

Кот Шрёдингера

Любая шутка про кота Шрёдингера может быть смешной и несмешной одновременно.

Кот Шрёдингера – мысленный эксперимент, предложенный в 1935 году австрийским физиком-теоретиком, одним из создателей квантовой механики, Эрвином Шрёдингером, которым он хотел показать неполноту квантовой механики при переходе от субатомных систем к макроскопическим.

Суть эксперимента



В оригинальной статье Шрёдингера эксперимент описан так:

Можно построить и случаи, в которых довольно бурлеска. Некий кот заперт в стальной камере вместе со следующей адской машиной (которая должна быть защищена от прямого вмешательства кота): внутри счётчика Гейгера находится крохотное количество радиоактивного вещества, столь небольшое, что в течение часа может распасться только один атом, но с такой же вероятностью может и не распасться; если же это случится, считывающая трубка разряжается и срабатывает реле, спускающее молот, который разбивает колбочку с синильной кислотой. Если на час предоставить всю эту систему самой себе, то можно сказать, что кот будет жив по истечении этого времени, коль скоро распада атома не произойдёт. Первый же распад атома отравил бы кота. Пси-функция системы в целом будет выражать это, смешивая в себе или размывая живого и мёртвого кота (простите за выражение) в равных долях.

Типичным в подобных случаях является то, что неопределённость, первоначально ограниченная атомным миром, преобразуется в макроскопическую неопределённость, которая может быть устранена путём прямого наблюдения. Это мешает нам наивно принять «модель размытия» как отражающую действительность. Само по себе это не означает ничего неясного или противоречивого. Есть разница между нечётким или расфокусированным фото и снимком облаков или тумана.

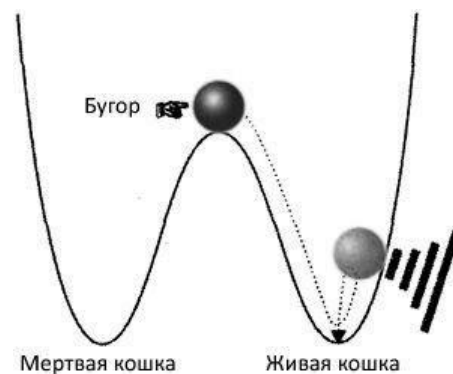
Согласно квантовой механике, если над ядром не производится наблюдение, то его состояние описывается суперпозицией (смешением) двух состояний – распавшегося ядра и нераспавшегося ядра, следовательно, кот, сидящий в ящике, и жив, и мёртв одновременно. Если же ящик открыть, то экспериментатор может увидеть только какое-нибудь одно конкретное состояние – «ядро распалось, кот мёртв» или «ядро не распалось, кот жив».

Вопрос стоит так: *когда система перестаёт существовать как смешение двух состояний и выбирает одно конкретное?* Цель эксперимента – показать, что квантовая механика неполна без некоторых правил, которые указывают, при каких условиях происходит коллапс волновой функции, и кот либо становится мёртвым, либо остаётся живым, но перестаёт быть смешением того и другого.

Поскольку ясно, что кот обязательно должен быть либо живым, либо мёртвым (не существует состояния, сочетающего жизнь и смерть), то это будет аналогично и для атомного ядра. Оно обязательно должно быть либо распавшимся, либо нераспавшимся.

В крупных комплексных системах, состоящих из многих миллиардов атомов, декогеренция происходит почти мгновенно, и по этой причине кот не может быть одновременно мёртвым и живым на каком-либо поддающемся измерению отрезке времени. Процесс декогеренции является существенной составляющей эксперимента.

Оригинальная статья вышла в 1935 году. Целью статьи было обсуждение парадокса Эйнштейна – Подольского – Розена (ЭПР), опубликованного Эйнштейном, Подольским и Розеном ранее в том же году. Статьи ЭПР и Шрёдингера обозначили странную природу «квантовой запутанности» (термин, введённый Шрёдингером), характерной для квантовых состояний, являющихся суперпозицией состояний двух систем (например, двух субатомных частиц).



Копенгагенская интерпретация

В копенгагенской интерпретации система перестаёт быть смешением состояний и выбирает одно из них в тот момент, когда происходит наблюдение. Эксперимент с котом показывает, что в этой интерпретации природа этого самого наблюдения – измерения – определена недостаточно. Некоторые полагают, что опыт говорит о том, что до тех пор, пока ящик закрыт, система находится в обоих состояниях одновременно, в суперпозиции состояний «распавшееся ядро, мёртвый кот» и «нераспавшееся ядро, живой кот», а когда ящик открывают, то только тогда происходит коллапс волновой функции до одного из вариантов. Другие догадываются, что «наблюдение» происходит, когда частица из ядра попадает в детектор; однако (и это ключевой момент мысленного эксперимента) в копенгагенской интерпретации нет чёткого правила, которое говорит, когда это происходит, и потому эта интерпретация неполна до тех пор, пока такое правило в неё не введено, или не сказано, как его можно ввести. Точное правило таково: случайность появляется в том месте, где в первый раз используется классическое приближение. Таким образом, мы можем опираться на следующий подход: в макроскопических системах мы не наблюдаем кванто-

вых явлений (кроме явления сверхтекучести и сверхпроводимости); поэтому, если мы накладываем макроскопическую волновую функцию на квантовое состояние, мы из опыта должны заключить, что суперпозиция разрушается. И хотя не совсем ясно, что́ значит, что нечто является «макроскопическим» вообще, про кота точно известно, что он является макроскопическим объектом. Таким образом, копенгагенская интерпретация *не считает*, что до открытия ящика кот находится в состоянии смешения живого и мёртвого.

Многомировая интерпретация Эверетта и совместные истории

В многомировой интерпретации квантовой механики, которая не считает процесс измерения чем-то особенным, оба состояния кота существуют, но декогерируют. Когда наблюдатель открывает ящик, он запутывается с котом и от этого образуются два соответствующие живому и мёртвому коту состояния наблюдателя, которые не взаимодействуют друг с другом. Тот же механизм квантовой декогеренции важен и для совместных историй. В этой интерпретации только «мёртвый кот» или «живой кот» могут быть в совместной истории.

Другими словами, когда ящик открывается, Вселенная расщепляется на две разные вселенные, в одной из которых наблюдатель смотрит на ящик с мёртвым котом, а в другой – наблюдатель смотрит на живого кота.

Космолог Макс Тегмарк предложил вариацию опыта с котом Шрёдингера под названием «машина для квантового самоубийства». Он рассматривает эксперимент с котом с точки зрения самого кота и утверждает, что таким образом можно экспериментально различить копенгагенскую и многомировую интерпретации. Другая вариация эксперимента – это опыт с другом Вигнера.

Физик Стивен Хокинг однажды воскликнул: «Когда я слышу про кота Шрёдингера, моя рука тянется за ружьём!» Он перефразировал известное высказывание, принадлежащее одному из героев пьесы «Шлагетер» Ганса Йоста: «Когда я слышу слово „культура“, то снимаю с предохранителя свой браунинг!»

Фактически Хокинг и многие другие физики придерживаются мнения, что «Копенгагенская школа» интерпретации квантовой механики подчёркивает роль наблюдателя безосновательно. Окончательного единства среди физиков по этому вопросу всё ещё не достигнуто.

Распараллеливание миров в каждый момент времени соответствует подлинному недетерминированному автомату в отличие от вероятностного, когда на каждом шаге выбирается один из возможных путей в зависимости от их вероятности.



Шредингер где?

Парадокс Вигнера

Это усложнённый вариант эксперимента Шрёдингера. Юджин Вигнер ввёл категорию «друзей». После завершения опыта экспериментатор открывает коробку и видит живого кота. Вектор состояния кота в момент открытия коробки переходит в состояние «ядро не распалось, кот жив». Таким образом, в лаборатории кот признан живым. За пределами лаборатории находится *друг*. *Друг* ещё не знает, жив кот или мёртв. *Друг* признает кота живым только тогда, когда экспериментатор сообщит ему исход эксперимента. Но все остальные *друзья* ещё не признали кота живым, и признают только тогда, когда им сообщат результат эксперимента. Таким образом, кота можно признать полностью живым (или полностью мёртвым) только тогда, когда все люди во вселенной узнают результат эксперимента. До этого момента в масштабе Большой Вселенной кот, согласно Вигнеру, остаётся живым и мёртвым одновременно.

Вышеописанное применяется на практике: в квантовых вычислениях и в квантовой криптографии. По волоконно-оптическому кабелю пересылается световой сигнал, находящийся в суперпозиции двух состояний. Если злоумышленники подключатся к кабелю где-то посередине и сделают там отвод сигнала, чтобы подслушивать передаваемую информацию, то это схлопнет волновую функцию (с точки зрения копенгагенской интерпретации будет произведено наблюдение) и свет перейдёт в одно из состояний. Проведя статистические пробы света на приёмном конце кабеля, можно будет обнаружить, находится ли свет в суперпозиции состояний или над ним уже произведено наблюдение и передача в другой пункт. Это делает возможным создание средств связи, которые исключают незаметный перехват сигнала и подслушивание.

Эксперимент (который в принципе может быть выполнен, хотя работающие системы квантовой криптографии, способные передавать большие объёмы информации, ещё не созданы) также показывает, что «наблюдение» в копенгагенской интерпретации не имеет отношения к сознанию наблюдателя, поскольку в данном случае к изменению статистики на конце кабеля приводит совершенно неодушевлённое ответвление провода.



Остался ли кот живым в результате эксперимента?

Для тех, кто невнимательно читал статью, но всё равно переживает за кота – хорошие новости: не переживайте, по нашим данным, в результате мысленного эксперимента австрийского физика *НИ ОДИН КОТ НЕ ПОСТРАДАЛ*.

По материалам интернета