

Ю.Н. Ерошенко

PACS numbers: 01.10. – m, 01.30. – y, 01.90. + g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2026.06.040148>**1. Исследование распадов $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$**

В последние годы в экспериментах на Большом адронном коллайдере и на ускорителе КЕКВ наблюдались некоторые отклонения от предсказаний Стандартной модели (СМ) элементарных частиц в свойствах распада $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$. Данный редкий процесс идёт через петлевые диаграммы, поэтому он чувствителен к возможному вкладу новых частиц и взаимодействий за пределами СМ. Коллаборацией LHCb выполнены новые наиболее точные на сегодняшний день измерения угловых параметров распада $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ [1]. По сравнению с предыдущими исследованиями было зарегистрировано в три раза больше событий, а в анализе учтено влияние интерференции и лептонных масс и рассмотрены все кинематические переменные, включая инвариантную массу системы каонов и пионов $m(K^+ \pi^-)$. Результаты эксперимента продолжают демонстрировать несоответствие между измеренными СР-усреднёнными величинами и предсказаниями СМ на уровне $(2,6 - 4,1)\sigma$. Возможно, в процессе $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ проявляется вклад новой физики за пределами СМ, но для прояснения данного вопроса требуются дальнейшие исследования.

2. Проверка гипотезы $ER = EPR$

В 2013 г. Л. Сасскинд и Х. Малдасена выдвинули гипотезу о том, что квантовые корреляции означают наличие между квантово-запутанными системами связи в виде кротовых нор — туннелей в пространстве – времени. В таком случае эффект Эйнштейна – Подольского – Розена связан с мостами Эйнштейна – Розена (условно $ER = EPR$). Исследователи из Университета Нью-Брансуика (Канада) I. Javed и E. Wilson-Ewing получили жёсткое ограничение на модели такого рода [2]. В атоме водорода электрон квантово запутан с протоном. Если справедлива модель $ER = EPR$, то часть электрического поля электрона должна была бы проходить ("утекать") в горловину квантовой кротовой норы, и это выглядело бы как уменьшение заряда электрона. В результате происходил бы сдвиг уровней сверхтонкого расщепления и нарушение электронейтральности атома, ограниченное в экспериментах на уровне $\sim 10^{-20}$. Отсюда получено ограничение $\alpha \geq 10^{-9}$ на параметр α , связанный с энтропией квантовой запутанности. Таким образом, если

гипотеза $ER = EPR$ верна, то её проявления должны быть крайне слабыми, а наличие заметных эффектов (при $\alpha \sim 1$) опровергается данными по спектроскопии водорода и электронейтральности атомов.

3. Пьезоэлектрический эффект в алмазной плёнке

В течение более чем 100 лет считалось, что алмаз не обладает пьезоэлектрическими свойствами, т.е. он не электризуется при деформации. J. Jing (Гонконгский университет, Китай) и соавторы впервые обнаружили пьезоэлектрический эффект в ультратонких алмазных мембранах, изготовленных методом отслаивания с помощью липкой ленты [3]. Открытие было сделано случайно при обнаружении деформации плёнок алмаза вблизи заряженных тел. Затем мембраны покрывались электродами (слоями золота), и при контролируемом изгибе наблюдалось появление у них электризации. Наиболее выраженный отклик с пьезоэлектрической константой $\sim 82,2$ В м Н⁻¹ имел место при толщине мембран ~ 5 мкм. Эффект сохранялся при нагреве и демонстрировал высокую стабильность. Расчёты показали, что поляризационный заряд в поликристаллических алмазных мембранах накапливается на границах зёрен, и именно границы являются источником эффекта. Это открытие закладывает основу для применения алмазных плёнок в сенсорах и других устройствах.

4. Вращение пары пылевых частиц в потоке плазмы

Пылевая плазма представляет собой слабоионизованный газ, содержащий твёрдые частицы микронного и субмикронного размера [4]. Исследователи из Объединённого института высоких температур РАН, Московского физико-технического института и Высшей школы экономики обнаружили эффект вращения пар симметричных пылевых частиц в неравновесной газоразрядной плазме [5]. Две сферические частицы приобретали отрицательный заряд и левитировали в приэлектродной области высокочастотного газового разряда. Их движение наблюдалось с помощью высокоскоростной камеры. При давлении 8 Па и мощности разряда 7 Вт происходил переход от случайных колебаний к согласованному вращательному движению частиц с частотой 1,7 Гц по почти круговым траекториям друг относительно друга с сохранением фазового сдвига. Вращение в отсутствие магнитного поля поддерживалось только за счёт окружающей плазмы без внешнего воздействия. Численное

моделирование позволило воспроизвести данный эффект вращения и показало, что ключевую роль в нём играет формирование за одной из частиц ионного следа — области с избытком положительного заряда. Ранее в экспериментах наблюдалось вращение только асимметричных одиночных частиц и более сложных кластеров. Обнаруженное Д.А. Колотинским и др. [5] вращение пары частиц демонстрирует новый механизм самоорганизации и синхронизации в пылевой плазме и может найти применение для управления движением микро-частиц в сложных средах. Подробнее о данном открытии см. на сайте <https://ufn.ru>.

5. Сверхмассивная чёрная дыра в Abell 2744-QSO1

В 2023 г. космическим телескопом им. Дж. Уэбба на красном смещении $z = 7,04$ была обнаружена галактика Abell 2744-QSO1, относящаяся к классу "маленьких красных точек" (little red dots). По вириальному соотношению была оценена масса её центральной чёрной дыры (ЧД) — $4 \times 10^7 M_\odot$, однако оставался открытым вопрос о применимости вириального подхода. I. Juodžbalis (Кембриджский университет, Великобритания) и соавторы выполнили первые прямые измерения массы ЧД в Abell 2744-QSO1, подтвердив предыдущую оценку [6]. Спектрографом NIRSpec на телескопе им. Дж. Уэбба

наблюдались узкие линии H_α , и по этим данным были рассчитаны лучевые скорости и дисперсия скоростей водородных облаков в зависимости от расстояния до центра объекта. Это позволило оценить массу ЧД как $5 \times 10^7 M_\odot$ и исключить вариант плотного центрального скопления звёзд. Наблюдения не смогли пока выявить наличие в Abell 2744-QSO1 звёздной компоненты, и для суммарной массы звёзд получено ограничение $m_* < 2 \times 10^7 M_\odot$. Возможно, что эта ЧД родилась в галактике без звёзд в результате прямого коллапса газового облака, или она является первичной ЧД. Происхождение маленьких красных точек, составляющих 15–30 % всех галактик с активным ядрами на $z > 2$, пока не выяснено.

Список литературы

1. Aaij R et al. *Phys. Rev. Lett.* (2026) DOI:10.1103/24g9-yn9d, в печати
2. Javed I, Wilson-Ewing E *Phys. Rev. Lett.* **136** 121501 (2026) DOI:10.1103/78f4-2gxv
3. Jing J et al. *Sci. Adv.* **12** ea6a8318 (2026) DOI:10.1126/sciadv.a6a8318
4. Фортвов В Е и др. *УФН* **174** 495 (2004); Fortov V E et al. *Phys. Usp.* **47** 447 (2004)
5. Колотинский Д А и др. *ЖЭТФ* **169** 478 (2026) https://jetp.ras.ru/cgi-bin/dn/r_169_0478.pdf
6. Juodžbalis I et al. *Nature* **653** 1017 (2026) DOI:10.1038/s41586-026-10579-4