

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации А.Б. Михалычева
«Квантовые измерения для метрологии и создания
неклассических состояний»,
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности
01.04.02 – Теоретическая физика

Современный прогресс квантовых информационных технологий требует повышенного внимания к теории и практике квантовых измерений. С одной стороны, квантовые шумы становятся основным препятствием для дальнейшей экстраполяции существующих технологий и принципов обработки информации. С другой стороны, появление идей квантового компьютеринга, криптографии и новых квантовых коммуникационных протоколов повернуло исследования в новое русло. Речь идет уже не только об ограничениях, но и новых возможностях, заключенных в использовании специфически квантовых информационных ресурсов, таких как сцепленность (перепутанность, англ. термин *entanglement*) квантовых состояний и измерений, дополнительность между количеством информации, получаемой в результате измерения и сопутствующим изменением квантового состояния. При этом влияние измерительного процесса на квантовое состояние не всегда является негативным и может использоваться для целенаправленного управления квантовыми состояниями.

Квантовое измерение – это одно из центральных понятий квантовой теории. Существует обширная литература, посвященная исследованию свойств квантовых измерений, вопросам интерпретации их результатов, а также проблеме практической реализации квантовых измерений с требуемыми свойствами в реальных физических системах. Именно к этому направлению исследований относится диссертационная работа А.Б.Михалычева, которая выполнена на высоком профессиональном уровне.

В диссертации А.Б. Михалычева процесс квантового измерения рассматривается с точки зрения двух направлений его изучения и практического использования: с одной стороны, извлечения информации, содержащейся в состоянии измеряемого квантового объекта, а с другой -- целенаправленного изменения такого состояния в интересах исследователя. Это дает подход к решению важных проблем выбора оптимальной стратегии квантовых измерений; эффективного извлечения информации о неизвестном квантовом состоянии; создания и усиление неклассических свойств квантовых состояний; преодоления классических пределов чувствительности измерений с использованием пробных состояний. Решение всех этих актуальных задач составляет основу диссертационной работы А.Б. Михалычева.

В процессе диссертационного исследования получен ряд новых важных научных результатов и достижений, отраженных в автореферате. Введен новый класс измерений, названных «исключающими», которые выделяют целевые неклассические компоненты, подавляя классические компоненты состояний. В частности, это открывает новые возможности генерации фоковских состояний и их суперпозиций. Применение и оптимизация линдбладовской динамики в открытых квантовых системах открывает путь к созданию сцепленных и неклассических состояний в цепочке связанных волноводов. Обобщен метод паттернов данных и осуществлена оптимальная

адаптивная томография состояний на основе метода байесовского оценивания. Сформулировано операциональное теоретико-информационное определение оптического разрешения, построен итерационный алгоритм реконструкции амплитуды пропускания, основанный на вычислении информационной матрицы Фишера. Как показал диссертант, подход, по существу основанный на использовании теоретических методов квантовой информатики, открывает путь к построению универсальных автоматизируемых методов оптимизации целого ряда устройств и экспериментов квантовой оптики.

Теория квантовых измерений тесно связана с теорией управления квантовыми системами, поскольку преобразования квантовых состояний в процессе измерения можно использовать для получения квантовых состояний с заданными свойствами (в частности, сцепленных состояний, специальных состояний типа «кота Шредингера» и др.) Данной проблематике посвящены главы 2 и 3 диссертации, где предложены новые универсальные методы получения специальных квантовых состояний, которые используются в построении квантовых коммуникационных систем, квантовой метрологии и решении других задач, связанных с квантовой обработкой информации (некоторые из этих задач рассмотрены в следующих главах диссертации). В главе 4 исследуются возможности использования квантовых измерений для получения информации о квантовых состояниях, в частности, получено существенное развитие «метода паттернов» в квантовой томографии. В главе 5, которая посвящена задачам квантовой микроскопии, существенно используются достижения главы 4, а также квантово-коррелированные состояния, методы генерации которых предложены в главах 2 и 3. В главе 6 автор рассматривает приложения разработанных в диссертации методов для решения ряда задач классической физики, в частности, задач распознавания сложных спектров рентгеновской дифракции и ионной масс-спектрометрии.

Солидный список публикаций (включающий статьи в ведущих мировых журналах) и докладов автора на представительных конференциях характеризуют его как вполне состоявшегося ученого. Результаты диссертационного исследования опубликованы в ведущих мировых научных изданиях, являются новыми и представляют высокую научную ценность. Считаю, что диссертационная работа «Квантовые измерения для метрологии и создания неклассических состояний» является законченным и высококачественным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор — Михалычев Александр Борисович -- заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02. – Теоретическая физика.

Я, Холево Александр Семенович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси.

Заведующий отделом теории вероятностей и математической статистики Математического института им. В.А.Стеклова,
Академик РАН



А.С. Холево

29 мая 2023г.