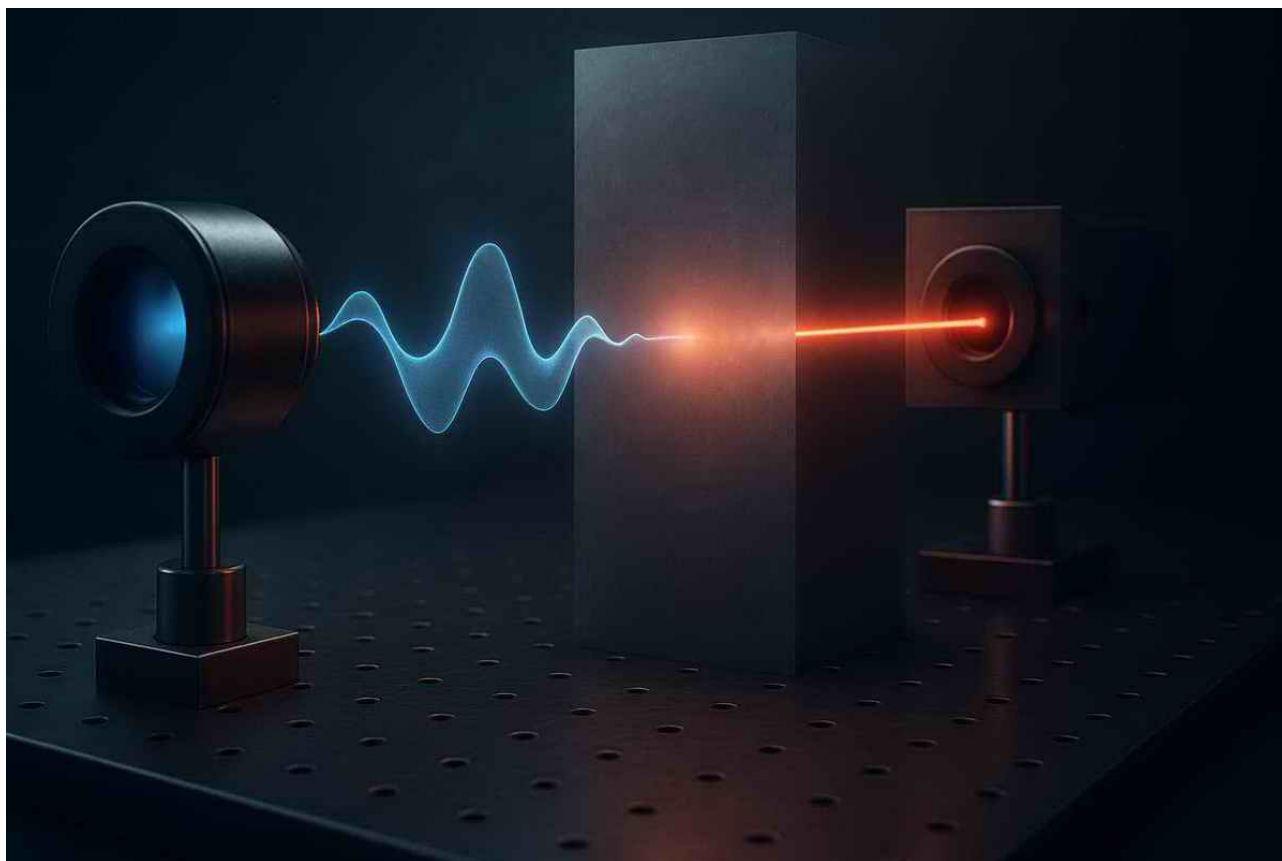


Эксперимент по квантовому туннелированию ставит под сомнение предсказания бомовской механики



Дата публикации: 11.07.2025

Квантовая механика уже более века остаётся одной из самых загадочных и плодотворных теорий в физике. Она объясняет, почему электроны могут «проходить сквозь» потенциальные барьеры, которые они, казалось бы, не должны преодолевать. Это явление, известное как квантовое туннелирование, имеет ключевое значение в таких технологиях, как туннельные микроскопы и ядерный синтез. Но остаётся фундаментальный вопрос: сколько времени частица действительно проводит внутри барьера?

Недавнее исследование, опубликованное в журнале Nature, попыталось экспериментально проверить один из уникальных аспектов альтернативной интерпретации квантовой механики — бомовской механики. Эта теория, также известная как теория де Бройля-Бома, утверждает, что частицы обладают определённой траекторией, определяемой так называемой «пилотной волной». В рамках этого подхода предполагается, что если барьер потенциально бесконечен, то частица, попадая внутрь него, должна оставаться неподвижной

на неопределённое время — её «время пребывания» становится бесконечным.

Чтобы проверить это предположение, учёные сконструировали уникальную экспериментальную установку, способную имитировать барьер «бесконечной» длины для фотонов. Ключевым элементом стала пара специально откалиброванных зеркал, соединённых с волноводами — микроскопическими каналами, по которым перемещаются фотоны. Один из волноводов был оснащён пандусом, по которому фотоны запускались лазером с точно заданным импульсом, затем сталкивались с потенциальным барьером, а часть из них «туннелировала» во второй волновод.

Измеряя скорость перемещения фотонов и их поведение внутри барьера, исследователи вычислили время пребывания — величину, которая, согласно боровской интерпретации, должна быть бесконечной или, по крайней мере, резко возрастать. Однако полученные данные показали, что это время имеет конечное значение и соответствует тем значениям, которые предсказывает копенгагенская интерпретация — классическая модель, в которой частицы описываются волновой функцией вероятностей до момента измерения.

Таким образом, эксперимент поставил под сомнение одно из фундаментальных предсказаний боровской механики. Авторы отмечают, что полученное соотношение между энергией и скоростью частиц не согласуется с динамикой, определяемой уравнением движения в боровской модели. Это говорит о том, что если и существует скрытая траекторная структура, то она должна быть гораздо сложнее, чем предполагает базовая версия боровской механики.

Следует подчеркнуть, что эксперимент является аналоговым, а не прямым измерением траекторий частиц. Он опирается на имитацию, приближённые граничные условия и математические предположения. Поэтому хотя полученные результаты представляют собой серьёзный вызов для боровской модели, они не исключают её полностью. Сам факт, что предсказания различных интерпретаций квантовой теории могут быть экспериментально различимы, уже представляет собой важный прорыв в философии и практике современной физики.

Это исследование вносит вклад в давний философский спор о природе квантовой реальности: существует ли объективная траектория частицы независимо от наблюдения, или всё, что мы знаем, — это вероятности и волновые функции, коллапсирующие при измерении. Вопрос остаётся открытым, но теперь у нас есть ещё один инструмент, чтобы приблизиться к ответу — точные эксперименты, способные расшифровать микросекунды поведения частиц в невидимом пространстве между «до» и «после» туннелирования.

Ссылка: «Зависимость энергии и скорости квантовых частиц от боровской механики» DOI: [10.1038/s41586-025-09099-4](https://doi.org/10.1038/s41586-025-09099-4).