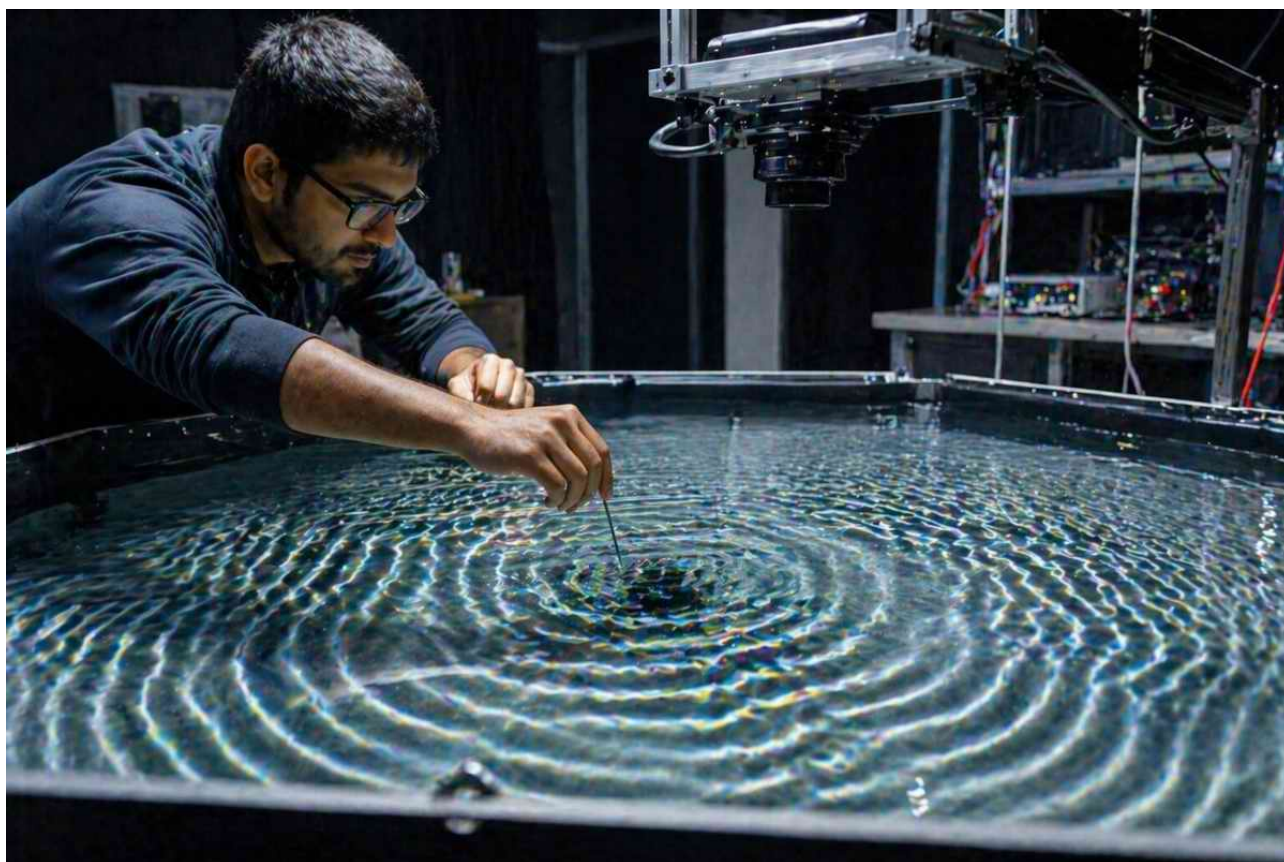


Квантовый эффект в воде: как классические волны раскрывают скрытые законы физики



Дата публикации: 22.04.2026

Исследования на стыке квантовой и классической физики продолжают демонстрировать, что сложные квантовые явления можно изучать с помощью наглядных макроскопических систем. Недавняя работа ученых из Окинавский институт науки и технологий показала, что знаменитый эффект Ахаронова-Бома можно воспроизвести в простой жидкостной системе, используя резервуар с водой и управляемые волны.

В квантовой механике этот эффект заключается в том, что частицы, такие как электроны, испытывают влияние магнитного поля, даже если не проходят через область, где оно непосредственно присутствует. Это связано с изменением фазы волновой функции, которое проявляется в интерференционных картинах. Подобные явления сложно наблюдать напрямую, поскольку они требуют высокоточных и часто косвенных измерений.

Классическая аналогия, впервые предложенная Майкл Берри, использует вихрь в жидкости вместо соленоида, а поверхностные волны — вместо

электронов. В новой работе исследователи пошли дальше, создав эксперимент, в котором волны распространяются одновременно с противоположных сторон резервуара и взаимодействуют друг с другом в присутствии вихря.

Экспериментальная установка включала специально разработанный водный резервуар с центральным вихревым потоком. Волны генерировались с двух сторон и направлялись навстречу друг другу, формируя интерференционную картину. Высокоскоростные камеры и подсветка позволяли детально фиксировать динамику поверхности воды и отслеживать изменения волновых структур во времени.

В отсутствие вихря система ведет себя предсказуемо: встречные волны образуют стоячую волну, характеризующуюся стабильными узловыми линиями, где амплитуда колебаний равна нулю. Однако добавление вихря радикально меняет картину. Из-за фазовых сдвигов, вызванных вращающимся потоком, появляются новые структуры — вращающиеся узловые линии, которые не наблюдаются в обычных условиях.

Эти линии демонстрируют ряд необычных свойств. Они вращаются в направлении, противоположном вращению вихря, и их количество увеличивается с ростом скорости потока. Такое поведение указывает на сложную топологическую природу явления, где важна не только локальная динамика, но и глобальная структура всей системы.

Ключевые особенности наблюдаемого эффекта можно описать так: появление вращающихся узловых линий, зависимость структуры от скорости вихря, изменение интерференционной картины из-за фазовых сдвигов, топологический характер волновых процессов, возможность масштабирования системы.

С теоретической точки зрения результаты подтверждают, что фазовые эффекты, характерные для квантовой механики, могут проявляться в классических системах при наличии соответствующих условий. Это открывает новые возможности для изучения квантовых явлений в более доступных и визуально наблюдаемых формах.

Дополнительный интерес представляет потенциальное расширение эксперимента. Ученые предполагают, что введение нескольких вихрей, организованных в регулярную структуру, может привести к появлению еще более сложных эффектов, аналогичных тем, что наблюдаются в сверхпроводниках и других квантовых материалах. В таких системах волны могут вести себя как коллективные возбуждения, демонстрируя свойства, близкие к квантовым токам.

С практической точки зрения подобные исследования могут способствовать развитию новых методов моделирования сложных физических процессов. Классические аналоговые системы позволяют тестировать гипотезы, которые трудно проверить в чисто квантовых экспериментах, и дают возможность визуализировать абстрактные концепции.

Основные научные выводы можно сформулировать следующим образом: классические волны могут имитировать квантовые фазовые эффекты, вихревые потоки создают новые типы интерференционных структур, аналоговые модели расширяют возможности изучения квантовой физики.

Таким образом, моделирование эффект Ахаронова-Бома в воде демонстрирует, что даже простые физические системы способны раскрывать фундаментальные закономерности природы. Это подтверждает универсальность волновых процессов и подчеркивает важность междисциплинарного подхода в современной науке.

Ссылка: «Топология, видимая через стоячие волны во вращающейся жидкости» DOI: [10.1038/s42005-026-02603-w](https://doi.org/10.1038/s42005-026-02603-w).