

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET: МАЙ 2025
(по материалам электронных препринтов)

Ю.Н. Ерошенко

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

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2025.05.039900>

1. Топоний. В рамках нерелятивистской квантовой хромодинамики предсказывается, что кварки t и $\bar{t}$ могут образовывать квазисвязанное состояние (топоний) вблизи порога рождения пары $t\bar{t}$, когда скорости кварков близки к нулю. В экспериментах ATLAS и CMS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе ранее уже был отмечен избыток пар $t\bar{t}$ вблизи порога по сравнению с ожидаемой величиной. Коллаборация CMS представила новый анализ рождения пар $t\bar{t}$ при энергии в системе центра масс 13 ТэВ на основе данных, объём которых в три раза превышает прежний [1]. Отбирались конечные состояния с двумя заряженными лептонами и, по крайней мере, двумя кварковыми струями и отслеживались корреляции спинов. В результате был подтверждён повышенный выход пар $t\bar{t}$ вблизи кинематического порога их рождения. Это повышение может объясняться образованием топония, хотя не исключены и альтернативные интерпретации с привлечением эффектов за пределами Стандартной модели, например, с дополнительными бозонами Хиггса. Также в новой работе подтверждено обнаруженное ранее небольшое расхождение между ожидаемой и измеренной величиной спиновых корреляций в парах $t\bar{t}$.

2. Сверхизлучательный переход в магнонной системе. Предсказанный Р.Г. Дикке эффект сверхизлучения недавно привлёк внимание применительно к взаимодействию атомов с электромагнитным полем в резонаторах, и обсуждался вопрос о сверхизлучательных фазовых переходах при усилении связи вещества и излучения. Для электромагнитного резонатора такой переход невозможен из-за наличия диамагнитного члена в гамильтониане системы. Но, как было показано, в магнонных системах роль фотонов может играть магнонная мода колебаний и диамагнитный член отсутствует. D. Kim (Университет Райса и Эймсская национальная лаборатория, США) и соавторы впервые продемонстрировали в эксперименте магнонный сверхизлучательный фазовый переход в кристалле ErFeO_3 [2]. Магнитоспектроскопические измерения в ТГц и ГГц диапазонах показали наличие квантового фазового перехода. На границе между сверхизлучением и нормальной фазой ветвь электронного парамагнитного резонанса Er^{3+} приближается к нулю, в то время как ветвь магнона Fe^{3+} демонстрирует излом. Авторы разработали расширенную модель Дикке, воспроизводящую наблюдаемые свойства.

3. Аксионная квазичастица. M.N.Y. Lhachemi и I. Garate в 2024 г. предсказали, что в магнонных системах магнитоэлектрическая связь α (производная намагниченности по электрическому полю) может быть аналогом поля θ в квантовой хромодинамике, и когерентные осцилляции α могут представлять собой квазичастицы, подобные аксионам. В эксперименте J.-X. Qiu (Гарвардский университет, США) и соавторов впервые продемонстрировано появление подобных динамических аксионных квазичастиц в двумерных слоях соединения MnBi_2Te_4 в магнитном поле, где магноны возбуждались лазерной накачкой [3]. Величина $\alpha(t)$ измерялась по эффекту Керровского вращения с фемтосекундным разрешением. Наблюдались когерентные колебания $\alpha(t)$, представляющие аксионные квазичастицы. В космологии аксионы (когерентные колебания поля θ) рассматриваются как вероятные кандидаты на роль частиц тёмной материи, и выполняется ряд экспериментов по их поиску. Как показали авторы работы, на основе материалов с аксионными квазичастицами можно создать детектор космических аксионов, который будет иметь чувствительность, превосходящую в некоторых диапазонах масс аксиона чувствительность существующих детекторов.

Ю.Н. Ерошенко. Институт ядерных исследований РАН,
просп. 60-летия Октября 7а, 117312 Москва, Российская Федерация
E-mail: erosh@ufn.ru

4. Убегающие электроны (УЭ) в плазме ёмкостного разряда. В теоретических работах А.В. Гуревича, К.П. Зыбина, Ю.В. Медведева и других авторов показано, что на формирование высотных атмосферных электрических разрядов существенное влияние оказывают УЭ. Пробой на УЭ в атмосфере возникает в электрическом поле, примерно на порядок меньшем поля обычного пробоя [4]. Прямое исследование высотных разрядов, таких, например, как столбчатые красные спрайты, сильно затруднено, поэтому актуальным является воспроизведение похожих явлений в лабораторных условиях. Ранее в экспериментах уже регистрировались УЭ в плазме, контактирующей с катодом из металла (см. [5, 6]). В новом эксперименте, выполненном в Институте сильноточной электроники СО РАН (г. Томск), впервые получены плазменные диффузионные струи и зарегистрированы УЭ в плазме без контакта с металлическими электродами [7]. Е.Х. Бакшт, В.Ф. Тарасенко и Н.П. Виноградов создавали ёмкостные импульсно-периодические разряды в кварцевой трубке при температуре $\sim 25^\circ\text{C}$ и давлениях 0,4 или 1 Торр. Причём электроды располагались вне трубки и не имели контакта с плазмой. Разряд фотографировался, измерялся его спектр и временные характеристики с разрешением 0,9 нс. В эксперименте пучки УЭ опережали фронт плазменной диффузионной струи и регистрировались коллектором до её прихода.

5. Наблюдение оснований джетов. Телескоп горизонта событий представляет собой сеть совместно работающих в режиме интерферометра радиотелескопов. J. Roder (Радиоастрономический институт Общества им. М. Планка, Германия и Институт астрофизики Андалусии-CSIC, Испания) и соавторы с помощью Телескопа горизонта событий исследовали джеты (струйные выбросы) из центров галактик на расстоянии менее 1 пк от источников на частоте 230 ГГц [8]. Для интерпретации полученных данных привлекались результаты предшествующих наблюдений на меньших частотах (2–86 ГГц), в частности, наблюдений телескопа Радиоастрон [9, 10]. Одной из главных целей было проследить зависимость свойств джетов и ядер (центральных областей излучения) от частоты. Измерялась их яркостная температура, размер, поляризация и др. Оказалось, что в масштабах менее 1 пк имеются заметные отклонения от стандартной модели Блэндфорда–Кенигеля с коническим джетом и постоянным лоренц-фактором. Обнаружено резкое уменьшение магнитного поля с радиусом, что указывает на ускорение струи. Также отмечено, что в наблюдениях на частоте 230 ГГц размеры ядер на порядок больше, чем следует из предшествующих данных Радиоастрона на малых частотах, а яркостная температура значительно меньше.

Список литературы

1. Hayrapetyan A et al. (CMS Collab.), arXiv:2503.22382, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.22382>; *Rep. Prog. Phys.*, submitted
2. Kim D et al. *Sci. Adv.* **11** eadt1691 (2025) <https://doi.org/10.1126/sciadv.adt1691>
3. Qiu J-X et al. *Nature* **641** 62 (2025) <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08862-x>
4. Гуревич А В, Зыбин К П *УФН* **171** 1177 (2001); Gurevich A V, Zybin K P *Phys. Usp.* **44** 1119 (2001)
5. Бабич Л П, Лойко Т В, Цукерман В А *УФН* **160** (7) 49 (1990); Babich L P, Loiko T V, Tsukerman V A *Sov. Phys. Usp.* **33** 521 (1990)
6. Зубарев Н М, Месяц Г А, Яландин М И *УФН* **194** 853 (2024); Zubarev N M, Mesyats G A, Yalandin M I *Phys. Usp.* **67** 803 (2024)
7. Бакшт Е Х, Тарасенко В Ф, Виноградов Н П *Письма в ЖТФ* **51** (6) 29 (2025) <https://journals.ioffe.ru/articles/59928>
8. Röder J et al. *Astron. Astrophys.* **695** A233 (2025) <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202452600>
9. Кардашев Н С *УФН* **179** 1191 (2009); Kardashev N S *Phys. Usp.* **52** 1127 (2009)
10. Лихачёв С Ф, Ларченкова Т И *УФН* **194** 814 (2024); Likhachev S F, Larchenkova T I *Phys. Usp.* **67** 768 (2024)