

1. Комплексные числа в квантовой механике. Математический формализм квантовой механики, основанный на векторе состояния в комплексном гильбертовом пространстве, успешно описывает экспериментальные данные. Однако предпринимались попытки переформулировать квантовую механику в действительном гильбертовом пространстве с использованием только действительных чисел. В недавней работе М.-О. Реноу и соавторов было показано, что получающаяся в этом случае теория не полностью эквивалентна теории в комплексном гильбертовом пространстве, причём отличия могут быть выявлены в эксперименте. Расхождение результатов можно записать в виде соотношений, напоминающих неравенства Белла. Идея эксперимента состоит в использовании "квантовой сети", когда наблюдатели А и С пересылают по одной из частиц квантово запутанных пар наблюдателю В, который выполняет над ними совместное квантовое измерение, что определённым образом запутывает остающиеся у А и С состояния. Затем выполняется корреляционный анализ по примеру теста Белла. Эта схема была реализована в двух экспериментах. В [1] использовались квантово запутанные пары фотонов, а в [2] применялись сверхпроводящие кубиты, управляемые микроволновыми импульсами. В обоих случаях с высокой достоверностью было показано, что справедлив формализм квантовой механики в комплексном гильбертовом пространстве, а формулировка с использованием только действительных чисел исключена на высоком уровне статистической достоверности. В [1] достоверность $4,5\sigma$, а в [2] она достигает 43σ .

2. Соотношение неопределённостей диссипация – время. В 2020 г. в работе исследователей из Люксембургского университета G. Falasco и M. Esposito с помощью математических методов статистической механики было показано, что скорость производства энтропии, связанная с диссипацией, ограничивает темпы эволюции физических процессов, и было выведено соответствующее соотношение "диссипация – время". Его предельным случаем является бесконечное время эволюции при отсутствии диссипации, когда процесс обратим. L.-L. Yan (Чжэньчжоуский университет, Китай) и соавторы выполнили эксперимент [3], в котором это соотношение проверено для неравновесной системы на основе электронных переходов в единичном ионе $^{40}\text{Ca}^{+}$ под влиянием лазерных импульсов. Исследовалась передача энергии при переходах между двумя выделенными уровнями, представляющими два тепловых резервуара, а роль диссипативных процессов играли переходы на другие уровни. Каждый отдельный переход в ионе происходит случайно, но в среднем эти переходы определяются характером диссипации. Было впервые показано наличие ограничения на скорость передачи энергии, соответствующего производству энтропии (диссипации) и описываемого соотношением диссипация – время. Данные результаты важны для изучения связи квантовой механики и термодинамики и могут оказаться полезными для устройств квантовой информации, так как путём контроля диссипации можно ускорить квантовые операции. О предельной скорости квантовой динамики см. [4].

3. Квантовый бумеранг. Эффект андерсоновской локализации был предсказан ещё в 1958 г., однако его интересная особенность, называемая "квантовым бумерангом", была обнаружена теоретически лишь недавно — в 2019 г. Этот контринтуитивный квантовый эффект заключается в том, что андерсоновская локализация в неупорядоченной среде в комбинации с симметрией относительно обращения времени может приводить к тому, что квантовый волновой пакет частицы с некоторого момента распространяется в обратном направлении и занимает начальное состояние. R. Sajjad (Калифорнийский университет в Санта-Барбаре, США) и соавторы выполнили эксперимент [5], в котором впервые наблюдался предсказанный

эффект квантового бумеранга, но вместо возвращения самих частиц рассматривалось возвращение к начальному значению величины их импульсов. Бозе-эйнштейновский конденсат из 10^7 атомов ^7Li помещался в оптическую решётку, и с помощью резонанса Фешбаха выключалось взаимодействие между атомами. Вторая пульсирующая решётка, имеющая фазовый сдвиг, оказывала импульсное воздействие на атомы. Измерения показали, что с течением времени полученные атомами импульсы возвращались к нулевым значениям, что является аналогом возвращения волнового пакета в эффекте квантового бумеранга.

4. Кубит на основе SiC. Твердотельные квантовые логические ячейки на основе спиновых дефектов имеют хорошую перспективу для применения в устройствах квантовой информации и коммуникации благодаря большому времени когерентности и возможности создания оптических интерфейсов. Особый интерес представляют ячейки в виде нейтральных дивакансий в карбиде кремния SiC, поскольку они хорошо совместимы с другими полупроводниковыми устройствами. Однако имеется сложность со считыванием спинового состояния дефекта, обычно осуществляемым путём наблюдения спин-зависимой флуоресценции после лазерного возбуждения. В этом методе среднее число регистрируемых фотонов за цикл считывания $\ll 1$. В новом экспериментальном подходе, разработанном С.Р. Anderson (Чикагский университет, США) и соавторами [6], удалось достигнуть как считывания за один цикл, так и длительного времени когерентности состояния – около 5 с. Это время примерно на два порядка превышает достигнутое в предыдущих экспериментах с кубитами на основе SiC. Использовался метод спин-зарядовой конверсии в комбинации со спин-селективной ионизацией лазерными импульсами. Процесс считывания сводится лишь к регистрации факта наличия или отсутствия электрона на электронном уровне после ионизации. Фотонный сигнал в этом случае в 10^4 раз сильнее, чем при обычной флуоресценции, и процесс считывания намного более эффективен. О квантовых сетях см. [7].

5. Необычный радиотранзиент. N. Hurley-Walker (Международный центр радиоастрономических исследований, Австралия) и её коллеги обнаружили необычный переменный радиоисточник, обладающий периодичностью 18,2 мин [8]. Ранее у радиоисточников такая периодичность никогда не наблюдалась. В архивных данных низкочастотных наблюдений на радиотелескопах массива Murchison Widefield Array (MWA) с января по март 2018 г. обнаружен 71 импульс от данного источника. Импульсы длятся 30–60 с и содержат также более короткие ($< 0,5$ с) пики. Мера дисперсии излучения в комбинации с моделями электронной плотности в Галактике свидетельствует о том, что источник находится в нашей Галактике на расстоянии $1,3 \pm 0,5$ кпк. Он имеет нетепловой спектр с показателем $\alpha = -1,16$, а яркостная температура 10^{16} К говорит о когерентном механизме излучения. Излучение линейно поляризовано на уровне $88 \pm 1\%$, что может свидетельствовать о наличии в источнике сильного магнитного поля. Пока неизвестно, какова природа этого необычного радиотранзиента. Это может быть магнетар (сильномагнитная нейтронная звезда) с очень длинным периодом вращения, белый карлик или даже космический объект нового типа.

Список литературы

- Li Z-D et al. *Phys. Rev. Lett.* **128** 040402 (2022)
- Chen M-C et al. *Phys. Rev. Lett.* **128** 040403 (2022)
- Yan L-L et al. *Phys. Rev. Lett.* **128** 050603 (2022)
- Жёлтиков А М *УФН* **191** 386 (2021); Zheltikov A M *Phys. Usp.* **64** 370 (2021)
- Sajjad R et al. *Phys. Rev. X* **12** 011035 (2022); arXiv:2109.00696, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.00696>
- Anderson C P et al. *Sci. Adv.* **8** eabm5912 (2022)
- Сукачёв Д Д *УФН* **191** 1077 (2021); Sukachev D D *Phys. Usp.* **64** 1021 (2021)
- Hurley-Walker N et al. *Nature* **601** 526 (2022)