

It is argued that from the formal operational point of view the quantum theory is a theory of ensembles of quantum states. A theory of single quantum states and single quantum measurements does not exist or is not known yet. A status of the notion of a single quantum state is discussed within the context of the ensemble quantum theory with using of a number of examples like the cosmic microwave background anisotropy prediction and others.

Ансамблевая интерпретация квантовой механики и единичные квантовые измерения

С формальной (операциональной) точки зрения, целью любой физической теории является предсказание результатов измерений физических величин. *Измерение есть то, что дает возможность проверить предсказание физической теории.* Это утверждение будем рассматривать как определение понятия измерения в общем случае.

Квантовая теория, вообще говоря, не способна предсказать результат того, что обычно называется единичным квантовым измерением. С помощью единичного квантового измерения предсказания квантовой механики проверить невозможно. Следовательно, в соответствии с принятым выше определением, единичные квантовые измерения не являются измерениями по отношению к контексту квантовой теории. Квантовая теория способна лишь перечислить возможные результаты того или иного единичного квантового измерения, что является всего лишь спецификацией процедуры, но не предсказанием результата.

Предсказания квантовой теории, вообще говоря, имеют статистический характер. Предсказываются вероятности появления тех или иных результатов единичных квантовых измерений, и именно эти вероятности есть то, что дает возможность проверить квантовую теорию. Измерением по отношению к квантовой теории, в зафиксированном выше точном смысле этого понятия, являются только статистические измерения. Единичные квантовые измерения в обычном смысле являются не измерениями, а лишь отдельными операциями, которые являются частью завершеного статистического квантового измерения. Ничего необычного в том, что измерение представляется серией отдельных операций, нет.

Понятие вероятности приобретает строго операциональный смысл только в контексте частотного эксперимента. Для проведения частотного эксперимента необходимо иметь возможность многократно (в пределе – неограниченное число раз) воспроизвести исследуемую систему в одном и том же начальном состоянии для проведения над ней операции, соответствующей единичному наблюдению или измерению. Такая возможность воспроизведения системы в заданном состоянии называется ансамблем, соответствующим этому состоянию, или ансамблем систем (определенное состояние системы тогда подразумевается). Квантовая теория дает определенные предсказания только в отношении статистических измерений над ансамблями квантовых систем и в этом смысле является теорией ансамблей квантовых систем, но не теорией единичных квантовых систем. Теории единичных квантовых систем и единичных измерений над ними в настоящее время не существует.

Предложенная экспликация понятия квантового измерения устраняет из квантовой механики ряд парадоксов. Например, очень легко решается парадокс кота Шредингера. Для того, чтобы квантовая механика работала, должна существовать хотя бы принципиальная возможность представить ансамбль для описываемого квантового состояния. Можно показать, что в нашей Вселенной такого объекта, как ансамбль чистых квантовых состояний кота, создать принципиально невозможно, так как процедура приготовления состояния занимает много больше времени, чем декогеренция (разрушение) этого состояния на космологическом микроволновом фоне и инфракрасном излучении. Квантового ансамбля, представляющего кота, в нашей Вселенной быть не может, следовательно квантовое описание кота оказывается вне контекста квантовой теории. Парадокс возникает из-за

попытки использовать квантовую теорию в неадекватном контексте, где она неприменима.

Тем не менее, известны случаи, когда квантовая теория успешно используется для описания единичных квантовых систем, вне представлений о квантовом ансамбле. Примерами являются предсказание анизотропии реликтового микроволнового фона (объект – единственный экземпляр квантового поля инфлатона и единственное измерение над ним), квантовые жидкости, и некоторые другие. Как и почему квантовая теория работает вне контекста, внутри которого она определена? Большая часть доклада посвящена обсуждению этого интересного вопроса.