

Новый метод позволяет моделировать сложные квантовые состояния с высокой точностью.

Американские ученые разработали новый тип бозонного сэмплера, который использует атомы вместо фотонов. Команда исследователей использовала свою систему для определения сложного квантового состояния с точностью, недостижимой для классических компьютеров. Атомы взаимодействуют гораздо сильнее, чем фотоны, что делает новую систему перспективной платформой для моделирования конденсированных сред. В будущем она может найти применение в квантовых вычислениях.

Одним из определяющих свойств бозонов является возможность неограниченного числа частиц занимать одно и то же состояние одновременно. Это приводит к необычным явлениям, таким как эффект Хонга-Оу-Мандела, когда два неразличимых фотона, попадая на делитель луча с коэффициентом 50:50, всегда выходят через один и тот же порт. Моделирование подобных эффектов с участием множества фотонов и делителей луча чрезвычайно сложно для классических компьютеров, которые способны обрабатывать лишь около 50 бозонов.

В новой работе, группа Адама Кауфмана из JILA в Боулдере, штат Колорадо, использовала атомную оптику для создания бозонного сэмплера. Они разместили 180 атомов стронция-88 в квадратную оптическую решетку с размером 48×48 ячеек. Ключом к успеху стало применение оптических пинцетов для перемещения атомов. Аарон Янг, тогда аспирант Кауфмана, поясняет: «Мы много работали над тем, чтобы настроить пинцеты для точной адресации отдельных ячеек решетки. Наши пинцеты меньше, чем обычные».

После точного размещения атомов, исследователи отключили пинцеты, затем охладили атомы лазером и зафиксировали начальное квантовое состояние. Далее они уменьшили глубину потенциальной ямы решетки, позволив атомам туннелировать между ячейками. Через заданное время они вновь увеличили глубину потенциальной ямы, сильно сжав атомы и позволив им зафиксировать их положение с помощью фотонов.

Следующим шагом была проверка системы. «Сертификация бозонного сэмплера так же сложна, как и его моделирование», объясняет Янг. Так как невозможно смоделировать бозонный сэмплер с 180 неразличимыми атомами классическим способом за разумное время, было решено использовать косвенную сертификацию, исследуя случаи, когда бозоны были различимы. Подобное состояние может

возникнуть в результате несовершенного охлаждения.

«По мере того как мы делаем атомы все более различимыми, мы переходим от проблемы, которую очень сложно смоделировать, к случаю, когда мы решаем задачу для одного атома 180 раз», говорит Янг. «И где-то посередине мы пересекаем порог, где снова возможно смоделировать нашу задачу на обычном компьютере. Мы проверяем две вещи: во-первых, что по мере изменения этого параметра система ведет себя корректно; во-вторых, что в случае достаточной различимости атомов эксперимент соответствует теории». Результаты показали, что атомы были примерно на 99,5% неразличимы.

Команда намерена исследовать, как система может быть использована как платформа для перепрограммируемой квантовой логики. «В нашей системе мы находимся в точке, где атомы, с очень хорошей точностью, не взаимодействуют друг с другом, но очень легко вернуть взаимодействия», отмечает Янг. Это может позволить моделирование задач в физике конденсированного состояния и даже обеспечить путь к универсальным квантовым вычислениям. Оптические пинцеты могут использоваться для изменения энергий ячеек решетки, что предоставляет доступ к универсальному набору управляющих параметров.

Физик из Чикагского университета Чэн Чин впечатлен исследованием. Он отмечает, что благодаря низким потерям по сравнению с фотонами, группа Кауфмана продемонстрировала, что атомы обеспечивают «гораздо более высокую точность, необходимую для идеального бозонного сэмпинга». Он добавляет: «Что касается этой конкретной задачи, применение холодных атомов является замечательным шагом для демонстрации преимуществ квантовой обработки информации. Возможно, теперь с подходом Адама можно контролировать, в каком направлении движутся бозоны и вводить взаимодействия между атомами, что намного проще, чем между фотонами. Это открывает множество новых возможностей, выходящих за рамки того, что могут делать фотоны».

Исследование опубликовано в журнале Nature .