

*Лев Вайдман\**

## **«Раздвоение сознания» у нейтрона, или Почему мы должны верить в многомировую интерпретацию квантовой теории\*\***

---

Эта статья написана в поддержку многомировой интерпретации квантовой теории (ММИ). Необходимость вводить представление о существовании многих миров обосновывается путем анализа опыта по интерференции нейтронов. Вводится понятие «мера существования мира», и разрешаются некоторые трудности с проблемой вероятности в рамках ММИ.

Истина о физических объектах может быть странной. Она может быть недостижимой, но, если какой-либо философ верит, что он достиг ее, тот факт, что то, что он предлагает в качестве истины, является странным, не должен служить основанием для отрицания его мнения.

*Бертран Рассел*

### **1. Введение**

Существует много интерпретаций квантовой механики, и продолжают появляться новые интерпретации. Я полагаю, что ММИ, выдвинутая в 1957 году Эвереттом, является наилучшим кандидатом на роль действительно адекватной интерпретации\*\*\*. Моя уверенность зиждется не на философских преимуществах идеи множественности миров, как у Льюиса (1986), а на том, что трудности квантовой теории, исходящие

---

\* Лев Вайдман — физик, работающий в области оснований квантовой механики. Вместе с Я. Аароном и др. открыл несколько квантовых эффектов. Наиболее удивительный из них — «свободное от взаимодействий измерение», позволяющее «видеть объект в темноте». Работает в университете Тель-Авива (Израиль), Школа физики и астрономии.

\*\* Авторизованный перевод Е.А. Мамчур.

\*\*\* Я сравниваю ММИ с другими интерпретациями в расширенном варианте этой статьи [1]. См. также обзор ММИ на сегодняшний день [2].

из предположения, что существует только один мир, тот, который мы видим, являются слишком серьезными.

ММИ не является теорией о множестве *объективных* «миров». Никакой математический формализм сам по себе не дает определения понятия «мир». «Мир» — это субъективное понятие сознающего (*sentient*) наблюдателя. Все (субъективные) миры содержатся в *одной* объективной Вселенной. Тем не менее название «многомировая интерпретация квантовой теории» представляет эту теорию весьма хорошо. Действительно, согласно ММИ (и в противовес стандартному подходу), существует множество миров того типа, который мы в обыденной жизни называем «миром». И хотя ММИ не является только интерпретацией квантовой теории, поскольку она отличается от стандартной квантовой механики в некоторых экспериментальных предсказаниях, интерпретация составляет существенную часть ММИ. Она объясняет тот огромный разрыв, который существует между тем, что мы воспринимаем как наш мир, и тем, что появляется в формализме, описывающем квантовое состояние Вселенной. Уравнение Шредингера (основное уравнение квантовой теории) очень точно предсказывает результаты экспериментов, осуществляемых на микроскопических системах; оно также приводит к существованию множества миров. Цель постулата о коллапсе волновой функции, существование которого отличает стандартную интерпретацию от ММИ, состоит в том, чтобы избежать следствия уравнения Шредингера о существовании множества миров.

В настоящее время уровень развития технологии не позволяет нам экспериментально проверить предположение о существовании «других» миров. Так что только Бог или «сверхчеловек» (т.е. человек, оснащенный супертехнологией) может воспользоваться преимуществами ММИ в полной мере. Однако мы вполне можем занять позицию Бога по отношению к нейтрону. Вот почему я обсуждаю, прежде всего, ситуацию с нейтронами. В целях ясности изложения я буду приписывать нейтрону способность «чувствовать», «помнить», «понимать». Но конечно же, обоснованность ММИ не зависит от того, способен ли нейтрон «сознавать».

Дальнейшее изложение будет идти по такому плану. Во втором и третьем параграфе я объясняю действие нейтронного интерферометра и показываю, что ощущающий нейтрон, проходя через интерферометр, *должен* испытывать «раздвоение сознания». В параграфе 4 я ввожу ММИ нейтрона и показываю,

как она решает проблему «раздвоения сознания» у нейтрона. В параграфах 5–7 я продолжаю обсуждение ММИ на примере нейтронного интерферометра. Параграфы 8 и 9 посвящены центральному вопросу данной статьи — вопросу о вероятности в ММИ. В параграфе 10 я ввожу, а в параграфах 11–14 я обсуждаю ММИ Вселенной. И наконец, в параграфе 15 подытожены аргументы в пользу ММИ.

## 2. Расщепитель нейтронного пучка

Начнем с анализа простого эксперимента. Нейтрон проходит через расщепитель нейтронного пучка  $S$  по направлению к детекторам  $D_1$  и  $D_2$  (рис. 1). Результат этого эксперимента, как утверждают многочисленные экспериментаторы, будет состоять в следующем: одиночный нейтрон, проходящий через расщепитель пучка нейтронов, будет регистрироваться или детектором  $D_1$ , или детектором  $D_2$ . Естественный вывод, который можно сделать на основе этих результатов, состоит в том, что нейтрон движется или по траектории  $SD_1$  или по траектории  $SD_2$ , и, таким образом, экспериментатор отмечает срабатывание только одного из детекторов. Из двух имеющихся возможностей реализуется только одна.

До проведения эксперимента мы можем вообразить два различных мира, соответствующих двум возможным исходам эксперимента. Эти два мира различаются в отношении положения нейтрона, состояний детекторов, состояния сознания экспериментатора, записи в его записной книжке и т.д. Согласно стандартному подходу существует только *один* из этих миров. Согласно ММИ реализуются обе возможности. Срабатывают оба детектора, наблюдаются оба результата эксперимента, оба результата фиксируются в записной книжке наблюдателя и т.д. Когда экспериментатор докладывает мне, что нейтрон регистрируется детектором  $D_1$ , я, Лев Вайдман (убежденный в справедливости ММИ), знаю, что имеется также мир, в котором Лев Вайдман получает сообщение о том, что нейтрон регистрируется детектором  $D_2$  и что этот другой мир является не менее «реальным», чем первый. Вот что означает понятие «множественности миров». Имеется множество миров, подобных тому, в котором живем мы.

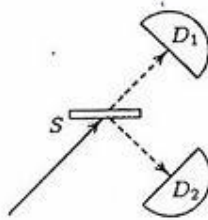


Рис. 1. Расщепитель пучка нейтронов

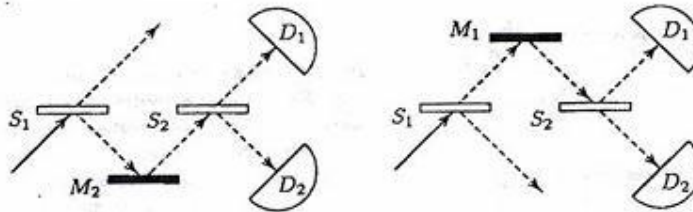


Рис. 2. Два варианта расположения расщепителей нейтронного пучка и нейтронного зеркала

Базируясь на результатах эксперимента, представленного на рис. 1, естественно допустить, что существует лишь один мир: нейтрон, проходящий через расщепитель пучка, либо отклоняется на некоторый данный угол, либо продолжает двигаться, не отклоняясь. Нейтрон имеет единственную траекторию. Наша уверенность в том, что существует единственная траектория, которая верно описывает эксперимент, укрепляется рассмотрением результатов экспериментов с зеркалом и двумя расщепителями в конфигурациях, показанных на рис. 2. Предсказание результатов этих экспериментов состоит в том, что в половине попыток нейтрон не регистрируется ни одним из детекторов (в случае, если он движется по траектории без зеркала), а в другой половине попыток он регистрируется случайным образом либо детектором  $D_1$ , либо детектором  $D_2$ . И экспериментальные результаты оказываются действительно такими, как они и предсказываются. Однако когда мы объединяем эти две системы, обнаруживается, что то, что являлось верным для каждой из систем по отдельности, больше не является верным: нейтроны не фиксируются случайным образом детекторами  $D_1$  и  $D_2$ . Эта комбинация из двух расщепителей и двух зеркал называется *нейтронным интерферометром*. Я обсужу его в следующем параграфе.

### 3. Нейтронный интерферометр

Нейтронный интерферометр — это экспериментальный прибор, который можно увидеть во многих научных лабораториях (подробный обзор см. [3]). Используя допущения предыдущего параграфа, оказывается невозможным объяснить результаты эксперимента по интерференции нейтрона. Как мы увидим, эти результаты вместе с допущением, что для нейтрона существует лишь один мир, вынуждают нейтрон испытывать «раздвоение сознания».

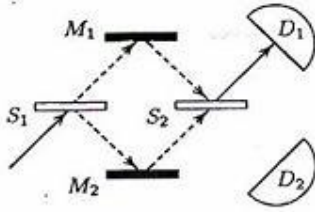


Рис. 3. Нейтронный интерферометр. Если интерферометр соответственно отлажен, две волны, идущие к  $D_2$ , одна от зеркала  $M_1$ , другая от  $M_2$ , интерферируют деструктивно, и  $D_2$  никогда не щелкнет

На рис. 3 дана схема экспериментального устройства для получения интерференции нейтронов. Оно состоит из источника нейтронов, расщепителя  $S_1$ , двух зеркал  $M_1$  и  $M_2$ , другого расщепителя  $S_2$  и двух детекторов  $D_1$  и  $D_2$ . Основываясь на нашем понимании процесса прохождения нейтрона через расщепитель, согласно которому нейтрон либо отклоняется на данный угол, либо проходит, не отклоняясь, по прямой, мы заключаем, что нейтрон идет по одной из четырех траекторий:  $S_1M_1S_2D_1$ ,  $S_1M_1S_2D_2$ ,  $S_1M_2S_2D_1$ ,  $S_1M_2S_2D_2$ . Следовательно, нейтрон должен регистрироваться случайным образом либо первым, либо вторым детектором. Но результаты эксперимента (с соответственно отлаженным интерферометром) не подтверждают наших ожиданий: все нейтроны фиксируются только детектором  $D_1$ .

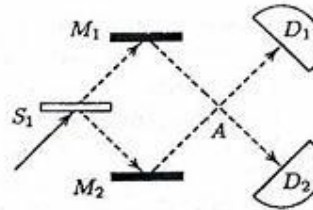
Мы не можем объяснить этот экспериментальный результат, основываясь на предположении о единственности траектории нейтрона. Мы вынуждены допустить, что в некотором смысле одиночный нейтрон проходит по двум траекториям:  $S_1M_1S_2$  и  $S_1M_2S_2$ . Если бы нейтрон мог чувствовать, он бы ощущал себя находящимся сразу в двух местах и движущимся одновременно по двум различным направлениям. Следовательно, внутри интерферометра нейтрон должен «испытывать» «раздвоение сознания»<sup>\*</sup>.

#### 4. Два нейтронных мира

Чтобы избежать представлений о нейтронах, испытывающих «раздвоение сознания», я делаю предположение, что в течение того времени, пока нейтрон находится внутри интерферометра, мир экспериментатора включает в себя два мира

<sup>\*</sup> Выражение «раздвоение сознания» (*schizophrenic experiences*) в оригинале. — Прим. перев. не описывает точно ощущения нейтрона, но лучшего я не смог найти. Эти языковые трудности не удивительны, если учесть, что до открытия квантовой механики не было повода обсуждать такие ситуации.

Рис. 4. Нейтронный интерферометр без второго расщепителя пучка. Каждый из детекторов щелкает в 50% случаев. В окрестности  $A$  не наблюдается никакого рассеивания



нейтрона. В каждом из этих миров нейтрон имеет вполне определенную траекторию:  $S_1M_1S_2$  для одного мира и  $S_1M_2S_2$  — для другого. В каждом из миров существует причинная цепочка событий. Например, в одном из миров нейтрон проходит через расщепитель  $S_1$  не отклоняясь, отражается зеркалом  $M_1$  к расщепителю  $S_2$ , отклоняется расщепителем по направлению к детектору  $D_1$  и обнаруживается этим детектором. В каждом из миров существуют недвусмысленные ответы на вопросы: где в настоящий момент находится нейтрон? Каково направление его движения? От какого зеркала он отражается? Заметьте, что мое предположение о существовании двух миров нейтрона полезно и в том случае, если нейтроны не могут «сознавать». Это допущение позволяет мне ответить на перечисленные выше вопросы, которые, согласно стандартной интерпретации квантовой механики, являются незаконными.

Нейтрон в одном нейтронном мире не знает (если, конечно он не изучал квантовую теорию и не верит в многомировую интерпретацию этой теории) о существовании своего двойника в другом мире. Равно как и мы, в своем большинстве, не думаем, что вдобавок к тому миру, в котором мы существуем, в пространстве-времени существуют другие миры. Однако экспериментатор по отношению к нейтрону находится в положении Бога. Он может провести эксперимент, с помощью которого можно проверить, «знает» ли нейтрон одного мира о существовании нейтрона другого мира. С этой целью он модифицирует эксперимент, удалив расщепитель пучка нейтронов  $S_2$  (рис. 4). Один нейтронный мир соответствует траектории  $S_1M_1D_2$ , другой — траектории  $S_1M_2D_1$ . Мы знаем, что эти два нейтрона встречаются в точке  $A$ , там, где раньше находился расщепитель  $S_2$ . Они находятся в одном и том же месте, в одно и то же время, двигаясь при этом в разных направлениях. При нормальных условиях (когда существует лишь один мир) два нейтрона, столкнувшись, рассеялись бы, но в эксперименте, изображенном на рис. 4, никакого рассеяния не происходит: на интенсив-

ность регистрации нейтронов детекторами  $D_1$  ( $D_2$ ) не окажет никакого влияния то, что мы устраним нейтрон-двойник, поместив поглощающий экран перед зеркалом  $M_1$  ( $M_2$ ).

Давайте вновь обсудим эксперимент по интерференции нейтронов (см. рис. 3). Гипотеза о многих (в данном случае двух) мирах решает проблему «раздвоения сознания» нейтрона внутри интерферометра, но кажется, что мы остаемся с проблемой раздвоения *памяти* нейтрона. Эти два мира вновь становятся одним миром в расщепителе  $S_2$ . Что «помнит» нейтрон после того, как он покинет  $S_2$ ? Помнит ли он, с каким зеркалом он столкнулся? Как мы увидим в следующем параграфе, квантовая теория говорит нам, что нейтрон не может «помнить», по какой из траекторий он двигался (в каком мире он «жил»). Таким образом, квантовая механика действительно объясняет, почему нейтрон регистрируется детектором  $D_1$ , но только в том случае, если нейтрон не имеет внутреннего параметра, который «помнит» (после того, как нейтрон покинул интерферометр), какую из траекторий нейтрон предпочел. Память нейтрона не исчезает полностью: нейтрон может «помнить» свою траекторию, пока он находится в интерферометре, но эта память стирается, когда нейтрон покидает второй расщепитель. В самом деле, существует физическая реализация эксперимента, в котором нейтрон «помнит», пока он находится в интерферометре, по какой траектории он движется. Одним из устройств, которое может служить в качестве расщепителя пучка, является специально сконструированный магнит (аппарат эксперимента Штерна-Герлаха). В этом случае траектория нейтрона коррелируется со значением внутренней переменной, именуемой спином, которая напоминает ему о том, по какой траектории он движется, находясь в интерферометре. Однако второй магнит, который заменяет второй расщепитель, стирает эту корреляцию и эту память, как только нейтрон покидает интерферометр (он должен уничтожить эту корреляцию для того, чтобы произошла интерференция). Нейтрон не может «знать» об объектах других миров, он не может «помнить», что он «жил» в двух мирах. Так есть ли какие-либо основания у нейтрона «верить» в существование других миров? Да, есть, те же основания, что и у нас: гипотеза о существовании других миров объясняет, почему после прохождения через интерферометр, нейтрон всегда заканчивает свой путь в детекторе  $D_1$ . В следующем параграфе мы увидим, как многомировая интерпретация квантовой механики объясняет этот экспериментальный факт.

### 5. Квантовомеханическое объяснение

В стандартной квантовой механике частицы не имеют и не могут иметь траекторий. Частица описывается квантовым состоянием, изменяющимся во времени. Для нейтрона квантовое состояние представлено спиновой компонентой и пространственной волновой функцией. Согласно стандартной интерпретации, квадрат амплитуды волновой функции в данной точке дает вероятность для каждой единицы объема обнаружить там частицу. Часто волновая функция распространяется на значительную область в пространстве, и тогда невозможно ответить на вопрос, где находится частица. Тем не менее физики все же рассматривают траектории частиц. Когда они говорят, что тот или иной нейтрон имеет данную траекторию, они подразумевают, что пространственная волновая функция нейтрона представляет собой локализованный волновой пакет (ЛВП), центр которого движется по этой траектории. Внутри интерферометра волновая функция нейтрона не является ЛВП, и, следовательно, нейтрон не имеет траектории. Однако когда нейтрон покидает расщепитель  $S_2$ , его волновая функция опять становится центром волнового пакета, который движется к детектору  $D_1$ . Это и есть квантовомеханическое объяснение того, почему нейтрон никогда не регистрируется детектором  $D_2$ .

Разрешите теперь продемонстрировать этот эффект квантовой интерференции, используя некоторые формулы. Обозначим через  $|up\rangle$  и  $|down\rangle$  состояния нейтрона, движущегося соответственно под углом  $45^\circ$  вверх и  $45^\circ$  вниз (см. рис. 1–4). После прохождения расщепителя, состояние нейтрона изменяется следующим образом:

$$\begin{aligned} |up\rangle &\rightarrow 1/\sqrt{2}(|up\rangle + |down\rangle); \\ |down\rangle &\rightarrow 1/\sqrt{2}(|up\rangle - |down\rangle). \end{aligned} \quad (1)$$

Действие зеркала  $M_1$  можно представить как

$$|up\rangle \rightarrow |down\rangle, \quad (2)$$

а действие зеркала  $M_2$  как

$$|down\rangle \rightarrow |up\rangle. \quad (3)$$

Зная действие компонент (1)–(3) и используя линейность квантовой механики, мы можем найти состояние нейтрона, по-



кидающего интерферометр:

$$\begin{aligned} |up\rangle &\rightarrow 1/\sqrt{2}(|up\rangle + |down\rangle) \rightarrow 1/\sqrt{2}(|down\rangle + |up\rangle) \\ &\rightarrow 1/2(|up\rangle - |down\rangle) + 1/2(|up\rangle + |down\rangle) = |up\rangle. \end{aligned} \quad (4)$$

ЛВП нейтрона после того, как он покинул расщепитель  $S_2$ , движется вверх и регистрируется детектором  $D_1$ . Это объяснение настолько просто, что принимается всеми, несмотря на то что оно включает в себя промежуточное состояние нейтрона, движущегося одновременно и вверх, и вниз.

Мы можем также понять, почему эксперимент по интерференции нейтрона не может быть объяснен, если нейтрон «вспоминает», по какой траектории он движется. Если у него есть параметр памяти  $M_i$ , регистрирующий, от какого зеркала он отразился, тогда две волны, достигающие детектор  $D_2$ , являются различными и, следовательно, не интерferируют. Соответствующие компоненты квантового состояния нейтрона  $-1/2|down, M_1\rangle$  и  $+1/2|down, M_2\rangle$  не гасятся как компоненты квантового состояния  $-1/2|down\rangle$  и  $+1/2|down\rangle$  в уравнении (4).

Нейтрон внутри интерферометра описывается волновой функцией, являющейся суперпозицией двух волновых пакетов, различающихся направлением движения и местонахождением:

$$|\psi\rangle_{neutron} = 1/\sqrt{2}|up\rangle + 1/\sqrt{2}|down\rangle. \quad (5)$$

В стандартной интерпретации квантовой механики «сознающий» нейтрон будет неизменно испытывать «раздвоение сознания». Мое же предположение состоит в том, что в течение того времени, когда волновая функция нейтрона находится внутри интерферометра, *существуют два нейтронных мира*: один из них соответствует волновому пакету  $|up\rangle$ , а другой — волновому пакету  $|down\rangle$ . В каждом из этих миров имеется нейтрон со своей собственной траекторией. Мы можем наблюдать часть волновой функции нейтрона как «целый» нейтрон (в данном мире), потому что физические характеристики этого «частичного» нейтрона, такие, как масса, спин и т.д., являются точно такими же, как характеристики целого нейтрона. Траектория каждого волнового пакета (внутри интерферометра, где нет никаких расщеплений) является такой же, каковой бы была у целой волновой функции. Так что нейтрон в каждом из миров не может «знать» из непосредственного опыта, что он в некотором смысле является лишь «половинкой» целого нейтрона. В самом деле, любые физические измерения, произведе-

денные «половиной» нейтрона, движущейся в одном из плеч интерферометра, будут давать точно такие же результаты, как те же измерения, произведенные «целым» нейтроном, движущимся в том же плече.

### 6. Предпочтительный базис нейтронных миров

В предыдущем параграфе квантовое состояние нейтрона (5) было разложено на сумму двух ортогональных состояний, соответствующих двум различным нейтронным мирам. В формализме квантовой механики имеется много способов разложить это состояние на сумму двух ортогональных состояний. Почему тогда был выбран именно этот путь? Почему, например, не взять следующее альтернативное разложение этого состояния:

$$|\psi\rangle_{neutron} = 1/\sqrt{8}((1+i)|up\rangle + (1-i)|down\rangle) + 1/\sqrt{8}((1-i)|up\rangle + (1+i)|down\rangle). \quad (6)$$

Причина состоит в том, что два компонента в уравнении (6) не соответствуют «нейтронным» мирам. Возьмем, например, компонент  $1/\sqrt{8}((1+i)|up\rangle + (1-i)|down\rangle)$ . Он представляет собой суперпозицию двух волновых пакетов, разделенных макроскопическим расстоянием. Таким образом, в мире, соответствующем этому компоненту, нейтрон должен испытывать «раздвоение сознания», ощущая себя в двух местах одновременно. Я сделал допущение, что нейтрон подобен нам, т.е. сознающий нейтрон не обладает «раздвоением сознания», и это допущение исключает разложение на миры, соответствующее (6). Разложение (5) является, по существу, единственным, в котором нейтрон является волновым пакетом в течение всего периода времени и, таким образом, не страдает «раздвоением сознания» ни в какой момент времени. Однако каждую из величин в уравнении (5) можно разложить на более мелкие волновые пакеты, и если возможно различение между траекториями этих волновых пакетов, то разложение должно быть сделано на более чем два нейтронных мира.

### 7. Постулат коллапса и почему мы не нуждаемся в нем

Все, что я сделал до сих пор, может быть названо многомировой (в данном случае двухмировой) *интерпретацией*

эксперимента по интерференции нейтронов. Я ввел необычный язык, но что касается уравнений и результатов эксперимента, то я не вышел за рамки стандартного подхода. Тем не менее многомировая интерпретация квантовой теории (ММИ), несмотря на свое название, является не просто интерпретацией, она является другой *теорией*. Стандартный подход к квантовой механике включает в себя все аксиомы многомировой интерпретации и вводит еще один постулат: это *постулат о коллапсе* квантового состояния в процессе измерения. Существование коллапса волновой функции имеет физические следствия, которые, в принципе, могут быть проверены экспериментально, хотя технологии, которыми мы обладаем в настоящее время, очень далеки от того, чтобы позволить осуществить решающий эксперимент.

Коллапс происходит, когда осуществляется измерение. Никакого коллапса состояния нейтрона, пока он находится внутри интерферометра, нет, так что пока мои рассуждения совпадают со стандартным подходом. Чтобы продемонстрировать различие между ММИ и стандартным подходом, давайте рассмотрим, как нейтрон проходит через расщепитель пучка и затем регистрируется детекторами  $D_1$  и  $D_2$  (см. рис. 1). Для нейтрона, проходящего через расщепитель, описанный в уравнении (1), существуют равные вероятности того, чтобы находиться в состояниях  $|up\rangle$  и  $|down\rangle$ . Другие расщепители не обеспечивают равных вероятностей для этих двух возможных результатов. Общая форма действия расщепителя может быть представлена в таком виде:

$$|up\rangle \rightarrow \alpha|up\rangle + \beta|down\rangle. \quad (7)$$

Тогда, согласно ММИ, описание всего процесса может быть записано так:

$$\begin{aligned} |up\rangle |r\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} &\rightarrow (\alpha|up\rangle + \beta|down\rangle) |r\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} \\ &\rightarrow \alpha|in D_1\rangle |in\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} + \beta|in D_2\rangle |r\rangle_{D_1} |in\rangle_{D_2}, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $|r\rangle_{D_1}$  означает состояние детектора  $D_1$ , готового регистрировать нейтрон;  $|in D_1\rangle$  означает состояние нейтрона, когда он регистрируется детектором  $D_1$ ;  $|in\rangle_{D_1}$  означает состояние детектора  $D_1$ , когда «нейтрон в детекторе  $D_1$ », и т.д. Благодаря коллапсовому постулату конечное состояние (8) немедленно преобразуется (с соответствующей вероятностью) в состояние с

некоторым определенным результатом эксперимента:

$$\begin{aligned} & \alpha |in_{D_1}\rangle |in\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} + \beta |in_{D_2}\rangle |r\rangle_{D_1} |in\rangle_{D_2} \rightarrow \\ & \rightarrow |in_{D_1}\rangle |in\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} \quad (\text{вероятность } |\alpha|^2) \text{ или } (9) \\ & \rightarrow |in_{D_2}\rangle |r\rangle_{D_1} |in\rangle_{D_2} \quad (\text{вероятность } |\beta|^2). \end{aligned}$$

Мотивация для такого шага очевидна. Правая часть (8) означает, что в конце измерения детектор  $D_1$  регистрирует «in», и детектор  $D_2$  — регистрирует «in» (и, также, оба детектора показывают «r»). Однако эксперимент всегда показывает, что только один детектор регистрирует «in».

Может показаться, что для объяснения этого экспериментального результата необходим коллапсовый постулат. Однако это не так. Квантовая механика без коллапсового постулата также объясняет результат этого эксперимента. Действительно, разрешите мне рассмотреть и экспериментатора как квантовую систему. Квантовая механика описывает процесс наблюдения (когда состояние нейтрона и детектора описывается уравнением (8)) таким образом:

$$\begin{aligned} & (\alpha |in_{D_1}\rangle |in\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} + \beta |in_{D_2}\rangle |r\rangle_{D_1} |in\rangle_{D_2}) |r\rangle_E \rightarrow \\ & \rightarrow \alpha |in_{D_1}\rangle |in\rangle_{D_1} |r\rangle_{D_2} |see_{D_1}\langle in\rangle, D_2\langle r\rangle\rangle_E + \quad (10) \\ & \beta |in_{D_2}\rangle |r\rangle_{D_1} |in\rangle_{D_2} |see_{D_1}\langle r\rangle, D_2\langle in\rangle\rangle_E, \end{aligned}$$

где  $|see_{D_1}\langle in\rangle, D_2\langle r\rangle\rangle_E$  означает состояние экспериментатора, видящего регистрацию детектором  $D_1$  и готовность детектора  $D_2$ , и т.д. В квантовой механике без коллапса не существует экспериментатора, наблюдающего регистрацию нейтрона обоими детекторами. Вместо этого имеются два экспериментатора: один видит, что нейтрон регистрируется детектором  $D_1$  и не регистрируется  $D_2$ , другой — что нейтрон регистрируется детектором  $D_2$  и не регистрируется  $D_1$ . Почему мы никогда не испытываем затруднений, получая такую противоречивую информацию? Потому что мы, в свою очередь, получая эту информацию, также расщепляемся. Так же, как и любой другой экспериментатор, который наблюдает за детекторами. После эксперимента существует два мира: в одном из них все согласны с тем, что нейтрон находится в детекторе  $D_1$ , и другой, в котором все считают, что нейтрон находится в детекторе  $D_2$ .

В параграфе (9) я введу понятие «меры существования мира» и покажу, что мера существования мира с нейтроном в детекторе  $D_1$  является, вообще говоря, отличной от меры суще-

ствования мира с нейтроном в  $D_2$ , т.е. в каком-то смысле имеется «больше» одного мира, чем другого. Я совсем не хочу сказать при этом, что один из миров более реален, чем другой. Нет никаких оснований считать, что мера существования того мира, в котором вы читаете сейчас данную статью, является максимальной по сравнению с другими мирами. Однако этот мир является настолько реальным, насколько он может быть таковым.