

Призрак амплитуды

или

Парадокс Камнева и неравенства Звонарёва

(шутка с оттенком саркастического пародизма)

П.В. Путенихин

(Получена 8 января 2008; опубликована 15 января 2008)

Студенты одного из вузов при изучении новой физической дисциплины – койнтовой механики столкнулись с интересными выводами. Камнев сформулировал парадокс «телепатической связи» между сцеплёнными объектами, но Звонарёв доказал, что парадокс – лишь следствие неправильной трактовки фундаментального положения теории – несепарабельности. Алик Асперян разработал методику, которая позволила решить спор между Камневым и Звонарёвым в пользу нелокальности койнтовой механики и ошибочности представлений Камнева о ее неполноте и необходимости введения в нее дополнительных параметров – локализма. Важность понимания тонкостей несепарабельности показал преподаватель на примере шуточного парадокса кошёлки Шрёнина. То, что несепарабельность, нелокальность, суперпозиция лежат в основе Бытия, неожиданным и загадочным образом ощутили на себе еще несколько ребят, побывавших «по ту сторону» реальности.

Загадки койнтовой механики

Я и раньше догадывался, что наш мир устроен очень хитро. Много в нём странно и необъяснимо. Но раньше над этим я как-то сильно не задумывался, хотя против суеверий и прочей мистики всегда был настроен решительно. Когда поступил в институт, то многие изучаемые дисциплины убеждали меня в правильности моей диалектико-материалистической позиции. И тем более было удивительно, когда самая главная наука, наука о Природе – Физика, вдруг неожиданно покусилась на моё мировоззрение! Будто нарочно, я наткнулся в интернете на статью в журнале Nature: учёные сказали «прощай» реальности [1]. Ещё одна статья о так называемых «несепарабельных состояниях» от имени Физики объявляет: «мы вступаем в «потустороннюю» для привычных представлений область квантовых уровней Реальности, попадаем в сферу того самого «тонкого мира» или «Царства Небесного» – мира нелокальных квантовых корреляций, характерные особенности которого изложены в религиозных и мистических учениях. И все эти знания, накапливаемые тысячелетиями, на мой взгляд, как нельзя лучше пересекаются с современными представлениями о несепарабельных состояниях» [8].

Ну, не знаю, не знаю... Это дословная цитата из журнала «Квантовая магия». Какие здесь могут быть двусмысленности или недосказанности?! От этого уже не отмахнуться, не пройти, сделав вид, что не заметил. И я стал обращать на всё это внимание. Эти вопросы меня стали увлекать всё больше и больше. Поэтому довольно важным и увлекательным событием стали для меня первые годы обучения в институте, когда я вплотную столкнулся с этими удивительными явлениями.

Хорошо, когда институт недалеко от дома. Ну, не то, чтобы совсем уж недалеко, а так, в разумных пределах. Короче говоря, мой институт находится в Уфе, а сам я из Салавата. Кстати, давайте познакомимся. Я – Петр Абаров, студент уфимского филиала московского технологического института. Итак, мой родной город Салават - это небольшой молодой городок почти в центре Башкирии. Замечательный городок – чистый,

аккуратный, очень зелёный. Но построен он был как город - спутник нефтехимического комбината. Короче говоря, атмосфера в нем частенько бывает «с душком». Так сказать, наш местный национальный сектор Газа, почти как в Израиле. Еще в школе ходил анекдот про наш город. Загнали фашисты в газовую камеру несколько пленных и пустили газ. Через некоторое время открывают: все погибли, кроме одного! «Как тебе удалось выжить?!» - удивились фашисты. «А я из Салавата!» - ответил выживший.

Назван город в честь национального героя башкирского народа – Салавата Юлаева. Только не надо путать его с хоккейной командой «Салават Юлаев», которая сейчас, в первой декаде третьего тысячелетия громит подчистую всех своих соперников. Многие знаменитые в прошлом спортивные клубы России и бывшего СССР уступают сборному клубу «Салават Юлаев» по всем параметрам. Команде, которая всего несколько сезонов назад занимала нижние строки в турнирной таблице и ставила перед собой куда как скромные задачи: не вылететь из лиги! Короче, «Салават Юлаев» и Салават - форева!!! Уфа – форева!!! Башкирия – форева!!!

Да, о чём это я... Хорошо, что я живу так недалеко от моего института. До дома мне ехать два-три часа на автобусе или около пяти часов – на поезде. На поезде не очень удобно, но можно выехать вечером, выспаться в дороге и утром – на лекции. Можно сказать, что это дает экономию времени. Хотя у неё есть и свои недостатки. Выспаться в поезде, честно говоря, довольно трудно, поэтому на лекциях – хоть спички в глаза вставляй – слипаются. А уж если лекция по истории или философии, то хоть «караул» кричи! Преподаватели как гипнотизеры – бу-бу-бу... Ах, как сладко засыпается под их бубнение! Поэтому главное – успеть занять место в конце аудитории. Там таких «путешественников», как я, много. Сидят с умным видом – глаза открыты, а в них – пустота! Это ж надо так натренироваться, чтобы спать с открытыми глазами и не падать! Зато через некоторое время смотреть в конспекты без смеха просто невозможно. Сначала строка текста идет ровно, можно прочитать. Затем она начинает слегка съезжать... дальше - больше... вот она уже поехала чуть ли не вдоль листа... И всё! Будто на экране прибора, регистрирующего сердцебиения – ровная линия. Клиент готов!

Это на монотонных лекциях. Но есть и такие лекции, на которых не уснёшь. Не то, чтобы преподаватель охотится за «спящими красавцами». Например, Шрёнин, наш физик, голос особо не напрягает и по аудитории не бегаёт. Хотя предмет, чего уж там, ужасно скучный, Шрёнин умеет найти такую манеру изложения, что разгоняет всякий сон. Сегодня первой парой как раз физика. Значит, даже устав с дороги, я не усну. Поэтому задние ряды мне не нужны, и я усаживаюсь на втором ряду, почти напротив преподавательской трибуны. А вот и Шрёнин. Как всегда – энергичный, подтянутый, даже можно сказать, элегантный.

- Здравствуйте! – сильный, уверенный в себе, но доброжелательный голос. Все встали и поприветствовали преподавателя.
- Прошу садиться. Сегодня мы приступаем к изучению одной из самых удивительных физических теорий. Для непосвященных физика сегодняшнего дня ассоциирует с чем-то магическим, трудно объяснимым, противоречащим здравому смыслу. И это не удивительно, поскольку реальность намного сложнее и глубже, чем мы сегодня себе её представляем. Она постоянно подбрасывает нам всё новые и новые загадки, которые очень часто противоречат любой логике и здравому смыслу.

Шрёнин на минуту замолчал и окинул взглядом аудиторию. Его вступление пока ещё не произвело на студентов сильного впечатления.

- Попробуйте ответить на такой, казалось бы, простой вопрос. Представьте себе, что мы щелкаем выключателем, и при этом загорается лампочка. Сколько бы мы ни щелкали выключателем, лампочка обязательно загорается. Есть ли зависимость между выключателем и лампочкой?

Из аудитории послышались отдельные возгласы:

- Конечно, зависит!
- А при выключении лампочка гаснет? Тогда зависит!
- А может быть, там есть какая-нибудь скрытая проводка?

Шрёнин ответил:

- Да, для нас является бесспорным, что свечение лампочки непосредственно связано с нашими действиями над выключателем. То есть эти два события являются зависимыми. Если мы будем воздействовать на выключатель случайным образом, то лампочка будет загораться точно так же – случайно. Если два наблюдателя, расположенные один – возле выключателя, другой – возле лампочки, попытаются составить график событий, то оба они получат равномерное вероятностное распределение. Однако я внесу одно ограничение на схему эксперимента. Я уверенно заявляю, что два события: воздействие на выключатель и свечение лампочки являются событиями независимыми! То есть лампочка загорается независимо от того, щелкнули мы выключателем или нет. Каков в этом случае ваш ответ? Как можно объяснить, что лампочка всегда вспыхивает, если мы включаем и гаснет, если выключаем?

В аудитории повисла тишина. Похоже, что вопрос оказался не совсем простым.

- Это просто случайные совпадения, - раздался первый неуверенный ответ.
- А что, по вашему мнению, означает «случайные» совпадения? – попросил уточнить Шрёнин.
- Эти события не могут быть случайными, они зависимые. Одно событие – выключатель влияет на другое – свечение лампочки. Здесь можно сослаться на положения теории вероятности о независимых и зависимых случайных событиях.
- Значит, всё-таки, эти события не случайные? – переспросил Шрёнин. – Одно событие влияет на другое, то есть передает некоторый сигнал? Но я же ясно и четко заявил – от выключателя никаких сигналов к лампочке не передается. Итак, что вы можете предложить ещё?
- Но так не бывает! Мы же наблюдаем явную зависимость! Если бы события были случайными, то обязательно должно наблюдаться как минимум ещё одно событие – при включении лампочка не загорается. Такое событие может произойти?
- Нет, - ответил Шрёнин. – Такое событие исключено, то есть имеет нулевую вероятность. Оно не наступает никогда. Включение выключателя и свечение лампочки происходят только совместно. Если лампочка не светится, значит и выключатель выключен. И наоборот.
- В таком случае мы имеем явную зависимость событий друг от друга, а это уже никак не случайные события.
- Ещё раз повторяю: два события независимы, - с улыбкой продолжал настаивать Шрёнин. – Уточню, что под независимостью событий здесь имеется в виду отсутствие какой бы то ни было передачи информации от выключателя к лампочке. Они полностью автономны, независимы, между ними нет никакой физической связи.
- Но это невозможно, - послышались уже довольно уверенные возгласы с разных сторон аудитории.
- Итак, теперь вы достаточно четко представляете себе сущность описанного эксперимента, - заключил Шрёнин. – И я ещё раз повторяю: нет, описанная

ситуация возможна. И называется она корреляцией или нелокальностью. Можно встретить и более общий термин – несепарабельность. Сегодня мы рассмотрим эти явления более подробно в рамках весьма интересной физической теории – коинтовой механики. Название этой теории идет от английского слова coin – «монета».

Шрёнин подошел к доске и начал мелом рисовать схему. Лекция была вводной, поэтому он рассматривал и объяснял внешнюю сторону явлений, которые и послужили причиной возникновения теории. Сущность явлений была достаточно простой, и это делало её ещё более удивительной. Создавалось впечатление, что Шрёнин просто шутит, поскольку то, что он описывал, не укладывалось в сознании, противоречило логике!

- Рассмотрим две монеты. Сейчас для нас важно лишь одно обстоятельство – это способ их приготовления, в суть которого мы в ближайшее время вдаваться не будем. Для понимания же самого явления мы проведем несколько традиционных мысленных экспериментов.

Эксперименты оказались до банального простыми. Кто из нас хотя бы раз в жизни не делал выбора с помощью монеты? Подбрасываешь монету и смотришь, как она упала: орлом или решкой. Невозможно предугадать, как упадет монета – это событие совершенно непредсказуемое, случайное. Причём, если монету подбрасывать подряд много раз, то в половине случаев она упадет орлом, а в другой половине – решкой. Это известно практически каждому, и ни у кого не вызывает недоумения.

Недоумение началось, когда Шрёнин начал изложение эксперимента с двумя монетами. Их подбрасывают одновременно, и они практически одновременно падают на стол. Если рассматривать каждую из монет в отдельности, то ничего удивительного обнаружить нельзя: каждая из монет падает равновероятно то орлом, то решкой. Удивительное начинается, когда сравнивают результаты падения двух монет друг с другом. Оказалось, что монеты, приготовленные специальным образом, выпадают орлом или решкой синхронно. Приготовленные таким специальным способом монеты называются «сцеплёнными» монетами, или по-другому – «запутанными» монетами. Такие монеты ведут себя совершенно необъяснимым образом: если одна из них выпадает орлом, то другая обязательно выпадает решкой! Если же первая выпадает решкой, то другая обязательно выпадает орлом!

- Приготовленные таким образом монеты в коинтовой теории принято считать коррелированными, сцеплёнными или запутанными. Непосредственной передачи сигнала от одной монеты к другой нет, поэтому каждая из монет ведёт себя как бы независимо, и её поведение является, таким образом, полностью случайным. Это и показывает эксперимент.

Шрёнин вновь подошел к доске и начал писать на ней формулы.

- Одним из важнейших положений коинтовой механики является положение о так называемой суперпозиции состояний. В основе этого представления лежит базовый постулат об измерении, который гласит, что состояние монеты возникает в момент его измерения. Другими словами, до момента измерения, то есть до самого последнего момента в эксперименте – «приземления» монеты, мы не можем приписать ей никакого определённого состояния. Другими словами, пока монета находится в воздухе, она не имеет никакого определённого значения: ни орёл, ни решка. Это и не удивительно: нельзя сказать определённо, что летящая по воздуху монета расположена вверх орлом или решкой. Тем не менее, мы можем рассматривать её состояние как суперпозицию двух базовых исходов эксперимента. Постулат о суперпозиции в коинтовой механике мы сформулируем

следующим образом. Прошу вас особо выделить этот момент, поскольку он является, пожалуй, самым фундаментальным положением койнтовой механики.

Для большей убедительности и важности этих слов, Шрёнин сопровождал свои слова записями на доске:

- Пусть в состоянии монеты с волновой функцией $\psi_1(r)$ некоторое измерение приводит с достоверностью к определенному результату (I), а в состоянии $\psi_2(r)$ – к результату (II). Тогда принимается, что всякая линейная комбинация ψ_1 и ψ_2 , то есть всякая функция вида $a\psi_1(r) + b\psi_2(r)$ (a и b – комплексные числа) описывает такое состояние, называемое суперпозицией, в котором то же измерение дает либо результат (I), либо результат (II) [7]. В данном случае под результатами I и II подразумеваются один из результатов – орёл или решка.

Это ж надо было так замудрить давно известное понятие суперпозиции?! Я уж начал было сомневаться, та ли это суперпозиция? Но, попытавшись найти, как говорится, десять отличий, обнаружил, что нет, это, собственно, и есть та самая, давно известная из классической физики суперпозиция. Правда, там речь шла о суперпозиции полей.

Далее, со ссылками на известных физиков, в том числе Эйнштейна [16], Шрёнин привел пространные философские рассуждения. О том, что любая научная теория является инструментом познания окружающей действительности с целью улучшения условий жизни человека (или определенных групп людей). О том, что эффективность этих теорий зависит от их качества. В свою очередь, для создания качественной теории, например, физической, необходимо учитывать различие между объективной реальностью, которая не зависит ни от какой теории, и теми физическими понятиями, которыми эта теория оперирует. Эти понятия вводятся в качестве элементов, которые должны соответствовать объективной реальности, и с помощью которых мы и представляем себе эту реальность. Известные взгляды о критериях успешности физической теории сводятся кратко к двум вопросам:

1. Правильна ли теория?
2. Является ли даваемое этой теорией описание действительности полным?

Ответом на первый вопрос является степень согласия между человеческим опытом и выводами, даваемыми теорией. Критерием истинности теории является практика, которая в отношении к физической теории имеет форму эксперимента. Трудно с этим не согласиться.

Ответ на второй вопрос зависит от определения условия полноты, для которого предложено известное представление о том, что физическая теория должна отражать в себе каждый элемент физической реальности. Точное определение элементов физической реальности в предлагаемых рассуждениях не имеют решающего значения, но следует учесть два обстоятельства:

1. Элементы физической реальности не могут быть определены априорно с помощью каких-либо философских или логических рассуждений;
2. Если возможно без какого бы то ни было возмущения системы предсказать с достоверностью значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине.

Эти обстоятельства совпадают с точкой зрения Альберта Эйнштейна [16]. С точки зрения предложенной позиции рассмотрим один из возможных физических экспериментов с двумя монетами. Эксперимент состоит в подбрасывании пары монет, которые находятся в жесткой корреляционной связи - сцепленности. В данном эксперименте можно считать очевидными приведенные выше обстоятельства, которые можно принять в качестве постулатов:

Постулат 1. Во время полета (свободного вращения) монет у них не существует определенного значения параметров «орёл-решка». То есть невозможно приписать монетам конкретного направления её плоскости относительно плоскости измерительной установки (крышки стола, на который они падают). Тем самым теряет смысл понятия скрытой переменной (некоторого неизвестного в настоящий момент параметра, описывающего состояние системы), которая хранит в себе величину параметра «орёл-решка». Значение параметра устанавливается лишь в момент измерения – падения монет на стол. Следовательно, в данном эксперименте отвечая на первый вопрос об элементе физической реальности, мы должны признать, что такого элемента нет.

Постулат 2: суперпозиция монет. Каждое измерение в эксперименте имеет два исхода – ОР и РО, то есть «орёл-решка», где первое значение относится к первой монете, а второе – ко второй, и «решка-орёл».

- Всё ли понятно из изложенного? Какие есть вопросы? – обратился Шрёнин к аудитории. – Прошу Вас, Камнев, - обратился он к студенту, поднявшему руку.
- В изложенном Вами, Сергей Иванович, всё понятно. Но один момент, на мой взгляд, вызывает возражение.
- Очень хорошо, давайте разберемся. Выходите к доске и изложите Ваши возражения.

Парадокс Камнева и теория локализма

Камнев быстрой походкой вышел к доске. Обернулся сначала к аудитории, затем к Шрёнину:

- Как следует из эксперимента, вероятность выпадения «орёл-решка» одной из монет полностью случайна и равна 1/2. Для каждого из исследователей, которые исследуют одну из монет, состояние монеты может быть описано соответствующей волновой функцией Ψ . Но для наших монет, находящихся в сцепленном состоянии, это недопустимо. Поэтому их состояние должно быть описано следующей единой волновой функцией...

Камнев написал на доске уравнение:

$$|\Psi\rangle = |OP\rangle + |PO\rangle$$

Здесь через ОР и РО обозначены два исхода. Первый ОР – когда первая монета падает орлом, а вторая – решкой. Второй исход РО – когда первая монета падает решкой, а вторая – орлом. Происходит это вследствие того, что в момент измерения, то есть наблюдения состояний упавших монет, их общая волновая функция коллапсирует, и каждая из монет получает в соответствии с ней соответствующее состояние «орёл» или «решка». Можно назвать исходное состояние системы из двух момент – нулевым, то есть в сумме две монеты имеют нулевое (неопределенное) состояние «орёл-решка». Здесь мы можем наблюдать закон сохранения – сохранение суммарной величины ОР: если, например, принять $O=1$, а $P=-1$, то всегда будет сохраняться результат $O+P=0$.

- С этим можно согласиться, - вставил реплику Шрёнин.
- Однако измерение состояний монет производится не одновременно. Предположим, что первым измеряется состояние левой монеты. В результате этого измерения монета получает определенное состояние. Вследствие сцепленного состояния монет, вторая монета автоматически получает соответствующее состояние, описываемое в векторе, причем мгновенно, - Камнев направил указку на написанную им на доске формулу, - Как видим, формула не содержит параметров времени.

- Прошу внимания, - обратился Шрёнин к аудитории, - Этот момент является очень важным, именно в нем содержится суть нелокальности!

Камнев продолжил своё выступление:

- Как сказал один из известных физиков, по моему мнению, мы должны абсолютно твердо держаться на одной гипотезе: реальная фактическая ситуация системы А независима от того, что сделано с системой В, которая пространственно отделена от системы А. Поскольку в данном случае наблюдается явная зависимость (корреляция) измерений, можно предположить, что существует некоторый элемент физической реальности, отвечающий за выпадение таких исходов. Это явление можно назвать принципом локализма или локальности для сцеплённых монет. Если признать, что монеты не влияют друг на друга, то такая сильная корреляция отражает нелокальность явления, то есть противоречие её принципу локального реализма, и невозможность описать систему с помощью некоторой «скрытой переменной». Хотя мы не можем точно указать такую переменную, которая хранит в себе будущий результат измерения, мы уверены, что она есть. В противном случае нелокальность отражает, по существу, некое «призрачное дальноедействие».

Камнев – известный в институте студент. Дотошный, грамотный, хорошо разбирается во многих предметах, особенно в математике, физике, геометрии. Некоторые преподаватели всерьёз опасаются его активности на лекциях. Его вопросы на лекциях запросто могли поставить в тупик любого преподавателя. Впрочем, Камнев не злоупотреблял этим, и до конфликтов дело никогда не доходило.

- Замечательный вопрос, садитесь, Камнев. – Шрёнин вновь обратился к аудитории, - Как видим, в рассматриваемой теории обнаружено определенное противоречие. Есть ли возражения на доводы Камнева? Прошу! – Шрёнин обратился к ещё одному студенту.

Неравенства Звонарёва

Это был не менее примечательный человек. Звонарёв. Тихоня. Он редко выделялся из массы сокурсников. Все задания выполнял быстро, точно, не привлекая к себе внимания. И многие преподаватели часто ставили его в пример, как аккуратного и старательного студента, на что Звонарёв лишь смущенно отмалчивался.

- Доводы Камнева интересны. Но в них не учтены некоторые важные моменты. Рассматриваемая нами нелокальность не может быть описана с помощью скрытых переменных, и это довольно легко можно показать математически.

Он вышел к доске и начал списывать её потоком формул.

- Предположим, что результаты измерения монет описываются с помощью некоторого набора скрытых параметров, о которых нам пока ничего не известно. Тогда, если измерение над одной монетой даёт исход А, то измерение над другой, согласно койнтовой механике, должно дать исход В и наоборот. Теперь мы согласимся с гипотезой Камнева, и будем считать, по крайней мере, заслуживающим рассмотрения, что если эти два измерения сделаны в отдаленных друг от друга местах, ориентация одного измерителя (стола) не влияет на результат, полученный на другом измерителе (столе). Так как мы можем предсказывать заранее результат измерения второго компонента (монеты), предварительно измеряя тот же самый компонент на первой монете, из этого следует, что результат любого такого измерения должен фактически быть предопределён. Так как исходная волновая функция не определяет результат индивидуального измерения, это предопределение подразумевает возможность

большого количества полной спецификации состояний. Давайте это большое количество полной спецификации определим посредством параметров I . Совершенно безразлично, обозначает ли I единственную переменную или их набор, или даже набор функций, и являются переменные дискретными или непрерывными. Однако мы будем считать, что I - это единственный непрерывный параметр [4].

Звонарёв не на шутку разошёлся. Мел в его руке просто порхал над доской, издавая чуть ли не барабанную дробь.

- Результат измерения первой монеты A тогда определен исходом ОР и параметром I , а результат измерения второй монеты B в том же самом случае определён её исходом РО и параметром I . Все исходы, очевидно, должны иметь вероятность в пределах от нуля до единицы.

По доске поползли равенства, неравенства и многоэтажные интегралы. Даже Шрёнин стоял как вкопанный и неотрывно следил за выводами Звонарёва. А тот, уже не находя места в конце доски, начал использовать все свободные участки на ней. У доски стоял уже не тот знакомый всем скромница и тихоня. Уверенным тоном он излагал свои доводы и, наконец, написав последнюю формулу, несколько раз обвел её меловым овалом и решительно заявил:

- Если принимать за основу предположения Камнева о наличии некоторой скрытой переменной, то мы должны признать справедливость выведенного здесь неравенства. Корреляция измерений над монетами не может превышать по модулю числа 2!

Звонарёв предложил рассмотреть выражение [2, 3, 6]:

$$s = A(I, \mathbf{a}) \cdot B(I, \mathbf{b}) - A(I, \mathbf{a}) \cdot B(I, \mathbf{b}') + A(I, \mathbf{a}') \cdot B(I, \mathbf{b}) + A(I, \mathbf{a}') \cdot B(I, \mathbf{b}') \\ = A(I, \mathbf{a}) [B(I, \mathbf{b}) - B(I, \mathbf{b}')] + A(I, \mathbf{a}') [B(I, \mathbf{b}) + B(I, \mathbf{b}')]$$

Четыре величины A и B являются вероятностями того, что монета A и B выпадет орлом или решкой и этот результат зависит от соответствующего набора скрытых параметров I и углов \mathbf{a} и \mathbf{b} (без штриха – орел, со штрихом – решка) с измерительным столом, поэтому они принимают только значение ± 1 . Простой осмотр второй строки показывает, что

$$s(I, \mathbf{a}, \mathbf{a}', \mathbf{b}, \mathbf{b}') = \pm 2$$

Примем, что распределение дополнительных параметров I на ансамбле пар подброшенных монет определено вероятностью распределение $r(I)$, такой что

$$r(I) \geq 0 \\ \int dI r(I) = 1$$

Функцию корреляции опишем в следующей простой форме:

$$E(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \int dI r(I) A(I, \mathbf{a}) B(I, \mathbf{b})$$

Отсюда следует, что среднее значение s по λ поэтому заключено между $+ 2$ и $- 2$

$$-2 \leq \int dl r(l).s(l, \mathbf{a}, \mathbf{a}', \mathbf{b}, \mathbf{b}') \leq 2$$

Эти неравенства перепишем следующим образом:

$$-2 \leq S(\mathbf{a}, \mathbf{a}', \mathbf{b}, \mathbf{b}') \leq 2$$

где

$$S(\mathbf{a}, \mathbf{a}', \mathbf{b}, \mathbf{b}') = E(\mathbf{a}, \mathbf{b}) - E(\mathbf{a}, \mathbf{b}') + E(\mathbf{a}', \mathbf{b}) + E(\mathbf{a}', \mathbf{b}')$$

Звонарёв обратил внимание присутствующих, что приведенные выводы применимы к любой теории с дополнительными параметрами в самой общей форме. Шрёнин был весьма доволен.

- Замечательные выводы!
- В заключение я хотел бы добавить, - продолжил Звонарёв, - Если мы берём за основу теорию Камнева с дополнительными параметрами, тогда, чтобы определить результаты индивидуальных измерений, считая их статистическими предсказаниями, должен быть механизм, посредством которого настройка одного измерительного устройства может влиять на чтение другого отдаленного измерителя. Кроме того, имеющийся сигнал должен распространяться мгновенно так, что такая теория не может быть лоренц-инвариантной, то есть она противоречит специальной теории относительности. Конечно, ситуация будет иной, если койнтово-механические предсказания имеют ограниченную применимость. Очевидно, они применимы только к экспериментам, в которых настройки измерителей сделаны заранее, чтобы позволить им достичь некоторой взаимной связи обменом сигналами со скоростью меньшей или равной скорости света. В этой связи, более достоверными являются эксперименты, в которых настройки изменяются во время полета монет [4].

Звонарёв закончил свой доклад, и словно вновь взял Шрёнин.

- Итак, исходные позиции определены. Для того чтобы выяснить, чья позиция правильна, необходимо обратиться к эксперименту. И такие эксперименты были проведены. Эти реальные эксперименты показывают наличие более жёсткой связи (корреляции) между измерениями, чем это следует из гипотезы Камнева. Результаты измерения чётко показали, что неравенства Звонарёва в них нарушаются! Это означает, что невозможно объяснить такую жесткую корреляцию в результатах измерения над сцеплёнными монетами лишь вероятностным характером их поведения и наличием каких-либо элементов физической реальности или скрытых переменных. На практических занятиях мы сможем провести эти эксперименты и вычислить величины корреляций, убедившись, что они превышают величину 2, вытекающую из неравенств Звонарёва.

Лирическое отступление или прыжок в нелокальность

- Слушай, Петь... Они что... гении?

Это Наташка. Боже, до чего же симпатичная девчонка! Просто в жар бросает. Одевается вроде бы просто, не вызывающе, но как же ей всё идет! Она выглядит просто ангелом, словно окружена каким-то сиянием...

- Кому они всё это рассказывают?! Ты понимаешь что-нибудь?

- Ну, в общем-то, понимаю... Пока ничего сверхъестественного они не сказали. Но я чувствую, что вот-вот они договорятся до парадоксов. Что-то в их дискуссии настораживает. Какая-то невидимая пока ещё непримиримость.
- Слушай, они все так увлечены, что ничего вокруг не замечают. Может, смоемся незаметно?
- Попробуй... Шрёнин, мне кажется, ничего не скажет, даже если и заметит.

Думаю, что Наталью он, действительно, не заметит. В смысле, даже если и заметит, то ничего не скажет. Кстати, если я пойду с ней... то и меня он «пропустит мимо глаз».

- А ты? Давай вдвоём!

Вот ведь хитрая. Видимо, рассчитывает, что Шрёнин на меня не посмотрит, ведь я в его кружке занимаюсь. Молодец, Наташка! Тоже сообразила, кого можно взять в качестве прикрытия.

- А не боишься, что на экзамене он тебя именно по этой теме гонять будет?
- Не-е-е... Он такие отвлечённые темы не спрашивает. Пошли?

Мы подождали, когда вся компания во главе со Шрёниным в очередной раз склонилась над записями, и быстро прошли к выходу. За нами быстро выбежали из аудитории ещё несколько человек.

Наташка направилась к лестнице. Я догнал её на нижней площадке.

- Наташ, ты куда сейчас?

Она остановилась и повернулась ко мне. Я подошёл... мне почему-то показалось, что время как-то замедлилось. Мои движения вдруг стали плавными... Она с чуть заметным замедлением подняла глаза, её косички продолжили плавное круговое движение вслед за поворотом головы... это движение было нереально медленным. Она посмотрела прямо на меня... Бездонные глаза, казалось, втягивали в себя... Чуть растягивая слова, она ответила:

- Я заказала юбку в ателье и сейчас хочу её забрать. Вечером иду на день рождения подруги.

Слова были явно пониженной тональности... Это уже невозможно было не заметить: время, похоже, замедлило свой ход! Что это?! Мои движения тоже были чуть замедленны! Я подошел почти вплотную и с удивлением всматривался в её лицо. Она тоже вдруг обратила внимание на это странное явление.

- Что это?! Ты чувствуешь?! – произнесла она, едва двигая губами.
- Да! Что-то происходит! Будто время замедлилось!
- Да, точно! Я сначала подумала, что это ты подкатываешь ко мне так, плавненько! – рассмеялась она, – Это так смешно выглядит!
- А я подумал, что у меня глюки начались, - рассмеялся я чуть басовитым голосом.

Всё это выглядело весьма забавно. Интересно, а как мы выглядим со стороны? Засмеют ведь братья – студенты, если увидят нас в таком виде. Мы что-то съели? Или надышались какого-нибудь нервно-паралитического газа?

Я подхватил Наташку под руку и потянул её вниз по лестнице.

- Давай-ка, уйдем куда-нибудь в сторонку! Пока никто нас здесь не увидел.

Лекции ещё продолжались и ни на лестнице, ни в коридоре никого не было. Замедление немного усилилось, и мы двигались даже с некоторым трудом, будто находились под водой. Вышли в фойе. Там, к счастью, тоже никого не было. Будто плывя, прошли через помещение и вышли на крыльцо.

- Смотри! – Наташка плавно подняла руку.

Но я и сам уже всё видел. Перед нами была странная картина. И это была действительно картина в самом прямом смысле! Вернее, даже не картина, а как бы макет в натуральную

величину. Такие макеты, только маленькие, можно увидеть в музеях, в фильмах, в кружках художественно творчества. Перед нами были привычные нам дома и улицы, по которым двигались... нет, не двигались, а стояли застывшими автомобили, люди! В воздухе повсюду виднелись птицы, застывшие неподвижно! Они просто висели в воздухе! Всё это напоминало голографическую фотографию, только огромного размера и невероятной чёткости! Такую я видел на ВДНХ, но поменьше и не очень чёткую. Картина впечатляла!

- Ой, что это?! Что происходит?!

Наташка растерянно смотрела то на улицу, то на меня. Движения её уже не были такими замедленными, как вначале, они снова стали обычными. Казалось, что весь мир замер, только мы остались подвижными.

- Не понимаю. Может быть, я сплю, и ты мне снишься?
- Ну, да! Я тебе снюсь. И мне тоже снится, что ты спишь, и я тебе снюсь.
- А мне снится, что я сплю, и ты мне снишься, и тебе снится, что ты снишься мне, - попробовал я продолжить шутку.
- Ничего смешного! Ущипни меня!
- С удовольствием! – улыбнулся я.

Дотронуться до неё – мог ли я отказать себе в таком удовольствии? Я взял её за кисть и легонько провел по ней ладонью. Такая гладкая нежная кожа... По телу пробежала жаркая волна.

- Ну, же! – приказала Наталья.

Я легонько щипнул её за край ладони.

- Ой! Нет, это не сон! – воскликнула она, - Боже, что произошло? Химическая атака?! Это война?
- Если бы это была химическая атака, то все лежали бы на земле, а не замерли в движении.
- Но мы же не замерли?! Мы же движемся!
- А раз мы движемся, то и давай двигаться, как запланировали. Куда ты собиралась идти? В ателье? Вот и пошли. А там видно будет.
- Да-а-а... До ателье далековато... Пешком мы и за час не доберемся.
- А куда нам торопиться? Пошли!

Мы неспеша спустились по широкой институтской лестнице, сложенной в стиле знаменитой потёмкинской лестницы. Никогда ещё путь до трамвайной остановки не выглядел таким загадочным. Ни единого звука вокруг. Ни малейшего движения: ни ветра, ни листьев, ни птиц, ни людей. Встречных прохожих мы обходили как статуи. Было очень интересно видеть их в такой летящей, неестественной позе... Особенно удивительно было наблюдать за тем, кто шёл очень быстрой походкой и застыл... в воздухе. Я даже наклонился и посмотрел: между землёй и ногами этого пешехода был явный зазор. Он на самом деле висел в воздухе. Я легонько дотронулся до него. И с ужасом отдернул руку! Его одежда выглядела натурально, обычная ткань. Но на ощупь она была ледяной! Бр-р-р...

- Что такое? Обжётся? – заметила Наташка мой эксперимент.
- Наоборот! Он как ледышка!
- Смотри, не примерзни! – предостерегла она меня.

Мы пошли дальше. Трогать живых «заморозков» больше не хотелось. Я решил потрогать куст. Взял на всякий случай ключ от квартиры и осторожно дотронулся до одинокого

листа на кусте. Мне показалось, что я дотронулся ключом до наковальни. Даже звук был похож. Я дотронулся ещё раз. Лист не шелохнулся, а звук такой, будто лист имел массу наковальни. Я обвел ключом вокруг листа, ощупывая его. Может быть, он помещён в невидимый нам сосуд? Но ничего подобного: лист имел именно ту форму, как выглядел. И при этом он, казалось, был невероятно массивным.

- Это какая-то «чёрная дыра». Маленький лист, а масса как у паровоза!

Ключ ударялся об лист и издавал похожий звук. Я попробовал другие листы. Затем другие кусты, деревья и даже траву. Очень интересное явление.

- Ладно, заканчивай свои исследования, а то мы так и до вечера не дойдем, - прервала мои эксперименты Наталья.

Я спрятал ключ, и мы быстрым шагом направились по улице вдоль трамвайных путей. По дороге нам встречались автомобили, люди и другие объекты, которые в нормальных условиях должны были двигаться. Но все они замерли в неестественных позах, как на фотографиях. Поскольку мы не знали, что может произойти в дальнейший момент, мы старались идти осторожно, не приближаясь к движущимся транспортным средствам, особенно перед ними. Вдруг всё это оживет, задвигнется?! Вряд ли мы тогда успеем вернуться.

Дорога не казалась нам утомительной, и время по нашим собственным часам шло удовлетворительно быстро. Вернее, дорога не казалась утомительной мне. Ведь я шёл рядом с девушкой, которая вызывала во мне особый прилив чувств. Чтобы дорога не казалась утомительной и ей, я старался развлекать её разговорами. Немного рассказал о себе, о моём любимом городе, о нашем физическом кружке. Наташка с интересом слушала о наших кружковских работах. В свою очередь она рассказывала о себе, о своих увлечениях.

Так, за разговорами мы незаметно дошли почти до центра города, где находилось её ателье.

- Слушай, а как же мы заберём твой заказ? Ведь он, я думаю, как и лист на дереве имеет массу всего ателье вместе со зданием, в котором оно расположено!
- Да... точно...

Мы подошли к крыльцу. Вот интересно, как мы дверь-то откроем? Она ведь тоже будет массы немеряной! Но, к счастью, дверь оказалась полуоткрыта. Мы осторожно протиснулись в проём и оказались в ателье. Небольшое помещение. Пара скамеек у стены и стол приемщицы, позади которого виднелась примерочная и часть цеха с шейными машинками и раскройными столами.

- Ну, и где мы будем искать твой заказ? – повернулся я к Наташке.

Она рассеянно достала из сумочки квитанцию.

- Здравствуйте!

От неожиданности Наташка вздрогнула и уронила квитанцию на пол. Я тоже вздрогнул. Обернувшись, я увидел выходящую из примерочной приемщицу.

- Здравствуйте! – растерянно произнесли мы с Наташкой. Мы уже как-то привыкли к тому, что всё вокруг было немым и неподвижным.

И только в этот момент мы вдруг обнаружили, что мир ожил. Звучала негромкая музыка, из рабочего помещения доносились звуки работающих швей и машин. Приемщица встала за свой стол, и Наталья, подняв квитанцию, подошла к ней.

- Вот, посмотрите.
- Да, Ваш заказ готов, - сказал приемщица, посмотрев в журнал. – Сейчас я вынесу, проходите в примерочную кабинку.

Наташка немного удивленно посмотрела на меня и прошла в кабинку. Я присел на скамейку. Рядом был столик с журналами мод. Моды меня не сильно интересовали, но другого ничего не было, и я без всякого любопытства листал страницы журнала. Сколько прошло, я не заметил, минут пятнадцать, полчаса. Вышла довольная Наташка. Она доброжелательно поблагодарила приемщицу и направилась к двери. Заметила меня:

- Ой, ты здесь? Всё, я освободилась, пойдём?

Я поднялся и вышел за нею на крыльцо.

- Куда сейчас? В институт?

Она посмотрела на часы:

- Слушай, а быстро мы управились! Лекция ещё и не закончилась! Как интересно.
- Тогда поехали? Вон, кажется, наш трамвай стоит...

Я не закончил фразу. Мы смотрели в сторону трамвайной остановки. Там действительно стоял трамвай. Наш трамвай. Но он стоял вновь такой же неживой, как и полчаса назад всё вокруг. Рядом с ним на остановке стояли несколько человек всё в тех же неестественных позах, пойманных невидимым фотографом.

- Что это?! Опять?! Я думала, мне всё это показалось!

Наталья подняла вверх пакет с заказом.

- Вот же, я его только что получила в ателье! – она обернулась. Дверь ателье была закрыта.

Нечего было и думать войти туда вновь. Она снова повернулась ко мне. В её бездонных глазах было недоумение и даже страх.

- Что, всё это так и будет продолжаться?
- А что ты хочешь услышать от меня?! Я тоже ничего не понимаю. И мне тоже не нравится эта ситуация. Мне как-то более привычно жить в нашем живом мире, где все движутся, как и мы!
- Что же нам делать?
- Самое простое, что мне сейчас видится, это вернуться в институт. Может быть загадка в нем? Вернемся туда, и всё встанет на свои места? Пошли?
- Пошли!

Мы развернулись и направились туда, откуда только что пришли. Вся дорога прошла точно так же, как и дорога в сторону ателье. Но на этот раз разговор как-то не клеился. Наталья была встревожена и погрузилась в раздумья. Я несколько раз пытался отвлечь её разговорами, но она отвечала как-то рассеянно, и я решил её не донимать. Незаметно мы подошли к зданию института. Я обнаружил, что пейзаж вокруг института заметно изменился. «Статуи» людей были другими, автомобили и трамваи – тоже. Выходит, что те полчаса, которые мы провели в ателье, «ожившим» оказался и весь мир. Мы поднялись по институтской «потёмкинской лестнице». Я с тревогой взялся за ручку входной двери. Дверь легко поддавалась, и мы вошли в фойе. По-прежнему нас окружала тишина, но где-то в отдалении, казалось, был слышен едва ощутимый гул. Мы поднялись по лестнице на третий этаж... Навстречу нам вышел студент. Я повернулся к Наталье. Она тоже увидела

студента, который легонько кивнул ей головой, здороваясь, и пробежал мимо вниз. Наталья посмотрела на меня с облегчением:

- Уффф... Дай бог, чтобы всё это кончилось!

Лекция закончилась и подходила к концу большая перемена.

- Наташ... Увидимся вечером?
- А ты хочешь? – рассмеялась она.
- Хочу, - вдруг смутился я.
- Хочешь пойти со мной на день рождения к подруге?
- Хочу! Только надо что-нибудь купить в подарок. Где встретимся?
- Давай, сразу после лекций. По дороге есть цветочный развал, там ты можешь купить цветы. Кстати, что ты думаешь о том, что с нами произошло? В чудеса я слабо верю, что же это было? Придумай что-нибудь! Хорошо?
- Легко сказать, - рассмеялся я. – Но я подумаю!

Призрак амплитуды

Люблю я практические занятия по физике! Потому что на них можно не ходить. Это не значит, что я такой недисциплинированный. Просто я занимаюсь в физическом кружке и имею освобождение от практик. Вообще-то, кружок хотя и физический, но на самом деле самый, что ни на есть компьютерный. Кафедра физики увлечена различными средствами автоматизации процесса обучения, и мы активно ей в этом способствуем. Разрабатываем разнообразные радиоэлектронные экспонаты с компьютерными системами. Сейчас, например, изготавливаем Ван-де-Граафа генератор. Этакая высоченная башня с шаром наверху. Испускает длиннющие молнии. Работа его представлена на мониторе как решение ряда дифференциальных уравнений. Ещё мне нравятся лазеры. Ребята из параллельного сектора монтируют огромный стенд по элементарным частицам и их взаимодействиям. Сами написали программу, отлаживают. Короче говоря, практические занятия мы перекрываем с лихвой.

Всё это так, но это относится лишь собственно к посещению занятий. Отчёты по занятиям мы, кружковцы готовили наравне с остальными и могли запросто отчитаться на экзамене по каждому занятию. Хотя, чего лукавить, обычно отчёты мы просто списываем у ребят из группы. Я, например, обычно переписываю у Алика Асперяна. Грамотный парнишка, но терпеть не может химию. Я ему помогаю. Такой вот бартер. Хотя дружим мы и без того.

Алик предложил простой и наглядный эксперимент [2, 3, 6], чтобы на опыте выявить, кто же прав: Камнев или Звонарёв. Достаточно просто-напросто произвести ряд измерений и подсчитать, чему же будет равна корреляция. Он быстро набросал схему экспериментальной установки. Исследователю не оставалось ничего, кроме как запустить эксперимент и через несколько минут, остановив его, прочитать показания прибора, который показывает величину корреляции. После чего остаётся лишь интерпретировать эти результаты, разобраться, что же они на самом деле означают.

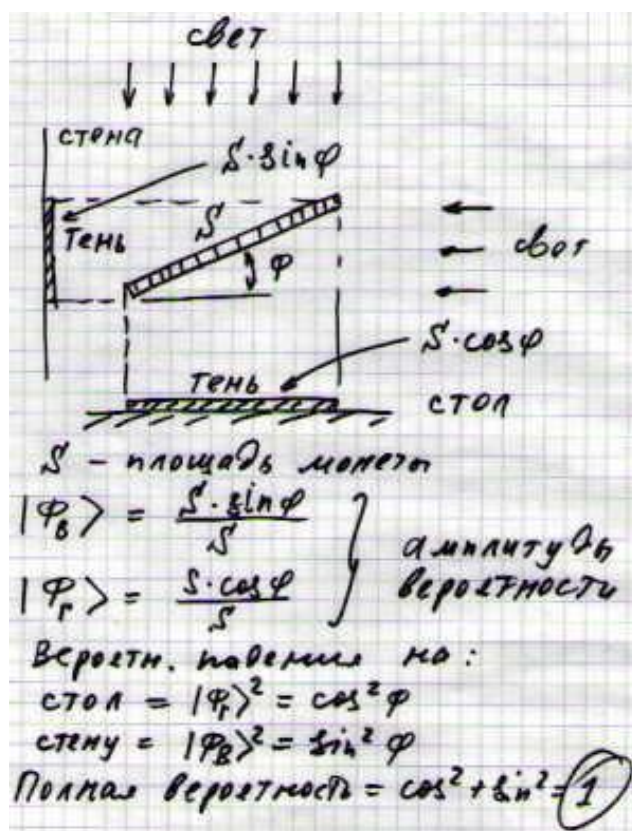


Рис.1 Схема расширенной трактовки измерения состояния монет из записей Асперяна.

Что является вероятностью выпадения некоторого результата при подбрасывании монеты в самом общем случае? Очевидно, что падение монеты – это и есть наблюдаемое событие, но насколько оно является общим? Следует предположить, что при подбрасывании двух монет они касаются стола не одновременно. Вряд ли это может вызвать возражение. Но тогда для фиксации результата выпадения второй монеты мы должны придумать какой-то другой механизм. Видимо, монета при регистрации не успела занять окончательное, плоское положение на поверхности стола. Странно звучит? Да, конечно. Но ещё более странным должно звучать предположение о том, что два измерителя в этом эксперименте – столы не обязаны быть параллельными! Такое расположение столов является, по существу, более общим случаем эксперимента. Исходя из приведенных доводов, разумно рассматривать вообще любой случай «измерения» монеты в самом широком смысле: положение монеты в момент касания стола. Ясно, что монета чаще всего в момент регистрации образует со столом некоторый угол, обозначим его буквой φ . Что в таком случае является вероятностью выпадения этого результата? Если считать, что единичной вероятностью, то есть достоверностью, является падение монеты «плашмя», то, видимо, вероятностью падения, то есть, «приземления» монеты под углом φ является вероятность, пропорциональная этому углу. Эта величина, как видно из рисунка, фактически пропорциональна площади «тени», отбрасываемой монетой на крышку стола, то есть величине произведения площади монеты на косинус угла φ между монетой и столом. Казалось бы, всё так. Но здесь есть небольшая неточность. Величина тени на самом деле не является вероятностью в «чистом виде». Эта величина, как нетрудно увидеть, фактически является вектором состояния монеты. А, как известно, вероятностью выпадения результата является не сам вектор состояния, а его квадрат. То есть квадрат вектора состояния, который принято называть амплитудой вероятности, и является вероятностью выпадения соответствующего результата:

$$|\Psi|^2 = \Psi\Psi^* = \cos^2 j$$

Я думаю, что это не может вызвать никаких возражений. Например, Большой Российский энциклопедический словарь приводит такое определение волновой функции: «Это основная величина, описывающая состояние системы и позволяющая находить вероятности и средние значения характеризующих её физических величин. Квадрат модуля волновой функции равен вероятности данного состояния, поэтому волновую функцию называют также амплитудой вероятности». Как говорит знаменитый физик Пенроуз: «волновая функция – это понятие довольно туманное» [12]. Тем не менее, любое состояние системы описывается именно волновой функцией. Физический смысл при этом имеет не сама волновая функция, а квадрат её модуля, который имеет смысл плотности вероятности, а сама волновая функция имеет смысл амплитуды вероятности.

Очевидно, общая вероятность того, что монета может быть измерена либо на вертикальной, либо на горизонтальной поверхности измерителя (стенки или стола), равна единице. Это бесспорно, поскольку есть лишь два исхода измерения, поэтому вероятность того, что будет один из любых возможных исходов, безусловно, равна единице. Это также следует с полной определенностью и из полученных выражений, поскольку сумма вероятностей всех возможных событий равна сумме квадратов косинуса и синуса угла φ , которая, как известно из математики, равна единице. Для двух исходов событий:

$$P(A+B) = P(A) + P(B).$$

Соответственно, для нашего случая:

$$P(A+B) = \cos^2 j + \sin^2 j = 1$$

Таким образом, имеется принципиальная возможность для экспериментальной проверки математической модели Камнева для сцеплённых монет. Измерить вероятности выпадения результатов мы можем, например, с помощью фотоэлементов, которые фиксируют величину освещённости на поверхности стола и стенки. Эта освещённость, очевидно, напрямую зависит от площади тени, отбрасываемой монетой на стол и стенку, и по её величине может быть вычислена величина вероятности выпавшего результата.

Рассматривая эти результаты, к аналогичным выводам пришел и Виктор Малусов. При этом он обнаружил интересную закономерность в поведении монет. Как известно из классической физики – механики Ньютона, движение материального объекта описывается простым уравнением – функцией, показывающей зависимость координаты этого объекта от времени. Аналогом уравнения движения материального тела в койнтовой механике является его волновая функция. То есть, можно сказать, что для койнтовой механики состояние монеты, её волновая функция и является её физически реальным положением в пространстве! Однако против доводов Асперяна и Малусова резков выступил Камнев: эти волны – «волновые функции» не имеют ничего общего с классическими волнами, это «призрачные волны»! Конечно, это было эмоциональное заявление, ведь перефразируя подобные высказывания, можно заявить, что уравнения Ньютона тоже не имеют ничего общего с траекторией движения материальной частицы и назвать их «призрачными траекториями». Однако никто и не настаивает на том, что волновые функции монет свободно «летают» в пространстве! Точно так же никто и никогда не видел, чтобы в пространстве свободно «летали» уравнения классической физики, описывающие движение материальных тел! Таким образом, уравнения койнтовой механики являются в

такой же мере лишь математическим (символьным) представлением движения монет, в какой ньютоновы уравнения являются математическим (символьным) представлением движения материального объекта.

Виктор активно поддержал довод Асперяна о том, что при касании монетой стола, она образует с ним некоторый угол φ , и вероятность того, что монета падает орлом или решкой, пропорциональна этой величине.

$$P_{\text{стол}} = \frac{(S \cdot \cos j)^2}{S^2} = \cos^2 j$$

В подтверждение своих соображений Виктор сослался на авторитетного автора – Садбери [14]. Он отметил, что вероятность выпадения определенного результата при измерении пары монет равна произведению вероятностей выпадения соответствующего результата каждой монеты, и привел свою достаточно красивую формулу: вероятность выпадения некоторого результата двух монет равна половине квадрата косинуса угла между плоскостями измерителей – то есть двух столов, на которые падают монеты:

$$P = \frac{1}{2} \times \cos^2 I$$

Если монеты падают на один и тот же стол, то угол равен нулю и вероятность любого из двух результатов равна $1/2$, что и показывал эксперимент. Кроме того, и Камнев и Звонарёв и Асперян сразу же увидели в этой формуле важную черту: она описывала процедуру измерения в самом широком смысле и позволяла математически вывести уравнение корреляции!

Асперян буквально в несколько минут привел чистые математические выкладки. Всего три листа преобразований над интегралами с тригонометрическими функциями и вывод: Камнев ошибается. При наличии любого локального параметра, который задает состояние монет в момент их «сцепления» и хранит его до момента измерения, величина корреляции не достигает той, что наблюдается в реальности! Понятное дело, он сослался на доводы, приведенные Звонарёвым. То есть, принял, что вероятностью регистрации монеты при падении следует считать величину [13]:

$$P(q) = \cos^2(q), \quad (1)$$

где:

q – угол между крышкой стола и плоскостью монеты в момент регистрации, то есть касания монетой крышки стола. Это для первой монеты. Для второй монеты выражение имеет аналогичный вид.

Локальная теория с дополнительными параметрами Камнева утверждает, что угол второй монеты в момент регистрации остается неизменным, поэтому его собственный угол со своим измерительным столом – его собственный угол q для него отличается от аналогичного угла первой монеты, поскольку в общем случае столы не параллельны. Таким образом, вероятность зарегистрировать монеты с соответствующей парой значений «орёл-решка» равна произведению вероятностей:

$$P = P(q_1) \times P(q_2) = \cos^2(q_1) \times \cos^2(q_2), \quad (2)$$

где:

$P(q_1)$ – вероятность для первой монеты выпасть «орлом» или «решкой»;

$P(q_2)$ – вероятность для второй монеты выпасть «орлом» или «решкой»;

q_1 –угол между первой монетой и первым столом;

q_2 –угол между второй монетой и вторым столом.

Рассмотрим условную схему эксперимента:

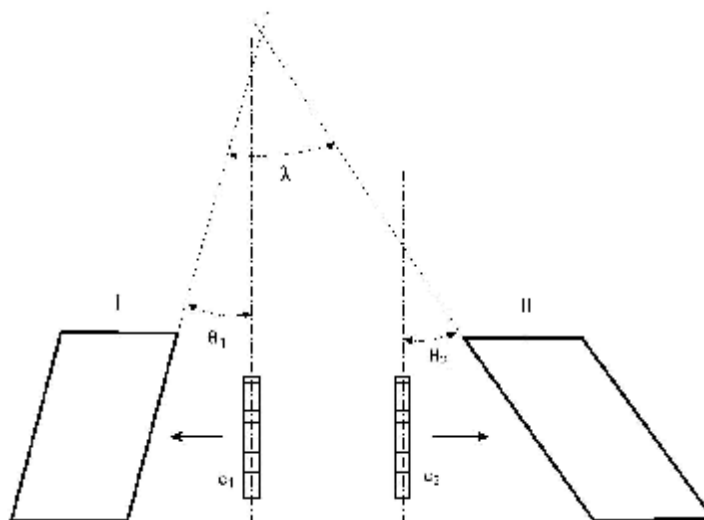


Рис.2 Условная схема экспериментальной установки Асперяна. Плоскости монет c_1 и c_2 параллельны. Плоскости столов I и II для наглядности развернуты параллельно плоскости рисунка.

Общая вероятность регистрации монет с результатами «орёл-решка» или «решка-орёл» определяем для всех возможных случаев расположения пар монет в момент касания одной из них своего стола:

$$P_1 = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} \cos q_1 \times \cos q_2 dq \quad (3)$$

Проделаем традиционные манипуляции с математическими выражениями. Сделаем подстановку в подынтегральном выражении, используя следующие равенства:

$$\begin{cases} q_1 = a + b \\ q_2 = a - b \end{cases} \quad (4)$$

и сразу воспользуемся еще одной формулой преобразования:

$$\cos(a + b) \cos(a - b) = \cos^2 a - \sin^2 b \quad (5)$$

В результате подстановки и после преобразования получаем:

$$P_1 = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} [\cos^2 a - \sin^2 b] dq \quad (6)$$

Вновь воспользуемся формулами для понижения степени:

$$\begin{aligned} \cos^2 a &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2a \\ \sin^2 b &= \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2b \end{aligned} \quad (7)$$

После подстановки их в (6), получаем:

$$P_1 = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2a - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2b \right) dq \quad (8)$$

Раскрываем скобки и, после сокращения и вынесения множителей за знак интеграла, получаем:

$$P_1 = \frac{1}{4p} \int_0^{2p} \cos 2a dq + \frac{1}{4p} \int_0^{2p} \cos 2b dq \quad (9)$$

Из выражений (4) обратным преобразованием находим:

$$\begin{cases} q_1 = a + b \\ q_2 = a - b \end{cases} \quad \text{откуда следует:} \quad \begin{cases} 2a = q_1 + q_2 \\ 2b = q_1 - q_2 \end{cases} \quad (10)$$

Подставляем эти значения в (9) и находим:

$$P_1 = \frac{1}{4p} \int_0^{2p} \cos(q_1 + q_2) dq + \frac{1}{4p} \int_0^{2p} \cos(q_1 - q_2) dq \quad (11)$$

Обратившись к рисунку 2, мы замечаем, что:

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = l, \text{ направление оси монет находится внутри угла } l \\ q_1 - q_2 = l, \text{ направление оси монет находится вне угла } l \end{cases} \quad (12)$$

На рисунке второе соотношение в выражениях (12) может быть показано, например, горизонтальным расположением оси пары сцеплённых монет. Разобьём каждый из интегралов на два с интервалами интегрирования, смыкающимися в точке разрыва в l , и произведём замены с учетом замечаний в (12) и того, что схема симметрична на интервале $0 \leq q \leq p$:

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{1}{2p} \int_0^l \cos l dq + \frac{1}{2p} \int_l^p \cos(q_1 + q_2) dq \\ &+ \frac{1}{2p} \int_0^l \cos(q_1 - q_2) dq + \frac{1}{2p} \int_l^p \cos l dq \end{aligned} \quad (13)$$

Выносим константы за знаки интеграла:

$$P_1 = \frac{\cos I}{2p} \int_0^p dq + \frac{1}{2p} \int_1^p \cos(q_1 + q_2) dq + \frac{1}{2p} \int_0^1 \cos(q_1 - q_2) dq \quad (14)$$

После вычисления первого интеграла, получаем:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos I + \frac{1}{2p} \int_1^p \cos(q_1 + q_2) dq + \frac{1}{2p} \int_0^1 \cos(q_1 - q_2) dq \quad (15)$$

Сделаем подстановки с учетом (11):

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos I + \frac{1}{2p} \int_1^p \cos(q_1 + q_1 - I) dq + \frac{1}{2p} \int_0^1 \cos(q_1 + q_1 - I) dq \quad (16)$$

Упростим выражения и, взяв интегралы, укажем пределы вычислений:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos I + \frac{1}{4p} \sin(2q - I) \Big|_0^p \quad (17)$$

Подставляем пределы и находим:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos I - \frac{1}{4p} \sin(I) + \frac{1}{4p} \sin(I) = \frac{1}{2} \cos I \quad (18)$$

Окончательно записываем:

$$P_1 = \frac{1}{2} \times \cos I \quad (19)$$

Полученное выражение для теории с дополнительными параметрами, как видим, не совпадает с выражением койнтовой механики для сцеплённых монет, имеющего вид:

$$P_1 = \frac{1}{2} \times \cos^2 I \quad (20)$$

Однако легко увидеть, что для предельных случаев расположения измерителей обе теории делают одинаковые предсказания. Например, для прямого угла между столами $I = p/2$ койнтовая теория предсказывает нулевую вероятность регистрации выпадений «орёл-решка» и наоборот. Подставляем этот угол в выражение для теории с дополнительным параметром и находим такой же результат:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos \frac{p}{2} = 0 \quad (21)$$

Точно так же для угла $I = 0$ койнтовая механика, как показал Малусов, предсказывает вероятность регистрации «орёл-решка» и «решка-орёл», равную $1/2$. Такой же результат предсказывает и теория дополнительного параметра:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cos 0 = \frac{1}{2} \quad (22)$$

Напомним, что этот результат получен из предположения, что монеты являются сцеплёнными и никакого взаимного влияния друг на друга они не оказывают, а «помнят» в дополнительных параметрах результат своего взаимодействия в момент процедуры сцепления. Все локальные теории, в том числе и теория Камнева, описывают явление сцеплённости с вероятностной точки зрения, принимающей, что корреляция результатов выпадения монет вызвана «случайным», вероятностным совпадением измерений, поскольку оба измерения не могут влиять друг на друга. Таким образом, корреляция измерений с точки зрения койнтовой механики имеет существенно большее значение, чем она была бы при независимом поведении монет. Это означает фактическую зависимость их друг от друга, поэтому локальная вероятностная модель не может быть применена к сцеплённым монетам. Подводя итог своим выкладкам, Асперян заявил:

- Как видно из результатов аналитических расчетов, на параллельных столах исходы эксперимента для модели Камнева и модели Звонарёва совпадают. Поэтому для достоверности эксперимента необходимо провести эксперимент с указанными Звонарёвым условиями – изменением настроек измерителей во время полёта монет с углами, отличными от нуля.
- Но это означает ни что иное, что между монетами существует некая магическая связь! – не мог согласиться с выводами Асперяна Камнев, - Мы не можем игнорировать положения теории вероятностей! Достаточно просто обратиться к работам великого математика современности Колмогорова, в частности, к его выводам в отношении независимых и зависимых случайных событий.

Камнев быстрыми движениями набросал на доске несколько выражений.

- Вот как Колмогоров определяет независимость событий [10]:
«Пусть даны n испытаний $\aleph^{(1)}, \aleph^{(2)}, \aleph^{(3)}, \dots, \aleph^{(n)}$ т.е. n разложений

$$\Omega = A_1^{(i)} + A_2^{(i)} + \dots + A_r^{(i)} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

основного множества Ω на сумму (непересекающихся) событий. Тогда можно задать $r = r_1 r_2 \dots r_n$ вероятностей

$$P_{k_1 k_2 \dots k_n} = \mathbf{P}(A_{k_1}^{(1)} A_{k_2}^{(2)} \dots A_{k_n}^{(n)}) \geq 0$$

вообще произвольно при единственном условии ¹⁾

$$\sum_{(k_1, k_1, \dots, k_1)} P_{k_1 k_2 \dots k_n} = 1.$$

Определение 1. Испытания $\aleph^{(1)}, \aleph^{(2)}, \aleph^{(3)}, \dots, \aleph^{(n)}$ будем называть *независимыми*, если для любых k_1, k_2, \dots, k_n имеет место равенство

$$P_{k_1 k_2 \dots k_n} = \mathbf{P}(A_{k_1}^{(1)} A_{k_2}^{(2)} \dots A_{k_n}^{(n)}) = \mathbf{P}(A_{k_1}^{(1)}) \mathbf{P}(A_{k_2}^{(2)}) \dots \mathbf{P}(A_{k_n}^{(n)}).$$

- Как видим, - продолжал Камнев, - вероятность совместного выпадения двух результатов равна произведению их собственных вероятностей. Хотя этой ссылки достаточно самой по себе, я все-таки приведу еще и другую ссылку, на Садбери [14]:

«Пусть E и F – два *независимых* эксперимента, т.е. нет причинного влияния одного из них на другой и нет общего причинного влияния на оба этих эксперимента. Тогда, если a_1, \dots, a_m - возможные результаты эксперимента E (с начальным состоянием ψ) будет a_i , а b_1, \dots, b_n - результаты эксперимента F (с начальным состоянием ϕ), будет b_j , равна

$$p_{E \otimes F}(a_i \text{ и } b_j | f \text{ и } j) = p_E(a_i | f) p_F(b_j | j) \text{»}.$$

- И вновь легко заметить, - подчеркнул Камнев, - что и здесь соблюдается это же правило: вероятность независимых событий при совместном выпадении равна произведению их собственных вероятностей. Приведу в заключение еще одно мнение по поводу независимых событий, Феллера, который приводит, как он его назвал, симметричное определение [15]. Он писал:

«Если A не зависит от H , то и H не зависит от A . Поэтому мы предпочтем дать следующее симметричное

Определение 1. *Два события A и H называются независимыми, если они удовлетворяют соотношению:*

$$P\{AH\} = P\{A\} * P\{H\}$$

Это определение применимо и в случае $P\{H\} = 0$, когда условная вероятность $P\{A|H\}$ не определена».

- Кстати, - подняв вверх указательный палец, как бы прося обратить на это особое внимание, сказал Камнев, - он приводит и наглядный пример по этому поводу:

«Из колоды игральных карты вытаскивают наугад одну карту. Из соображений симметрии мы склонны ожидать, что события «трефа» и «туз» независимы. Действительно, их вероятности равны $1/4$ и $1/13$, а вероятность их одновременного осуществления равна $1/52$ ».

- Давайте сравним этот пример с нашими сцепленными монетами! Вероятность выпадения каждой из них, из тех же самых соображений симметрии, при условии их независимости мы склонны ожидать $1/2$ для любой из них. Следовательно, вероятность их одновременного осуществления должна быть равна $1/4$! Для независимых монет – четверть, но никак не $1/2$, что показывает эксперимент и выкладки Асперяна! Эти два события не являются независимыми!

Камнев решительно отстаивал свои взгляды на зависимость сцеплённых монет.

- Мы уже рассматривали вопрос о полноте физической теории. Это относится и к койнтовой теории. Какой бы смысл мы ни вкладывали в этот термин - полнота, от всякой полной теории нужно, я уверен, требовать, чтобы каждый элемент физической реальности имел отражение в этой физической теории!

Но и Звонарёв не намерен был сдавать своих позиций:

- На этапе теоретических рассуждений мы можем согласиться и сделать такое предположение о существовании в койнтовой механике некоторого элемента. Но какой элемент физической реальности может в данном случае содержать в себе значение параметра ϕ ?

- Это слабое возражение. Нельзя требовать, чтобы элементы физической реальности были определены априорно. Эти элементы должны быть найдены на основе результатов экспериментов и измерений. Кроме того, мы уже рассматривали этот вопрос о возможности предсказаний со стопроцентной вероятностью значения физической величины. В данном случае мы имеем случай предсказания со стопроцентной вероятностью исхода второго измерения – второй из сцеплённых монет, поэтому следует признать, что для нее существует какой-то элемент физической реальности.

Непримиримые теоретические позиции мог разрешить лишь Верховный Арбитр – эксперимент. Схема экспериментальной установки оказалась простой. Устройство подбрасывания монет подает сигнал на исполнительные механизмы, которые поворачивают измерительные столы на некоторый фиксированный угол. Для простоты были выбраны четыре фиксированных угла, предложенные Звонарёвым, которые все стали называть базисом Звонарёва. Какой из углов Звонарёва будет выбран, определялось случайным образом во время полета монет, поэтому связь между столами и монетами исключалась. В момент касания одной из монет своего измерителя фиксировались световые потоки, освещающие их, и вычислялась вероятности того, что монета «приземлилась» с определенным значением параметра «орёл-решка».

День рождения Аллы или чуда суперпозиции

День выдался напряжённым и полным странных событий. Но учёба учёбой, а жизнь продолжается и в ней всегда есть место для веселья. Я не задумывался о предстоящем вечере, но он висел где-то в глубине подсознания и неприметно окрашивал все остальные события в едва заметные оттенки жизнерадостности. Даже скучные и рутинные дела не казались такими скучными и рутинными, как обычно. Предстоящая встреча в праздничной обстановке с самой лучшей девушкой института превращала всё в праздник. День не тянулся резиной, дела спорились, и вот, наконец, прозвучал последний звонок... Занятия окончились, все свободны!

Наталья незаметно помахала мне пальчиками и выбежала из аудитории. Догнал её я уже на крыльце. Она стояла на краю и ждала меня.

- Привет!
- Привет!

Она улыбнулась мне.

- Не передумал? Тогда идём! – позвала она, услышав моё подтверждение.

Мы поднялись к остановке, но сели не на обычный трамвай, идущий в центр, а на трамвай, идущий в противоположную стороны. Проехали одну остановку и вышли. Рядом с остановкой было старое трамвайное кольцо и небольшой, так называемый микро рынок. Мы подошли к торговцам цветами, и я выбрал небольшой букет.

- У Аллы есть какие-нибудь предпочтения в цветах?
- Честно говоря, не знаю. Вроде бы она не привереда. Да и главное не стоимость подарка, а внимание. Выбери, как говорится, от души – это главное.

В цветах я тоже не силен. Вспомнил всё, что когда-либо слышал о достоинствах цветов, и уточнил на всякий случай у продавщицы, подойдет ли этот букет молодой девушке на день рождения. Та засуетилась, нашла особую обёртку, красивую цветную ленточку, упаковала букет. Получилось вполне прилично. Я осторожно взял букет, и мы направились в квартал, который выглядел как совершенно самостоятельный город на

фоне близлежащих районов. Громадные многоэтажки образовывали своеобразный остров в океане. И мы быстро растворились в его каменных джунглях. Город просто кишел жителями. Число жителей в домах было настолько большим, что пространство между домами было перенаселено пешеходами, автомобилями, детскими площадками, киосками и прочей мелкой инфраструктурой. Наталья шла уверенной походкой, и мы быстро подошли к цели нашего путешествия. Вошли в подъезд и вызвали лифт. Подошла просто громадная подъёмная площадка – грузовой лифт. В нем могли поместиться, наверное, не менее двадцати человек. Лифт стремительно понес нас на восемнадцатый этаж. Ничего себе масштабы. Сломайся такой лифт, до восемнадцатого этажа добираться – развлечение не для слабонервных. Я как-то привык в своем миниатюрном городе везде ходить пешком, не привык к лифтам. Здесь эта привычка быстро бы сошла на нет.

Лифт остановился, причем так, что аж дыхание перехватило от невесомости. Круто! Мы вышли на просторную этажную площадку. Да, уж. Длинные коридоры и штук восемь квартир на площадке. Просторный домище. Мы подошли к квартире Аллы, и Наталья позвонила. За дверью была слышна негромкая музыка. Примерно через полминуты дверь открыла хозяйка квартиры. Вот это женщина! Наверное, она заметила моё восхищение, приветливо улыбнулась. Затем, распахнув объятия, бросилась на шею Наталье:

- Привет, Колдунья! – сказала она смеясь и поцеловала Наталью в щеку.
- Здравствуйте, - произнес я, как мог приветливее, и протянул Алле букет, – Поздравляю с Днем рождения! Желаю всего самого хорошего! – начал было я официальную часть, но Алла меня прервала:
- Какой у тебя замечательный кавалер! – она протянула мне руку, явно не для рукопожатия.

Я неловко взял её ладошку и, чуть наклонившись, прикоснулся к ней губами. Она тут же перехватила мою руку и легонько потянула за собой.

- Проходите! Наталья, ты знаешь, что и где, командуй.

Алла отпустила меня и, прикрыв за нами входную дверь, убежала в комнату. Наталья подвела меня к вешалке. Достала из сумки туфельки, переобулась.

- Ты можешь не разуваться.
- Мне как-то неудобно в уличной обуви.
- Ладно, вот здесь есть домашние тапки, если хочешь, можешь надеть.

Тапки были моднячие, хотя и домашние, и вполне удобные.

- А почему она тебя колдуньей назвала? – поймал я момент, чтобы спросить.
- У меня бабушка умела гадать и меня кое-чему научила. Алла любит всё такое. Ну, ты ещё увидишь, она не сможет отказать себе в этом любимом развлечении.
- Так ты гадалка? – удивился я.
- Нет, что ты! – возразила Наталья. – Просто немного фантазии и красноречия имеется.

Она рассмеялась и, взяв меня за руку, повела в комнату. За небольшим столом сидели две девушки и трое юношей. Все прилично одеты, что несколько смущало – вечеринка сразу же стала заметно отличаться от молодежной тусовки. Рубашки с запонками, галстуки – бабочка, лакированные туфли у сидевшего с краю юноши. Видимо, ребята из высшего света. Компания для довольно-таки скромной квартиры была немного непривычной.

Алла посадила нас с Натальей за стол, свободных мест больше не было. Похоже, регламент вечеринки был строго определен, и все приглашённые были на месте. Я чувствовал некоторую скованность, так сказать, был не в своей тарелке. Но на меня никто не обращал внимания, и скованность быстро таяла. Кавалер Аллы поднял бокал и произнес поздравительную речь. Говорил он легко, искренне и как-то очень

интеллигентно. Ощущался интеллект, раскрепощенность. Не удивлюсь, если окажется, что он сын какого-нибудь посла.

Закончив свой небольшой, но яркий тост, он поднял руку, в которой оказалась маленькая коробочка. Такие же неприметные коробочки я заметил и у других юношей. Меня бросило в жар. Черт! На фоне таких подарков я выглядел халявщиком, любителем дармовщинки. Алла раскрыла коробочку. Было заметно, что содержимое коробочки ей известно, и знакомство с подарком было простой формальностью. Это были серьги. Она восхищенно захлопала в ладоши и, обняв юношу, отблагодарила его нежным поцелуем. Не откладывая дело в долгий ящик, она предложила ему надеть ей серьги. Серьги были, надо заметить, признаком довольно близких отношений. Не только красивые, но и явно дорогие. Судя по всему в них было не меньше трех небольших алмазов. Во всяком случае, мне так показалось.

По очереди свои поздравления произнесли другие кавалеры. Я сидел почти в трауре. И не сразу заметил, что Наталья просто вцепилась в мою руку и пытается привлечь моё внимание. Я повернулся к ней, и она чуть наклонилась ко мне:

- Расслабься! – прошептала она мне в ухо. - Это традиционный ритуал, ты в нем участия не принимаешь!

И действительно, после восторгов по поводу весьма симпатичного небольшого ожерелья и воздушных поцелуев, слов благодарности и поднятия бокалов, слово взяла Алла.

- Я хочу поблагодарить всех вас за то, что вы не оставили меня одну в этот грустный праздник!

Мы подняли бокалы и выпили стоя. Алла продолжила:

- А теперь я хочу выпить за мою замечательную подругу! – она наклонилась над столом и почти всем телом повернулась к нам с Натальей. – Наташка, я так рада тебя видеть у меня в гостях! Желаю тебе счастья, моя прелестная колдунья!

Наталья подняла бокал, и мы ещё раз запили тост. Официальная часть, можно сказать, закончилась, и все расслабились, сметая угощения со стола. Между прочим, было очень вкусно. И, что довольно нетрадиционно, никто особо не стремился набить живот. Странная компания. Непривычно интеллигентная для молодежи.

Тихая музыка сменилась танцевальными ритмами, а освещение – мерцанием светомузыкальных приборов. Мы передвинули стол чуть в сторону и освободили место для танцев. Небольшая танцевальная пауза позволила немного размяться. Обязательных кавалеров не было, поэтому я потанцевал не только с Натальей, но и с остальными девушками. Моё удивление не угасало. Каждая из них была непривычно интеллигентной. Тонкие намеки на мои отношения с Натальей нисколько не задевали меня. Даже наоборот, вселяли какую-то неясную надежду на необычное и светлое будущее. Наталья была совершенно неотразима. Казалось, что я знаком с нею всю жизнь, что между нами давно были близкие отношения. Она позволяла себе довольно коварные шуточки, но я воспринимал их без всяких смущений.

- Правда, Алла сегодня просто ангел? – смеясь спрашивала она меня.
- Просто слов нет, она – само очарование!
- Ты просто не представляешь, какая она огненная женщина! – продолжала подначивать меня Наталья. – Если попадешь в сети её очарования, то никогда не сможешь её забыть!
- А ты-то откуда это знаешь? – пытался я отбиться.
- Знаю, знаю! – смеялась она, - Она показывала целые тома стихов, которые ей посвящали те, с кем она была в близких отношениях.

- Наверное, не с теми она была в близких отношениях, если живет в такой довольно обычной квартирке, - неосторожно заметил я.

Но Наталья, казалось, никак не отреагировала на мою нескромность.

- Обычная? – переспросила она, - Нет, ты просто не всё знаешь.

Она замолчала, и склонила голову мне на плечо. Мы плавно кружили в танце. Я ощущал дурманящий аромат её духов. В их букете как-то незаметно, очень трудно уловимо узнавался особый аромат – нежного девичьего тела, ласки и... страсти.

Музыка остановилась. Слабый голубоватый свет окутал комнату. Не сговариваясь, все сели за стол. С него уже всё было убрано. Только один предмет мерцал в самом его центре. Нетрудно было догадаться – это был вне всяких сомнений хрустальный шар. Похоже, неспроста Алла называла Наталью колдуньей. Видимо, сейчас начнётся главное представление вечера.

Хрустальный шар несепарабельности

Наталья села напротив шара. Все молчали. В воздухе повисла загадочная тишина. Похоже, эта картина была уже знакома её участникам, и все терпеливо ожидали чего-то. Я был здесь новичком, поэтому не имел ни малейшего представления, чего следует ожидать. Однако никакой тревоги я не ощущал, все участники вечеринки своими манерами меня убедили в том, что компания приличная. Минуты тянулись, и меня всё больше начинало охватывать любопытство. Если все так терпеливо чего-то ожидают, то оно, несомненно, того стоит! Боковым зрением в лёгком голубом сиянии я видел всех участников представления. Они сидели без видимого напряжения, так, как сидит любой человек в зале ожидания и равнодушно ожидает своего события: начала сеанса, прибытия поезда или чего-нибудь ещё. Наталья сидела, чуть прикрыв глаза.

- Вижу.

Она произнесла это тихим спокойным голосом. Что видит? Может быть, это просто гипноз? Сейчас участники войдут в транс и улетят в глубины собственного подсознания. Никто не проявил никакой активности. Так же спокойно сидят и ждут. Я вновь неназойливо окинул боковым зрением участников действия. Так что же здесь сейчас произойдёт?

- Граница.

Точно, гипноз! Сейчас Наталья, наверняка, начнёт говорить что-нибудь монотонное, затем «мне тепло, мои глаза слипаются...» и мы уплывём, уплывём, уплывём... Вот, кажется я и без Натальи начал себя убаюкивать. Я посмотрел на шар. Ничего особенного. Шар, он и есть шар. Такое же непримечательно голубое свечение. Не похоже, что он играет какую-то важную роль в этом представлении. Но я здесь гость, поэтому моя роль – без слов. В конце концов, я получил подарок не хуже, чем Алла: рядом со мной сидит такая прекрасная, такая очаровательная девушка. Я чувствую тепло её тела. Её бедро касается моего. Я уверен, что впереди у нас незабываемые впечатления.

Шар всё так же переливается чуть заметным голубым сиянием. Сколько же прошло времени? Думаю, что около пяти минут. Хотя такая монотонная ситуация искажает ощущение времени. Как сегодня днем, когда мы вдруг попали в странную ситуацию. Получается, что время остановилось для всего окружающего мира и текло лишь для нас с Натальей. Как-то я уже подзабыл об этом, а ведь Наталья ждёт от меня объяснений. А что я могу ей сказать? Для меня это такое же необъяснимое явление, как и для неё. Остановка времени. Но почему оно коснулось не всех явлений природы? Ведь мы же двигались между объектами? Дышали. Значит, воздух был. Значит, он сохранил свои свойства, иначе бы как мы его смогли вдохнуть? Ведь даже листик на кусте был будто тяжеленный кусок металла! Кроме того, свет. Получается, что лучи света, то есть фотоны, тоже сохранили

свои свойства, распространялись как обычно со скоростью света и взаимодействовали с другими предметами: отражались, преломлялись, поглощались. Некоторые предметы даже светились. Например, как этот хрустальный шар.

Я приподнял глаза. Такое чувство, будто передо мною появилось зеркало. Откуда оно взялось?! В зеркале я увидел своё отражение. Надо же, как я задумался, даже не заметил, как кто-то принёс зеркало. Только... в зеркале отражался лишь один я. Отражения шара не было. Наверно, я нарушаю правила поведения в этом представлении, но, вынув руку из-под стола, я решил дотронуться до шара. Моё зеркальное отражение даже не попыталось повторить мою попытку. Значит, это не отражение?! Но себя-то я, дай бог, ещё способен узнать! Как-никак в зеркало не раз заглядывал. Это точно был я! Вот на виске небольшая родинка... была... Что же это?! Что за маскарад? Кто-то надел на себя маску, сильно похожую на меня! Значит, это просто шутка!

- Так, я сильно извиняюсь! Мне весьма нравится это представление, но, боюсь, что я пока не в состоянии в полной мере оценить его. Было бы очень кстати ознакомить меня с программкой представления. Что здесь происходит?

Похоже, я произнес свою речь в пустое пространство. Моё отражение молчало, говорил я один. Кстати... Мы вообще были с ним одни за столом. Я даже и не сообразил сразу. И Наталья ушла, я даже не почувствовал, когда. Не боковым, а уже прямым зрением я осмотрел стол. Точно, мы были вдвоём: я и моё отражение. Отражение... Отражение?! Я обомлел! Это было не отражение! Я аж поперхнулся:

- Алла?! Что здесь происходит?! Бли-и-ин!!! Никогда не видел ничего подобного!

Вот это спектакль! Расскажи кому – не поверят! Куда все подевались, и...

Я вдруг понял, что комнаты тоже нет как таковой! Край стола, стулья, а дальше... темнота! Слабого голубого мерцания от хрустального шара не хватало, чтобы вырвать из темноты хоть какой-нибудь предмет!

- Так что же здесь происходит, как вы всё это делаете?!

Я повернулся к Алле и... вновь обомлел. Передо мной сидела не Алла, а её кавалер! Вот это да!!! Вот это кино! Ну, и Наталья! Ну, и молодец. Никому не удавалось до сих пор погрузить меня в гипнотический сон. Даже Великий и Могучий Кашпировский не смог. Я честно пытался выполнить все его рекомендации, но бесполезно. Перед телевизором я сидел, что называется, в трезвом уме и твёрдой памяти. Врач как-то сказал, что у меня процессы торможения, так сказать, заторможены, поэтому для гипноза я крепкий орешек. Не то, чтобы я совсем неприступен, но нужно проделать некоторые подготовительные процедуры. Видимо, здесь сидение в темноте и тишине перед мерцающим шаром и было этой подготовительной процедурой.

Однако как долго всё это будет продолжаться и в чём, собственно говоря, состоит изюминка всего этого спектакля? Ну, загипнотизировали меня, ну и что? Что-то хотят узнать от меня такого, чего я в ясном сознании не помню?

- Послушайте, милейший... - начал я какую-то нелепую фразу.

Передо мною плавно менялись облики почти всех участников вечеринки. Самое интересное было, когда вновь появился я. На этот раз родинка на виске присутствовала. Мой двойник улыбнулся мне. Надо же, ожил. Довольно милая улыбка. Можно сказать, очаровательная. Прическа немного взлохмачена. И брови густые. Но глаза... Бог мой, какие глаза! Сразу вспомнилась реклама в газете: посмотрите в эти глаза! Разве они могут лгать? Там, конечно, сплошное вранье, как можно судить о глазах по фотографии? Здесь же - глаза живого человека. И как он смотрит на меня. Просто гипнотизирует.

Двойник вновь улыбнулся и протянул руку. Я не удержалась и протянула руку навстречу. Сильная, но нежная рука. Жёсткая, но нежная. И эти глаза. Бог мой, просто

взгляда не отвести! И губы... Хочу прикоснуться к ним. Хочу, чтобы они меня ласкали. Какие у него глаза! Они меня сейчас с ума сведут! Ну, чего же ты ждёшь?! Не видишь, что я тебя хочу?! Неужели не слышишь, как бьётся моё сердце?! Что это со мною? Вроде бы я не так много выпила шампанского, а вот совсем развезло... Если он сейчас не подойдёт ко мне, я сама перелезу к нему через стол и изнасилую его. Чурбан бесчувственный! Ну, давай же... Ну, иди ко мне...

- Петя...
- Наташка...
- Ещё... ещё...
- Наташка, моя милая, Наташка...
- Да... да... ещё...

Ну, где же ты раньше был?! Как я раньше обходилась без тебя?! Боже, я умираю... А-а-а... Боже... боже... боже... Бог, мой, что это было?! Я в раю? С трудом открываю глаза... Ой, где мои причиндалы... сбруя... Так, так, так... Ладно, это потом надену... Сойдет. Юбка... классная юбочка! Блузка... Отлично, можно сказать, по полной форме. Извините... можно я на стул сяду... спасибо... Петька! Хулиган! Отстань... Да, можно... я сама позвоню... Ой, блин... спать как хочется... Где эта Алла?!

- Алла! Ты где шатаешься? Я совсем от твоего шампанского съехала с крыши... то есть крыша у меня съехала...

Вот ведь... Эх, Петька... никому я тебя не отдам... Вот только протрезвею... Надо же, только что передо мною была Алла!

- Андрей, это ты что ли? А мне показалось, что это Алла. Ты Петю не видел? И вообще, что здесь происходит? Посмотри, ты видишь что-нибудь там, за краем стола? Или это только у меня глюки? Там же нет ничего!
- Алла, ты что, совсем опьянела?! С пары бокалов шампанского?! Или ты успела втихаря принять что-то покрепче?

Андрей рассмеялся.

- Андрей, ну и жаргончик у тебя! Ты же знаешь, я алкоголем не злоупотребляю. И ничуть я не пьяна. Сам посмотри, там же за столом – пустота. Ничего не видно!
- Как же не пьяна! А называешь меня Андреем! Не узнаёшь?!
- Ой, Петя! Слушай, честное слово! Только что на твоём месте сидел Андрей! Честное слово! И всё-таки, кто-нибудь ответит мне, что здесь происходит?! Взгляни же, наконец, что ты видишь за краем стола?!

Я поднялся и медленно приблизился к краю стола. Мало ли что там случилось... Если я под гипнозом, да ещё встану, а там открытое окно... Не хватало только вылететь с восемнадцатого этажа! Медленно, медленно, шаг, ещё... Из мрака на меня выдвигается стол... где же край?! Черт! Я же точно помню, как двигался от левого края стола! Но не продвинулся ни на сантиметр! Вот он шар... Но вроде бы я ушёл от него... Шар должен быть позади меня! Так, нет ничего проще, чтобы проверить это... Разворачиваемся! Шаг, другой, третий... Не может быть! Только что я удалился от шара и вновь вижу его перед собой. Получается, что стол... круглый?! Нет, я вижу, что он прямой, будто стрела... Но любое движение вперёд заканчивается тем, что я вновь нащупываю бледно мерцающий хрустальный шар. Напротив меня, через стол сидят поочерёдно все участники вечеринки... Это конец всему! Кажется, я сошёл с ума.

- Андрей! Очнись! Что ты всё мечешься вдоль стола?! Мы же договорились не предпринимать резких движений!
- Виктор? Слушай, это не я! У меня даже и мысли не было двигаться! А что, я действительно шёл вдоль стола?
- Да, ты мельтешишь тут уже минут пятнадцать!

- В смысле? Мельтешу?
- Ну, да. Уже раз десять прошёл мимо меня. И всё время справа налево.
- Классно! Такого кина мне ещё не показывали! Ну, Алла! Класс!

Я опустился на стул. В голове была полнейшая неразбериха. Какой-то кодекс авиаторов перед глазами. Зачем мне яхта?! Неужели я давно знаком с Аллой?! Не может быть, ведь я же лишь сегодня впервые её увидел! И никак не мог подарить ей такого дорогого мобильного! Хотя за её обаяние не жалко и океанской яхты... Боже, о чем это я? Кроме Наташки никто мне не нужен!!!

- Осторожно, шар! Шар!!! Наташка!

Поздно. Шар покатился по столу... Всё, вдребезги... И так было темно, а теперь вообще – хоть глаз выколи. Впрочем... что это... зажигалка!

Заиграла музыка, и как прожектора засияли разноцветные огни цветомузыки. Странно, но шар не разбит, а всё так же стоит на подставке в центре стола. Всё вроде бы точно так же, как и перед началом представления, только... Я и не заметил, когда пересел на другую сторону. Похоже, что не я один перешёл на другое место. Такое впечатление, что нас кто-то незаметно перетасовал, как колоду карт. И, когда шар скатился на пол, разложил вокруг стола.

Парадокс кошёлки Шрёнина

Видимо классические времена «физиков и лириков» прошли. Сейчас в физике появились совершенно невообразимые веяния. Юмор физика, не всегда понятный обывателю, имеет свой неповторимый колорит. Не всегда угадаешь, где физик шутит, а где говорит всерьёз. Взять, например, классику физического юмора – многомировую интерпретацию одного из самых остроумных физиков нашей эпохи - Эверетта! Или автора удивительной гипотезы об «отложенном выборе» - Уилера. «Мы не имеем никакого права говорить о том, что делает фотон во время движения в интерферометре. Во время него фотон – большой огнедыщащий дракон, неуловимый в хвосте – на входе в интерферометр, и несокрушимый на выходе - в момент встречи с датчиком» [5].

Не всем удастся придумать что-нибудь оригинальное, но почему бы не попытаться? На очередной лекции Сергей Иванович привел ещё один пример такого юмора в физике. В качестве образа шутки Шрёнин использовал кошёлку своей бабушки.

В кошёлке Шрёниной бабушки лежит механизм. Места в кошёлке много. Настолько много, что этот механизм способен подбросить в ней монету. В момент, когда монета падает на дно кошёлки, механизм срабатывает еще раз. Если монета падает орлом, то он сталкивает кошёлку со стола на пол. Если монета падает решкой, то кошёлка остается на столе. В соответствии с формализмом койнтовой механики, состояние кошёлки описывается суперпозицией двух собственных состояний кошёлки: кошёлка на столе и кошёлка под столом. Действительно, существует лишь два исхода эксперимента, поэтому они и являются составляющими суперпозиции. Поскольку состояние монеты до её падения не определено, то и состояние кошёлки также не определено, и она рассматривается как находящаяся на столе, так и находящаяся под столом одновременно. То есть, другими словами, во время полёта монеты кошёлка находится одновременно и на столе, и под столом. С обычной точки зрения, с позиции здравого смысла это выглядит как абсурд, парадокс. Невозможно себе представить предмет, в данном случае – кошёлку, находящимся одновременно в двух различных местах пространства. Действительно, никто и никогда не наблюдал такого явления, чтобы какие-либо макрообъекты: кошёлки, столы,

крикетные шары, слоны и так далее находились бы одновременно в двух различных точках пространства [11]. Но койнтовая механика не делает различия между монетами и любыми другими объектами материального мира. Для описания в терминах абстрактных векторов состояния никакой разницы между макросистемой и койнтовой системой не существует. Это описание справедливо для любых систем, правда, из-за общности описания и результаты мы можем получить только общие, качественные [9]. Но эти качественные выводы бесспорны, например, о той же несепарабельности. Формализм несепарабельности койнтовой механики не только не противоречит такой возможности, но и прямо на это указывает: чистое суперпозиционное состояние предметов подразумевает их одновременное пребывание во всех его собственных состояниях, и кошёлка в этом смысле не является исключением. Длится это состояние так долго, как долго длится состояние несепарабельности, то есть неразделимости, когда все составляющие системы представляют собой единое целое, и не могут рассматриваться каждая самостоятельно. Такое состояние описывается единым вектором состояния и не может рассматриваться как сумма состояний её неразделимых частей.

Однако парадокс этот лишь кажущийся. Решение его состоит в правильном толковании состояния суперпозиции. Как отмечено, суперпозиция имеет место только в состоянии несепарабельности, которое возможно лишь при отсутствии какого бы то ни было взаимодействия с окружением. Лишь в этом случае мы можем сказать, что кошёлка находится в состоянии суперпозиции. Любое взаимодействие, даже потенциальная возможность определить состояние кошёлки, даже призрачная, гипотетическая, пусть и не реализованная в данный момент возможность, приводит к декогеренции её состояния, которое перестаёт быть чистым когерентным состоянием. В этом случае вектор состояния кошёлки коллапсирует, и она переходит в одно из своих собственных состояний: на столе или под столом. Только принципиальная невозможность определения состояния кошёлки делает её состояние несепарабельным и суперпозиционным. Это важное, решающее обстоятельство: обязательное отсутствие любой, даже гипотетической возможности определить состояние системы! Лишь в этом единственном случае состояние кошёлки описывается как суперпозиция её собственных состояний «на столе» и «под столом», в которых кошёлка пребывает одновременно и неразличимо.

- Так что же получается?! – послышался возглас из аудитории, - Значит, кошелка не одна? Их, получается, две? Одна на столе, а другая под столом?
- Доброе утро! – пошутил Шрёнин, - Кто-то только что проснулся?

В аудитории послышался смех.

- Нет, ещё раз повторяю: две кошёлки – это результат суперпозиционного состояния одной и той же кошёлки. Одну и только одну кошёлку мы можем наблюдать в проявленном, сепарабельном состоянии. Состояния суперпозиции для нашего мира принципиально не наблюдаемы, это нелокальные состояния, в этом и состоит основная суть несепарабельности. Возможность, даже гипотетическая, призрачная, иллюзорная возможность разрушает несепарабельность, и сепарабельным, наблюдаемым становится одно из возможных состояний кошёлки. Напротив, в несепарабельном состоянии кошёлка, так сказать, «размазана», равномерно распределена между своими состояниями суперпозиции. Подчеркиваю, что этот момент является очень важным, и понимание его является первостепенной задачей в изучении койнтовой механики.

Заключение

Студенты давно подметили одну интересную закономерность. Чем сложнее предмет, чем он запутаннее и труднее для понимания, тем легче на экзамене. Может быть это связано с тем, что по-настоящему такой предмет не знает и сам преподаватель? Может быть. Хотя более правдоподобным видится другое объяснение. Такие сложные предметы, очевидно, знают лишь умные преподаватели. А умный преподаватель не будет требовать от студента невозможного, поэтому относится к его знаниям разумно. Тот, кто трудился и знает больше всех – заслуживает «отлично». Кто трудился хуже и знает меньше всех – тому и оценка похуже. Даже «неуд» можно схлопотать. А всем остальным, что называется, в данных оговоренных и строго ограниченных пределах. Шрёнин был преподавателем умным и справедливым, поэтому экзамен для студентов был хотя и трудным, но предсказуемым. Результат экзамена был прямо пропорционален посещаемости и участию в практических занятиях.

Лишь немногие из студентов, в том числе и я, посвятили этому предмету больше усилий, чем требовалось для сдачи зачета и экзамена. Собственно, я об этом не жалею. Такая «магия жизни», как койнтовая механика, стоит потраченных усилий на её изучение. Она дает точные и однозначные вопросы на рассматриваемые явления. С математической точки зрения. Ведь результаты экспериментов полностью согласуются с её предсказаниями. Но вместе с тем койнтовая механика поднимает и серьезные философские вопросы. Логические вопросы и вопросы познаваемости мира. То есть, один и тот же вопрос имеет одновременно два ответа: математический «чему равен результат опыта?» и философский «почему так происходит?».

Камнев так и не смирился с признанными объяснениями койнтовой механикой явления сцепленности монет. «Призрачное взаимодействие» не могло его устроить. Но доводы Звонарёва и эксперименты Асперяна явно свидетельствовали: между монетами нет передачи сигнала. Вместе с тем, вторая из монет фактически демонстрировала «телепатическую связь» с первой. Если первая выпадала орлом, то вторая будто «чувствовала» это и принимала такое состояние, будто она строго параллельна первой монете! Какие бы углы между измерителями ни выбирались, вторая монета всегда «знала» чему равен угол между её измерителем (столом) и измерителем (столом) первой монеты! Такая зависимость, как показали расчеты Звонарёва, не может быть описана простой вероятностной зависимостью, которая неизбежно сводится к некоторому набору скрытых переменных (дополнительных параметров). Отсюда следовал вывод, что койнтовая механика не нуждается ни в каких дополнительных параметрах, то есть отвечает критерию полноты физической теории. Поэтому вопрос о полноте койнтовой механики однозначно решается не в пользу любой локальной теории скрытых переменных.

Вот так и был решен спор о полноте койнтовой механики между Звонарёвым и Камневым. Впрочем, их спор в науке никак не отразился на их дружбе в жизни: они продолжали активно и плодотворно сотрудничать в физическом кружке под руководством Сергея Ивановича Шрёнина. Помня просьбу Натальи объяснить, что же произошло с нами в день рождения Аллы, я попросил ребят помочь мне. Разумеется, я ничего не сказал им о том, что сам был непосредственным участником этих событий! Просто предложил им это явление в виде некоей гипотетической задачи, загадки. И получил довольно интересные объяснения. Хотя мне они кажутся всё-таки недостаточно правдоподобными, но такие объяснения - лучше, чем отсутствие объяснений вообще.

Наше с Наташкой «путешествие» в замеревшем во времени мире, как оказалось, является ничем иным, как чуть ли не рядовым следствием базовых положений койнтовой механики! Конечно, сам механизм «растворения реальности», его движущие силы физики описать не смогли. Но суть в том, что в соответствии с теорией декогеренции в основе окружающего мира (классической реальности) лежит нелокальный источник, который находится вне пространства и времени [9]. Их доводы не лезли, что называется, ни в какие ворота. Но ребята хорошо поднаторели в данных вопросах и просто сыпали цитатами из авторитетных изданий и ссылками на известных физиков. Трудно было не согласиться с тем, что нет видимых принципиальных теоретических запретов на возможность перевести объект в нелокальное суперпозиционное состояние по всем его внутренним локальным степеням свободы, то есть полностью перевести объект в нелокальное состояние, как бы «растворить» его в «бесконечности». А после этого вновь его декогерировать и перевести в локальное состояние в другом месте (для классической реальности это будет выглядеть как телепортация). Получается, что объекты, то есть, я и Наталья, исчезли в одном месте – на лестнице в институте, и появились в другом – в ателье. С формальной точки зрения такое наше «перемещение» можно рассматривать как сверхсветовое «распространение сигнала», поскольку для окружающего мира мы переместились из одной точки в другую мгновенно. Но на самом деле такое «перемещение» не будет связано с непосредственным движением объектов как носителей сигнала в классическом пространственно-временном континууме, поскольку мы для этой реальности отсутствовали как объекты. Как видим, когеренция и декогеренция – это очень крутая магия [9], когда она становится управляемой, хотя и неясно, кем. По сути дела, это «дематериализация» и «материализация» локальных объектов, их «исчезновение» и «проявление» в нелокальное состояние и обратно. Много говорилось о том, что несепарабельные (запутанные) состояния не имеют никакого аналога в классической физике. Они никак не могут быть объяснены и описаны ею, для классической физики это в прямом смысле «сверхъестественные» явления, выходящие за привычные рамки классических представлений о реальности [8]. Убрать такую магию из науки достаточно просто, можно просто закрыть на неё глаза и пренебречь несепарабельностью, но намного интереснее обратное – научно объяснить саму магию!

Конечно, можно возразить, что эти доводы, трактовки в пользу магии не являются бесспорными. Тем не менее, принцип несепарабельности вполне можно рассматривать как такой прямой довод. Его одного достаточно, чтобы принять магию как неотъемлемую часть реальности [9].

Вместе с тем трудно было не согласиться и с тем, что декогерентная логика очень простая – нелокальное когерентное состояние объекта при взаимодействии с окружением переходит в локальное – в материальный объект в реальном мире. Взаимодействие декогерирует нелокальное состояние, разрушая суперпозицию. Нелокальное состояние, это объект, «размазанный» по всему нашему пространству-времени, он вообще из него «выпал» и не принадлежит нашей классической реальности (может и не полностью, а лишь частично). Декогеренция – это его локализация, «возвращение» в наш локальный физический мир.

Возможно, основная трудность в понимании этих вещей связана с понятием нелокального суперпозиционного состояния. Это состояние не имеет классического аналога. Это не частица (вещество), и не поле (волна). Это - *Ничто* с классической точки зрения, это нематериальное состояние. Можно сказать, что это чистая информация, которая может «проявиться» в виде дискретных объектов. Для нас такой тип состояний непривычен, мы привыкли иметь дело с локальными состояниями. Причем,

несепарабельное суперпозиционное состояние – это вовсе не смесь двух классических состояний (немного того, немного этого) [9]. Это нелокальное состояние – объекта вообще нет как локального элемента классической реальности. Лишь при декогеренции, после «проявления» в виде локального объекта, мы можем увидеть его в привычном для нас виде.

В общем, мы с ребятами пришли к мнению, что какой-то неизвестный нам магический процесс (чего греха таить, мне всё время кажется, что здесь не обошлось без магических способностей Натальи) запустил механизм когеренции в области нашей локализации. Это трудное для понимания явление, поэтому вряд ли удастся сейчас объяснить его сколь-нибудь удовлетворительно. В результате этого процесса когеренции мы с Натальей перешли в чистое нелокальное, несепарабельное состояние. То есть «выпали» из классической реальности. Время и пространство в классическом смысле перестали существовать для нас, а мы – для них, у нас появились наши собственная реальность, реальность, не взаимодействующая с классическим окружением, наш «потусторонний мир». Для классической реальности мы перестали существовать. Если бы кто-нибудь находился рядом с нами в момент когеренции наших состояний, он был бы сильно удивлен тем, как мы просто растворились в пространстве! В тот момент, когда мы по неизвестной нам причине вдруг попадали в процесс декогеренции, то есть вступали во взаимодействие с окружением, мы переходили в сепарабельное, разделимое состояние, проявлялись и становились частью классической реальности. Многие явления имеют понятное описание, но не все из них имеют приемлемое объяснение. Поэтому требовать объяснений, каким образом мы «вывалились» из реальности ещё можно, но объяснить, почему это произошло, и почему произошло наше «возвращение» в классический мир, вряд ли имеет смысл.

Не менее удивительными были предположения ребят и о другой загадке, которую я им преподнес. Они оба сразу же согласились, что видимых противоречий с теориями нелокальных суперпозиционных состояний описанный мною пример не имеет. Так прямо и сказали: это классическое описание суперпозиции состояний сложных систем! Звучит весьма забавно. Это ж что получилось?! Каждый из участников того «спектакля» в стиле Хрустального Шара, оказался одним из возможных суперпозиционных состояний общей системы, состоящей из нас, гостей вечеринки у Аллы! А раз так, то каждый из нас фактически был... каждым из нас! То есть я был одновременно и я, и Андрей, и Виктор и даже... Наталья и Алла! Ну, не знаю... Для физиков, может быть, это и разумное объяснение, но представить себя одновременно и собой и Андреем и... Натальей... это тот ещё аттракцион! Впрочем, после него я ощущаю совершенно необъяснимое единство с Натальей. Она для меня теперь не просто лучшая девушка на свете... Мне кажется, что мы с ней чуть ли не единое целое. Дело даже не во взаимопонимании. Иногда мне кажется, что я нахожусь в двух местах одновременно, чувствую то, что чувствует она. Она мне об это тоже не раз говорила. Если у меня возникают проблемы, она о них сразу же узнаёт. И, что мне нравится гораздо больше, иногда просто выручает. Может быть, это и совпадение, случайное совпадение... Но были случаи, когда она издали предостерегала меня от ошибочных и даже опасных действий. Вас никогда не удивляло будто произнесенное за спиной громкое «Стой!»? Особенно, если сразу после этого мимо вас проносится на бешеной скорости сумасшедший мотоциклист? А я слышал его.

И всё-таки в заключение не могу не сказать, что некоторые вопросы для меня лично остались по-прежнему неясными. Да, я согласен: неравенства Звонарёва нарушаются в койнтовой механике. Но, разглядывая экспериментальную установку Асперяна, я до сих пор задаюсь вопросом: как же так получается?! Монеты же

сцеплённые! То есть они в самом буквальном смысле соединены друг с другом жестким металлическим стержнем!

Литература

1. An experimental test of non-local realism, Simon Grblacher, Tomasz Paterek, Rainer Kaltenbaek, Chaslav Brukner, Marek Zukowski, Markus Aspelmeyer, Anton Zeilinger, Nature 446, 871 - 875 (19 Apr 2007) Article,
<http://www.nature.com/nature/journal/v446/n7138/full/nature05677.html>,
http://quantmag.ppole.ru/Articles/Zeilinger_Nature05677.pdf (315 kb)
2. Aspect A., Dalibard J., Roger G., Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analysers. – Phys. Rev. Lett. 49, 25, (1982).
3. Aspect A., «Bell's theorem: the naive view of an experimentalist», 2001,
http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/aspect_bell.zip
4. Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics Vol. 1, No. 3, pp. 198-200, 1964
5. Hellmuth T., Walther H., Zajonc A. and Schleich W., Delayed-choice experiments in quantum interference, Phys.Rev.A, **35**, N61, p.2532-2541, (1986)
6. Алан Аспект, *Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора*, (Пер. с англ. Путенихина П.В.), Квант. Маг. 4, 2135 (2007),
<http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2135.html>
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики, том 2: Квантовая механика. М.: Наука, 1972,
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/LandauLifshic_t2_1972ru.djvu
8. Доронин С.И., Сепарабельные состояния, Квантовая Магия, том 4, вып. 4, стр. 4124-4133, 2007, <http://www.quantmagic.narod.ru/volumes/VOL442007/p4124.html>
9. Доронин С.И., сообщения на форумах Квантового портала, <http://quantmag.ppole.ru/>
10. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей, 1936,
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/kolmogorov.djv>
11. Пенроуз Роджер, Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В.О.Малышенко. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 384 с.
Roger Penrose, The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics. Oxford University Press, 1989.
12. Пенроуз Роджер, Структура пространства-времени,
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Penrouz1972ru.djvu>
13. Путенихин П.В., *Эксперимент по схеме Аспекта с источником псевдо-запутанных частиц*, Квант. Маг. 4, 2167 (2007),
<http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2167.html>
14. Садбери А., Квантовая механика и физика элементарных частиц, М.: Мир, 1989
15. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Том 1. М.: Мир, 1967,
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/feller1.djv>
16. Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным? / Эйнштейн А. Собр. научных трудов, т. 3. М., Наука, 1966, с. 604-611