

Полудираковские фермионы: загадочные квазичастицы, которые нарушают правила

Дата публикации: 08.01.2025

Недавнее открытие полудираковских фермионов в кристаллах ZrSiS стало настоящей сенсацией в мире физики. Эти квазичастицы, впервые теоретически описанные 16 лет назад, обладают уникальными свойствами: они безмассовы в одном направлении и приобретают массу при движении в другом. Это поведение нарушает привычные представления о движении частиц и открывает новые горизонты для технологий будущего, включая создание батарей, датчиков и квантовых устройств.

Неожиданное открытие: магнитооптическая спектроскопия и ZrSiS

Исследователи из Университета штата Пенсильвания и Колумбийского университета, используя магнитооптическую спектроскопию, впервые наблюдали эти квазичастицы. Метод заключался в облучении [кристалла инфракрасным](#) светом под воздействием сверхсильного магнитного поля, создаваемого в Национальной лаборатории сильных магнитных полей. Это поле, в 900 000 раз превышающее магнитное поле Земли, позволило ученым изучить энергетические уровни электронов в кристалле ZrSiS.

На удивление, энергетические уровни, которые должны были изменяться линейно с увеличением магнитного поля, повели себя иначе. Наблюдаемое поведение электронов следовало так называемому "степенному закону $V^{(2/3)}$ ", что стало ключевой сигнатурой присутствия полудираковских фермионов.

Что делает полудираковские фермионы уникальными:

- Они безмассовы при движении в одном направлении.
- Они приобретают массу при движении перпендикулярно.
- Их поведение связано с уникальной [электронной](#) структурой кристаллов ZrSiS.

Эти свойства делают полудираковские фермионы фундаментально отличными от обычных частиц, таких как электроны, и даже от других квазичастиц, например, графеновых фермионов.

Как были подтверждены полудираковские фермионы:

- Использование магнитооптической спектроскопии.
- Анализ уровней Ландау, которые показали отклонение от стандартных энергетических переходов.

- Сотрудничество экспериментаторов и теоретиков для создания моделей электронной структуры ZrSiS.

Природа и последствия: Полудираковские фермионы можно представить как "поезда", движущиеся по "рельсам" электронной структуры материала. В одном направлении эти "поезда" движутся со скоростью света, не имея массы, но при переходе на перпендикулярные "рельсы" начинают испытывать сопротивление и приобретают массу.

Этот материал, как и графен, представляет собой слоистую структуру, что делает его особенно перспективным для использования в современных технологиях. В будущем исследователи надеются научиться выделять однослойные фрагменты ZrSiS, чтобы использовать уникальные свойства этих квазичастиц для управления электронами с высокой точностью.

Перспективы для технологий:

- Создание новых батарей с уникальными свойствами переноса заряда.
- Разработка суперчувствительных датчиков и квантовых устройств.
- Потенциальное применение в сверхпроводниках и энергоэффективных электронных схемах.

Это открытие не только поднимает новые вопросы о фундаментальной физике, но и открывает дверь в мир технологий будущего. Однако многие аспекты поведения полудираковских фермионов остаются загадкой, что вдохновляет ученых на дальнейшие исследования.

Таким образом, кристаллы ZrSiS и полудираковские фермионы могут стать ключом к новым достижениям в науке и технологиях, а их открытие напоминает о том, как много удивительного еще ждет нас в квантовом мире.

Ссылка: «Полудираковские фермионы в топологическом металле» DOI: [10.1103/PhysRevX.14.041057](https://doi.org/10.1103/PhysRevX.14.041057).