

М.Б. Менский

Квантовая механика, сознание и свобода воли

Интерпретация квантовой механики, предложенная в 1957 г. Эвереттом, часто называется многомировой интерпретацией. Она предполагает, что при измерении не происходит редукции состояния, т.е. исчезновения всех, кроме одной, компонент волновой функции, соответствующих альтернативным результатам измерения. Вместо этого в интерпретации Эверетта предполагается, что все эти альтернативы являются одинаково реальными, но сознание разделяет эти альтернативы, т.е. они воспринимаются независимо друг от друга. В предложенной автором Расширенной Концепции Эверетта (РКЭ) разделение альтернатив *отождествляется* с феноменом сознания (который сам по себе до сих пор не находит объяснения). Это позволяет сделать целый ряд шагов в понимании феномена сознания и его проявлений, в том числе таких, как свобода воли, а также необычные явления, происходящие в сознании в состояниях типа сна, транса или медитации.

Введение

В квантовой механике имеются концептуальные проблемы, которые можно выразить в форме парадоксов и которые возникают при описании процесса измерения квантовой системы. Эти проблемы возникли с появлением квантовой механики и не решены до сих пор. Однако со временем стало ясно, что концепту-

альные проблемы квантовой механики появляются потому, что в квантовой механике иначе, чем в классической, понимается сама реальность (впервые это выразили в форме очередного парадокса Эйнштейн, Подольский и Розен [1]). С другой точки зрения то же самое можно выразить иначе: концептуальные проблемы квантовой механики невозможно решить, не привлекая явно понятие «сознание наблюдателя». Именно в этом состоит трудность решения квантовых парадоксов. Ведь физики не привыкли включать в рассмотрение сознание, они всегда пытаются сформулировать свои законы как законы объективные, не зависящие от сознания.

Этот психологический барьер удастся преодолеть в рамках интерпретации квантовой механики, предложенной в 1957 г. Эвереттом (иногда ее называют многомировой интерпретацией [2]). Эта интерпретация и ее расширение, предложенное автором настоящей статьи (названное Расширенной Концепцией Эверетта [3]), явно включают сознание наблюдателя в описание измерения квантовой системы. В результате такого включения удастся обойти концептуальные трудности квантовой механики. Это позволяет по-новому взглянуть не только на квантовую механику и законы движения квантовых систем, но и на феномен сознания. Таким образом возникает новый инструмент теоретического исследования как феномена сознания, так и в целом феномена жизни. Это и будет предметом рассмотрения в данной статье.

Что такое квантовое измерение

Мы рассмотрим вопрос об описании измерения в квантовой механике и посмотрим, какие следствия, касающиеся работы сознания, можно извлечь из этого. Один из выводов будет состоять в том, что такое рассмотрение позволяет объяснить свободу воли.

Предположим, что мы проводим некоторое измерение. Для того, чтобы проиллюстрировать специфику понятия реальности в квантовой механике, можно взять любое измерение, даже самое простое «дихотомическое» измерение, которое различает две альтернативы (например, находится ли частица в области A_1 или в области A_2).

Предположим, мы произвели измерение и получили первый результат измерения, т.е. выяснили, что частица находится в области A_1 . Если это измерение классической системы, то на уточняющий вопрос, где находилась частица до измерения, ответ очевиден: конечно, в области A_1 . Ведь выяснить это и было целью измерения. В этом проявляется то понимание реальности, которое принимается в классической физике и которое служит основой для нашей интуиции. Суть дела можно сформулировать следующим образом: то, что обнаружено в результате измерения, реально существовало и до измерения.

В квантовой механике это не так. Те свойства, которые измерение выявляет, могут вообще не существовать до измерения. В процессе квантового измерения мы не просто получаем информацию о свойствах, которые объективно существуют. Нет, эти свойства в каком-то смысле появляются лишь в момент измерения.

Если в описанном выше измерении мы получили первый результат, то мы знаем, что после измерения частица находится в области A_1 , но это не значит, что и до измерения она находилась в этой области. Она действительно могла находиться до измерения в области A_1 . Она не могла, конечно, находиться в области A_2 (т.к. это означало бы, что измерение может давать ошибочные результаты, а мы говорим, конечно, об идеальных измерениях). Важно, однако, что до измерения частица могла не обладать ни первым, ни вторым свойством, т.е. не находиться ни в области A_1 , ни в области A_2 .

Такое (очень странное с точки зрения классической теории) положение, когда измеряемая система не обладает до измерения тем свойством, которое найдено в результате измерения, формально описывается в квантовой механике при помощи суперпозиции состояний. Если частица обладает первым свойством в состоянии ψ_1 , а вторым свойством – в состоянии ψ_2 , то до измерения она могла находиться в состоянии, которое называется *суперпозицией* этих двух состояний и представляется вектором $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$, где c_1 и c_2 – комплексные числа (обычно они подчиняются условию нормировки $|c_1|^2 + |c_2|^2 = 1$).

В случае, если состояние описывается суперпозицией, иногда говорят, что частица одновременно обладает обоими свойствами (например, одновременно находится и в области A_1 , и в области A_2). Но это неточно. Точная характеристика сводится к тому, что частица не может быть охарактеризована ни одним из этих свойств.

Копенгагенская интерпретация: редукция при измерении

Что же происходит с состоянием измеряемой системы в результате измерения? Если до измерения состояние описывалось суперпозицией $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$, то после измерения (которое различает между собой состояния ψ_1 и ψ_2) состояние системы равно ψ_1 (если измерение дало первый результат) или ψ_2 (если измерение дало второй результат). При этом первый результат может возникнуть с вероятностью $P_1 = |c_1|^2$, а второй – с вероятностью $P_2 = |c_2|^2$. Такой скачок состояния при измерении квантовой системы называется *редукцией состояния* или коллапсом волновой функции.

Предсказать результат квантового измерения достоверно невозможно. Зная точно состояние системы перед измерением (т.е. зная вектор ψ), можно предсказать лишь распределение вероятностей по различным альтернативным результатам измерения (исключением является тривиальная ситуация, когда все коэффициенты суперпозиции, кроме одного, равны нулю, т.е. когда измеряемое свойство уже до измерения было точно известно).

Таким образом описывается квантовое измерение в *копенгагенской интерпретации квантовой механики*. Это описание основано на постулате редукции, согласно которому после измерения суперпозиция исчезает. От нее остается лишь одна компонента (в рассмотренном примере – либо первая, либо вторая).

Сейчас я объясню, почему такое описание неудовлетворительно. Но сначала отмечу, чем это описание хорошо.

Почему такое описание измерения было принято и применяется до сих пор? Потому что оно огромное число раз прямо и косвенно проверялось на эксперименте, и всегда расчеты и предсказания, основанные на этом описании, давали правильные результаты. Есть, конечно, различные обобщения постулата редукции, более сложные процедуры, чем только что описанная, но все они выводятся из этой простейшей. Так что принципиальной является лишь эта простая процедура, в которой все компоненты суперпозиции, кроме одной, исчезают после измерения.

Итак, постулат редукции правильно работает. На основании этого постулата можно создать хорошо работающую квантовую механику. Это позволяет производить любые расчеты, которые всегда подтверждаются, развивать различные квантовомеханические

кие технологии, которые успешно внедряются. Другими словами, этот постулат с практической точки зрения вполне удовлетворяет нашим требованиям.

Интерпретация Эверетта: при измерении не происходит редукции

Почему же это представление об измерении неверно? Да потому, что измерение любой квантовой системы – это лишь ее взаимодействие с другой системой, а эволюция квантовых систем при измерении не может приводить к исчезновению компонент суперпозиции, т.е. к редукции состояния.

Пусть до измерения (т.е. до взаимодействия измеряемой системы с прибором и до наблюдения результата измерения наблюдателем) состояние всех трех систем (измеряемая система + прибор + наблюдатель) описывалось суперпозицией $\Psi_0 = (c_1\psi_1 + c_2\psi_2)\Phi_0\chi_0$ (это значит, что система находилась в состоянии суперпозиции, а прибор и наблюдатель в каких-то начальных состояниях). Квантовая механика позволяет выяснить, каким станет состояние этих трех систем после их взаимодействия (т.е. после некоторого периода их эволюции, который интерпретируется как период измерения).

Чтобы в этом разобраться, начнем с анализа простого частного случая, когда состояние измеряемой системы перед измерением описывалось одним из векторов ψ_1 или ψ_2 (но не их суперпозицией). Пусть, например, состояние трех систем перед измерением описывается вектором $\Psi_0 = \psi_1 \Phi_0\chi_0$. Тогда после измерения это состояние станет равным $\Psi_1 = \psi_1 \Phi_1\chi_1$. Интерпретация этого вектора очевидна: прибор указывает на первый результат измерения, а наблюдатель находится в состоянии, когда он видит, что прибор указывает на первый результат измерения. Так же легко разобраться, что случится, если измеряемая система перед измерением находится во втором состоянии. Тогда три системы перед измерением описываются вектором $\Psi_0 = \psi_2 \Phi_0\chi_0$, а после измерения – вектором $\Psi_2 = \psi_2 \Phi_2\chi_2$. Интерпретация его тоже очевидна.

Теперь то, что произойдет в общем случае, находится уже однозначно, потому что следует из линейности квантово-механической эволюции.

Если перед измерением была суперпозиция двух состояний измеряемой системы, то все три системы находились в состоянии $\Psi_0 = (c_1\psi_1 + c_2\psi_2)\Phi_0\chi_0$. После измерения состояние изменится и будет представляться вектором $\Psi = c_1\psi_1\Phi_1\chi_1 + c_2\psi_2\Phi_2\chi_2$. (Повторим, это однозначно следует из линейности квантовой механики). Теперь между тремя системами имеется корреляция, но для нас важно, что обе компоненты суперпозиции остались, ни одна из них не исчезла. Такая форма вектора является следствием лишь линейности квантовой механики. При этом мы описываем прибор и наблюдателя как квантовые системы. Это в принципе возможно, несмотря на то, что эти системы состоят из большого числа степеней свободы.

Итак, квантовая механика говорит о том, что суперпозиция, имеющаяся в начале процесса, не исчезнет. Обе компоненты суперпозиции (а в общем случае – много компонент) будут существовать и после взаимодействия. Этот факт является причиной всех концептуальных трудностей (парадоксов), возникающих в квантовой механике. Наша интуиция легко примирилась бы с картиной редукции (исчезновения всех компонент суперпозиции, кроме одной), однако квантовая механика в силу ее линейности запрещает редукцию.

Что же делать с этим противоречием? Выход был предложен в 1957 г. Эвереттом [2], который предложил свою интерпретацию квантовой механики (называемую часто *многомировой интерпретацией*).

Эверетт, основываясь на линейности квантовой механики, предположил, что редукции действительно не происходит, все компоненты суперпозиции (альтернативы) после измерения реально существуют. Но тогда это нужно как-то интерпретировать. Ведь наш повседневный опыт, казалось, бы, подтверждает наличие редукции (исчезновение всех альтернатив, кроме одной). Для того, чтобы примирить это с реальностью всех альтернатив, Эверетт предположил, что разные альтернативы (компоненты суперпозиции) описывают разные классические миры. Существует лишь один (истинно реальный) квантовый мир, но его состояние представляется суперпозицией классических картин мира. Наблюдатель всегда видит лишь одну из этих картин, иными словами – находится в одном из эвереттовских миров, но в каждом из этих миров имеется как бы двойник этого наблюдателя.

Другая, более удобная для нас формулировка состоит в том, что сознание наблюдателя разделяет альтернативы. В сознании имеются все альтернативы (компоненты суперпозиции), но сознание воспринимает эти альтернативы раздельно (т.е. видит любую из них, не видит остальные).

Расширенная Концепция Эверетта: сознание – это разделение альтернатив

Сделаем теперь следующий шаг, который означает переход к «*Расширенной Концепции Эверетта*» (РКЭ). отождествим сознание с разделением альтернатив [3]. Вместо того, чтобы говорить: «сознание разделяет альтернативы», будем говорить: «сознание – это и есть разделение альтернатив». При этом термин «сознание» понимается как самый примитивный (или самый фундаментальный) пласт сознания, отличающий состояние, когда нечто (в нашем случае – результат измерения) не осознается, от того, когда он осознается. При таком отождествлении напрашиваются некоторые выводы, которые очень интересны и находят подтверждение в практике наблюдения сознания.

Прежде всего, очевидным образом возникает объяснение того, что компоненты, на которые разделяется квантовое сознание – это классические (точнее – квазиклассические) состояния. Потому что классическое состояние представляет локально предсказуемый мир, а ведь только в таком мире в принципе можно разработать стратегию выживания. Значит, только в таком, классическом мире может существовать жизнь. Итак, разделение альтернатив, понимаемое как сознание, объясняет классичность альтернатив тем, что сознание – это феномен жизни, а такой феномен может существовать лишь в классическом мире.

Тем самым мы не только объясняем классичность альтернатив, но в сущности начинаем лучше понимать феномен жизни. Разделение альтернатив оказывается необходимой предпосылкой жизни.

При отождествлении сознания с разделением альтернатив мы можем корректно поставить вопрос: что происходит, когда сознание «выключается», или гасится, т.е. когда достигается состояние «на границе сознания». Поскольку сознание отождествляется с

разделением альтернатив, постольку при выключении сознания выключается разделение альтернатив, т.е. становится возможным доступ в «другие альтернативы», а значит, и сравнение альтернатив друг с другом. Субъект получает возможность сделать заключение о том, какая из альтернатив наиболее благоприятна для него.

Важно, что такая возможность возникает, когда достигается состояние «на границе сознания». Под этим можно понимать состояние типа сна, транса или медитации. Все практики работы с сознанием подтверждают особую роль таких состояний, когда «явное сознание» частично гасится или почти полностью выключается.

Сознание может выбирать альтернативу: свобода воли

Следующий вопрос, который оказывается важным в этом контексте, — чем определяются вероятности альтернатив. В квантовой механике вероятности рассчитываются по вполне определенным правилам. В примере, который мы использовали, вероятности альтернатив равны соответственно $|c_1|^2$ и $|c_2|^2$. Но теперь мы можем посмотреть на явления разделения альтернатив с двух разных сторон — со стороны квантовой механики и со стороны психологии. И говорить о вероятностях при этих двух точках зрения можно совершенно по-разному. Если со стороны физики вероятности обязательно будут объективными характеристиками процесса (например, $|c_1|^2$ и $|c_2|^2$ в приведенном примере), то при взгляде со стороны психологии очевидно, что вероятности могут быть субъективны, зависеть от субъекта. И поскольку сознание по крайней мере в некоторой степени контролируется (управляется) субъектом, то можно предположить, что и вероятности в какой-то мере контролируются им. Точнее, можно предположить, что субъект может модифицировать по своему усмотрению вероятность того, что он увидит в следующий момент ту или иную альтернативу (что он обнаружит себя в том или ином эвереттовском мире).

Этот произвол в определении вероятностей альтернатив — не что иное, как свобода воли. Если я хочу поднять правую руку, я увеличиваю вероятность той альтернативы (того эвереттовского

мира), в которой я поднимаю правую руку (в которой мое физическое тело ведет себя так). При этом и вторая альтернатива (в которой я поднимаю левую руку) также реально существует.

Способность субъекта модифицировать вероятности ведет к возможности «вероятностных чудес». То, что происходит, всегда согласовано с объективными физическими законами, но человек может по своему желанию увеличивать вероятности таких событий, которые представляются ему благоприятными. Эти события могли бы осуществиться и без всякого особого влияния сознания человека, но это могло бы произойти с малой вероятностью, быть может с пренебрежимо малой вероятностью. При очень малой вероятности событие с обычной точки зрения рассматривается как невозможное. Однако человек, увеличивая вероятность такого события, может достичь того, что он окажется как раз в той альтернативе, в которой это событие происходит.

Важно, что при этом есть определенные ограничения. Не все мыслимое возможно. Если мы искусственно сконструируем какую-то «альтернативу», которая на самом деле невозможна, противоречит объективным законам, то ее можно представить как одну из альтернатив, но придется наделить ее вероятностью, равной нулю. Такую нулевую вероятность невозможно усилиями сознания превратить в ненулевую. Поэтому события, которые абсолютно запрещены законами физики или другими объективными законами, невозможно осуществить и силой сознания. Они невозможны в абсолютном смысле слова. Но то, что в принципе разрешено, действием сознания может быть сделано более вероятным (или менее вероятным).

Таким образом, «вероятностные чудеса» – это маловероятные события, которые делаются более вероятными усилием сознания. Например, я хочу, чтобы завтра была хорошая погода. Она может оказаться хорошей и без моих усилий, но эти усилия сделают более вероятным для меня оказаться именно в той альтернативе, в которой реализуется хорошая погода. Это и есть «вероятностное чудо».

Такую работу сознания условно можно назвать «выбором (классической) реальности», но нужно помнить, что на самом деле это не гарантированный выбор, а увеличение субъективной вероятности наблюдать данную альтернативу.

Выбор альтернативы и поддержание жизни

Второе важное замечание состоит в том, что выбор сознанием альтернативы не обязательно ясно сознается. Термин «сознание» в данном контексте следует понимать расширительно. В него входит не только «явное сознание» но и большая сфера «бессознательного». Можно сказать, что «сфера бессознательного» – это та сфера, в которой сознание всегда находится «на грани бессознательного», а значит, всегда имеет доступ к «другим альтернативам» и возможность сравнивать их. В частности, состояние тела и жизненных функций фиксируется именно в этой сфере. И в этой сфере тоже происходит «выбор альтернативы». В данном случае благоприятной является такая альтернатива, которая ведет к здоровью, т.е. к благополучному существованию тела и в конечном счете – к выживанию.

Это позволяет объяснить роль сна в жизни человека (и некоторых видов животных). Во сне человек получает доступ к «другим альтернативам», может выбрать среди них наиболее благоприятные (в частности, ведущие к сохранению здоровья) и увеличить вероятность именно таких благоприятных альтернатив. Таким образом, сон дает возможность периодически обновлять информацию, необходимую для правильного функционирования организма. Не удивительно, что лишение сна приводит к сбоям в работе организма, а если лишать сна человека в течение трех недель, то сбои становятся катастрофическими и человек умирает. Этот факт (абсолютная необходимость сна и гарантированная смерть при достаточно долгом отсутствии сна) хорошо известен, но до сих пор не объяснен.

Заключение: квантовое сознание – мост между материей и духом

С учетом сказанного сознание оказывается общим предметом исследования квантовой физики и психологии, а тем самым – естественных наук и сферы гуманитарного знания. Возникающая фактически новая концепция «квантового сознания» оказывается реальным мостом между сферой познания материи и сферой познания духа, и в конце концов – между материей и духом. Даже вопрос о материализме и идеализме получает новое освещение в свете «квантовой

теории сознания». Материализм и идеализм уже не исключают друг друга, а становятся относительными. Что справедливо, материализм или идеализм? На этот вопрос следует отвечать по-разному в зависимости от того, как мы понимаем реальность: как классическую реальность, предстающую перед нашим сознанием, или как квантовую реальность, которая лишь частично отображается сознанием.

Феномен сознания, понимаемый в самом широком смысле, т.е. как восприятие живым существом того мира, в котором оно находится, является центральным пунктом феномена жизни как такового. Опираясь на то понимание сознания, которое возникает в рамках Расширенной Концепции Эверетта, можно более глубоко понять суть феномена жизни. Попытка сделать это предпринята в работе автора [4]. В этой работе постулируется закон эволюции живой материи, отличающийся от закона эволюции неживой материи. Новый закон отличается тем, что эволюция зависит не только от причин, но и от целей, главной из которых является цель выживания. В соответствии с этим в новом законе эволюции не только прошлое состояние «живой системы» влияет на будущее ее состояние, но и будущее состояние влияет на прошлое. Такой «двухвременной» формализм описывается математической операцией, названной операцией посткоррекции. Он обобщает вариант двухвременного формализма, введенного ранее в работах Аронова с соавторами [5], но примененного совсем для другой ситуации.

Литература

- [1]. *Einstein A., Podolsky B., and Rosen N.* Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? // *Physical Review.* 47, 777–780 (1935).
- [2]. *Everett H. III.* 'Relative state' formulation of quantum mechanics // *Rev. Mod. Phys.* 29, 454–462, 1957.
- [3]. *Менский М.Б.* Квантовая механика: новые эксперименты, новые положения и новые формулировки старых вопросов // *УФН.* 170. 631–648 (2000); *Менский М.Б.* Понятие сознания в контексте квантовой механики // *УФН.* 175. 413–435 (2005); *Менский М.Б.* Человек и квантовый мир (Странности квантового мира и тайна сознания). Фрязино: Век 2, 2005.
- [4]. *Mensky M.B.* Postcorrection and mathematical model of life in Extended Everett's Concept // *NeuroQuantology.* 5, 363–376 (2007).
- [5]. *Aharonov Y., Bergmann P.G. and Lebowitz J.L.* Time Symmetry in the Quantum Process of Measurement // *Physical Review.* B134. 1410–1416 (1964).