

Нечто из ничего: физики создали аналог эффекта Швингера с помощью сверхтекучего гелия



Дата публикации: 10.09.2025

Идея о том, что частицы могут возникать из «ничего», давно волнует физиков. В 1951 году Джулиан Швингер предсказал, что при достаточно сильном электрическом поле вакуум способен спонтанно порождать электрон-позитронные пары. Это явление, названное эффектом Швингера, стало одним из ярких следствий квантовой электродинамики. Однако требуемые поля настолько огромны, что они недостижимы в лаборатории, и прямого наблюдения эффекта до сих пор не удалось осуществить.

Исследователи из Университета Британской Колумбии нашли элегантный способ обойти это ограничение. Они предложили использовать сверхтекучий гелий-4 в виде тончайших плёнок, толщиной всего несколько атомов, как физическую систему, способную воспроизвести ключевые черты эффекта Швингера. В сверхтекучей среде нет трения, а движение жидкости напоминает действие гигантского электрического поля. Вместо электронов и позитронов здесь рождаются пары вихрь-антивихрь, которые спонтанно возникают и вращаются в противоположные стороны, подобно зеркальному отражению друг

друга.

Это решение открывает окно к исследованию процессов, недоступных прямым экспериментам. Квантовое туннелирование, на котором основан эффект Швингера, играет ключевую роль во многих областях физики — от квантовой химии до космологии. Вакуум в теории поля никогда не является пустым: в нём постоянно возникают и исчезают виртуальные частицы. Аналог в виде сверхтекучего гелия позволяет «увидеть» такие процессы через реальные вихри, которые можно измерить и анализировать.

Работа имеет двойное значение. С одной стороны, она даёт возможность моделировать процессы, происходящие в экстремальных условиях — вблизи чёрных дыр, в ранней Вселенной или в глубоком космосе. С другой стороны, она меняет понимание самой природы сверхтекучести и фазовых переходов в двумерных системах. Ранее считалось, что масса вихря в сверхтекучей среде постоянна, но учёные показали, что она может существенно изменяться по мере движения, что полностью меняет картину динамики квантовых вихрей.

Эта изменчивость массы открывает новые горизонты для физики. Если аналогия справедлива, то и в реальном эффекте Швингера электрон-позитронные пары могут вести себя иначе, чем предполагалось. Это означает необходимость пересмотра некоторых аспектов самой теории, заложенной Швингером, и придаёт исследованию особую фундаментальную ценность.

Таким образом, работа канадских физиков не только приближает нас к экспериментальной проверке одного из самых «невозможных» эффектов квантовой физики, но и расширяет наше понимание природы сверхтекучих жидкостей и процессов квантового туннелирования. Эти результаты показывают, что аналоговые эксперименты могут стать важным инструментом для изучения глубочайших вопросов о вакууме, материи и происхождении Вселенной.

Ссылка: «Вакуумное туннелирование вихрей в двумерных сверхтекучих пленках 4He » DOI: [10.1073/pnas.2421273122](https://doi.org/10.1073/pnas.2421273122).