дело. На уровне выбора группы, отвечающие за разные перспективы, уже не обладают равной доступностью. И варианты из разных групп тоже. Тем группам, в которых все протоварианты одного цвета, интерференция никакого ущерба не доставляет, на рисунке это группа «плюс».

Некоторые группы подвергаются частичной деструкции, их доступность для выбора уменьшается. Например, в группе «минус» интерференция уменьшила доступность протовариантов вдвое по сравнению с группой «плюс». Значит, и вероятность выбора у «минуса» вдвое меньше, чем у «плюса».

Наконец, могут существовать протогруппы, в которых разноцветные протоварианты полностью «маскируют» друг друга. На рисунке 18 таких групп не показано, пример увидим чуть позже.

Эффект квантования

На самом деле, в ситуации измерения спина электрона, которую имитирует наш хитрый лототрон, выражение «могут существовать» не вполне корректно – группы с нулевой доступностью всегда существуют. Действительно, мы можем получить в качестве исхода измерения только два значения спина, которые мы обозначили как «плюс» и «минус». Хотя на уровне протовариантов имеется бесконечное множество протогрупп по всем мыслимым

значениям, от минус-бесконечности и до плюс-бесконечности, спин электрона «устроен» таким образом, что все эти группы, кроме наших двух, при любом измерении «съедены» деструктивной интерференцией.

В остальном всё работает так же, как рассказывалось на предыдущем шаге – непрерывный двойной выбор протовариантов и реализация перспективы при первом же совпадении «плюс – плюс» или «минус – минус».

На том же предыдущем шаге была предложена концепция физической реальности в виде вложенных друг в друга «чёрных ящиков». Для классического наблюдателя вся протореальность является чёрным ящиком. Наблюдатель лишь проводит измерение и фиксирует исход как реализацию перспективы. Прибегая вновь к «потусторонней» аналогии, можно сказать, что «демон реализации» чёрными ящиками представляются уровни выбора. «Демон реализации» знает о том, какая группа выбрана, но не имеет информации о том, какой выбран вариант. Продолжая эту игру, можем считать, что для «демона выбора» чёрным ящиком является уровень интерференции. А «демон интерференции» царствует над амплитудами вероятности и ограничивает возможности «демона выбора».

Вставка для потенциальных рецензентов, прочим не читать!

Кстати, о цветах и векторах. Вы, наверное, заметили, что на рисунке 18 квантовые векторы родственных групп несколько отличаются. Скажем, у группы «минус» электрона суммарный вектор направлен вверх (цвет красный, соответственно). А у группы «минус» прибора вектор вниз (бирюзовый). В группах «плюс» вектора не противоположны, но тоже симметричны относительно горизонтальной оси рисунка. Спросите – почему так? Это для согласования интерпретации **МПВС** с современными научными представлениями о квантовом состоянии. Если амплитуды вероятности представлять комплексными числами, то вполне резонно считать, что амплитуды родственных групп электрона и прибора комплексно сопряжены. Симметричны, стало быть, относительно реальной оси комплексной плоскости.

Подытоживая сказанное, можем сказать, что **квантовое состояние** теперь следует понимать как интерференционную картину полного набора протовариантов. Если бы мы могли перечислить все протоварианты и для каждого указать цвет – это было бы идеально точным описанием квантового состояния. Но на практике такое идеальное описание протореальности невозможно, хотя бы уже потому, что протовариантов – бесконечное множество. Да оно и не требуется, для решения реальных физических задач вполне достаточно перечисления групп, а ещё лучше – перспектив, с указанием амплитуды вероятности для каждой. В «профессиональной» квантовой механике именно так и делается.

Физики – это вам не лирики

Заметим, что традиционная квантовая механика вообще обходится без концепции протовариантов. Там существование такой физической величины, как амплитуда вероятности, прямо постулируется, но никак не объясняется. Да физикам и не нужны, по большому счёту, такие объяснения, их задача – получить и применить практически полезную формулу. Для профессиональных физиков, как бы странно это не звучало, физический смысл – дело десятое. Для них сочинение всяких философских интерпретаций квантовой механики это скорее развлечение, чем работа. Но нам, не физикам, не требуется рассчитывать термоядерный реактор. Нам хочется хотя бы на качественном уровне понимать, как устроено мироздание. Интерпретация **МПВС**, как мне кажется, может этому пониманию поспособствовать.

Число перспектив, вообще-то, тоже бесконечно, но «нулевые», замаскированные интерференцией, в перечисление включать не обязательно. Например, когда мы измеряем спин электрона, достаточно указать амплитуды вероятности перспектив «плюс» и «минус». Вот на рисунке 18 в «чёрном ящике»

электрона нарисованы две большие стрелки. Синяя, символизирующая амплитуду вероятности перспективы «плюс». И красная – амплитуда вероятности перспективы «минус». Не лишним будет напомнить, что вероятность выбора варианта той или иной группы пропорциональна длине этой стрелки. А вероятность двойного согласованного выбора, то есть, реализации перспективы, пропорциональна **квадрату** длины стрелки.

На самом деле, в других физических ситуациях может существовать бесконечное количество ненулевых перспектив. Например, при измерении положения (координаты) свободной частицы, мы можем с той или иной вероятностью обнаружить частицу в любом месте пространства, а таких «любых мест» – бесконечное множество. Как описывать такие квантовые состояния, физики тоже знают: применяют интегралы, производные и прочие математические инструменты для работы с бесконечно большими и бесконечно малыми величинами. Возможно, когда-нибудь и мы попытаемся осилить этот математический аппарат, но уж точно не в этой части «Квантового моста».

Итак, мы выяснили, каким образом формируется вероятность перспективы и как происходит реализация перспективы в момент измерения. Теперь давайте разберёмся, что происходит с набором протовариантов сразу после измерения.

Шаг 18. Редукция на уровне интерференции.

Ранее мы уже упоминали, что реализация перспективы приводит к редукции вероятностей, но напомним ещё раз: реализовавшаяся перспектива мгновенно обретает единичную вероятность, а вероятности всех прочих перспектив обнуляются. Теперь давайте попробуем разобраться в механизме этого явления.

При классическом выборе изменение вероятности попадания в ту или иную группу происходило бы только в том случае, если бы менялось количество вариантов в группах. Но в квантовой протореальности такое невозможно, расклад протовариантов по группам неизменен и всегда является «стандартной колодой». Вероятности квантовых перспектив изменяются только в том случае, если изменяются цвета протовариантов

Маячок на память

Надеюсь. Вы помните: говорим «цвета» – подразумеваем направления квантовых векторов, говорим направления квантовых векторов – подразумеваем «цвета».

Именно это и происходит в момент реализации перспективы – изменяются цвета протовариантов. Отсюда сразу следует, что между уровнем реализации и уровнем интерференции существует обратная связь. Да, интерференция цветов в протореальности определяет вероятности реализации перспектив. Но исход реализации меняет интерференционную картину.

Добавим в нашу наглядную модель гипотетическое устройство, совершающее редукцию. Так и назовём это устройство – редуктор (желающие странного могут представить себе «демона редукции»). Схема теперь будет выглядеть следующим образом:

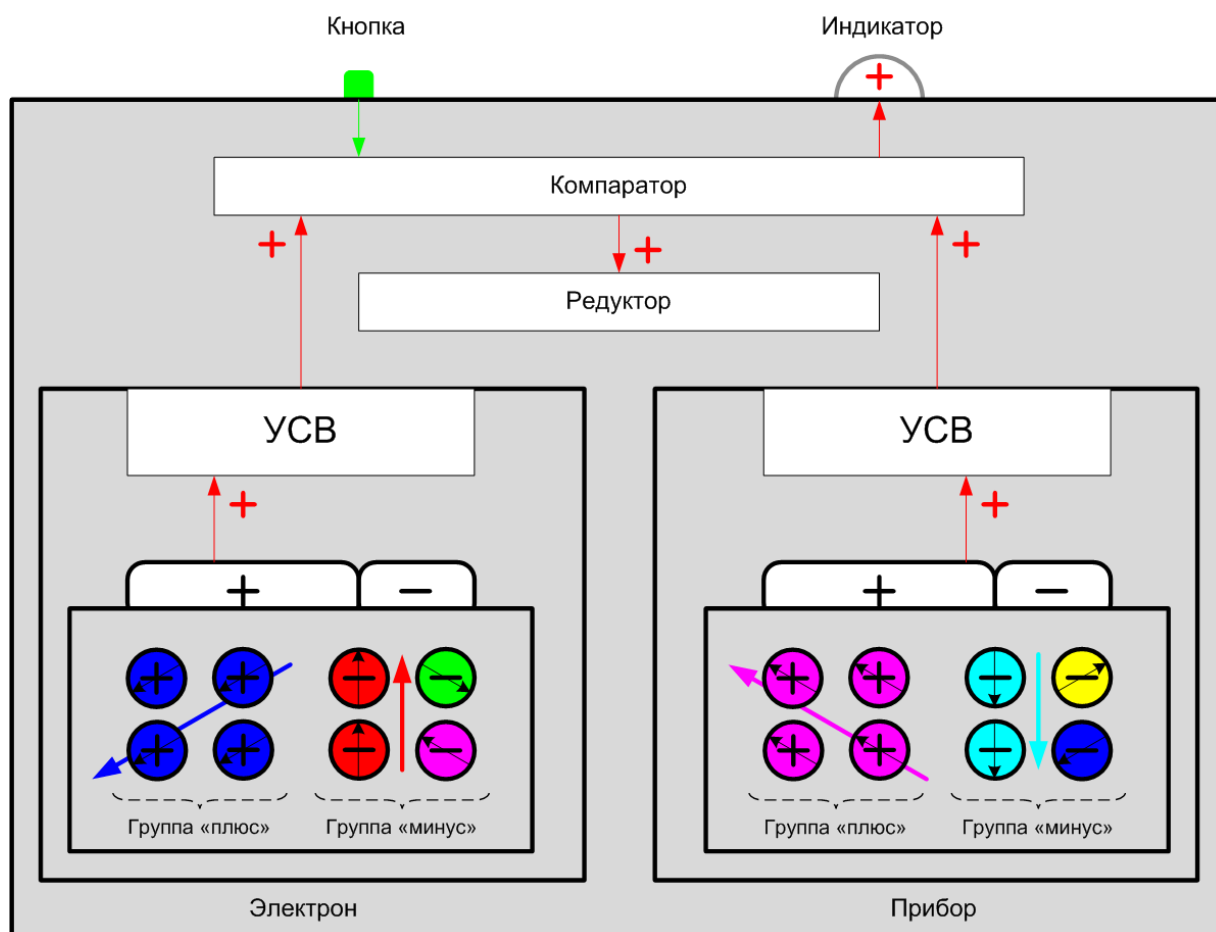


Рисунок 19 – Реализация перспективы «плюс»

Исходное квантовое состояние таково, что обе перспективы, «плюс» и «минус», обладают ненулевой амплитудой вероятности. На рисунке 19 показан момент двойного согласованного выбора перспективы «плюс». Компаратор, он же «демон реализации», включает на индикаторе «плюс» и одновременно запускает редукцию.

На рисунке 20 представлено квантовое состояние в следующее за редукцией мгновение.

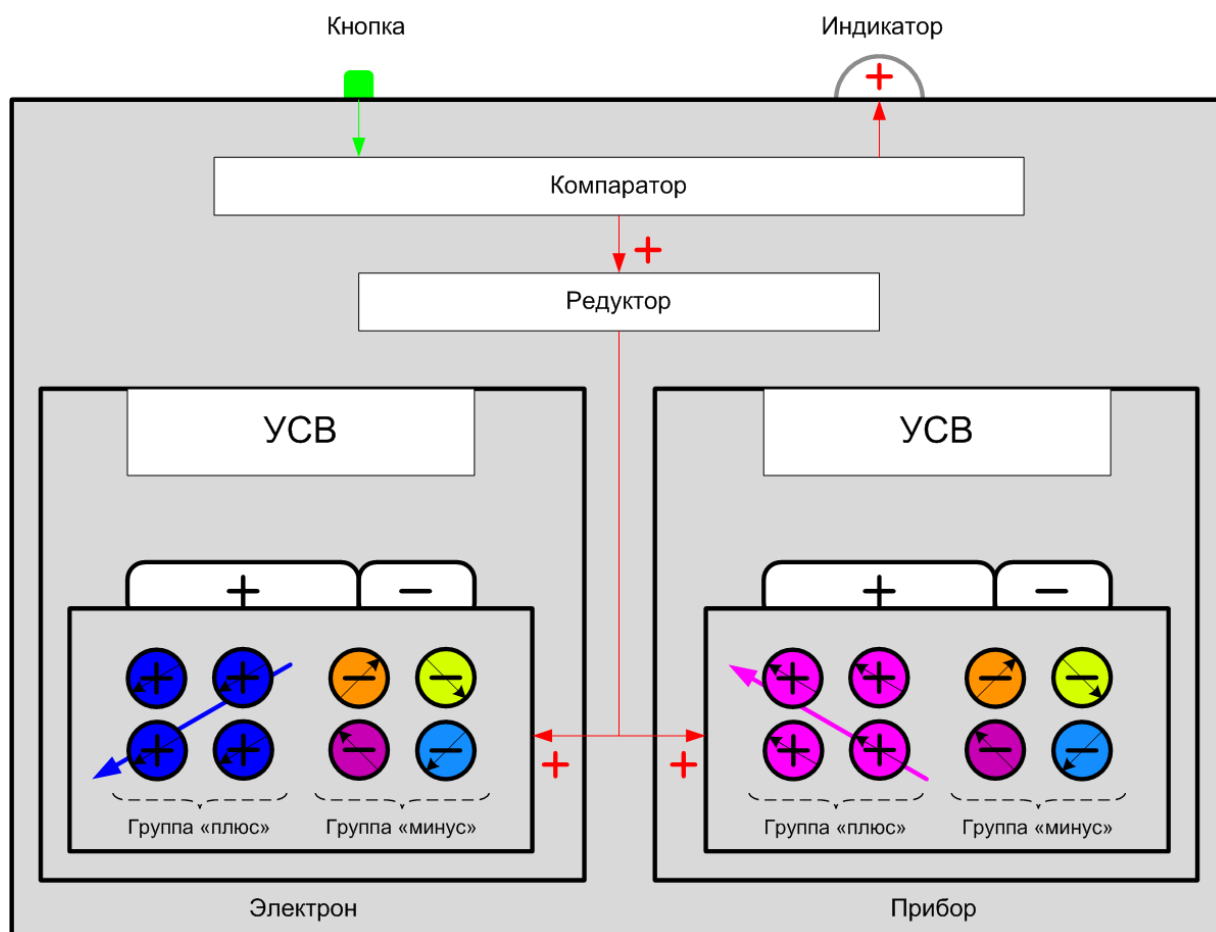


Рисунок 20 – Редукция при реализации перспективы «плюс»

«Демон редукции», как наглядно видно, «перекрасил» протоварианты группы «минус» таким образом, что эта группа оказалась в полной деструктивной интерференции. Хотя, здесь, пожалуй, векторное представление шансов будет более наглядным. Редукция повернула квантовые векторы минусовых протовариантов так, что их сумма стала равной нулю. Обнулилась, соответственно, и амплитуда вероятности перспективы «минус». Если наблюдатель теперь проведёт ещё одно измерение (нажмёт кнопку), то с единичной вероятностью реализуется перспектива «плюс». При реализации перспективы «плюс» редукция как бы вычеркнула группу «минус» из списка доступных. Мы могли бы даже, изображая получившееся после редукции квантовое состояние, совсем не рисовать протоварианты группы «минус», и тут не было бы ошибки. Ведь с точки зрения «демона выбора» протоварианты группы «минус» просто исчезают из расклада.

Вы можете спросить – почему для интерференционной картины на рисунках выбраны именно такие цвета протовариантов до и после измерения, а не какие-нибудь другие? Ответу – тут полный авторский произвол. Просто подгонка под конкретную ситуацию, когда:

- до измерения модули амплитуд вероятности перспектив «плюс» и «минус» соотносятся как два к одному (Рисунок 19);
- при измерении реализуется перспектива «плюс», вследствие чего амплитуда вероятности группы «минус» обнуляется (Рисунок 20).

Вот этому правилу редукции – обнулению амплитуд вероятности не реализовавшихся перспектив – выбранная раскраска протовариантов в полной мере соответствует.

Но вы должны понимать, что на самом деле природа такого произвола в «раскраске» себе не позволяет. В любой физической ситуации «цвета» (то есть направления квантовых векторов) различных протовариантов находятся в строгой взаимозависимости. Мы могли бы подробнее обсудить это, если бы не мой обет – обходиться без формул. Так что просто примите к сведению: в протореальности, на уровне интерференции, действуют физические законы, не позволяющие интерференционной картине быть какой угодно. Тем не менее, на следующем шаге мы попробуем нарисовать нечто отдалённо похожее на реальную интерференционную картину, соответствующую одинокой свободной частице.

Надеюсь, наша наглядная модель помогла вам хотя бы в общих чертах разобраться в многоуровневом устройстве протореальности, механизме реализации перспективы и принципе работы редукции. На следующих рисунках мы уже обойдёмся без изображения «лототрона», а будем показывать только протоварианты и результат их интерференции.

Подытожим, что мы узнали про редукцию. Рассмотрим две разных исходных ситуации.

Ситуация первая. Пусть интерференционная картина такова, что существует несколько ненулевых перспектив предстоящего измерения (несколько – значит от двух до бесконечности). При измерении одна из перспектив реализуется, и ***интерференционная картина скачкообразно изменяется таким образом, как будто бы других перспектив до измерения вовсе не существовало.*** Это мы видели в только что рассмотренном примере, когда в результате измерения и редукции обнулилась, то есть стала недоступной для выбора, перспектива «минус».

Ситуация вторая. Пусть до измерения существует только одна перспектива с единичной вероятностью реализации. При измерении именно эта перспектива и реализуется. При этом редукция исходной интерференционной картины не меняет, потому что ей (редукции) просто нечего обнулять.

Думаю, все уже догадались, почему стакан никогда не превращается в пингвина, но для порядка разберём и этот сакраментальный вопрос. Всё просто: в протореальности, на уровне интерференции, всегда и одновременно существуют и протоэлектроны, и протостаканы, и протопингины, и протобалалайки и протовсёчтоугодно, что вы только можете себе представить.

Вообще всё?

Вопрос о том, существуют ли там Протодедмороз, Протоснегурочка и прочие никем никогда не виданные, но всеми воображаемые сущности, оставим открытым.

Причём, любой протообъект существует в бесконечном множестве «экземпляров». Другими словами, за каждым классическим объектом, который можно наблюдать хотя бы в принципе, «закреплена» группа протовариантов.

Состав этого протонабора никогда не меняется – это константа, вечная «стандартная колода». Но «цвета» протовариантов – величина переменная. А именно «цвета», точнее говоря, их комбинации в группах, определяют доступность протовариантов для выбора. Если в момент наблюдения «цвета» всех протостаканов находятся в конструктивной интерференции, а «цвета» всех прочих протообъектов, включая и протопингвинов – в деструктивной, то мы и увидим стакан с вероятностью, равной единице. Чего проще-то?

Законы физики таковы, что квантовое состояние, оно же – интерференционная картина в протореальности, может, вообще-то, с течением времени самопроизвольно изменяться, об этом мы поговорим на следующем шаге. Но для объектов сравнительно большой массы квантовое состояние практически стационарно, поэтому классический стакан самопроизвольно не превращается во что-то другое. И даже не меняет своего вида, если, конечно, на него ничто извне не воздействует. Дополнительную стабильность стакану придаёт квантовая редукция. Стакан большой, он всё время информационно взаимодействует с другими объектами – со столом, на котором он стоит, с пролетевшей мимо мухой, с окружающим воздухом, с падающим светом, наконец, с вами, когда вы на него смотрите. Так что даже если бы «протостаканная» интерференционная картина тихонечко «плыла» со временем, то каждый ваш взгляд и заключение «о, стакан!» сразу «обнулял» бы намечающиеся перспективы увидеть пингвина.

Шаг 19. Квантовое состояние свободной частицы

Поскольку при измерении спина электрона имеется всего две реализуемых перспективы, спин – хороший пример для демонстрации одной из главных «фишек», отличающих квантовую механику от классической физики – самой возможности одновременного существования множества реализуемых перспектив. На уровне выбора, если не учитывать нереализуемых перспектив, спиновое квантовое состояние можно представить всего двумя амплитудами вероятности – квантовыми векторами групп «плюс» и «минус».

С другой стороны, сам по себе спин – явление довольно сложное. Если вы, например, зададите вопрос, почему перспектив у измерения спина именно две, а не три, четыре и так далее, то здесь обстоятельного ответа вы не найдёте. А если кратко, то напомню, что квантовое состояние подчиняется определённым физическим законам. В частности, квантовые «цвета» различных протовариантов вращения электрона всегда взаимно согласованны так, что ненулевой амплитудой вероятности могут обладать только две группы со значениями спина, обозначаемых нами как «плюс» и «минус». Во всех прочих группах всегда властвует полная деструктивная интерференция, поэтому любые другие протоварианты, кроме «плюса» и «минуса», недоступны для выбора. Но как конкретно выглядит спиновое квантовое состояние, и почему спиновая интерференция устроена именно таким «бинарным» образом – это я здесь объяснить не берусь.

Ранее мы для наглядности рассуждений пользовались другим физическим примером – свободной частицей. Давайте вновь прибегнем к нему. Допустим, нас интересует местоположение частицы. Иными словами, мы намерены измерить её координату, причём, только одну, пусть это будет координата «икс». При измерении координаты множество разрешенных перспектив бесконечно – частица может быть обнаружена в любой точке пространства. Если нас интересует только координата «икс», то наше «рабочее» пространство мы можем считать одномерным и представлять его на рисунках прямой линией. В классической физике – сейчас имеется в виду старая интерпретация **ЕВС** – положение частицы изображается некоторой точкой на этой самой прямой, вот так:

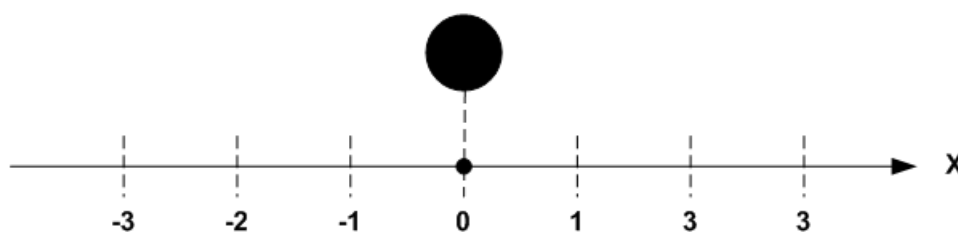


Рисунок 21 – Один вариант состояния

Раз мы измеряем координату, то нам надо её от чего-то отсчитывать. Поэтому на координатную прямую наложена система отсчёта, как бы линейка с делениями. На рисунке частица расположена в точке, обозначенной как «ноль».

Кружок, привязанный к частице, пока что просто символизирует тот факт, что мы говорим о **варианте состояния**.

Но в новой интерпретации **МПВС** такое простейшее представление координатного состояния нам уже не годится. Мы теперь знаем (если угодно – предполагаем), что одновременно существуют любые мыслимые **протоварианты** положения частицы. Если бы мы изобразили их все, тогда точки равномерно, без разрывов, заполнили бы нашу координатную прямую, от минус-бесконечности до плюс-бесконечности. И это было бы вполне корректное представление, но для наших целей не очень удобное. Поэтому мы продемонстрируем идею многовариантности всего несколькими равноудалёнными друг от друга точками:

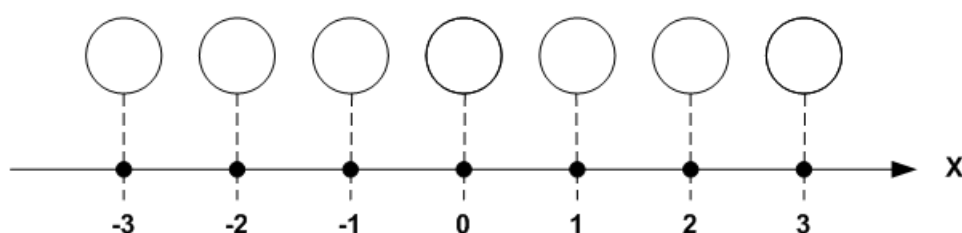


Рисунок 22 – Множество протовариантов

При этом мы исходим из принципа: «конечное пишем, бесконечное держим в уме». Бесконечное множество хотя и нельзя, по понятным причинам нарисовать, но представить – вполне возможно.

Дальше – больше. К каждой точке прямой привязана группа – бесконечное множество протовариантов, обладающих **именно этим** значением координаты «икс», но различными значениями других физических величин. Покажем это сперва вот так:

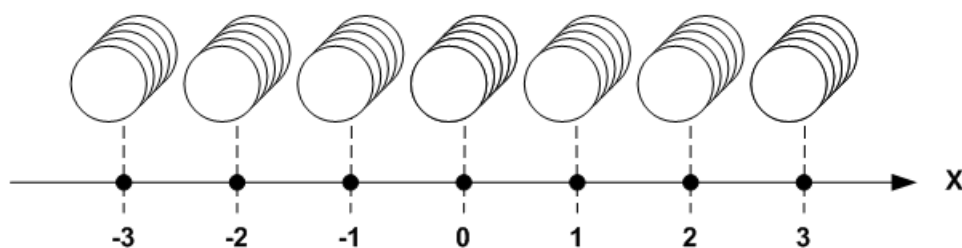


Рисунок 23 – Множество групп протовариантов

На рисунке группы изображены в виде таких «пачек» из нескольких кружков каждая. Опять же прошу включить воображение и «домыслить» эту вынужденно ущербную картинку до настоящей протореальности – не забываем, что в каждой пачке сосредоточено бесконечное количество протовариантов.

Чем отличаются протоварианты одной группы, значением какой именно физической величины? Да в принципе, какой угодно. Например, существует

бесконечное число вариантов, обладающих одинаковым значением «икс», но различными значениями «игрек». Но мы договорились рассматривать состояние частицы одномерно, только по «икс», поэтому все, величины, связанные с двумя другими пространственными координатами, игнорируем. Значит, что остаётся? Только скорость движения частицы вдоль направления «икс». А ещё лучше – взять импульс.

А почему не скорость?

На нашем уровне обсуждения разницы никакой нет, тем более что скорость и импульс частицы однозначно увязаны. Но в большинстве расчётов квантовой механики используют именно пару «координата – импульс», скорость редко где фигурирует. Не будем и мы нарушать эту квантовую традицию.

Итак, принимаем: пусть группу составляют протоварианты с одинаковым значением координаты, но с разными значениями импульсов. Нарисуем теперь группы не в виде «пачек», а в виде столбцов.

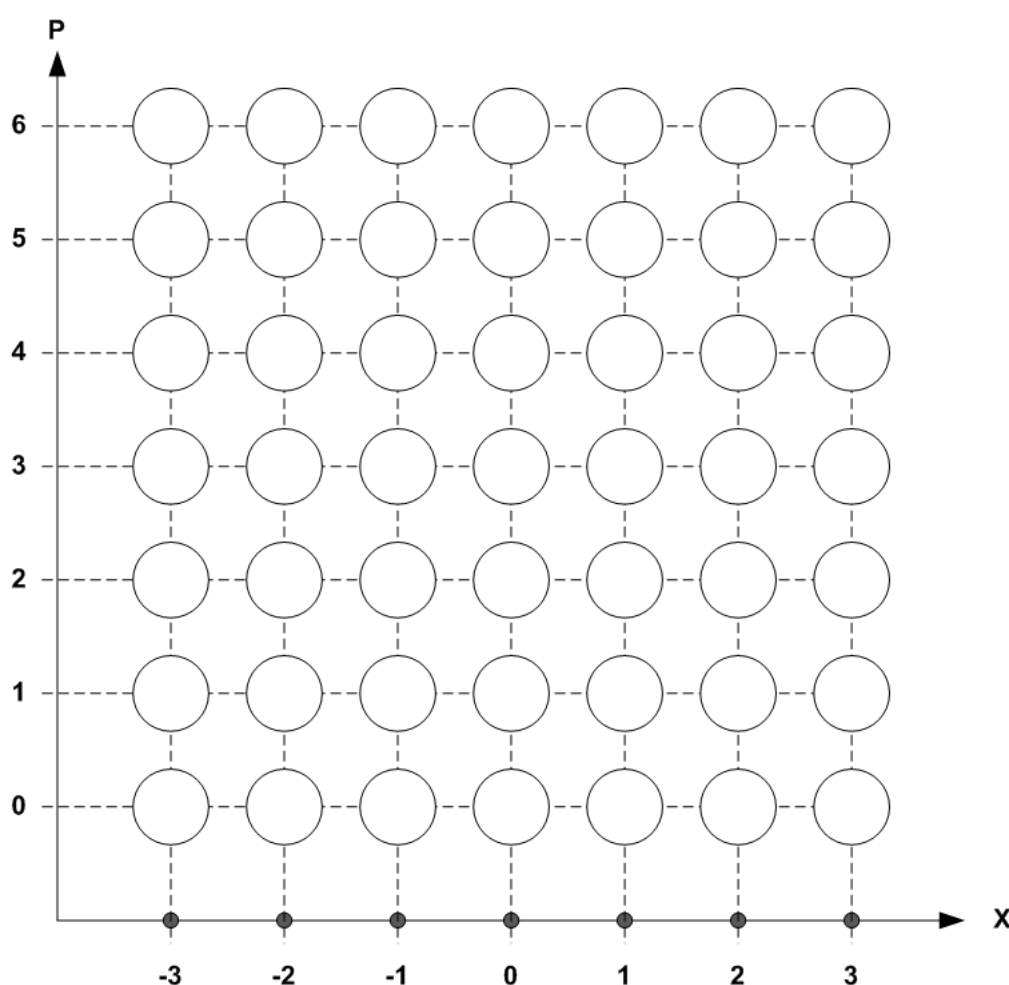


Рисунок 24 – Пространство протовариантов

Условимся: пусть в каждом горизонтальном ряду находятся протоварианты с одинаковым значением импульса, оно написано слева от ряда. Чем выше расположен кружок - протовариант, тем больше его импульс.

Так мы построили «пространство протовариантов». Похожую схему мы использовали, когда рассуждали о групповых перспективах карточной игры (рисунок 7). Как видите, ничего сложного в такой абстракции нет. В данном случае наше «пространство» – просто таблица, наглядно представляющая протоварианты: частицы с различными значениями координат и импульсов.

Осталось лишь превратить эту таблицу в интерференционную картину, а именно – раскрасить протоварианты в их квантовые «цвета». Мы используем сразу оба представления интерференционного параметра, и цветное, и векторное, пусть они дополняют друг друга. Напомню, что цвет у нас строго соответствует направлению квантового вектора.

Удобнее будет перейти на негатив, в смысле – рисовать наши картинки на чёрном фоне, так будет лучше восприниматься квантовая расцветка протовариантов.

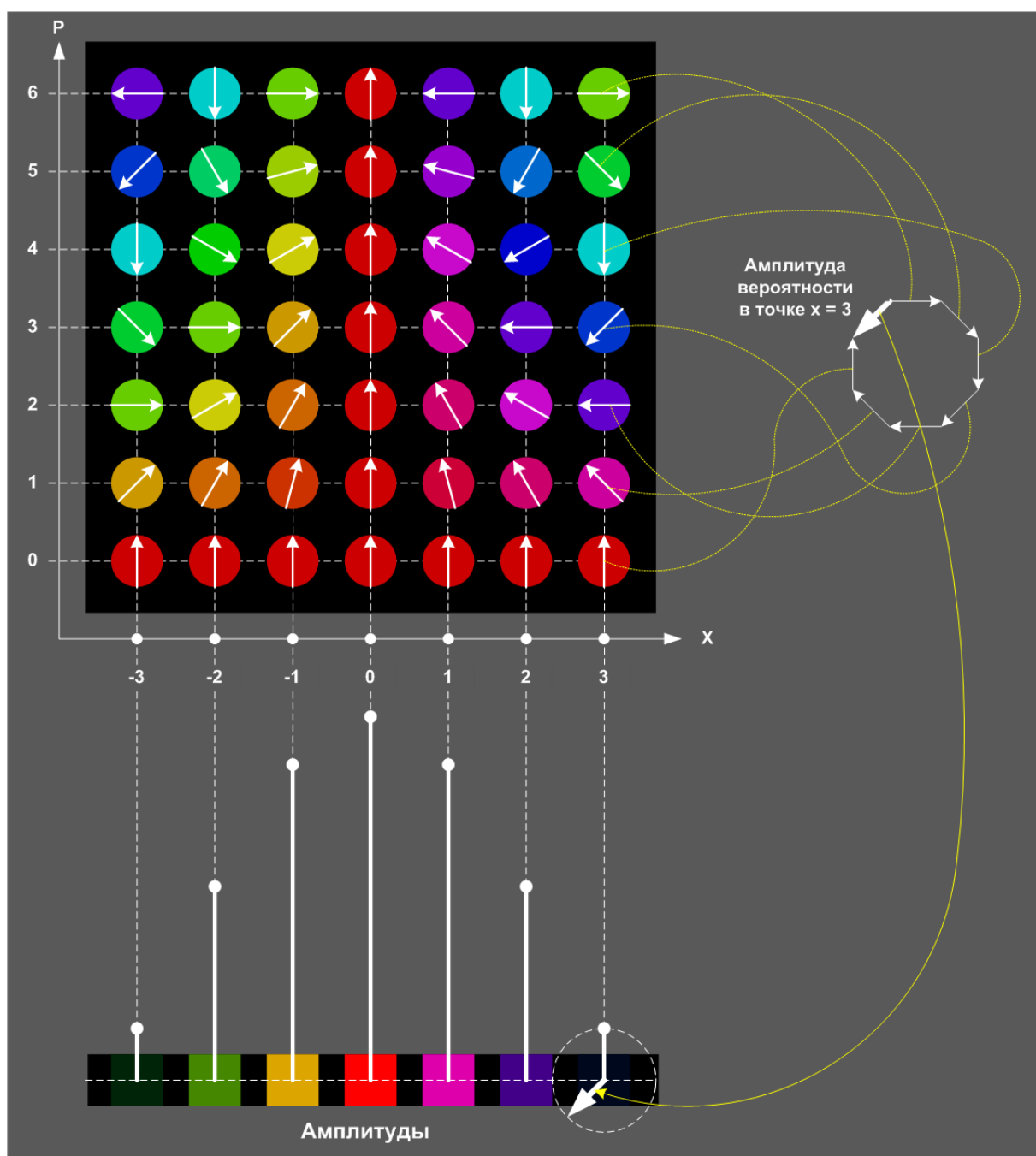


Рисунок 25 – Дискретная интерференционная картина свободной частицы

На рисунке 25 добавлены ещё кое-какие новые элементы. В поле, обозначенном как «Амплитуды», каждая цветная полоска символизирует группу протовариантов с одинаковым значением координаты «икс». Цвет соответствует направлению вектора амплитуды вероятности групповой перспективы, а интенсивность – длине вектора.

Для одной группы, там, где x равно трём, показан вектор амплитуды. И справа, с помощью жёлтых «паутинок» показано, как этот вектор получается. Мы просто сложили элементарные векторы всех протовариантов одного столбца – вот и всё.

Кроме того, к каждой полоске пририсована вертикальная линия, её длина соответствует модулю амплитуды. Чем длиннее вектор амплитуды, тем больше вероятность того, что при измерении координаты реализуется именно эта перспектива. Если квантовое состояние частицы таково, как показано на рисунке 25, то при измерении координаты наиболее вероятным исходом является значение «ноль», точнее говоря, близкое к нулю.

Для демонстрации квантового состояния частицы мы выбрали семь равноудалённых по координате «икс» точек. Затем для каждой из них построили амплитуду вероятности, просуммировав элементарные квантовые векторы семи протовариантов с разными, тоже «равноудалёнными» значениями импульсов. Если увеличить число протовариантов и в той же пропорции уменьшить шаг между ними по координате и по импульсу, то получим более гладкую на вид картинку. Совсем непрерывной она получится, если взять бесконечное число протовариантов, а шаг между ними по координате и импульсу уменьшить до бесконечно малой величины. Разумеется, в этом случае придётся отказаться от кружков и стрелочек, каждый протовариант будет представлен цветной точкой в двумерном пространстве протовариантов. Тогда для рассматриваемого нами квантового состояния свободной частицы нарисуются вот такой замысловатый узор:

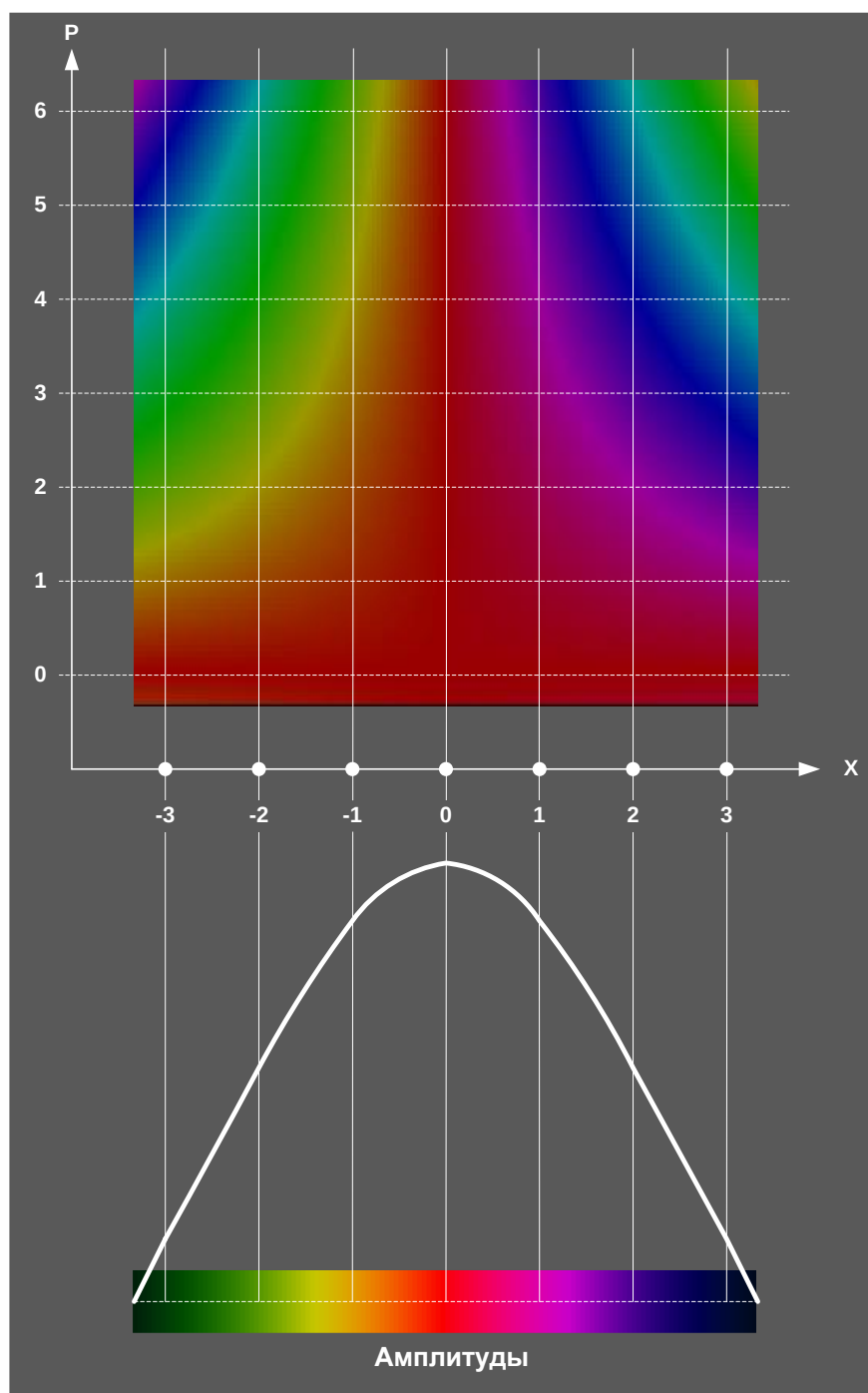


Рисунок 26 – Непрерывная интерференционная картина свободной частицы

Каждая полоска – амплитуда превратилась в бесконечно тонкую цветную черточку. Теперь мы видим, что амплитуда вероятности плавно меняется с изменением координаты. Причём меняется в двух аспектах.

Во-первых, абсолютная величина амплитуды (интенсивность цвета) сначала нарастает, в точке «ноль» достигает максимума, а затем уменьшается. С большей вероятностью частица может быть обнаружена по центру диапазона, и с меньшей – по краям.

Во-вторых, с изменением координаты периодически меняется цвет амплитуды. На рисунке 26 в поле «Амплитуда» мы видим такую переливчатую

цветовую волну. Если бы мы сопоставили каждой точке групповой квантовый вектор, как на рисунке 25, то увидели бы, что он (вектор) волнообразно меняется – плавно поворачивается в своём условном пространстве с изменением координаты.

Кроме того, линейная диаграмма модуля амплитуд вероятности превратилась в гладкий график.

Вы хотели узнать, что такое **волновая функция**? Так вот, наше поле «Амплитуда» – это она самая и есть. Только мы её представили не в виде головоломной формулы, а виде диаграммы с волнообразным изменением цвета.

Должен предупредить: эти картинки весьма абстрактны и максимально упрощены. Надеюсь, они достаточно наглядно показывают сам принцип: как в одной координатной группе суммируются протоварианты с разными значениями импульсов. Но никакую реальную физическую ситуацию рисунки 25 и 26 в полной мере не отражают. Достаточно сказать, что у нас здесь фигурируют только протоварианты с положительными значениями импульса, тогда как на самом деле следовало бы суммировать варианты по всем импульсам, от минус- до плюс-бесконечности.

Шаг 20. Принцип элементарного вращения

До сих пор мы говорили, в основном, о мгновенном квантовом состоянии, то есть о состоянии в какой-то определённый момент времени. Грубая, но наглядная аналогия: мы рассматривали «фотографию» состояния, а сейчас будем смотреть «кино». То есть будем разбираться, как квантовое состояние меняется во времени.

С точки зрения гипотезы **МПВС** никакого материального движения в протореальности не происходит, набор протовариантов всегда неизменен (помните - «стандартная колода»?). Тем не менее, нельзя говорить, что протореальность статична, какие-то изменения там с течением времени, безусловно, происходят. Какие же? Давайте разбираться.

Ещё на шаге 10, до перехода к квантовой механике, мы договорились о том, что вероятности перспектив в протореальности могут со временем изменяться – именно этим обусловлено любое наблюдаемое в классической реальности движение.

Движение – в широком смысле

То есть, не только, собственно, перемещение объектов, но и всякое изменение наблюдаемых физических величин – температуры, давления, электрического напряжения и так далее.

Позже мы выяснили, что вероятность любой перспективы определяется интерференцией элементарных шансов, то есть взаимной ориентацией квантовых векторов протовариантов одной группы. Так вот, изменение вероятностей перспектив, или, что то же самое – **эволюция квантового состояния**, происходит потому, что направления квантовых векторов непрерывно изменяются. Сформулируем принцип элементарного вращения, в соответствии с которым происходит это изменение:

квантовый вектор протоварианта равномерно вращается, частота вращения пропорциональна «энергетике» варианта.

Если вам больше нравится цветовая модель – представьте это как циклическое плавное изменение «цвета».

Несколько слов о частоте вращения и «энергетике». В классической физике, как известно, с любым физическим состоянием связано определённое значение энергии. Например, кинетическая энергия свободно движущегося тела зависит от скорости. Или, скажем, потенциальная энергия взаимодействующих тел зависит от их взаимных координат. Аналогичная картина и в квантовой реальности: каждому протоварианту сопоставлено определённое значение энергии, такое же, как если бы это был не протовариант, а обычный, классический вариант состояния. И чем эта энергия больше – тем быстрее вращается квантовый вектор.

Теперь, вооружившись принципом вращения, давайте разберёмся, как вращение квантовых векторов превращается в движение. Пример для свободной частицы показан на следующем рисунке.

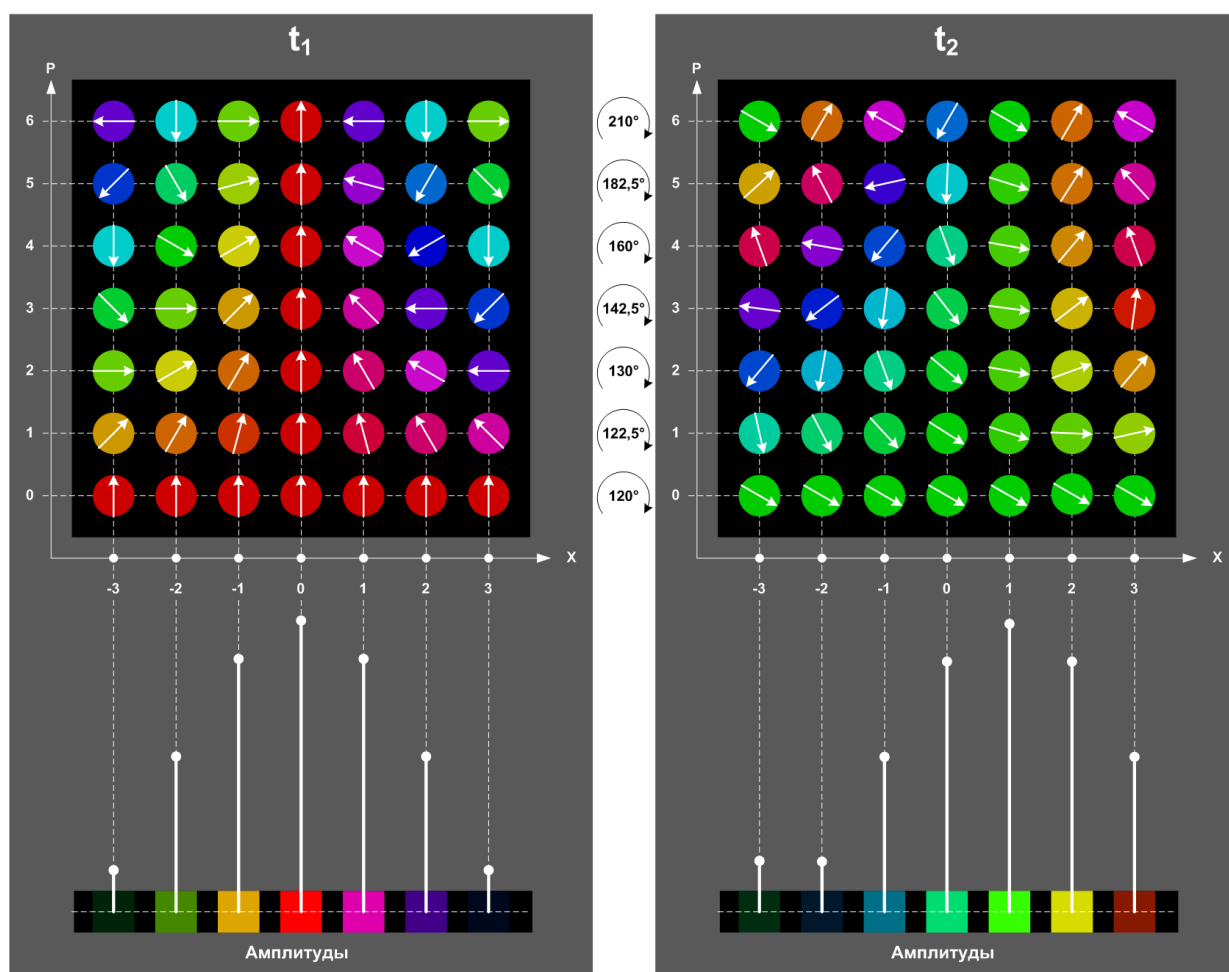


Рисунок 27 – Движение свободной частицы

Левая и правая части рисунка показывают квантовые состояния некой движущейся частицы в последовательные моменты времени t_1 и t_2 . В момент t_1 - максимум амплитуды вероятности приходится на значение координаты x , равное нулю. За время от момента t_1 до момента t_2 квантовые вектора всех прототипов поворачиваются в своём условном пространстве на некоторый угол. Этот угол, как гласит **принцип эволюции**, прямо пропорционален энергии варианта.

Полная энергия свободной частицы – это сумма собственной энергии (той, которая эм-це-квадрат), и кинетической энергии, зависящей от импульса. Стало быть, чем больше импульс, тем больше угол поворота. Вот прототипы со значением импульса p , равным нулю, повернулись на 120° (нижний ряд на правой части рисунка 27). Но вектора следующих горизонтальных рядов поворачиваются за то же время на больший угол, потому что значение импульса от ряда к ряду растёт. Все эти повороты приводят к тому, что в момент времени t_2 максимум длины амплитуды вероятности приходится на значение x , равное единице. Таким образом, этот «горб» амплитуды вероятности перемещается в пространстве вдоль оси X .

Как видите, говорить о движении частицы в протореальности вообще некорректно. Зато корректно говорить о вращении квантовых векторов

протовариантов, следствием которого является перемещение максимума вероятности обнаружить частицу в той или иной точке пространства.

Если эти идеи понятны, то должно быть понятно также, «откуда ноги растут» у корпускулярно-волнового дуализма и у волн де Бройля. Напомню: де Бройль установил, что любая частица является также и волной, и частота этой волны прямо пропорциональна массе частицы (у нас частота пропорциональна энергии варианта, а энергия и масса, как вы знаете – практически одно и то же). На самом деле в наблюдаемой, классической реальности частица – это только частица, она всегда наблюдается как точечный объект. Но до момента наблюдения, пока частица пребывает исключительно в протореальности, она не находится «нигде», и существует только как совокупность протовариантов. Вращение квантовых векторов и их интерференция как раз и обеспечивают волновую картину: в одном месте вероятность обнаружения может быть большей, в другом месте – меньшей, в прочих местах – вообще бесконечно близкой к нулю. И вот эта картина распределения вероятностей может со временем изменяться, как изменяется поверхность водоёма при волнении. Максимумы и минимумы амплитуды вероятностей распространяются в пространстве примерно так же, как распространяются гребни и впадины обычных волн. И так же могут интерферировать между собой, взаимно усиливая, или, наоборот, ослабляя друг друга. Вот такой «дуализм».

Мы сейчас говорили об изменении квантового состояния в привязке к координате частицы, то есть о том, как со временем меняется вероятность обнаружить частицу в той или иной точке. Аналогичные рассуждения верны и для любого другого представления. Например, рассматривая состояние в импульсном представлении, мы говорили бы о том, как изменяется во времени вероятность измерить то или иное значение импульса. То же самое касается любого другого представления квантового состояния. Общий принцип сохраняется: квантовые вектора всех протовариантов «крутятся», и частота их вращения тем больше, чем больше энергия варианта.

В рассмотренном примере с движением частицы вероятность того или иного результата измерения (значения координаты) меняется во времени. Но бывают и стационарные состояния. Для стационарных состояний принцип вращения тоже работает: квантовые вектора виртуальных вариантов крутятся. Групповые вектора – амплитуды вероятности – крутятся тоже. Но соотношения между амплитудами вероятности различных групп при этом не изменяются, а значит, не изменяются и вероятности возможных результатов измерений. Секрет такой стабильности заключается в том, что вся эта «конструкция» вращается синхронно.

Для пояснения разницы между нестационарным и стационарным квантовым состоянием можно привести ещё такую аналогию. Представьте себе команду бегунов на стадионе. В момент старта команда представляет собой ровную шеренгу, но после старта кто-то бежит быстрее, кто-то медленнее, и команда со временем «размазывается» по дистанции в довольно бесформенное «пятно». Это аналог нестационарного состояния. Теперь представьте шеренгу марширующих в

ногу военных: все они движутся синхронно, и строй сохраняется. Это аналог стационарного состояния.

Заметим по ходу дела, что квантовое состояние свободной частицы в импульсном представлении является стационарным (иначе в классической реальности не работал бы закон сохранения импульса).

В завершение этого шага хочу ещё раз подчеркнуть: все процессы, происходящие внутри протореальности, детерминированы столь же строго, как и классические процессы. Классическое физическое состояние меняется в полном согласии с классическими же законами (в частности, законами Ньютона). Квантовое состояние тоже изменяется согласно строгому физическому закону – принципу элементарного вращения.

А как же Шредингер?

Возможно, в других книжках по квантовой механике вы читали о том, что квантовое состояние изменяется согласно уравнению Шредингера. Противоречия тут нет, в рамках интерпретации **МПВС** уравнение Шредингера является прямым следствием принципа эволюции. Уравнения «традиционной» квантовой механики вообще работают только на уровне амплитуд вероятности, «игнорируя» протоварианты и их элементарные квантовые шансы. Разумеется, на качество и полноту квантовых расчётов это никак не влияет, как не влияет, например, на «качество» закона Бойля-Мариотта игнорирование того факта, что газ состоит из отдельных микрочастиц. Но наша задача – не овладение математическими тонкостями квантовых уравнений, а понимание их физического смысла. Поэтому мы идею протовариантов игнорировать не будем.

Разрыв предопределённости происходит только в момент реализации и редукции – это мы уже обсуждали.

Шаг 21. Квантовый фундамент.

Ну вот, уважаемые читатели, мы сделали десять «квантовых шагов» по нашему мосту, и настала пора «отлить в бронзе» квантовые принципы, с которыми познакомились. Во-первых, для порядка, надо компактно сформулировать квантовый фундамент. Во-вторых, надо сравнить и посмотреть, насколько далеко мы ушли от классики. И в-третьих, чтобы ещё раз проговорить некоторые вещи, особенно важные для понимания всей картины в целом.

В какой последовательности лучше выстроить квантовые принципы? Это непростой вопрос, ведь излагаемая информация непривычна и многомерна. Поэтому поступим так. Сначала изложим основные принципы «параллельно» новоклассическому фундаменту, который представлен на десятом шаге, а затем добавим немного новых сущностей. Не без крайней на то необходимости, хвала Оккаму!

Принцип существования протосостояний

Существуют протоварианты, являющиеся прототипами наблюдаемых физических состояний. Множество протовариантов представляет собой полный набор прототипов. Каждый виртуальный вариант уникален.

Принцип объективности перспективы

Каждый протовариант обладает объективной перспективой реализации в классической реальности.

Как видите, первые два принципа мы наследуем из новой классики без изменений. Разве только на нынешнем этапе рассуждений мы должны добавить, что реализуется не сам протовариант, а именно связанная с ним перспектива. Ведь реализация – это всего лишь проявление в классической реальности некоторой неполной (!!!) информации из протореальности. А раз неполной, то «ошибкой было бы думать», что реализация вылавливает из протореальности какой-то конкретный протовариант. Нет, всё, что может быть известно классическому наблюдателю – это к какой группе принадлежал «сыгравший» вариант. Стало быть, следует различать элементарные перспективы отдельных протовариантов и групповые перспективы. Также необходимо отметить, что реализоваться может **исключительно** групповая перспектива.

Принцип множественности реализуемых перспектив

Ненулевой вероятностью реализации могут обладать несколько групповых перспектив одновременно.

Ещё раз заметим, что под словом «несколько» здесь следует понимать любое натуральное число, от единицы до бесконечности.

Из принципа множественности неизбежно следует, что ***реализация перспективы осуществляется абсолютно случайным образом.***

Квантовый принцип множественности, конечно, противоречит классическому принципу единственности реализуемой перспективы. Но, заметьте, это одностороннее противоречие. Принцип множественности допускает ситуации, в которых ненулевой вероятностью обладает всего одна перспектива. Значит, гипотеза множественности не отвергает классических представлений о мире, оно лишь ограничивает область их действия. Если реализуемая перспектива всего одна – это тот случай, когда квантовая механика «притворяется» классической физикой.

Как видите, наши построения вполне укладываются в рамки научного метода – не отвергать заслуженные идеи с хорошей репутацией, а вбирать их в себя. Поэтому призываю ещё раз согласиться с принципом множественности – это единственный, по большому счёту, компромисс, на который вам следует пойти, чтобы принять квантовую механику, как говорится, сердцем.

Принцип предопределённой эволюции

Существуют физические законы – строгие «правила», согласно которым изменяются вероятности групповых перспектив.

Тем самым констатируем, что квантовое состояние протореальности «самопроизвольно» изменяется во времени, причём строго предопределённым образом. Приводной механизм квантовой эволюции мы обсудили на предыдущем шаге.

Опять же, ново-классический принцип предопределённой реализации не отвергается, а превращается в крайний, или, как говорят учёные – граничный случай. В конце концов, тому самому классическому стакану предопределено раз за разом реализовываться в одном и том же месте. По крайней мере до тех пор, пока какой-нибудь классический пингвин не смахнёт его народной балалайкой.

По правде говоря, в интерпретации **МПВС** принцип предопределённой эволюции нельзя считать фундаментальным, потому что он – следствие принципа элементарного вращения. С другой стороны, перечисленные пять принципов явно или неявно задействованы в любых разумных интерпретациях квантовой механики, хоть копенгагенской, хоть эвереттовской многомировой, хоть какой ещё. Так что оставим принцип предопределённой эволюции в числе фундаментальных на всякий случай, или, как говорится, на любителя.

Анализируя принцип множественности, мы установили, что в основе реализации лежит случайный выбор перспективы. Значит, тут работают те же законы, которые управляют классическим псевдослучайным выбором –перечислим их. Во избежание лишней бюрократии, мы не будем каждому принципу выбора давать наименование, просто выделим суть жирным курсивом.

Выбирается отдельный вариант, но реализуется групповая перспектива.

Об этом мы уже упоминали, но повторить лишний раз не помешает.

Вероятности выбора всех протовариантов одинаковы.

Напомним, что вероятность выбора отдельного протоварианта мы называли элементарным шансом.

Элементарные шансы протовариантов складываются в вероятности групповых перспектив.

На примере рулетки: групповая вероятность того, что выпадет «красное», равна сумме элементарных шансов всех красных номеров на барабане.

Реализация перспективы происходит при получении любой релевантной информации.

Помните нашу игру с поиском ключа? Как только мы получаем релевантную информацию о наличии/отсутствии ключа в каком либо месте, одна из перспектив реализуется. Обращаю внимание на слово «релевантную» – речь идёт только об информации, имеющей отношение к делу.

Реализовавшаяся групповая перспектива обретает единичную вероятность, все альтернативные перспективы – нулевую.

Это явление мы называли редукцией вероятности.

Несмотря на то, что и для классического, и для квантового выбора перечисленные четыре принципа формулируются одинаково, нельзя забывать и об одном важном отличии. Если для умозрительных классических перспектив это не более чем **математические правила**, то для объективных квантовых перспектив это **физические законы**. Разницу легче всего осознать, проанализировав последствия редукции. Реализация классической перспективы не влияет на физическое состояние, она меняет лишь субъективный расклад вероятностей в голове наблюдателя, получившего информацию. Реализация же квантовой перспективы изменяет расклад объективных физических вероятностей.

Здесь добавим ещё пару слов о роли наблюдателя. С классической точки зрения все эти вероятностные игры без «игрока» вообще не имеют смысла. Действительно, какие могут быть вероятности в детерминированном мире, где всё предопределено? Только субъективные. Соответственно, и реализация перспективы при получении информации, и редукция в классическом представлении происходят лишь в сознании наблюдателя. А в квантовом представлении, во всяком случае, в интерпретации **МПВС**, перспективы и вероятности объективны. Реализация и редукция происходят не в момент получения информации наблюдателем, а в момент её появления на «мониторе классической реальности». Смотрит в это время кто-нибудь на монитор или нет – не имеет значения. Подробнее мы это обсуждали на тринадцатом шаге.

Переходим к чисто квантовым принципам. Это те самые новые сущности, без которых, мне думается, совершенно невозможно осознать физический смысл квантовой механики.

И не всем оно надо

Физики, профессионалы квантовых расчётов, вполне обходятся и без этого осознания. Но нам, любопытствующим дилетантам, хотелось бы опереться на что-то понятное, правда?

Элементарный шанс протоварианта на выбор выражается двухмерным вектором, модуль которого одинаков для всех протовариантов.

Выглядит слишком абстрактно и математично, но, извините, не придумал, как лучше кратко сформулировать концепцию **квантового вектора** (предложения принимаются). Практический смысл этого утверждения подробно разъяснялся на семнадцатом шаге, не буду повторяться. Здесь напомним только главное следствие: **групповая вероятность выбора**, она же – сумма всех квантовых векторов группы, она же – результат интерференции квантовых векторов группы, она же – **амплитуда вероятности** групповой перспективы, также является векторной величиной.

В квантовых формулах прямо выражать амплитуды вероятности перспектив комплексными числами. Наша интерпретация этому никак не противоречит, ведь комплексное число – это просто особая форма представления двумерного вектора.

Обязательным условием реализации перспективы является согласованный дуальный выбор.

Вот набор обоснований для такого утверждения:

- реализация возможна только при взаимодействии двух (как минимум) объектов;
- все объекты подчиняются фундаментальным квантовым принципам;
- квантовые состояния взаимодействующих объектов дуальны друг другу;
- одновременная реализация несогласованных перспектив приводила бы к логически абсурдным ситуациям в классической реальности.

А вот следствие: вероятность реализации перспективы равна квадрату модуля амплитуды вероятности.

За подробностями опять отсылаю назад, на шестнадцатый шаг.

Очередной «кирпич» нашего квантового фундамента – принцип элементарного вращения:

Квантовый вектор протоварианта равномерно вращается. Частота вращения пропорциональна «энергетике» варианта.

Согласно гипотезе **МПВС** принцип вращения – это элементарный «движок» квантовой эволюции, то есть изменения во времени амплитуд вероятностей групповых перспектив. В свою очередь, в любой интерпретации квантовой механики квантовая эволюция лежит в основе всякого физического движения. Как ненаблюдаемого перемещения в пространстве максимума вероятности

обнаружения квантовой частицы (это мы разбирали на [предыдущем](#) шаге), так и наблюдаемого движения классических объектов.

Все одинаковые

В данном случае разделение на «квантовую частицу» и «классический объект» применено исключительно для компактности изложения. На самом деле, как уже говорилось, никакого деления нет, для всех объектов действуют одинаковые законы. Но в практических опытах размер, а скорее – масса объекта, имеет значение. Скажем, электрон относительно просто изолировать от взаимодействий с прочими объектами. А уберечь от таких взаимодействий допустим, утюг, практически невозможно. Это одна из причин, почему электрон проявляет в экспериментах квантовые свойства, а утюг – нет.

И ещё одна вещь, о которой обязательно надо поговорить на этом шаге. Как ранее сообщалось, квантовое состояние протореальности не может быть каким угодно. Существует ряд принципов, которые накладывают определённые ограничения на интерференционную картину. Тут нам, поскольку мы избегаем формул, придётся обойтись без подробностей.

«Специально для придира»

Тем, кто всё же хочет подробностей, рекомендую набрать в поисковике «постулаты квантовой механики» и попробовать осмыслить найденное. Вот такое, например: ***«Всякой физической величине в квантовой механике сопоставлен линейный самосопряженный оператор. Единственно возможными величинами, которые может иметь эта физическая величина, являются собственные значения оператора»***. Как вам такая линейная алгебра?

Скажем обобщённо: квантовое состояние не может быть таким, чтобы в классической реальности наблюдалось нарушение физических постулатов сохранения и относительности и логических принципов вероятности.

Допустим, некто решил представить себе пару свободных частиц и изобразить для каждой интерференционную картину типа той, что показана на рисунке 25. Произвольно подбирая направления квантовых векторов, можно скомбинировать такую ситуацию, когда вероятность столкновения частиц будет разной в разных системах отсчёта – бумага всё стерпит. В реальности, конечно, такое невозможно, вероятности любых событий во всех системах отсчёта одинаковы. Значит и взаимная ориентация квантовых векторов не может быть какой попало.

Самым, пожалуй, знаменитым проявлением наложенных на квантовое состояние ограничений является принцип неопределённости Гейзенберга. Напомним его вкратце: чем точнее определена координата частицы, тем менее точно определён её импульс, и наоборот. Например, теоретически квантовое состояние частицы может быть таково, что вероятность обнаружить частицу в одной конкретной точке пространства равна единице, а вероятность обнаружить её где-то ещё равна нулю. То есть координата частицы определена с абсолютной точностью. Так вот, в такой ситуации импульс не определён совершенно. При измерении импульса такой частицы мы можем с равной вероятностью получить любое значение, от минус - бесконечности до плюс - бесконечности.

Шаг 22. Интерференция на практике.

Теперь, опираясь на изученные нами принципы, объясним результаты одного сравнительно несложного квантового эксперимента. Схема опыта показана на следующем рисунке.

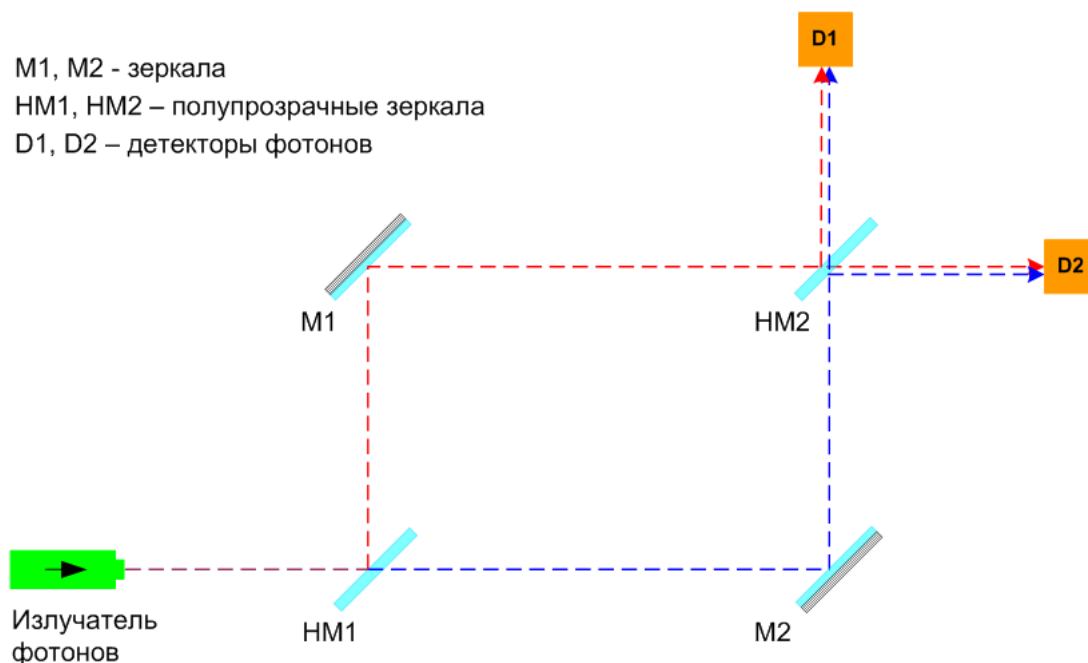


Рисунок 28 – Интерференционный эксперимент

Имеется излучатель одиночных фотонов, два детектора и четыре зеркала – пара обычных зеркал и пара полупрозрачных. На полупрозрачном зеркале фотон может с равной вероятностью либо пройти насквозь, либо отразиться. Следовательно, система зеркал обеспечивает четыре альтернативных, одинаковых по длине и равновероятных пути фотона от излучателя к детекторам:

- Излучатель – HM1 – M1 – HM2 – D1;
- Излучатель – HM1 – M1 – HM2 – D2;
- Излучатель – HM1 – M2 – HM2 – D1;
- Излучатель – HM1 – M2 – HM2 – D2.

Проведём достаточно длинную серию одиночных «выстрелов». Если бы фотон был классической точечной частицей, то детекторы срабатывали бы с одинаковой вероятностью: примерно в половине случаев «щёлкал» бы D1, в половине – D2. Но на деле происходит другое: в каждом выстреле срабатывает D2.

Напоминаю нашу договорённость

на счёт мысленных экспериментов: считаем, что всё оборудование работает идеально, никаких осечек, потерь и ошибок нет.

Такой результат легко объяснялся бы и в классической физике, будь свет волной. (Собственно, физики его и считали волной примерно до начала XX века). Смысл рассуждений был бы примерно такой. Полупрозрачное зеркало разделяет волну на две части, отражённую и сквозную. После прохождения HM2 разные «кусочки» волны совмещаются и интерферируют друг с другом. На участке HM1 –

D1 волны находятся в противофазе и гасят друг друга. На участке же HM1 – D2 волны в одинаковой фазе и поэтому взаимно усиливаются. Однако это предположение напрочь опровергается следующим экспериментом.

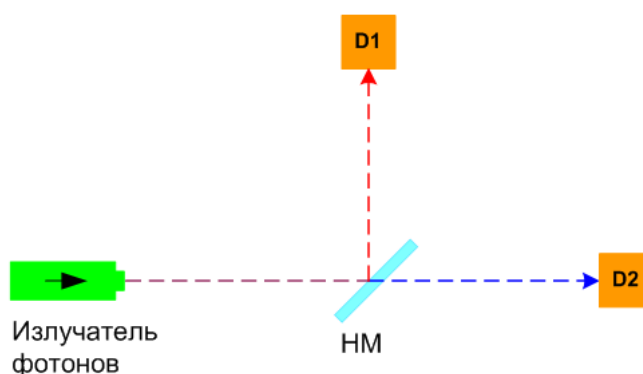


Рисунок 29 – Опыт с полупрозрачным зеркалом

В каждом выстреле срабатывает либо D1, либо D2, но никогда оба датчика сразу. Зеркало не делит фотон, будь он хоть волной, хоть частицей, ни на какие кусочки, оно либо пропускает, либо отражает его. Значит, классическое объяснение результатов интерференционного эксперимента не годится.

Свое объяснение даёт квантовая механика. В копенгагенской интерпретации утверждается, что фотон обладает свойствами и частицы, и волны. Якобы при излучении и детектировании фотон ведёт себя как частица. А при распространении в пространстве – как волна.

В интерпретации **МПВС** идея корпускулярно-волнового дуализма не нужна: фотон – это частица, и только частица. Другое дело, что эта частица существует только как набор протовариантов в протореальности, и только от момента запуска излучателя и до момента срабатывания одного из детекторов.

Хотя почему «от и до»? Мы же договорились, что в протореальности всегда и одновременно существует вообще всё, что только может быть в природе. В том числе, разумеется, и фотон, который может быть сгенерирован данным конкретным излучателем. Более того, всё, что существует в виде прототипов, имеет перспективу реализоваться как исход наблюдения в классической реальности. Но вероятности у перспектив разные! В нашем случае слова «существует фотон» удобно понимать так, что есть ненулевая вероятность обнаружить фотон хоть в какой-нибудь точке пространства. Естественно, такая ситуация имеет место только в указанный промежуток времени: от момента генерации до момента детектирования.

Если бы мы могли заглянуть на самое «дно» протореальности, на уровень интерференции, мы бы всё сущее там увидели: все фотоны и протоны, и стаканы, и даже пингвинов с балалайками. Но давайте ограничим глубину нашего мысленного взора уровнем выбора и будем отслеживать только ненулевые перспективы.

Можно было бы начать в таком духе: излучатель генерирует фотон, который затем движется в направлении зеркала НМ1. Но у нас подход не инженерно-технический, а «перспективно-вероятностный», поэтому скажем по-другому. В момент выстрела излучатель воздействует на протореальность таким образом, что...

Минуточку! То, что в протореальность нельзя заглянуть, вовсе не означает, что на неё нельзя воздействовать. Можно, причём, вполне целенаправленным образом. Вот излучатель и воздействует: событие выстрела изменяет квантовое состояние протореальности так, что возникает ненулевая перспектива обнаружить фотон в небольшой области на выходе излучателя. Вот «фотография» протореальности через короткое после выстрела время:

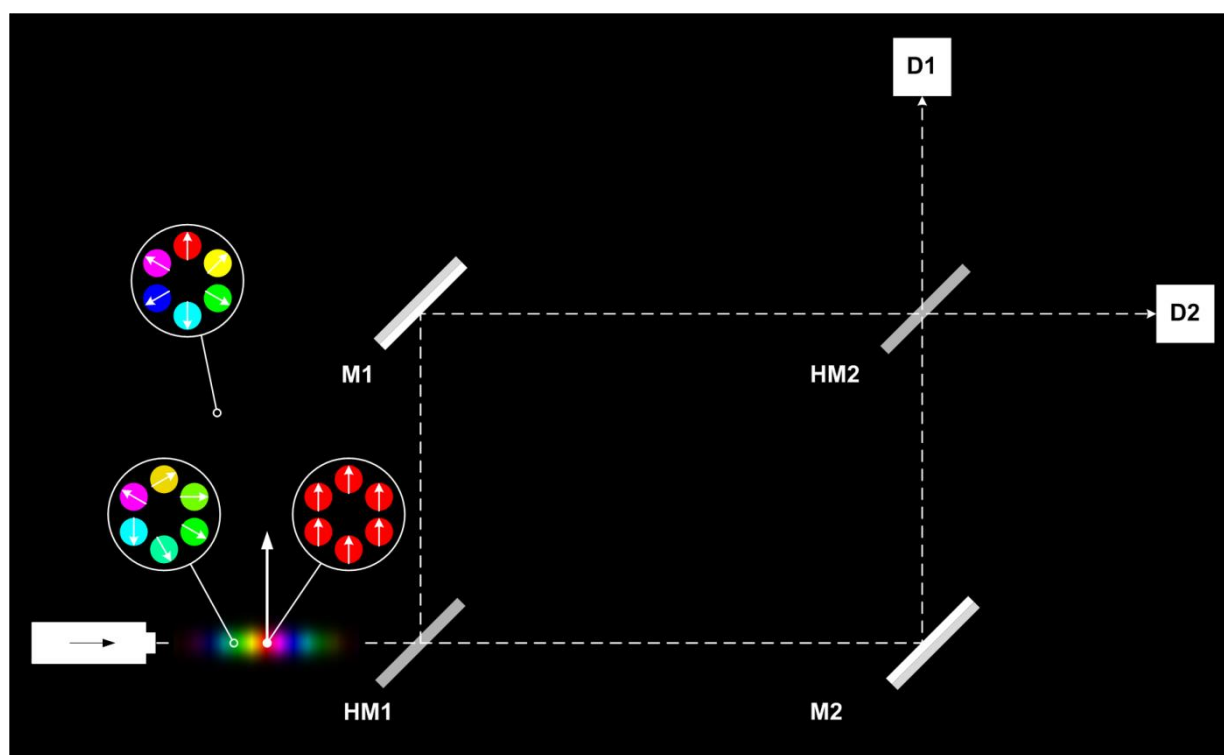


Рисунок 30 – Облако ненулевой вероятности на выходе излучателя

Как гласит гипотеза **МПВС**, в каждой точке пространства существует множество прототипов фотона. Но не в каждой точке фотон можно обнаружить с равной вероятностью, ведь амплитуда групповой перспективы зависит от взаимной ориентации квантовых векторов. На рисунке 30 мы всё-таки «подсмотрели» уровень интерференции в трёх разных точках, чтобы ещё раз показать: вероятность перспективы обнаружить фотон тем больше, чем более одинаково сориентированы квантовые вектора протовариантов. Для точки, где вероятность максимальна, на рисунке построен групповой квантовый вектор – амплитуда вероятности. Направление и величину амплитуды в других точках вы можете оценить на глазок по цвету и интенсивности раскраски. Цвет вдоль облака ненулевых перспектив циклически меняется по направлению, образуя подобие волны.

Вращение квантовых векторов приводит к тому, что облако с течением временем перемещается вдоль линии выстрела и в определённый момент достигает полупрозрачного зеркала **HM1**. Зеркало тоже изменяет квантовое состояние, а именно разделяет облако надвое, создавая тем самым два альтернативных равновероятных маршрута дальнейшего движения. При этом в том полуоблаке, которое отражается от зеркала, происходит сдвиг по фазе на четверть «цветовой» волны. Или, что то же самое, поворот всех амплитуд вероятности на четверть круга в их условном пространстве. А в том полуоблаке, которое проходит зеркало насквозь, никакого сдвига фазы нет, как показано на рисунке 31.

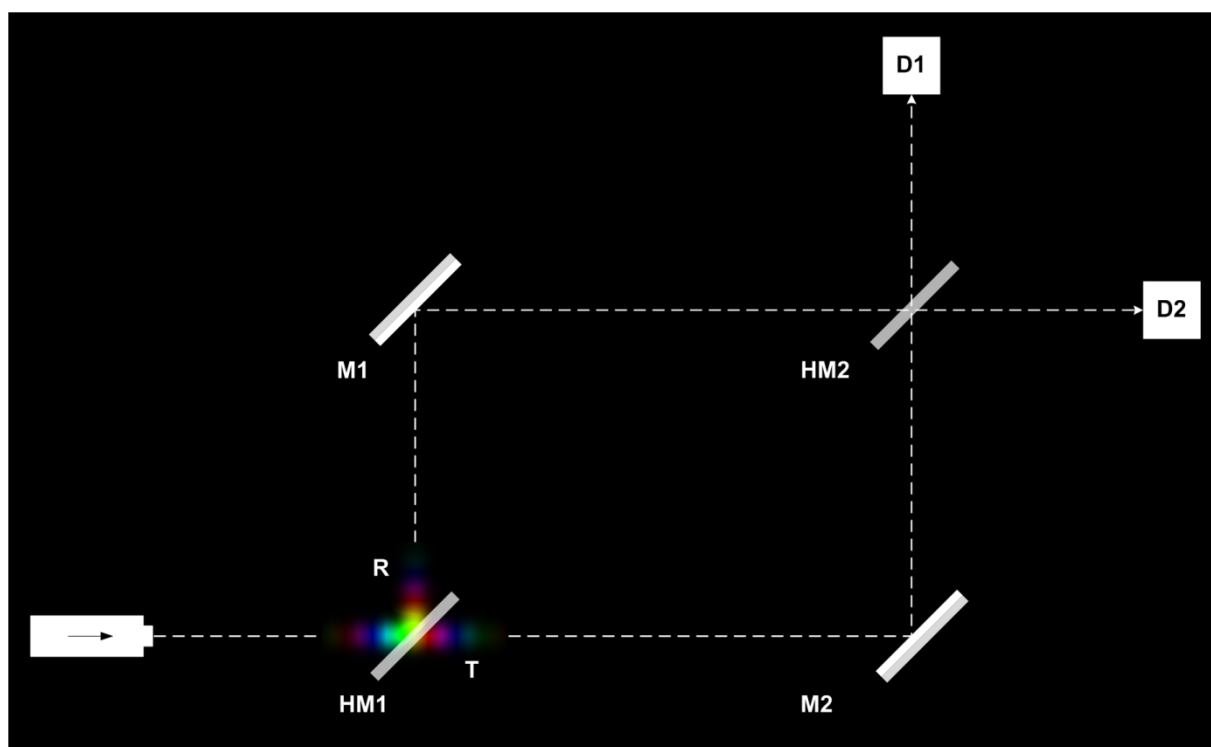


Рисунок 31 – Отражение на полупрозрачном зеркале

Для краткости обозначим отражённое от **HM1** облако перспектив как **R** (reflected), а проходящее – **T** (through). Внутри интерферометра **R** и **T** перемещаются каждое своим маршрутом, их амплитуды синхронно вращаются, при этом в каждый момент времени амплитуда НО сдвинута относительно амплитуды ВО на четверть оборота.

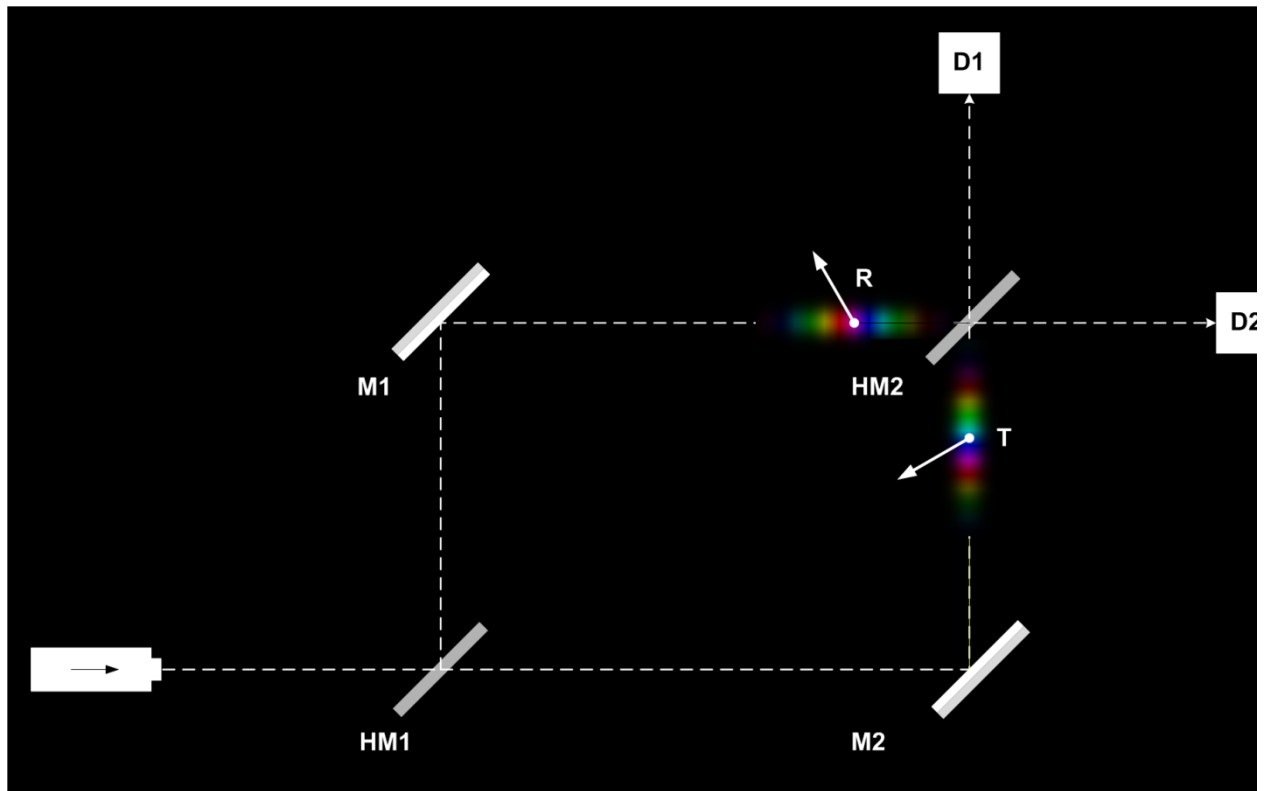


Рисунок 32 – Отражение на полупрозрачном зеркале

С этим сдвигом **R** и **T** одновременно достигают зеркала **HM2**. Здесь каждое облако опять раздваивается на отраженную и проходящую части:

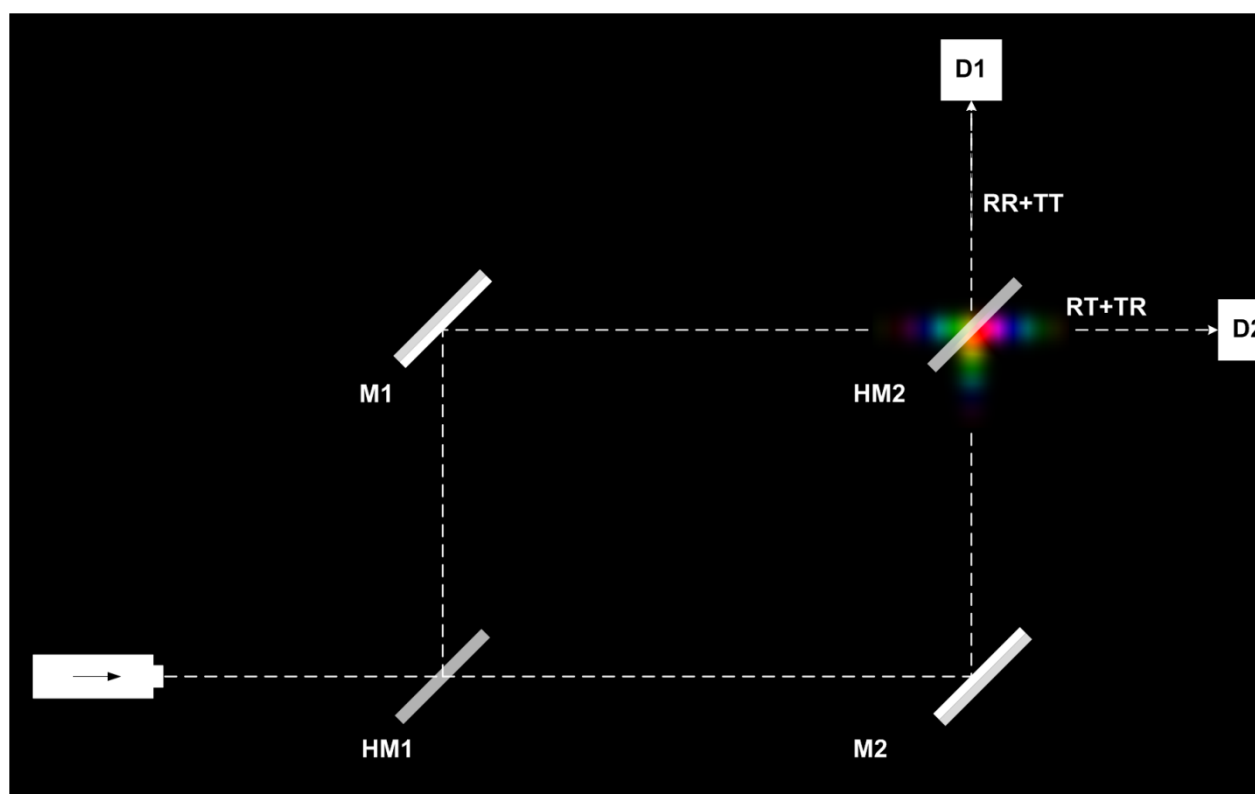
RR – отражённая часть **R**;

RT – проходящая часть **R**;

TT – проходящая часть **T**;

TR – отражённая часть **T**.

В отраженных частях фазы амплитуд снова сдвигаются на четверть круга. Что получается? На пути к детектору **D1** совмещаются облака **RR** и **TT**, амплитуды которых повернуты относительно друг друга на пол-оборота, то есть находятся в противофазе. Таким образом, облака **RR** и **TT** взаимно уничтожаются, а точнее сказать – полностью маскируются от выбора деструктивной интерференцией. А вот **RT** и **TR** приходят на **D2** в одинаковой фазе и взаимно усиливаются.

Рисунок 33 – Интерференция на выходе **HM2**

В результате такого «интерференционного замеса» после зеркала **HM2** облако ненулевых перспектив движется только в сторону детектора **D2**. В таких условиях, конечно, вероятность срабатывания **D1** равна нулю, а вероятность срабатывания **D2** – единице.

Сравним. В копенгагенской и некоторых прочих интерпретациях квантовой механики предлагается считать, что один (!) фотон движется двумя (!!!) путями одновременно, а после зеркала как бы интерферирует сам с собой. Именно один фотон, потому что если мы поставим детекторы, например, на участках **M1 – HM2** и **HM1 – M2**, то будет срабатывать либо один, либо другой детектор. И именно двумя путями, потому что иначе никак невозможно объяснить, почему всегда срабатывает только **D2**. Кстати, если перекрыть один, любой из путей заслонкой, то **D1** и **D2** начнут срабатывать с равной вероятностью. Притом только в половине примерно выстрелов. В другой половине не работает ни один детектор, потому что фотон «разобьётся» о заслонку.

В интерпретации же **МПВС** двумя путями перемещается не фотон, а облако ненулевых перспектив. Согласитесь, что раздвоение перспектив осмыслить существенно легче, чем раздвоение физического объекта. Такой физический объект, как фотон, если честно, вообще существует только в протореальности, а в классической реальности никогда не появляется. Лишь проявляется в виде наблюдаемого события, в нашем случае – срабатывания детектора. А до щелчка детектора нет никакого фотона – есть только перспективы обнаружить его «след» в том или ином месте. И интерферируют между собой эти самые перспективы, а вовсе не фотон сам с собой.

Резюмируем. Довольно странные с классической точки зрения результаты интерференционного опыта объясняются тем, что у детекторов **D1** и **D2** амплитуды вероятности перспектив суммируются в разных фазах.

По большому счёту, аналогичное объяснение имеет и знаменитый двухщелевой эксперимент. Хотя в деталях есть отличия. В интерферометре разность фаз возникает за счёт разного количества отражений на альтернативных путях, а в двухщелевом эксперименте – из-за отличающихся длин путей. Тем, кому хочется больше подробностей про двухщелевой опыт, предлагаю перейти [по этой ссылке](#). Там же в соседних главах можно почитать про эксперименты с отложенным выбором и с квантовым видением в темноте. Только прошу учесть, что в той версии «квантового ликбеза» используется морально устаревшая (на мой взгляд) методика изложения и терминология, но, надеюсь, это уже не мешает Вам разобраться в перечисленных экспериментах.

Шаг 23. Запутки со временем.

О модных «чудесах», базирующихся на явлении запутанности, в этой книжке мы говорить не будем. Квантовую телепортацию и квантовые вычисления рассмотрим в следующих частях «Квантового моста», если им суждено будет когда-либо появиться на свет. Но о самой запутанности несколько слов скажем.

Проведём очередной мысленный эксперимент.

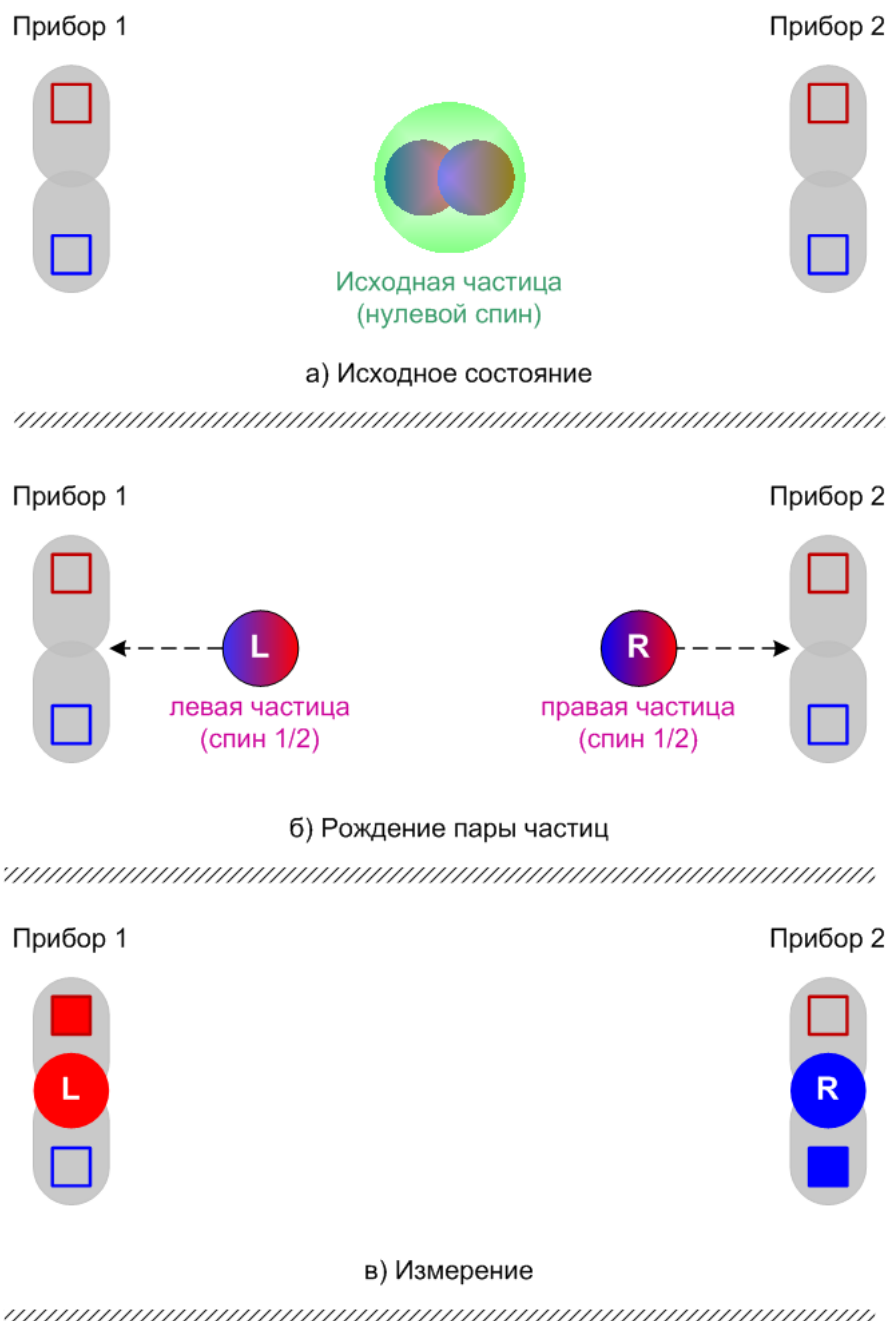


Рисунок 34 – Корреляционный эксперимент

Пусть имеется два прибора для измерения момента импульса, типа тех, что мы использовали на шагах 9 и 10. Приборы сориентированы одинаково. Также имеется некая исходная частица с нулевым спином (рисунок 34а).

В какой-то момент времени исходная частица распадается на две частицы со спином $\frac{1}{2}$, назовём их условно «левая» и «правая» (рисунок 34б). Подробности о том, что такое спин $\frac{1}{2}$, предлагаю поискать в других источниках. Для нас же здесь принципиально только одно свойство «полуспиновой» частицы: при измерении её момента импульса мы получим «плюс» или «минус», а значит, наши «бинарные» приборы будут вполне корректно с ней работать.

Затем мы измеряем момент импульса левой частицы прибором 1, момент импульса правой частицы – прибором 2 (рисунок 34в). На рисунке прибор 1 выдаёт положительный результат, состояние левой частицы определяется как «плюс». Прибор 2 выдаёт отрицательный результат, состояние правой частицы – «минус».

Пусть это очень упрощённое и схематичное описание эксперимента, но, поверьте, технически опыт такого рода хоть и сложен, но вполне реализуем, и неоднократно проводился.

Каждая из двух частиц в период между рождением и измерением пребывает в состоянии максимальной неопределённости, перспективы получить при измерении спина «плюс» и «минус» равновероятны.

Особо недоверчивым

Кто до сих пор думает, что результат будущего измерения предопределён уже при рождении пары частицы, то есть при распаде исходной частицы с нулевым спином, тем ещё раз рекомендую внимательно помедитировать над темой [«Неравенства Белла»](#).

Если бы левая и правая частица представляли собой два абсолютно независимых квантовых объекта, то в корреляционном эксперименте были бы возможны четыре исхода:

«плюс-плюс»;

«плюс-минус»;

«минус-плюс»;

«плюс-плюс».

При этом исходы левого и правого измерений также не зависели бы друг от друга. Исход слева не влиял бы никак на исход справа, и наоборот.

Но наши частицы независимыми не являются, ведь их спины жестко увязаны друг с другом законом сохранения момента импульса. Спин исходной частицы был нулевым, а значит, суммарный спин левой и правой частиц также будет нулевым. Таким образом, исходы «плюс-плюс» и «минус-минус» в нашем эксперименте невозможны. Скажем на языке МПВС: вероятности перспектив, в которых исходы левого и правого измерений совпадают, равны нулю. От момента рождения и до измерения протореальность существует в совокупности двух равновероятных перспектив нашей пары: «плюс-минус» и «минус-плюс».

А в классической реальности мы имеем жесткую, стопроцентную корреляцию (строго говоря – антикорреляцию) между исходами левого и правого измерений. Если слева получаем «плюс», то справа – «минус». Если слева «минус», то справа – «плюс». Отметим очевидный, но совершенно контринтуитивный эффект: если для первого измерения исходы «плюс» и «минус» равновероятны, то исход второго измерения однозначно предопределён. При этом не важно, какую из частиц мы

измеряем первой. Про такую ситуацию и говорят, что частицы находятся в запутанном состоянии.

Как трактовать такие результаты? Да понятно, как. В момент первого измерения мы получаем исход, допустим, «плюс», для левой частицы. Реализуется, значит, перспектива «плюс-минус». В протореальности происходит редукция, квантовое состояние изменяется. Если рассмотреть системные перспективы пары частиц в целом, то обнуляется вероятность получить исход «минус-плюс». Если же рассмотреть «индивидуальные» перспективы каждой из частиц, то они тоже становятся predetermined. В частности, для правой частицы обнуляется вероятность исхода «плюс» и предопределяется исход «минус».

Если брать во внимание только ненулевые перспективы, то можно сказать, что реализация одной из них «стирает» из протореальности все альтернативные. Всё бы ничего, пока мы работаем с одной частицей. Но если поразмышлять о запутанной паре, то обнаружится одна странность. Мы можем до измерения разнести частицы пары на любое расстояние друг от друга. Каким бы большим ни было это расстояние, измерение одной частицы мгновенно изменяет состояние второй частицы. В теории считается, что воздействие одной частицы на другую распространяется с бесконечной скоростью. Во всяком случае, то, что эта скорость существенно превышает скорость света, подтверждено экспериментально.

Что же, имеем противоречие с теорией относительности, которая сверхсветовое взаимодействие запрещает? Да, имеем, если придерживаться той точки зрения, что между запутанными частицами имеется некий сверхсветовой канал связи. Но я осмелюсь предложить другое объяснение этого «пугающего дального действия»:

при редукции квантовое состояние протореальности меняется таким образом, как будто бы реализация перспективы произошла сразу в момент её возникновения.

Попробуем растолковать это на примере нашего опыта. Сформулируем ещё раз то, что мы уже знаем:

- непосредственно перед первым измерением состояние протореальности таково, что существует две ненулевых перспективы.
- сразу после измерения состояние протореальности таково, что существует одна ненулевая перспектива.

И сделаем неизбежный вывод: редукция делает состояние протореальности таким, как будто бы той ненулевой перспективы, которая не реализовалась при измерении, никогда не существовало вообще.

Распад исходной частицы можно рассматривать как момент возникновения двух ненулевых перспектив. А можно – как момент возникновения двух потоков будущих событий. До измерения эти потоки существуют параллельно. Иными словами, в протореальности параллельно развиваются две разные истории мира, одна из которых приводит к реализации перспективы «плюс-минус», а другая – к реализации перспективы «минус-плюс».

Протопроцессы

Если вы согласись с тем, что в протореальности может существовать одновременно множество альтернативных перспектив, то и возможность одновременного протекания там множества альтернативных процессов также не должна вас удивлять.

В момент измерения редукция стирает из протореальности все истории, кроме той, которая стала фактом классической реальности.

Как видите, такой механизм вполне объясняет квантовую корреляцию и при этом никакого канала нелокальной «суперсвязи» между частицами не требует. Зато требует другого странного явления, согласиться с которым нашему «здравому смыслу» очень трудно. Ведь здесь, как ни крути, происходит обратный скачок во времени от момента измерения к моменту исторической развилки и изменение прошлого. Но «здравому смыслу» не стоит беспокоиться: ведь этот скачок происходит только в протореальности, и ни к каким временным парадоксам в наблюдаемой реальности не приводит. Использовать эти возвраты для реальных путешествий во времени никак не получится. Зато, зная об их существовании, можно объяснить механизм квантовой нелокальности (надеюсь, мне это удалось).

Как, ваш «здравый смысл» всё-таки протестует? До сих пор считаете, что обратные скачки во времени, пусть даже и только в протореальности, невозможны? По-прежнему уверены, что квантовая нелокальность объясняется сверхсветовым каналом связи? Что же, попробую разрушить эту вашу уверенность.

Проведём следующий мысленный эксперимент. Одну частицу запутанной пары отдаём Алисе, вторую отдаём Бобу. Алиса и Боб сверяют часы и, каждый со своей частицей, разъезжаются на достаточно далёкое расстояние. Допустим, Алиса едет на Северный полюс, а Боб - на Южный.

Одновременно, в оговоренный момент времени, Алиса и Боб измеряют спины своих частиц. Ну как одновременно? Ведь сколь бы ни были точны их часы, на практике между ними всё равно будет какое-то расхождение, пусть на миллионную, пусть на триллионную долю секунды. И всё равно получится, что кто-то из них измерит чуть раньше. Пусть первой будет Алиса.

Мы помним, что до измерения обе частицы запутанной пары находятся в неопределённом состоянии. Но как только Алиса проведёт измерение, её частица переходит в какое-то определённое состояние. Но не только, частица Боба тоже «автоматом» определяется. Казалось бы, вполне резонно думать, что результат Алисы является причиной, а результат Боба – следствием.

Однако не будем забывать о фокусах специальной теории относительности, где понятия «раньше» и «позже» вовсе не абсолютны. Если события «А» и «Б» происходят в разных точках пространства, то в одной системе отсчёта события «А» и «Б» могут произойти одновременно. В другой «А» происходит раньше «Б». В третьей, наоборот, раньше происходит «Б».

Так вот, мы условились, что в системе отсчёта, относительно которой оба экспериментатора неподвижны, Алиса измеряет на мгновение раньше Боба. Но, согласно теории относительности, существуют и такие системы отсчёта, где первым измеряет Боб. И мы вынуждены считать, что в этих системах отсчёта

следствие (результат Боба) происходит раньше причины (результат Алисы). А это тоже отскок по времени, как не крути.

Вот, так или иначе, но мы вынуждены допускать возможность отскока в прошлое. Но отскок отскоку рознь! Согласно той же теории относительности, если событие «А» является причиной, а событие «В» – следствием, тогда «А» происходит раньше в любой системе отсчёта. Теперь давайте посмотрим, как у нас обстоит дело с этим правилом в двух разных объяснениях квантовой нелокальности.

Объяснение первое: временной отскок в протореальности. При таком подходе не важно, на самом деле, кто стал инициатором отскока, Алиса или Боб. До измерения оба они, как и любой внешний наблюдатель, существуют в реальности, где спины частиц не определены. Но после первого измерения эта реальность стирается и подменяется на такую, в которой спины определены. Причём стирается «задним числом». В этой новой реальности ни результат Алисы, ни результат Боба уже не являются причиной. Оба результата – следствие прошлого события, а именно рождения пары частиц с единственной ненулевой перспективой. Таким образом, в обновившейся реальности ни для какого из наблюдателей не существует абсурдной ситуации «следствие опережает причину».

Объяснение второе: сверхсветовая связь. Поскольку никакого стирания несостоявшихся виртуальных реальностей не происходит, то в некоторых системах отсчёта следствие, получается, предшествует причине в самом что ни на есть классическом смысле. Тогда мы должны признать, что теория относительности в какой-то части «врёт». Лично мне такой подход не кажется состоятельным, так что предлагаю всё же принять идею протореального отскока во времени.

На этом, уважаемые читатели, позвольте оставить вас поразмышлять над прочитанным. А увидит ли свет продолжение книги – это зависит, в основном, от вашего интереса.

Спасибо за внимание!

Релиз 2.3

25.01.2025