

**1. Поиск безнейтринного двойного бета-распада**

Некоторые атомные ядра испытывают двойной бета-распад, когда два нейтрона в ядре одновременно распадаются на два протона, два электрона и два антинейтрино. Однако обсуждается также гипотетическая возможность двойного бета-распада без испускания нейтрино. Наличие такого распада означало бы несохранение лептонного числа, что запрещено в Стандартной модели, но предсказывается в её расширениях. При этом нейтрино должно являться майорановским фермионом, т.е. своей античастицей. Поиск безнейтринного двойного бета-распада ведётся, в частности, в эксперименте CUORE в Национальной лаборатории Гран Сассо (Италия), где применяется массив из кристаллов  $\text{TeO}_2$  при низкой температуре. Выполняется поиск термических всплесков, вызываемых распадами  $^{130}\text{Te} \rightarrow ^{130}\text{Xe}$ . На достигнутом уровне точности безнейтринный двойной бета-распад не обнаружен, и получено ограничение на время полураспада  $T_{1/2} > 1,5 \times 10^{25}$  лет. Это ограничение сравнимо с ограничением  $T_{1/2} > 5,3 \times 10^{25}$  лет, полученным ранее для ядер  $^{76}\text{Ge}$  в низкофононом эксперименте GERDA, выполняемом в Гран Сассо с участием российских учёных.

Источник: <https://arxiv.org/abs/1710.07988>

**2. Электронный топологический переход****Лифшица в  $\text{YbAl}_3$** 

S. Chatterjee (Корнелльский университет, США) и др. методом фотоэмиссионной спектроскопии с разрешением по углам обнаружили, что в тонкой плёнке соединения  $\text{YbAl}_3$  при изменении температуры или давления имеют место флуктуации структуры валентных связей (переходы между двумя конфигурациями валентности  $\text{Yb}^{2+}(4f^{14})$  и  $\text{Yb}^{3+}(4f^{13})$ ), обусловленные взаимодействием между локализованными и делокализованными электронами. Результаты измерений сравнивались с вычислениями методом функционала плотности с учётом релятивистских эффектов и спин-орбитального взаимодействия. Обнаружено, что флуктуации ведут к изменению топологии поверхности Ферми, что соответствует фазовому переходу  $2\frac{1}{2}$  рода — "переходу Лифшица", который был рассмотрен теоретически И.М. Лифшицем в 1960 г. О геометрии поверхности Ферми см. в статье М.И. Каганова и И.М. Лифшица в *УФН* 129 487 (1979).

Источник: *Nature Communications* 8 852 (2017)

<https://doi.org/10.1038/s41467-017-00946-1>

**3. Доля атомов в конденсате Бозе–Эйнштейна**

R. Lopes (Кембриджский университет, Великобритания) и др. впервые экспериментально подтвердили теоретическое предсказание Н.Н. Боголюбова, сделанное в 1947 г. (см. *УФН* 93 564 (1967)), о доле взаимодействующих бозе-атомов, переходящих в состав бозе-эйнштейновского конденсата. Распределение атомов  $^{39}\text{K}$  по импульсам и их доля в состоянии конденсата измерялась методом двухфотонного брэгговского рассеяния после выключения потенциала атомной ловушки. Измерения выполнялись при различной величине парного взаимодействия атомов, регулируемого с помощью резонанса Фешбаха, и получено хорошее согласие с теорией Н.Н. Боголюбова.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 119 190404 (2017)

<https://arxiv.org/abs/1706.01867>

**4. Взаимодействие Дзялошинского–Мории в диэлектриках**

Взаимодействие Дзялошинского–Мории в виде векторного произведения спинов атомов имеет место в том случае, когда в кристалле локально нарушена симметрия относительно отражения. Возможность управления этим взаимодействием важна для будущих применений в спинтронике. Управление такого рода уже

было ранее продемонстрировано применительно к сплавам металлов. G. Beutier (Университет Гренобль Альпы, Франция) и др. выполнили наблюдение взаимодействия Дзялошинского–Мории в ферромагнетиках  $\text{MnCO}_3$ ,  $\text{FeVO}_3$ ,  $\text{CoCO}_3$  и  $\text{NiCO}_3$ , представляющих собой диэлектрики. Взаимодействие Дзялошинского–Мории в них возникает из-за структурной закрученности слоёв кислорода. Для исследования применялась фазочувствительная рентгеновская магнитная дифракция, и было получено хорошее количественное согласие с результатами расчётов "из первых принципов", воспроизводящих как знак, так и величину взаимодействия Дзялошинского–Мории. В работе принимали участие российские исследователи из МГУ, УрФУ (г. Екатеринбург) и Института кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН (г. Москва).

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 119 167201 (2017)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.167201>

**5. Мюонная радиография**

K. Morishima (Нагойский университет, Япония) и др. с помощью метода мюонной радиографии обнаружили неизвестное ранее помещение длиной 30 м в пирамиде Хеопса. Мюоны, производимые в атмосфере космическими лучами, способны проходить через толстый слой вещества, поэтому регистрация мюонов даёт возможность выявлять внутренние неоднородности (подобно рентгеновским снимкам), что важно для дистанционного исследования шахт, вулканов и других объектов. Для изучения пирамиды применялись плёнки с ядерной фотоэмульсией, которые экспонировались в помещениях внутри пирамиды в течение нескольких месяцев. По расположению треков мюонов в плёнках было восстановлено распределение плотности в пирамиде и обнаружена новая полость. Затем этот результат был подтверждён с помощью сцинтилляционных и газовых детекторов. Идея применения космических лучей для целей геологоразведки была впервые высказана П.П. Лазаревым (основателем и первым главным редактором нашего журнала) в 1926 г. и получила широкое практическое развитие в СССР и за рубежом, а в настоящее время этот метод возрождён в России исследователями из ФИАНА и НИИЯФ МГУ с использованием ядерных фотоэмульсий (см. статью на с. 1375 в этом номере *УФН*).

Источник: *Nature*, онлайн-публикация от 2 ноября 2017 г.

<https://arxiv.org/abs/1711.01576>

**6. Гамма-гало вокруг пульсаров**

Космический детектор ПАМЕЛА недавно обнаружил избыток позитронов  $e^+$  с энергиями  $> 10$  ГэВ. В качестве возможного объяснения, наряду с аннигиляцией частиц тёмной материи, рассматривалось испускание  $e^+$  близкими пульсарами. A.U. Abeysekara (Университет Юты, США) и др. с помощью черенковского телескопа HAWC исследовали протяжённые гало гамма-излучения с энергией 8–40 ТэВ вокруг пульсаров Geminga и PSR B0656+14 и рассмотрели гипотезу о том, что эти гало производятся теми же потоками  $e^+$ , которые дают наблюдаемый на Земле избыток  $e^+$ . Гамма-излучение могло бы генерироваться испускаемыми  $e^-$  и  $e^+$  при их обратном комптоновском рассеянии на фоновых фотонах. Оказалось, однако, что наблюдаемый спектр гамма-излучения несовместим с этой моделью, так как регистрируется значительно больше  $e^+$ , чем могло бы достигнуть Земли, и форма рассчитанного энергетического спектра  $e^+$  (в виде пика) отличается от наблюдаемого степенного спектра. Таким образом, избыточные позитроны не могли быть испущены указанными пульсарами и должны иметь иное происхождение.

Источник: *Science* 358 911 (2017); <https://arxiv.org/abs/1711.06223>