

1. Аномальный магнитный момент мюона. С 1990-х годов известна проблема аномального магнитного момента мюона $a_\mu = (g - 2)/2$ — радиационной поправки к гиромагнитному отношению $g = 2$, связанной с рождением виртуальных частиц [1]. Отмечалось расхождение между рассчитанной в рамках Стандартной модели и измеренной в экспериментах величиной a_μ . Для его объяснения привлекались, в частности, эффекты "новой физики" за пределами Стандартной модели. Коллаборация Muon $g - 2$ представила результаты новых измерений a_μ на основе прецессии спинов мюонов, распадающихся в накопительном кольце [2]. Измеренная величина $a_\mu = 116592033(62) \times 10^{-11}$, согласующуюся с измеренной на уровне $26(66) \times 10^{-11}$. Возможно, это решает проблему аномального магнитного момента мюона. Хотя достигнуто отличное согласие предсказаний Стандартной модели с экспериментом, для окончательных выводов требуются независимые подтверждения экспериментальных и теоретических результатов.

2. Мюонная загадка. В физике космических лучей известна проблема, называемая "мюонной загадкой". Она заключается в том, что от широких атмосферных линий (ШАЛ) — каскадов частиц в атмосфере, инициируемых космическими лучами — регистрируется больше мюонов, чем предсказывает теория. Наблюдаемый избыток пытались объяснить нестандартными процессами, например, нарушением лоренц-инвариантности [4]. Детектор ALICE на Большом адронном коллайдере также имеет возможность регистрировать мюоны, производимые в ШАЛ. Коллаборация ALICE представила данные второго периода наблюдений (Run 2) за 2015–2018 гг. [5]. Регистрация мюонов производилась в то время, когда был выключен протонный пучок ускорителя. Полученные результаты сравнивались с предсказанием трёх моделей адронных взаимодействий. Лишь модель QGSJET-II-04 согласуется с данными по мюонам в предположении тяжёлого состава космических лучей (ядра железа), тогда как в случае протонного состава она даёт меньшее число мюонов, чем наблюдается. Модели же EPOS-LHC и SIBYLL 2.3d предсказывают заниженный темп регистрации мюонов при любом составе, хотя при тяжёлом составе их предсказания не столь далеки от результатов измерений. Взаимное несоответствие моделей адронного взаимодействия и указанное отклонение их предсказаний от измеренных значений может свидетельствовать о связи мюонной загадки с несовершенством теоретических моделей.

3. Тест Белла в системе ЛЛ. Проверка нарушений неравенств Белла (опровержение принципа локального реализма в квантовой механике) была успешно выполнена при малых энергиях, например в экспериментах с фотонами, а при больших энергиях ранее проверялась лишь квантовая запутанность состояний кварков. Коллаборацией BESIII на электрон-позитронном коллайдере BEPCII (Институт физики высоких энергий ИФЭ, Пекин, Китай) впервые проведён тест Белла с парами Λ -гиперонов (класс барионов) в запутанных по спину состояниях [6]. Пары ЛЛ рождаются с нулевым полным спином, а спины Λ и $\bar{\Lambda}$ коррелируют с направлением вылета протонов, образующихся при их распадах. Распределение по углам вылета протонов соответствует нарушению неравенств Белла с достоверностью 5.2σ . При этом удалось исключить две из трёх лазеек (loopholes) в тесте Белла: лазейки локальности и свободы

воли. Таким образом, эксперимент с гиперонами подтвердил, что сильные и слабые взаимодействия, ответственные за распады ЛЛ, также подчиняются основополагающим принципам квантовой механики [7].

4. Свойства постперовскита и слой D''. Регистрация сейсмических волн позволила с высокой точностью определить скорость звука внутри Земли в зависимости от глубины. В частности, в нижней части мантии был обнаружен так называемый слой D'', в котором происходит скачок скорости. Причина скачка была до конца не ясна, но предполагалось, что это явление связано с трансформацией структуры составляющего нижнюю мантию перовскита MgSiO_3 в фазу постперовскита. В 2004 г. Т. Iitaka и др. и А. Оганов и С. Оно указали на то, что скачок скорости в MgSiO_3 можно объяснить анизотропной трансформацией вещества, когда скорость звука начинает зависеть от ориентации кристаллов. М. Murakami (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха, Швейцария, и Университет Тохоку, Япония) и соавторы впервые получили экспериментальное подтверждение данного предположения для перовскита MgGeO_3 , имеющего с MgSiO_3 схожие свойства [8]. Эксперимент выполнялся в алмазной наковальне при давлении до 115 ГПа, а структура вещества изучалась методом синхротронной рентгеновской дифракции. Была обнаружена анизотропная трансформация и скачок скорости звука, объясняющий свойства слоя D''. В Земле выстраивание кристаллов происходит, вероятно, в результате течения породы вдоль границы ядра и мантии.

5. Далёкая галактика. Наблюдения космического телескопа им. Дж. Уэбба показали, что галактики на красных смещениях $z > 10$ более яркие и более многочисленные, чем предсказывалось в стандартной космологической ΛCDM -модели [9]. Данный избыток галактик пока не имеет надёжного объяснения. Телескопом им. Дж. Уэбба выполнен новый обзор MoM "Mirage or Miracle" с целью получения спектроскопических подтверждений и исследования ранних галактик. Галактика MoM-z14, в спектре которой наблюдается излом Ly α и несколько линий излучения, на данный момент является самой далёкой галактикой с подтверждённым спектроскопически красным смещением $z = 14.4 \pm 0.2$ (возраст Вселенной 280 млн лет) [10]. Наблюдения MoM-z14 подтверждают вывод о том, что подобных галактик на $z > 10$ значительно больше, чем ожидалось. MoM-z14 весьма компактная и, вероятно, имеет массу $\approx 10^8 M_\odot$. Из отсутствия "крыльев поглощения" следует, что вблизи галактики газ частично ионизован. Это может свидетельствовать о более раннем начале реионизации Вселенной, чем считалось прежде.

Список литературы

1. Логашенко И Б, Эйдельман С И *УФН* **188** 540 (2018); Logashenko I B, Eidel'man S I *Phys. Usp.* **61** 480 (2018)
2. Aguillard D P et al. (The Muon $g-2$ Collab.), arXiv:2506.03069, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.03069>
3. Aliberti R et al., arXiv:2505.21476, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.21476>
4. Martynenko N S, Rubtsov G I, Satunin P S, Sharofeev A K, Troitsky S V *Phys. Rev. D* **111** 063010 (2025) <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.111.063010>
5. Acharya S et al. *J. Cosmol. Astropart. Phys.* **2025** (04) 009 (2025) <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/04/009>
6. Ablikim M et al. (BESIII Collab.) *Nat. Commun.* **16** 4948 (2025) <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59498-4>
7. Кадомцев Б Б *УФН* **164** 449 (1994); Kadomtsev B B *Phys. Usp.* **37** 425 (1994)
8. Murakami M et al. *Commun. Earth Environ.* **6** 406 (2025) <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02383-1>
9. Сильченко О К *УФН* **195** 188 (2025); Sil'chenko O K *Phys. Usp.* **68** 177 (2025)
10. Naidu R P et al., arXiv:2505.11263, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.11263>; *Open J. Astrophys.* (2025) submitted