

Физики создали метод, позволяющий моделировать квантовую динамику на обычном ноутбуке



Дата публикации: 09.10.2025

Физика квантового мира всегда была синонимом предельной сложности. На уровне элементарных частиц всё подчиняется не интуитивным законам вероятности и суперпозиции, где каждая частица может существовать в триллионах состояний одновременно. Для моделирования подобных систем учёные традиционно используют суперкомпьютеры или мощные нейросетевые модели, способные обрабатывать колоссальные массивы данных. Однако новое исследование из Университета Буффало показывает, что скоро моделирование квантовых процессов станет возможным даже на обычных ноутбуках.

Группа физиков под руководством Джамира Марино представила усовершенствованную версию метода, известного как усечённое приближение Вигнера (Truncated Wigner Approximation, TWA). Этот полуклассический подход был разработан ещё в 1970-х годах для описания поведения квантовых систем с помощью более простых, классических уравнений, при этом сохраняя ключевые квантовые эффекты. До сих пор применение TWA было ограничено — метод

хорошо работал только для идеализированных, изолированных систем, где отсутствовали потери энергии.

Исследователи из Буффало расширили границы этого метода, сделав его пригодным для анализа гораздо более реалистичных систем, в которых частицы взаимодействуют с внешними силами, теряют энергию и подвергаются флуктуациям — явлениям, характерным для так называемой диссипативной квантовой динамики. Это позволило применять TWA не только к замкнутым системам, но и к открытым, где взаимодействие с окружающей средой играет ключевую роль.

Суть подхода заключается в том, чтобы описывать сложную квантовую эволюцию с помощью «усреднённых» классических траекторий, каждая из которых корректируется вероятностными поправками. Этот метод сохраняет квантовую точность на уровне, достаточном для предсказания поведения многих систем, но при этом избавляет от необходимости решать громоздкие интегралы Шрёдингера, требующие колоссальных вычислительных ресурсов.

Новое исследование, опубликованное в журнале PRX Quantum (сентябрь 2025 года), предлагает не просто модифицированный алгоритм, а готовый вычислительный шаблон, доступный для любого исследователя. Фактически, команда превратила то, что раньше требовало десятков страниц уравнений и недель программирования, в универсальную схему преобразования, позволяющую «перевести» конкретную квантовую задачу в набор дифференциальных уравнений, решаемых численно за несколько часов.

Для проверки эффективности метода учёные применили его к задаче эволюции одиночного спина в условиях когерентного возбуждения и спонтанного распада — классической модели в квантовой оптике. Сравнение результатов TWA с точным квантовым решением показало отличное совпадение при малых и умеренных скоростях потерь, что подтвердило точность нового приближения.

Важным преимуществом является практичность. Теперь физик может буквально «ввести» параметры своей задачи в шаблон TWA и получить результат на обычном компьютере без необходимости доступа к суперкомпьютерным кластерам. Это резко снижает порог входа в моделирование сложных квантовых явлений и позволяет исследователям сосредоточиться на интерпретации результатов, а не на технической стороне вычислений.

С точки зрения теории, новая версия метода открывает возможности для анализа ранее недостижимых систем, таких как квантовые магниты, спиновые решётки с потерями, или конденсаты Бозе — Эйнштейна, взаимодействующие с

внешней средой. Благодаря доступности вычислительного шаблона, этот подход может быть быстро адаптирован для моделирования широкого круга задач — от квантовых материалов до фотонных сетей и атомных ловушек.

Полуклассическая физика, на которой основан метод, давно служит мостом между квантовой теорией и наблюдаемой реальностью. Она позволяет описывать мир, в котором квантовые эффекты не исчезают полностью, но становятся управляемыми и вычислительно предсказуемыми. Ранее такие методы использовались лишь как приближения для проверки гипотез, теперь же они превращаются в полноценный инструмент вычислительной физики.

Прорыв в Университете Буффало также имеет практическое значение для распределения вычислительных ресурсов. Если многие квантовые задачи теперь можно решать с помощью TWA, это освободит суперкомпьютеры и нейросетевые системы для действительно нерешаемых задач — тех, где количество возможных состояний превышает число атомов во Вселенной.

Новая работа показывает, что упрощение не всегда означает потерю точности. Современная наука всё чаще демонстрирует, что интеллектуальное сокращение математической сложности — ключ к ускорению открытий. Квантовая динамика, ранее требовавшая гигантских вычислительных мощностей, теперь становится доступной каждому исследователю с ноутбуком. Это не просто шаг в сторону вычислительной эффективности — это новый этап в демократизации науки, где квантовая физика перестаёт быть эксклюзивной областью лабораторий с миллиардными бюджетами и становится частью стандартного исследовательского инструментария.

Ссылка: «Удобное для пользователя усеченное приближение Вигнера для динамики диссипативного спина» DOI: [10.1103/1wwv-k7hg](https://doi.org/10.1103/1wwv-k7hg).