

Пресс-релиз

16 августа 2023 г.

Тайваньская команда возглавила научно-исследовательское сотрудничество между Тайванем и США и опубликовала статью в журнале Nature Communications. Это впервые, когда теория и эксперименты помогли разгадать тайну «странного металла» и механизм образования высокотемпературных сверхпроводников.

При долгосрочной поддержке Гос. Комитета по науке и технологиям Тайваня (NSC) исследовательская группа по теоретической физике под руководством заслуженного профессора Чун-Хоу Чжун (Prof. Chung-Hou Chung) с кафедры физики Национального университета Ян Мин Чао Тун (the Department of Electrophysics, National Yang-Ming Chiao-Tung University) в сотрудничестве с экспериментальной группой Брукхейвенской национальной лаборатории (Brookhaven National Laboratory, BNL) раскрыли механизм формирования квантовых критических запутанностей экзотических металлов в редкоземельных сверхпроводниках. Результаты их исследования были опубликованы в журнале "Nature Communications" в феврале 2023 г. Это исследование открывает путь к пониманию механизма возникновения высокотемпературных сверхпроводников, который был загадкой для сообщества физиков конденсированных сред на протяжении 35 лет. Прорыв имеет значение как для фундаментальной науки, так и для прикладных технологий. Это знаковое сотрудничество между Тайванем и США демонстрирует лидерство и потенциал тайваньской группы исследователей фундаментальных исследований в международном научном сотрудничестве.

Загадка механизма образования квантовой критической запутанности экзотических металлов

При экстремально низких температурах (до появления сверхпроводимости) удельное сопротивление обычных металлов уменьшается с квадратом температуры по мере снижения температуры (т.е. возникает так называемая "жидкость Ферми"). Однако за последние 30 лет появилось множество новых квантовых материалов, таких как высокотемпературные сверхпроводники на основе меди, тяжелые фермионные редкоземельные сверхпроводники, органические сверхпроводники и двумерные двуслойные крутильные графитовые редкоземельные сверхпроводники, которые отличаются от обычных металлов "квантовым состоянием экзотического металла" (т.е. так называемой "нефермионной жидкостью"): с понижением температуры их удельное сопротивление уменьшается линейно, а удельные тепловые коэффициенты возрастают логарифмически. В последнее время в редкоземельных сверхпроводниках и высокотемпературных сверхпроводниках на основе меди было обнаружено еще более необычное экзотическое состояние экзотического металла, получившее название "металл Планка", которое возникает вблизи нестабильной "квантовой критической точки", где скорость рассеяния электронов линейно зависит от температуры, а константы пропорциональности обратно пропорциональны постоянной Планка.

Эти явления, включая причины и механизмы образования экзотических металлических состояний, до сих пор остаются без ответа, что является одной из основных проблем в области физики конденсированного состояния вещества, и исследовательская группа стремится открыть и понять эти экзотические квантовые состояния вещества на основе, и исследовать тайны квантового мира.

В микроскопических атомных масштабах квантовая механика может приводить к возникновению новых состояний вещества при низких температурах за счет конкуренции между различными квантовыми основными состояниями, называемыми "квантовыми критическими состояниями", которые представляют собой новые состояния вещества с высокой степенью квантовой запутанности между электронами. Экзотическое металлическое состояние в новых сверхпроводниках связано с квантовым запутыванием большого числа электронных и атомных состояний, что представляет собой очень сложное многотелое "квантово запутанное" состояние. «Экзотическое металлическое квантовое состояние» можно рассматривать как новый тип состояния материи "квантовое критическое состояние", порожденное явлением квантового критического возмущения при низкой температуре. Это свидетельствует о том, что помимо хорошо известных широкой публике металлов, изоляторов, сверхпроводников и полупроводников в природе существует такое новое и универсальное состояние материи, которое является новым открытием, имеющим фундаментальное и прикладное значение в области физики конденсированного состояния вещества.

В данной работе тайна "планковского металла" впервые раскрыта благодаря сотрудничеству теории и эксперимента. Экспериментальные результаты подтверждают, что состояние планковского металла в редкоземельных сверхпроводниках находится в окрестности квантовой критической точки, что является квантовым критическим поведением. В то же время предложен микроскопический теоретический механизм, основанный на квантовом возмущении критического заряда, который впервые успешно объясняет связь между явлением экзотического металла и механизмом его образования и квантовым критическим явлением, которое является результатом высокой степени квантовой запутанности между электронами вблизи квантовой критической точки. Этот результат помогает раскрыть механизм образования планковских экзотических металлических состояний в высокотемпературных сверхпроводниках на основе меди, который также обусловлен квантовым возмущением критического заряда. Поскольку сверхпроводящее состояние высокотемпературных сверхпроводников формируется при охлаждении планковского металлического состояния, результаты данной научной работы помогут решить 35-летнюю загадку "механизма формирования высокотемпературных сверхпроводников" в области физики конденсированного состояния вещества.

С другой стороны, полное описание экзотических металлических явлений также важно для прикладных технологий. Понимание экзотических металлических явлений может помочь разработчикам предсказать и повысить критическую температуру сверхпроводящего состояния высокотемпературных сверхпроводников, что имеет потенциал для прикладных технологий. Высокотемпературные сверхпроводники имеют ключевые применения в таких областях, как передача энергии без использования энергии, квантовые компьютеры и квантовые вычисления, которые имеют большое значение для технологического развития, улучшения жизни и защиты окружающей среды.

Новая веха в тайваньско-американском сотрудничестве в области фундаментальной науки

Это тайваньско-американское сотрудничество было задумано проф. Чжун в 2018 году, и он возглавил всю программу исследований. С осени 2019 года доктор Чедомир Петрович (Cedomir Petrovic) из Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL) присоединился к американской команде для предоставления результатов экспериментальных данных, а проф. Чжун (Prof. Chung) и д-р Юн-Е Чжань (Dr. Yung-Yeh Chang) из тайваньской команды занимались анализом экспериментальных данных и построением микроскопической теоретической модели механизма. После трех с половиной лет совместной работы было установлено, что теоретический механизм успешно объясняет экспериментальные явления, и в итоге исследование было опубликовано в журнале Nature Communications. Успех этого сотрудничества знаменует собой новую веху в совместной работе Тайваня и США в области фундаментальной науки, демонстрируя лидерство и жизнеспособность тайваньских фундаментальных исследований в международном сотрудничестве.

Ссылка на оригинал публикации:

<https://www.nature.com/articles/s41467-023-36194-9>

Контакты для СМИ:

Fang-Chun Liu

Program Manager

Department of Natural Sciences and Sustainable Development

National Science and Technology Council

TEL: +886-2-27377022

E-mail: fcliu@nstc.gov.tw