

Как увидеть фантомное тепло Вселенной: новый метод обнаружения эффекта Унру



Дата публикации: 18.09.2025

В глубинах квантовой теории существует предсказание, которое до сих пор оставалось недоказанным, но притягивало внимание физиков со всего мира. Речь идёт об эффекте Фуллинг-Дэвиса-Унру, или просто эффекте Унру. Согласно теоретическим расчётам, наблюдатель, движущийся с ускорением в квантовом вакууме, должен воспринимать его не пустым, а заполненным тепловым излучением. Это своеобразное «фантомное тепло» появляется из-за взаимодействия ускорения с вакуумными флуктуациями. Для неподвижного наблюдателя вакуум остаётся «тихим», но для ускоряющегося — он словно оживает, проявляясь в виде реальных частиц. Таким образом, теория относительности Альберта Эйнштейна оказывается напрямую связанной с законами квантовой механики.

Проблема заключалась в том, что для наблюдения эффекта Унру требуются колоссальные ускорения — порядка 10^{20} м/с², недостижимые для линейных ускорителей и любых существующих технологий. Это десятилетиями делало феномен практически недоступным для прямой экспериментальной проверки.

Учёные из Хиросимского университета предложили изящное решение этой проблемы. Их метод основан на использовании сверхпроводящих квантовых схем, а именно связанных кольцевых джозефсоновских переходов. В таких структурах могут формироваться метастабильные пары квантовых вихрей — флюксон и антифлюксон. При воздействии квантовых флуктуаций, вызванных эффектом Унру, эти пары распадаются, что проявляется как скачок напряжения в цепи. Уникальность подхода в том, что такие скачки можно зафиксировать современными приборами, а статистический анализ их распределения позволяет напрямую измерить так называемую температуру Унру.

Новая схема превращает микроскопические колебания вакуума в макроскопические сигналы. Фактически крошечные квантовые эффекты становятся видимыми на уровне электроники, что открывает перед исследователями реальную возможность подтвердить одно из самых загадочных предсказаний квантовой физики.

Значимость работы трудно переоценить. Экспериментальная регистрация эффекта Унру означала бы объединение двух фундаментальных направлений физики — теории относительности и квантовой механики — в практическом наблюдении. Это не только дало бы новый взгляд на природу вакуума и структуру пространства-времени, но и могло бы приблизить учёных к созданию единой физической теории, объединяющей все известные взаимодействия.

Технический прорыв заключается в использовании сверхпроводящих микроструктур с чрезвычайно малыми радиусами. Именно это позволяет достичь эффективных ускорений, эквивалентных тем, что требуются для проявления эффекта Унру. Расчёты показывают, что температура квантового тепла в таких системах может составлять несколько градусов Кельвина, что уже находится в пределах возможностей современных детекторов.

Будущие исследования будут направлены на уточнение деталей процесса распада флюксон-антифлюксонных пар, а также на изучение роли квантового туннелирования в этих явлениях. Это позволит ещё точнее калибровать экспериментальные установки и расширить спектр наблюдаемых квантовых эффектов. Кроме того, разработанные методы можно будет применить в области квантового зондирования и передовых технологий сенсоров.

Если этот подход будет реализован на практике, человечество впервые сможет зарегистрировать «квантовое тепло ускорения» — таинственный отпечаток вакуумных флуктуаций, о которых Эйнштейн и его последователи говорили лишь на уровне теории. Это станет не только экспериментальным подтверждением глубоких идей физики XX века, но и новым шагом к пониманию истинной природы Вселенной.

Ссылка: «Эффект Фуллингa-Дэвиса-Унру в круговом движении в связанных кольцевых джозефсоновских переходах» DOI: [10.1103/mn34-7bj5](https://doi.org/10.1103/mn34-7bj5).