

## Комментарии и обмен мнениями по статье А.В. Каминского «Анатомия квантовой суперпозиции (3-х битная Вселенная)»

С.И. Доронин, А.В. Каминский

(Опубликована 25 февраля 2006)

Обсуждается статья: [А.В. Каминский, Квант. Маг. 3, 1130 \(2006\)](#), опубликованная в текущем номере журнала. Мы вели обсуждение по переписке и решили оформить в виде отдельного текста. Возможно, этот материал поможет лучше понять суть подхода автора статьи, и те возражения, которые здесь могут иметь место.

### СИД (С.И. Доронин):

Александр, я не могу согласиться с некоторыми концептуальными моментами Вашей статьи, хотя и уважаю Вашу точку зрения.

Немного поясню, с чем я не согласен. Например, Вы исходите из выражения (1):

$$W = G \otimes H, \quad (1)$$

заранее предполагая сепарабельность исходной системы  $W$ , Вы предполагаете, что ее можно разделить на две независимые части. По сути дела Вы рассматриваете частный случай более общей ситуации, когда исходная система может находиться в несепарабельном состоянии, когда выражение (1) записать просто невозможно. Или выражение (1) получается, когда мы находим редуцированную матрицу плотности для некоторой системы (СН – субъективного наблюдателя в Вашем случае), когда мы усредняем по внешним степеням свободы, а затем рассматриваем ее классические корреляции с окружением, анализируем сепарабельное состояние система+окружение.

Т.е., что я хочу сказать, в Вашем исходном выражении Вы уже свели квантовую теорию к классической физике, и естественно, Вы можете из него получить классическое описание, которое Вы выдаете за объяснение квантовой специфики. Вы с самого начала убираете квантовую специфику – несепарабельность (кв.запутанность) системы и окружения, но в этом случае квантовая теория, по сути, и не нужна, такую ситуацию можно описать методами классической физики.

В то же время в квантовой теории хорошо известен принцип несепарабельности, который утверждает, что если системы взаимодействуют (взаимодействовали раньше), то общее состояние будет несепарабельное.

Я приведу более строгую формулировку принципа несепарабельности из книги К. Блума\*: **Принцип несепарабельности:** если две системы взаимодействовали в прошлом, то в общем случае невозможно приписать один вектор состояния любой из двух подсистем.

\* К. Блум, Теория матрицы плотности и ее приложения, Москва, Мир, 1983, стр. 80, (она есть у меня на сайте в библиотеке).

Как Вы понимаете, это ближе к реальной ситуации, поскольку любой СН взаимодействует с окружением, следовательно, выражение (1) не может иметь место, точнее, выражение в таком сепарабельном виде – это будет приближенное, огрубленное описание, когда мы

пренебрегаем несепарабельностью и рассматриваем только классические корреляции с окружением.

**Ответ АВК (А.В. Каминский):**

Весь смысл моего построения именно в том и состоит, что квантовая несепарабельность это следствие неизбежно субъективного восприятия мира.

**СИД**

Этот момент я, вроде бы, ухватил, хотя и не совсем. У меня только вопрос, если отвлечься от восприятия, если теоретически взять произвольную изолированную систему, – согласно Вашей модели она не может находиться в суперпозиционном состоянии? При ее описании мы не можем пользоваться принципом суперпозиции состояний? Т.е. по сути, Вы отрицаете принцип суперпозиции состояний, поскольку его обычно относят к чистым состояниям (изолированным системам). У замкнутой системы ведь нет окружения, значит, она не может находиться в суперпозиционном состоянии? Вы можете сказать, что в реальности нет абсолютно чистых состояний, и я соглашусь, но я говорю только о теоретической модели, об описании, о формализме. Согласно Вашему подходу принцип суперпозиции в его общем виде нельзя использовать для описания замкнутой системы?

**АВК**

Это не следует из моего подхода, и я не отрицаю принцип суперпозиции состояний. Я не говорил, что для изолированной системы КМ описание не пригодно. Я говорил это о мире целиком, да и то, подчеркивал, что это абстракция. И только с демонической точки зрения наблюдателя, способного обзреть все сущее разом, мир не будет квантовым. Замкнутая система и изолированная это несколько разные вещи. Если система изолированная, то значит, ее от чего-то изолировали и она, если и не будет обмениваться с окружением импульсом и энергией, то в той или иной мере всегда будет запутана с ним. Если же система замкнута, то это больше напоминает некую отдельную вселенную, которая вообще к нам не имеет никакого отношения, и значит, мы о ней ничего сказать и не можем.

**СИД**

Немного не то я хотел сказать. Хорошо, не будем говорить о физике, я попробую подойти к этому вопросу формально. Пусть у нас есть некая теория, которая способна описывать изолированную систему, не накладывая никаких ограничений на возможные состояния этой системы: может описывать как собственные состояния этой системы, так и любую суперпозицию этих состояний. Эта теория не делает никаких предположений, догадок, не накладывает ограничений, она описывает любую ситуацию, – когда система находится в собственном состоянии, и когда в суперпозиции состояний. Теория как бы говорит, – я не знаю, в каком конкретном состоянии находится та или иная система, но я умею описывать любые ситуации. И для меня такая позиция вполне приемлема и логична. Но как только начинают говорить о том, что система в таких-то состояниях может находиться, а в таких-то нет, – сразу возникает много вопросов: чем вызваны эти ограничения, из каких соображений они вводятся и т.д. Но в любом случае, описание с наложенными ограничениями будет частным случаем более общего подхода.

**АВК**

Спор о том, какое описание является более общим часто бывает не продуктивен. Возьмем, например, какую ни будь математическую теорию, оперирующую сложными конструктивными понятиями, например Риманову геометрию. В принципе это – теория инвариантов самых общих непрерывных дифференцируемых преобразований. Другими

словами, она содержит в себе много разных понятий. Одно из них – понятие непрерывности, континуальности. Но это понятие, как известно, конструктивно. Его можно строить на основе теории множеств, которая в свою очередь вырастает из логики и т. д.. В основе понятия самой геометрии так же лежат более простые понятия из теории инвариантов и алгебры. Не стоит продолжать этот анализ. Я просто хочу показать, что КМ конструктивна. И я кажется нашел тот фундамент который лежит в ее основе. Ретроспективный взгляд вглубь основ теории, позволяет иногда увидеть СМЫСЛ явления, тогда как получение того же результата в виде следствия из общей теории, этот смысл скрывает. Не один «квантовик» вам не объяснит что такое квантовая суперпозиция, не объяснит, что лежит за квантовыми корреляциями и другими «чудесами». Потому, что КМ построена, как феноменологическая теория на базе существующего уже достаточно развитого аппарата. Я же показал, что суперпозиция, и по всей видимости все основные принципы КМ могут быть осмысленно получены (сконструированы) из самых простых, априорно понятных «кирпичиков».

И я ни в коем случае не согласен с тем, что моя теория - частный случай квантовой теории. Это не так. КМ просто говорит, что мир такой, то есть квантовый. А моя теория объясняет ПОЧЕМУ он квантовый, а не классический или не какой-то еще...

И еще. Вы говорите, что из выражения (1) следует сепарабельность квантовых состояний. То есть (1) описывает частный случай наиболее общего несепарабельного состояния, описываемого КМ. Это не так. Выражение (1) говорит лишь о сепарабельности субквантовых (фундаментальных) состояний. Состояния в скрытом пространстве  $\mathcal{H}$  вообще нельзя относить к физическим состояниям. В моем построении это постулат, если хотите. Следствием этого постулата, при некоторых дополнительных предположениях, является несепарабельность уже квантовых состояний. То есть, с моей точки зрения, мир объективно сепарабелен и субъективно не сепарабелен. Объективно суперпозиционных состояний не существует. А квантовая несепарабельность, как легко видеть, как раз, является тривиальным следствием модели. Действительно, если субъект находится в некотором состоянии, то окружение уже не может находиться в произвольном состоянии, ибо в каждый момент состояние мира вполне определено детерминированным процессом на фундаментальном уровне. Поэтому состояние окружения всегда "комплементарно" состоянию наблюдателя. То есть субъект запутан с окружением.

### **СИД**

Но я не могу согласиться с утверждениями такого рода: “Объективно суперпозиционных состояний не существует...”. Что значит, не существует? Их не только научились приготавливать, но сейчас они применяются в технических устройствах (квантово-криптографических системах, например). В той же оптике они широко используются, недавно только мне попадалась статья на этот счет Н. Jeong and T.C. Ralph, “Schrodinger Cat States for Quantum Information Processing” quant-ph/0509137 (сентябрь 2005) – типа обзора о способах получения и практическом применении *cat*-состояний в квантовой информатике. Вы сами говорите: “физика это то, что **мы** можем измерить”, а то, что мы можем не только измерить, а получить и использовать на практике, разве это не физика?

### **АВК**

Конечно же, физика. Все с чем мы имеем дело, может быть кроме наших мыслей и чувств, есть физика.

### **СИД**

Я что хочу сказать, как мне показалось, Ваш подход – частный случай квантовой теории, когда накладываются ограничения на допустимые состояния системы.

### **АВК**

Это Ваше высказывание свидетельствует о том, что Вы не до конца поняли, какой смысл в контексте статьи я вкладываю в слова "субъективно" и "объективно". Объективный взгляд на мир - это взгляд на мир, как целое со стороны. Но такой взгляд – абстракция. То есть, если бы существовал наблюдатель, способный посмотреть на мир со стороны, то он не обнаружил бы признаков суперпозиционных состояний. Для него, способного распознать каждое фундаментальное состояние, пространство этих состояний не является линейным, как не является линейным классическое пространство событий в теории вероятности, – либо “орел”, либо “решка” и никаких суперпозиций. Суперпозиция же возникает только в результате субъективного взгляда на мир изнутри. Суперпозиция порождается физической неполнотой со всеми вытекающими последствиями. Наши приборы дают нам субъективную информацию о мире, ибо эти приборы тоже часть мира, поэтому мы и наблюдаем квантовую суперпозицию и даже научились практически использовать этот феномен.

### **СИД**

Если продолжить Вашу предыдущую цитату: “...ибо на фундаментальном уровне у нас господствуют причинность и локальность”.

Под фундаментальным уровнем Вы, видимо понимаете весь мир в целом, всю Вселенную. И откуда же возьмется локальность на этом уровне, если у Вселенной нет окружения? Кто (или что) осуществляет редукцию вектора состояния Универсума? Это чистое состояние, а оно наоборот, как известно из квантовой теории, является когерентным и нелокальным. Локальным оно может быть только в одном случае, когда между подсистемами полностью отсутствуют взаимодействия (иначе работает принцип несепарабельности), когда вектор состояния Универсума ограничивается одним из собственных состояний. Предполагая локальность на фундаментальном уровне, Вы тем самым отбрасываете все взаимодействия между подсистемами и лишаете Универсум возможности эволюции, динамики, Вы “замораживаете” его в одном из базисных состояний.

### **АВК**

Уважаемый Сергей, Вы находитесь в плену стереотипов. Это "болезнь" всех теоретиков, уверовавших во всемогущество и окончательную истинность КМ. Это даже не предубеждение. Вы просто не можете допустить, что может быть что-то более фундаментальное, стоящее над квантовой теорией. Вы всегда рассуждаете с т.з. КМ. А я пытаюсь понять, ПОЧЕМУ мир квантовый. Я предполагаю существование детерминированной "квзимеханики" на фундаментальном уровне. Это даже не механика, а просто алгоритмическая динамика. Это самое простое, что можно положить в основу.

Да, когда я говорю о фундаментальном уровне мироздания, то подразумеваю тот самый абстрактный объективный взгляд на мировую целостность. С этой несуществующей "смотровой площадки" могла бы быть видна эта алгоритмическая динамика. Но на этом уровне не действуют КМ законы! Так, что ни о какой редукции и редуцированных матрицах речь идти не может.

### **СИД**

Вы совершенно справедливо отмечаете, что части никогда не может быть доступно целое. Но это тривиальное утверждение, а Вы пытаетесь на нем построить некоторую философию, называете *физической неполнотой*.

**АВК**

Я пытаюсь построить физику. Если быть точнее, то на этой основе (идея физической неполноты) я пытаюсь найти основания физики.

**СИД**

А что мешает избавиться от этой неполноты – рассматривать изолированную систему и анализировать взаимоотношения между частью и целым в пределах этой замкнутой системы? В квантовой теории так и поступают.

**АВК**

Вы верно заметили - это можно сделать, и делается в терминах квантовых состояний. Но мне нужно не это. Я хочу понять почему КМ имеет место быть.

**СИД**

Та же трехсоставная система, которую Вы рассматриваете, прокопана уже вдоль и поперек. Выделены различные классы состояний, в том числе максимально-запутанные, когда уж точно невозможно записать выражение типа (1), когда эти три подсистемы вообще не существуют в виде локальных элементов реальности (напр. по спиновым степеням свободы). Например, рассмотрены состояния, когда парные корреляции классические, но в то же время корреляции одной частицы с двумя другими – чисто квантовые, и т.д. В общем, трехсоставные системы достаточно подробно проанализированы в плане возможных соотношений между частью и целым. Рассмотрены не просто классические (сепарабельные) 3-битные “Вселенные”, как в Вашем случае, а квантовые 3-кубитные, и Ваш случай является лишь частным случаем более общей ситуации, когда состояния могут быть не только сепарабельными, но и несепарабельными. И это не просто теория, все эти несепарабельные суперпозиционные состояния используются в экспериментах и на практике. Пусть настоящую замкнутую систему получить невозможно, но легко можно получить псевдочистое (квазизамкнутое состояние) на временах меньших времени декогеренции. Например, спины достаточно хорошо изолированы от других степеней свободы, и когерентная суперпозиция сохраняется достаточно долго. Такие суперпозиции не просто объективно существуют, но научились ими манипулировать. Что делается в том же квантовом компьютеринге, а иначе с чем, по-вашему, там имеют дело? Суперпозицию кубитов научились не только приготавливать, но и всю “крутят” эти кубиты при помощи унитарных операций.

**АВК**

Конечно же я с Вами согласен, и мне самому хорошо известны примеры практического использования квантовых свойств природы. Но опять же я говорю несколько о другом. А именно, о возможном существовании наряду с классическими битами и квантовыми кубитами неких фундаментальных состояний нашего мира. Причем квантовые и классические состояния в этом понимании являются конструктами на основе этих самых гипотетических фундаментальных состояний.

**СИД**

Мне ближе взгляд на КМ как на инструмент: умеет она помимо сепарабельных состояний описывать несепарабельные – ну и хорошо, пусть описывает, что в этом плохого, может быть и что-то полезное и интересное при таком описании выплывет. Я уже пытался об этом сказать, – если мы умеем не только 3-битную сепарабельную Вселенную описывать, но и 3-кубитную несепарабельную, разве это плохо? Глядишь, при этом мы получим более адекватное описание реальности.

**АВК**

А вам не хочется заполнить еще более тонкий инструмент? Я понимаю, что ресурсы КМ еще не исчерпаны, но этот момент скоро подойдет.

**СИД**

В принципе, я понимаю, что Вы хотите сказать, Вас интересует вопрос, откуда выплывает эта несепарабельность при описании методами КМ, что является ее первопричиной. Вы считаете, что на самом деле ее нет? Я, например, считаю, что она имеет место быть в объективной реальности независимо оттого, как мы ее описываем, несепарабельные состояния – неотъемлемая часть совокупной Реальности.

**АВК**

Как Вы, наверное, уже поняли, получилось так, что я называю субъективной реальностью то, что физики называют объективной. С первого взгляда это вносит путаницу, но это не так. Эти термины хорошо отражают суть дела. Вообще это тонкий момент. Диамат, который мы изучали, когда-то считал, что окружающий нас мир не зависит от нас и в этом смысле – объективен. Но ошибочность этого взгляда уже очевидна. Есть другой взгляд, согласно которому мир таков, каковым мы его видим, то есть он субъективен. То есть, наша способность и особенность нашего видения определяет реальность. Это похоже на правду – понятие о мире возникает в конфигурационных отношениях наблюдателя и объекта.

**СИД**

Похоже Вы считаете, что настоящей несепарабельности (кв.запутанности) нет, а есть что-то типа “псевдозапутанности”? А на фундаментальном уровне, на уровне Бога, нет никакого единства, нет гармонии (согласованности, когерентности), там состояние сепарабельное? – или я что-то недопонимаю?

**АВК**

На уровне Бога (объективного наблюдателя) несепарабельности в смысле КМ нет. Но есть некая квазимеханистическая несепарабельность наподобие сцепленных шестеренок. Их положения всегда взаимно обусловлены. Несомненно, есть согласованность и гармония в форме некоего алгоритмического процесса, имеющего место за кулисами физической реальности. Этот мировой алгоритм отражает замысел Бога, его идею. Но я еще раз подчеркиваю, что внешнего наблюдателя может не быть вовсе. Это не означает, что я атеист. Бог это нечто другое, и он как-то связан с ситуацией неполноты, о которой я говорю. Бог, скорее всего и есть сама мировая целостность – мировое слово + алгоритм. В примере, который я рассматривал, "Бог" – 3-х битный. Считается, что Бог непознаваем – это и есть неполнота, связанная с тем, что мы есть часть мира. Во-вторых, Бог вездесущ и он частица каждого из нас. И это находит отражение в модели – слово разбивается на 2 части: субъект и объект. Эти аналогии можно продолжать и нигде мы не получим сбоя или противоречия. И это не подтасовка и не притягивание фактов за уши. Все это здорово очаровывает меня. Но я не строю Вавилонскую башню. До Бога все равно бесконечно далеко. Ведь мы не знаем и никогда не узнаем, откуда взялось слово и в чем смысл алгоритма. Вообще говоря, я стараюсь не увлекаться метафизическими размышлениями и пытаюсь формализовать идею физической неполноты, поскольку ясно вижу, что она позволяет обосновать ряд моментов в физике, которые введены чисто эмпирически, и смысл которых пока не понят. Пониманию я придаю очень большое значение. Я очень надеюсь на то, что на этой основе удастся найти сцепку КМ, СТО и термодинамики. Схема этой сцепки качественно просматривается, но строить строгую теорию не в моих скромных возможностях.

Не знаю, удалось ли мне хоть сколько-нибудь прояснить то, что ускользало от Вашего понимания. В заключение еще раз основная мысль:

1. Мир в основе детерминистичен. Это можно взять в качестве аксиомы.
2. Для наблюдателя, являющегося частью этого мира неизбежно возникает КМ.

Это удивительный факт, который пока, что ни кем не замечен. И это основное мое открытие, которое я пропагандирую в своих работах.

### СИД

Кажется, я уловил, в чем, возможно, заключается одна из основных причин моего непонимания. Вы пишете:

АВК >>А что такое изолированная или замкнутая система? В моей модели таких систем не бывает (кроме самого мира в целом). В КМ кажется тоже.>>

В КМ замкнутая система и чистое состояние – это тождественные понятия. Вектором состояния может быть описана только замкнутая система. Не всегда об этом говорится достаточно четко и однозначно, но это так, и есть строгие формулировки на этот счет. Например, у Ю.М. Белоусова (он зав. кафедрой теоретической физики МФТИ) это сказано прямо:

«Если квантовая система может быть описана вектором состояния  $|\Psi\rangle$ , говорят, что она находится в чистом состоянии. Для замкнутых систем такая ситуация *имеет место всегда по определению*».

Это из его книги (учебного пособия) «Матрица плотности», pdf-файл есть на сайте [http://www.abitu.ru/folder4440733/infor\\_2/a\\_ke48n.html](http://www.abitu.ru/folder4440733/infor_2/a_ke48n.html) в разделе «Теоретическая физика».

Таким образом, замкнутая система (чистое состояние) – это основное понятие КМ, и весь формализм КМ, основанный на векторах состояния, – это описание замкнутых систем. Это описание, пользуясь Вашей терминологией, с точки зрения ОН (объективного наблюдателя), когда описываемая система считается, своего рода, мини-вселенной (я пока говорю о чистых состояниях). Теоретические результаты и выводы, которые получаются на основе КМ-описания в терминах векторов состояния, справедливы и имеют смысл только в отношении замкнутых систем. Адекватность такого описания и точность теоретического предсказания определяется конкретной задачей, тем, насколько оправданно данную систему рассматривать как замкнутую по тем степеням свободы, по которым мы ее описываем. Это я пока об описании в терминах вектора состояния говорю, о чистых состояниях. Весь математический формализм КМ в терминах вектора состояния основан на понятии замкнутой системы, и в противном случае он просто не имеет смысла.

Хотя, и незамкнуты системы в отдельных случаях, при правильном подходе и некоторых разумных предположениях можно рассматривать как замкнутые по отдельным степеням свободы и описывать их теоретическими методами КМ в терминах вектора состояния.

Изолированную систему можно считать частным случаем замкнутости (на практике обычно именно с ними имеют дело), когда по некоторым степеням свободы мы можем считать систему замкнутой (описываемой вектором состояния) на временах меньших времени декогеренции. Это обычная ситуация, например, для ядерных спинов, у которых довольно велико время спин-решеточной релаксации (секунды, минуты и даже часы для твердых тел); поэтому, на временах значительно меньших (мили- и микросекунды), т.е. на тех, на которых обычно и проводят эксперименты, систему по спиновым степеням

свободы можно считать замкнутой, и описывать вектором состояния в спиновом представлении.

Поэтому, когда Вы пишете:

АВК >>Я говорю о двух возможных ситуациях и соответственно о двух классах систем – первый класс включает в себя наблюдателя, а второй имеет наблюдателя снаружи. То есть все зависит от того, как наблюдать за системой. Первый класс описывается КМ. Второй класс – локально-детерминистически. Наш мир всегда содержит наблюдателя внутри себя и поэтому такая система описывается квантовомеханически.>>

Я с этим не могу согласиться. КМ в терминах вектора состояния описывает как раз вторую ситуацию, с точки зрения абстрактного наблюдателя, который находится “снаружи” и оттуда “следит” за замкнутой системой, за внутренней динамикой ее подсистем (например, за динамикой отдельных спинов-кубитов в составной системе).

Описание открытых систем, в терминах матрицы плотности, это тоже описание “снаружи”, с точки зрения ОН, но когда часть информации о системе “потеряна” в окружении.

И вообще, сейчас математики смотрят на КМ как на разложение единицы в ортогональном (или неортогональном) базисе в гильбертовом пространстве состояний самой системы в некотором базисе. С использованием супероператоров такое разложение возможно не только для чистого состояния (замкнутой системы), но и для открытых систем, взаимодействующих со своим окружением (для состояний, описываемых матрицами плотности). Базис для разложения может быть выбран любой, в общем случае необязательно даже, чтобы базисные векторы были независимы и ортогональны.

Т.е. даже с точки зрения математического формализма КМ описание – это описание “снаружи”, с точки зрения ОН, когда есть некоторая выделенная система (единица), и мы раскладываем эту единицу в том или ином базисе.

### **АВК**

С самого начала Вы писали, что не согласны с моим взглядом, но уважаете его. Но, если этот мой взгляд ошибочен, то уважать его нельзя! Поэтому предприиму последнюю отчаянную попытку оказаться понятым.

Вы написали, что:

СИД >>Весь математический формализм КМ в терминах вектора состояния основан на понятии замкнутой системы... Описание открытых систем, в терминах матрицы плотности, это тоже описание “снаружи”, с точки зрения ОН, но когда часть информации о системе “потеряна” в окружении.>>

Я же утверждаю прямо противоположное, а именно, то, что все эти описания возникают в результате неполноты и имеют место только для наблюдателя, являющегося неотъемлемой частью системы. То есть для субъективного наблюдателя. Я утверждаю так же, что для несуществующего объективного наблюдателя описание не обязано быть квантовым – оно может быть детерминистично.

КМ-описание это описание для СН. Мы ДЛЯ СЕБЯ строили эту теорию, а не для ОН. А теперь почему-то говорим, что "Описание открытых систем, в терминах матрицы плотности, это тоже описание “снаружи”, с точки зрения ОН" Это не так! Это так только в приближении, как Вы правильно говорили, только для некоторых малых времен или для выделенных степеней свободы. В общем случае это не верно.

Утверждать, что векторный формализм КМ приспособлен именно для описания замкнутых систем, мне кажется не совсем правильно. Умозрительные рассуждения о замкнутых системах совершенно бессмысленны. Чтобы что-то сказать о системе, мы должны с ней провзаимодействовать. Понятно, что на каких-то временах или по каким-то степеням свободы можно приближенно считать, что система замкнута. Но ведь вопрос стоит принципиально! Еще раз схема моей теории:

1. Изначально на фундаментальном уровне мироздания (не доступном физ. наблюдателю) имеет место детерминизм и локальность.
2. Для физического наблюдателя, являющегося частью Вселенной, которую он описывает, по понятным причинам (неполнота), часть информации не доступна и поэтому возникает КМ описание.
3. Теперь уже на квантовом уровне описания реальности так же могут возникать ситуации, когда часть информации наблюдателю не доступна, скажем по причине ее потери в окружении при запутывании с ним. Эту ситуацию КМ решает, вводя описание при помощи МП.

Но это уже частность. Ограниченность этого описания всплывает, когда мы хотим рассматривать крайние ситуации. Например, когда мы разделяем мир на 2 части – наблюдатель "Я" и остальная вселенная "Ф". Здесь возникает известный парадокс кота Шредингера. Этот парадокс волнует только тех, кто считает, что первична только теория замкнутой Вселенной, а все остальное приближения, которые не могут претендовать на фундаментальность. Если я не ошибаюсь, Вы тоже сторонник замкнутой Вселенной? Так как же выходить из положения? Если Вселенная замкнута, то декогеренции нет и все когерентно – все состояния чистые и, как я писал в одной из статей, все коты в этом случае будут Шредингеровскими! Легко видеть, что корень этого парадокса опять же в объективном описании.

Пусть  $\Psi = \Psi_1\Phi_1 + \Psi_2\Phi_2$  запутанное состояние наблюдателя и вселенной. Для наблюдателя "Я" мир описывается МП.  $|\Psi\rangle\langle\Psi|$  Теперь, если усреднить по его же степеням свободы  $\langle\Psi_1\Psi_2|\Psi\rangle\langle\Psi|\Psi_1\Psi_2\rangle$ , то в недиагональных компонентах МП в качестве коэффициентов получим скалярные произведения  $\langle\Psi_1|\Psi_2\rangle$ . Так как вселенная замкнута, то функции  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$  обязаны коррелировать. В результате эти члены не зануляются и никакого смешанного состояния нет – только суперпозиции и чистые состояния. (Это для объективного наблюдателя, который думает, что Вселенную целиком можно описать при помощи КМ). Но для субъективного наблюдателя когерентное состояние Вселенной невозможно. Ибо он просто не сможет посчитать скалярные произведения  $\langle\Psi_1|\Psi_2\rangle$ . Информация о фазе будет потеряна и при искусственном усреднении  $\langle\Psi_1|\Psi_2\rangle$  занулятся. Поэтому, мир для него разделяется на альтернативы. В моей интерпретации здесь имеет место декогеренция на скрытых степенях свободы. Вообще мой взгляд ни в чем не противоречит КМ. Он просто демонстрирует, что КМ является следствием введение в рассмотрение субъективного наблюдателя. Что-то в этом роде. Не знаю, стало ли ясней... Больше не буду отнимать у Вас время. Если честно, то я сам до конца не понимаю всего этого...

### СИД

Я не утверждаю, что Ваша точка зрения ошибочна, просто у меня сложился несколько иной взгляд на КМ, поэтому и возникают сложности в понимании Вашей позиции. Вы же знаете, как много существует различных точек зрения на КМ и ее интерпретаций.

И спасибо Вам за пояснения, я лучше стал понимать Вашу позицию. В ней есть логика, и она вполне обоснована. Но я не могу согласиться с Вами, когда Вы говорите, что <<Умозрительные рассуждения о замкнутых системах совершенно бессмысленны>> и что <<Чтобы что-то сказать о системе, мы должны с ней провзаимодействовать>>. Основная

сила и мощь теоретических методов заключается как раз в возможности *предсказания* результатов какого-либо процесса или явления, анализируя ситуацию на модельных примерах, когда перед нами нет реальной системы с ее взаимодействиями. Для умозрительных рассуждений и теоретических выводов нам вовсе не нужно ни с чем взаимодействовать. Причем для замкнутых систем теоретическое описание наиболее простое, именно поэтому в КМ сначала было введено описание в терминах вектора состояния (волновой функции). А справедливость наших рассуждений и адекватность теоретических выводов затем можно проверять на реальных системах, – думаю, Вы согласитесь, что в этом отношении у КМ нет равных.

Что же касается Шредингеровских котов, то когерентное состояние будет только для всей Вселенной, для подсистем (в пространствах меньшей размерности) состояния уже не будут когерентными, там есть декогеренция.

### **АВК**

Для Вас, конечно, не будет неожиданностью, если я напомню, что КМ вообще не описывает редукцию, а теория декогеренции, описывая измерение, приводит к разным альтернативам, но не разделяет их. Я понимаю, что если не требовать от КМ большего, чем она может дать, то есть не задаваться "глупыми" вопросами вроде того "почему выпал орел, а не решка?", то можно считать положение вещей удовлетворительным. Однако же вопрос остается. Если отказаться от страусинной методы – не замечать то, что мешает, то необходимо искать ответ на вопрос - ПОЧЕМУ все же я вижу орел или решку, но не их суперпозицию? Ведь ни одна из компонент суперпозиции не может бесследно исчезнуть при заведомо унитарной динамике? Как известно, теория Эверетта не дает ответа на этот вопрос. Она просто переносит его в другую плоскость. Я полагаю, что мой подход может пролить свет на эти вопросы.

### **СИД**

Я представляю себе это так, что вся большая система это когерентное состояние, это Единое, но в подпространствах есть локальные объекты. Здесь на простых примерах обычно рассматриваются задачи о различных состояниях подсистем, в случае исходной замкнутой (когерентной) системы (напр. трехкубитная модель). Когерентность на уровне замкнутой системы вовсе не означает полную когерентность на уровне подсистем, там могут быть самые различные ситуации, в том числе сепарабельные состояния в различных сочетаниях. Например, проанализированы GHZ состояния, у них парные корреляции классические, но в то же время корреляции одной частицы с двумя другими – чисто квантовые, это состояния типа  $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|000\rangle + |111\rangle)$ , это как раз максимально-запутанное *cat*-состояние трех подсистем. Таким образом, Шредингеровские коты вовсе не обязаны быть на уровне подсистем, там могут быть и вполне обычные “коты”.

Авторы выражают взаимную признательность за столь содержательный и конструктивный диалог.