

**1. W-бозон с продольной поляризацией.** В эксперименте на Большом адронном коллайдере подтверждено предсказание Стандартной модели элементарных частиц о возможности рождения W-бозонов с продольной поляризацией [1]. Продольную поляризацию со спином вдоль импульса W-бозоны могут иметь благодаря отличной от нуля массе, возникающей по механизму Хиггса. Частицы рождались при столкновении протонов с энергией в системе центра масс 13 ТэВ, и с помощью детектора ATLAS исследовались события с двумя лептонами одного знака заряда и двумя струями в конечном состоянии. Впервые были обнаружены пары  $W^\pm$ -бозонов с одинаковым знаком, один из которых имел продольную поляризацию. Достоверность регистрации таких событий составляет  $3,3\sigma$ , а сечение процесса  $0,88 \pm 0,30$  фбн согласуется с расчётами в рамках Стандартной модели. Наблюдение данного процесса открывает новые возможности для поиска эффектов за пределами Стандартной модели. Также в описываемом эксперименте получено наиболее сильное ограничение на вероятность рождения сразу двух W-бозонов одного знака с продольной поляризацией.

**2. Исследование островков инверсии атомных ядер.** В таблице нуклидов имеются области — "островки инверсии", где форма ядра в основном и в возбуждённом состоянии сильно различается. В экспериментах обнаружены четыре таких островка вблизи нуклидов с заполненными нейтронными оболочками. На установке CERN-ISOLDE в ЦЕРНе методом лазерной спектроскопии впервые измерен спин в основном состоянии и магнитный дипольный момент ядер  $^{61}\text{Cr}$ , имеющих  $N = 37$  нейтронов [2]. Ранее считалось, что спин-чётность ядер  $^{61}\text{Cr}$  в основном состоянии равна  $I^\pi = 5/2$ , однако измерение показало, что на самом деле  $I^\pi = 1/2$ . Такое уточнение позволило исправить схему уровней  $^{61}\text{Cr}$  и определить границу островка инверсии вблизи  $N = 40$ . Результаты измерений интерпретировались в рамках новых теоретических моделей LSSM и DNO-SM. Основное состояние ядер  $^{61}\text{Cr}$ , согласно этим расчётам, имеет трёхосную форму, и в нём преобладает конфигурация нейтронов  $2p-2h$ , связанная с неспаренным нейтроном, а изменение формы ядра объясняется перестройкой волновой функции при квантовом фазовом переходе.

**3. Нейтринный лазер.** В 1954 г. Р. Дикке предсказал возможность сверхизлучения — коллективного спонтанного излучения ансамбля атомов [3–5], и для фотонов данный эффект уже был реализован в экспериментах. В. J. P. Jones (Техасский университет в Арлингтоне, США) и J. A. Formaggio (Массачусетский технологический институт, США) в своей теоретической работе [6] показали принципиальную возможность использовать сверхизлучение для создания мощного направленного пучка нейтрино. Хотя в случае нейтрино отсутствует лазерный эффект вынужденного излучения, когерентные свойства пучка позволяют назвать обсуждаемое устройство "нейтринным лазером". Сверхизлучение нейтрино должно иметь место при коллективных спонтанных бета-распадах с электронным захватом в бозе-эйнштейновском конденсате радиоактивных атомов. Атомы в конденсате имеют общую волновую функцию, поэтому при распадах складываются квантовые амплитуды вероятности и распады ускоряются пропорционально квадрату числа частиц. Согласно расчётам, конденсат из  $\sim 10^6$  атомов  $^{83}\text{Rb}$  уже достаточен для создания нейтринного лазера, причём время полураспада  $^{83}\text{Rb}$  уменьшится с 86,2 дней до 2,5 минут. Нейтринные лазеры, если они будут созданы, могут найти применение в фундаментальных исследованиях и для нейтринной

коммуникации. Кроме того, обратный эффект нейтринного захвата в конденсате Бозе–Эйнштейна может быть использован для регистрации реликтовых (космологических) нейтрино.

**4. Проверка закона площадей для чёрных дыр (ЧД).** Двумя гравитационно-волновыми детекторами LIGO 14 января 2025 г. был зарегистрирован всплеск гравитационных волн GW250114 с рекордным отношением сигнал–шум, равным 80, что позволило выйти на уровень спектроскопии ЧД — исследовать различные моды колебаний горизонта [7]. В данном событии слились две ЧД с массами  $33,6^{+1,2}_{-0,8} M_\odot$  и  $32,2^{+0,8}_{-1,3} M_\odot$  и малыми спинами. Наблюдалось излучение гравитационных волн при сближении ЧД, излучение во время слияния, а также излучение при колебаниях ЧД, образовавшейся в результате слияния (фаза ringdown). При анализе исключались несколько наиболее сильных колебаний при слиянии, так что для оставшегося интервала времени была применима линейная теория возмущений. У итоговой ЧД наблюдалась основная мода колебаний и её первый обертоны. Частоты и времена затухания указывают на образование вращающейся ЧД, описываемой возмущённым решением Керра. Также удалось с более высокой точностью, чем ранее, (на уровне достоверности 4,4 $\sigma$ ) проверить предсказание С. Хокинга о неуменишении площади горизонта при слиянии ЧД.

**5. Необычные космологические объекты.** Недавние наблюдения космического телескопа им. Дж. Уэбба выявили в первый миллиард лет жизни Вселенной ( $z \geq 6$ ) новый класс компактных (радиусом  $\sim 150$  пк) ярких галактик с красным оттенком. Такие объекты были названы "маленькими красными точками" (МКТ) (англ. little red dots). Излучение МКТ генерируется либо звёздами, либо активными ядрами галактик. В последнем случае центральные сверхмассивные чёрные дыры (СМЧД) должны иметь на 2–3 порядка большие массы, чем следует из известных соотношений в современной Вселенной. Пока не ясно, какова природа МКТ, как они образовались и во что трансформировались позже. В новых наблюдениях телескопа им. Дж. Уэбба обнаружена МКТ на рекордно большом  $z = 9,288$  [8]. Эта галактика имеет широкую бальмеровскую линию излучения, звёздную массу  $\leq 10^9 M_\odot$ , а масса СМЧД составляет  $> 5\%$  от масс звёзд. Наблюдения другой МКТ выявили большое количество горячей пыли [9]. Объект, похожий на МКТ, был обнаружен также при  $z = 3,55$  [10]. Он может быть не звёздной галактикой, а СМЧД, погружённой в плотное газовое облако и аккрецирующей в сверхэдингтоновском режиме. В работе [11] высказана гипотеза о том, что МКТ представляют собой редкие галактики с малым угловым моментом  $L$ . Малый  $L$  одновременно объясняет компактность МКТ (высокую концентрацию звёзд) и их наблюдаемое количество.

## Список литературы

1. Aad G et al. (ATLAS Collab.) *Phys. Rev. Lett.* **135** 111802 (2025) DOI: 10.1103/bpnl-cqgl
2. Lalanee L et al. *Phys. Rev. C* **112** L031301 (2025) DOI: 10.1103/423q-cxfh
3. Андреев А В, Емельянов В И, Ильинский Ю А *УФН* **131** 653 (1980); Andreev A V, Emel'yanov V I, Il'inskii Yu A *Sov. Phys. Usp.* **23** 493 (1980)
4. Меньшиков Л И *УФН* **169** 113 (1999); Men'shikov L I *Phys. Usp.* **42** 107 (1999)
5. Васильев П П *УФН* **195** 557 (2025); Vasil'ev P P *Phys. Usp.* **68** 525 (2025)
6. Jones V J P, Formaggio J A *Phys. Rev. Lett.* **135** 111801 (2025) DOI: 10.1103/13cl-yg2l
7. Abac A G et al. (LIGO Scientific Collab., Virgo Collab., KAGRA Collab.) *Phys. Rev. Lett.* **135** 111403 (2025) DOI: 10.1103/kw5g-d732; arXiv:2509.08054, DOI: 10.48550/arXiv.2509.08054
8. Taylor A J et al. *Astrophys. J. Lett.* **989** L7 (2025) DOI: 10.3847/2041-8213/ade789
9. Delvecchio I et al., arXiv:2509.07100, DOI: 10.48550/arXiv.2509.07100; *Astron. Astrophys. Lett.* (2025) submitted
10. de Graaff A et al. *Astron. Astrophys.* **701** A168 (2025) DOI: 10.1051/0004-6361/202554681
11. Pacucci F, Loeb A *Astrophys. J. Lett.* **989** L19 (2025) DOI: 10.3847/2041-8213/ade871