

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90.+g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.12.038711>

1. Кубиты на основе квантовых точек в германии

N.W. Hendrickx (Делфтский технический университет, Нидерланды) и соавторы создали квантовые биты — кубиты в германии, которые по ряду характеристик превосходят кубиты в кремнии. Вместо электронных состояний в квантовых точках в случае кремния, в германии применялись дырочные состояния. Квантовые уровни дырок хорошо разнесены по энергии, что повышает точность работы кубита. Две квантовые точки в плоском образце германия находились между управляющими электродами. Сильная спин-орбитальная связь и эффект кулоновской блокады позволяли управлять кубитами электрическим полем без необходимости в дополнительных устройствах. Был продемонстрирован как единичный кубит, так и двухкубитная логическая ячейка. В первом случае квантовая точность составила 99,3 %, и удавалось производить операции со временем срабатывания 20 нс. В двухкубитном варианте для связи кубитов использовался туннельный эффект, и был создан логический вентиль "контролируемое отрицание" (CNOT) со временем срабатывания 75 нс. Таким образом, квантовые точки в германии оказались одной из наиболее перспективных платформ для квантовых вычислений.

Источник: *Nature*, онлайн-публикация от 13 января 2020 г.
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1919-3>

2. Антиферромагнитный топологический изолятор

Международной группой учёных с участием российских исследователей из Санкт-Петербургского и Томского государственных университетов, Института физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) и Института твёрдого тела РАН (Черноголовка) показано, что соединение MnBi₂Te₄ совмещает в себе топологический изолятор и антиферромагнетик. Эти свойства MnBi₂Te₄ были предсказаны теоретически путём вычислений "из первых принципов", а затем подтверждены в эксперименте с помощью фотозиссионной спектроскопии с угловым разрешением. Топологический изолятор — это материал с электропроводящей поверхностью и непроводящим объёмом. Измерения намагниченности при различных температурах и величинах магнитного поля показали наличие в MnBi₂Te₄ трёхмерной антиферромагнитной упорядоченности при температуре в точке Нееля 24,2(5) К. Ранее магнитные топологические изоляторы получались только путём допирования немагнитных топологических изоляторов металлами, что приводило к сильной неоднородности. Напротив, MnBi₂Te₄ имеет собственные магнитные свойства даже без допирования, поэтому его характеристики однородны. Антиферромагнитные топологические изоляторы могут найти важные применения как в фундаментальных исследованиях, так и в спинтронике. О спинтронике см. в УФН 189 849 (2019), а о топологических изоляторах см. в УФН 187 411 (2017), УФН 188 1226 (2018) и УФН 188 1129 (2018).

Источник: *Nature* 576 416 (2019)
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1840-9>

3. Неустойчивость в квантовом газе, вызванная диссипацией

Известно, что взаимное влияние процесса когерентной эволюции и диссипации может быть причиной нетривиальных эффектов, таких как диссипативные фазовые переходы и др. Т. Esslinger (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха) и его коллеги исследовали взаимодействие когерентной квантовой эволюции и диссипации в бозе-эйнштейновском конденсате атомов ⁸⁷Rb. Атомы конденсата могли находиться в двух зеемановских состояниях, и в конденсате могли возбуждаться две моды возмущений: мода, связанная с модуляцией плотности числа атомов, и мода модуляции спиновой плотности. Связь между модами осуществлялась через рассеяния фотонов стоячей волны лазерного излучения в резонаторе. Оказалось, что система может эволюционировать по круговому пути в фазовом пространстве двух мод. Это поведение удалось понять с помощью механической

аналогии с неконсервативной силой, зависящей от положения. Наблюдался фазовый переход между режимом, в котором возбуждена только одна мода, и режимом с двумя возбуждёнными модами. Также была обнаружена область неустойчивости, в которой обе моды синхронизированы за счёт сильной диссипативной связи между ними. О неравновесной динамике см. в УФН 187 817 (2017).

Источник: *Science* 366 1496 (2019)
<https://doi.org/10.1126/science.aaw4465>

4. Вращение сверхтекучей жидкости

Вращение квантовых сверхтекучих жидкостей исследовалось во множестве работ как теоретически, так и экспериментально (см., например, УФН 143 73 (1984), УФН 165 829 (1995), УФН 185 970 (2015) и УФН 189 1104 (2019)). Интересен случай, когда частота вращения приближается к удерживающей частоте потенциала атомной ловушки или превышает её. В этом случае, согласно расчётом, должны возникать кольцевые структуры, которые можно представить как объединение множества квантовых вихрей в один гигантский вихрь. Такие структуры действительно наблюдались, однако они быстро распадались либо плотность жидкости в центре была не мала. Исследователи из Университета Париж-север XIII и Национального центра научных исследований Франции впервые получили в своём эксперименте кольцевую структуру, которая была устойчива в течение более чем одной минуты. Путём вращения несферического потенциала ловушки бозе-эйнштейновскому конденсату атомов ⁸⁷Rb сообщался угловой момент, который в процессе селективного испарения повышался до $350\hbar$ на атом. При этом в структуре конденсата возникало кольцо радиусом ~ 30 мкм с отверстием в центре, вращающееся со сверхзвуковой линейной скоростью, достигающей 18 чисел Маха. В кольце возбуждалась квадрупольная мода деформаций, для описания которой существующих гидродинамических моделей оказалось недостаточно и требуется разработка более детальной теории.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 124 025301 (2020)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.025301>

5. Группа далёких галактик и реонизация Вселенной

Реонизация водорода во Вселенной произошла, предположительно, за счёт излучения квазаров и первых звёзд в молодых галактиках. V. Tilvi (Университет штата Аризона, США) и соавторы обнаружили группу галактик на красном смещении $z \approx 7,7$, которые окружены взаимно перекрывающимися пузырями ионизованного газа. Три галактики, сильно излучающие в линии Ly_α, были обнаружены в фотометрических наблюдениях на 4-метровом телескопе обсерватории Китт-Пик, и затем было получено спектроскопическое подтверждение с помощью телескопа Кек I. Одна из трёх галактик была известна по более ранним наблюдениям. Расстояние между галактиками вдоль луча зрения составляет 0,7 Мпк, а в поперечном направлении — 0,05–0,18 Мпк. Возможность наблюдения линий излучения Ly_α говорит о том, что галактики окружены достаточно протяжёнными пузырями ионизованного водорода, т.к. в нейтральном водороде излучение было бы поглощено. Фотоны за время их движения внутри пузырей успевают выходить за пределы линии поглощения благодаря космологическому красному смещению. Согласно оценке, размеры пузырей составляют 0,55–1,02 Мпк, поэтому они должны частично перекрываться друг с другом. Таким образом, впервые было доказано, что группа галактик может быть ответственна за неоднородную реонизацию Вселенной. Ожидается, что существенно продвинуться в изучении процесса реонизации Вселенной можно будет с помощью проектируемых ИК-телескопа им. Дж. Уэбба и радиоинтерферометра SKA-2.

Источник: <https://arxiv.org/abs/2001.00873>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)