

**1. Геонейтрино**

Коллаборация Борексина, в которой принимают участие российские исследователи, представила результаты измерений за 12 лет потока геонейтрино — антинейтрино  $\bar{\nu}$ , рождающихся внутри Земли в результате распадов ядер радиоактивных элементов и, возможно, других процессов. Возможность регистрации геонейтрино была указана Г.А. Гамовым ещё в 1953 г., М.А. Марков в 1960 г. предложил использовать для их регистрации реакции обратного бета-распада, и впервые они были зарегистрированы на детекторах Борексина и KamLAND в 2016 г. Черенковский детектор Борексина расположен в горном тоннеле в Национальной лаборатории Гран Сассо (Италия) (см. *УФН* 171 977 (2001), *УФН* 183 315 (2013) и *УФН* 184 555 (2014)). Анализ спектров геонейтрино и фона от реакторных нейтрино даёт полное число зарегистрированных геонейтрино  $\sim 53$ . За вычетом событий от земной коры, число  $\bar{\nu}$  от мантии составляет  $23,7^{+10,7}_{-10,1}$ . Радиоактивные распады сопровождаются выделением тепла. Это позволяет по потоку геонейтрино найти полное радиогенное тепловыделение литосферы —  $38,2^{+13,6}_{-12,7}$  ТВт, что хорошо соответствует силикатным моделям строения Земли. Нейтрино взаимодействуют слабо и свободно выходят из центра Земли, поэтому их наблюдение даёт уникальную информацию о процессах внутри планеты. По одной из гипотез, в ядре Земли может функционировать естественный ядерный реактор. Наблюдаемый поток геонейтрино даёт ограничение на его возможную мощность  $W < 2,4$  ТВт.

Источник: *Phys. Rev. D* 101 012009 (2020)  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.012009>

**2. Деформация атомных ядер**

Многие атомные ядра могут деформироваться и принимать различную форму. Однако во всех известных до сих пор случаях деформированные ядра могли быть либо только симметричными относительно зеркального отражения в экваториальной плоскости, либо только несимметричными (грушевидными и др.). Ю.Ц. Оганесян (ОИЯИ, Россия) и его коллеги из Китая и США впервые обнаружили, что одно и то же атомное ядро может принимать и симметричную и асимметричную форму. В Берклиевской национальной лаборатории (США) регистрировались гамма-фотоны, испускаемые при спонтанном делении ядер  $^{252}\text{Cf}$ . Были измерены энергии внутриядерных переходов в дочернем ядре  $^{144}\text{Ba}$  и построена схема расположения уровней энергии. Шесть уровней и несколько переходов между уровнями были обнаружены впервые. По этой информации можно восстановить форму ядер. Оказалось, что ядро  $^{144}\text{Ba}$  может быть деформировано как окуполь с асимметричной формой относительно пространственного отражения, но может также иметь квадратную симметричную форму.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 124 032501 (2020)  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.032501>

**3. Квантовые корреляции массивного зеркала**

В.Б. Брагинский в 1967 г. получил ограничение на точность измерений — "стандартный квантовый предел", обусловленное шумами и обратным влиянием измерения на систему (см. *УФН* 114 41 (1974)). Этот предел ранее уже был преодолен в микромеханических экспериментах при криогенных температурах с помощью квантовых неразрушающих измерений. Лазерные интерферометры LIGO/Virgo регистрируют гравитационные волны от слияний чёрных дыр и нейтронных звёзд. Н. Yu (Коллаборация LIGO) и соавторы показали, что детектор LIGO также может преодолевать стандартный квантовый предел. Интерферометр работал в штатном режиме — как при регистрации гравитационных волн — за исключением того, что применялся свет с большей степенью квантового сжатия. Было установлено, что в детекторе имеется квантовая корреляция между положением кварцевого зеркала, которое весит 40 кг, и флуктуациями лазерного луча мощностью 200 кВт, что позволило выполнить квантовые неразрушающие измерения на 3 дБ (в 1,4 раза) ниже стандартного квантового предела. Впечатляющим фактом является то, что квантовые флуктуации света влияют на движение столь массивного зеркала, и это влияние удаётся измерить даже при комнатной температуре.

Источник: <https://arxiv.org/abs/2002.01519>

**4. Топологический лазер с электрической накачкой**

Топологические лазеры, в которых для получения лазерного излучения используются краевые электромагнитные моды, представляют большой интерес для технических приложений благодаря высокой устойчивости генерации. Созданные ранее топологические лазеры использовались для накачки излучение другого лазера. Y. Zeng (Наньянский технологический университет, Сингапур) и др. впервые продемонстрировали топологический лазер с электрической накачкой, работающий в терагерцовом диапазоне. По принципу работы он относится к квантово-каскадным лазерам. Излучение под действием электрического тока возникает в фотонном кристалле, состоящем из массива отверстий квазигексагональной формы (треугольников со срезанными углами) в плоских слоях полупроводника. В таком кристалле возникают не стоячие волны, а происходит циркуляция электромагнитного поля по периметру треугольников, и возбуждены краевые моды. В результате спектр излучения состоит из нескольких регулярно расположенных пиков вблизи частоты 3,2 ТГц. При этом внесение в фотонный кристалл искусственных дефектов не оказывало существенного влияния на работу лазера.

Источник: *Nature* 578 246 (2020)  
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-1981-x>

**5. Периодический быстрый радиовсплеск**

Хотя обнаружено уже более сотни быстрых космических радиовсплесков, механизм их генерации достоверно не известен (см. обзор в *УФН* 188 1063 (2018)). По одной из гипотез, всплески возникают на замагниченных нейтронных звёздах — магнитарах. Коллаборацией CHIME/FRB впервые обнаружена периодичность быстрых радиовсплесков, которая, возможно, поможет прояснить их природу. Источник повторных всплесков FRB 180916.J0158+65 наблюдался в течение 400 дней. Было обнаружено, что все 28 зарегистрированных за это время всплесков попадают во временные окна шириной 4 дня, расположенные с периодом  $16,35 \pm 0,18$  дней. Хотя в половине этих интервалов всплесков не было, а в других число всплесков составляло от 1 до 5, указанная периодичность временных окон имеет статистическую достоверность  $\sim 5\sigma$ . Пока неизвестно, что является её причиной. Возможно, период  $\sim 16$  дней соответствует орбитальному периоду движения нейтронной звезды вокруг звезды-компаньона по вытянутой орбите. Не исключено, что периодичность объясняется затмениями или линзированием второй звездой или аккреционным диском. В модели магнитара периодичность можно попытаться объяснить медленным вращением нейтронной звезды.

Источник: <https://arxiv.org/abs/2001.10275>

**6. Возможная идентификация источников высокоэнергетических нейтрино**

Космические нейтрино  $\nu$  с энергиями  $> 50$  ТэВ регистрируются детектором IceCube, расположенным во льду Антарктиды (см. *УФН* 184 510 (2014)), а также Байкальским подводным телескопом (см. *УФН* 185 531 (2015)). Происхождение этих  $\nu$  пока не выяснено. Лишь в одном случае отмечено возможное совпадение нейтринного события с гамма-вспышкой на блазаре — активном ядре галактики. А.В. Плавин (АКЦ ФИАН, МФТИ), Ю.Ю. Ковалев (АКЦ ФИАН, МФТИ) и Радиоастрономический институт Макса Планка), Ю.А. Ковалёв (АКЦ ФИАН) и С.В. Троицкий (ИЯИ РАН) сообщили об обнаружении корреляции между нейтринными событиями и активностью галактик в радиодиапазоне, что может свидетельствовать о происхождении высокоэнергетических нейтрино в радиоярких галактиках. Использовались данные наблюдения 3388 галактик радиотелескопом RATAN-600 и радиointерферометрами со сверхдлинной базой, а также данные по 56 нейтринным событиям IceCube с энергиями выше 200 ТэВ. Обнаружено, что радиогалактики, находящиеся в направлении прихода  $\nu$ , имеют повышенную активность, причём вероятность случайного совпадения  $\sim 0,2\%$ . Кроме того, время регистрации  $\nu$  часто попадает в период роста активности галактик. Возможным механизмом рождения  $\nu$  является рассеяние высокоэнергетических протонов на фотонах, излучаемых аккреционным диском вокруг центральной чёрной дыры, или на других протонах в области размером порядка пк, при этом радиоизлучение могло генерироваться в более далёких областях джета.

Источник: <https://arxiv.org/abs/2001.00930>