

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET
(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.2022.08.039227>

1. Рождение трёх W-бозонов. В ЦЕРНе на Большом адронном коллайдере впервые зарегистрированы редкие события рождения сразу трёх W-бозонов в одном процессе [1]. С помощью детектора ATLAS исследовались столкновения протонов с энергией в системе центра масс 13 ТэВ. События WWW были выделены со статистической значимостью 8σ в объёме данных 139 fb^{-1} . Ранее такие события достоверно обнаружить не удавалось из-за малого сечения инклюзивного рождения $pp \rightarrow WWW$. Измеренное сечение оказалось на $2,6\sigma$ больше, чем предсказывают теоретические вычисления. Это расхождение на данном этапе можно считать незначительным. Процесс $pp \rightarrow WWW$ чувствителен к самовзаимодействию промежуточных бозонов и к другим эффектам, поэтому заметные отклонения от предсказаний Стандартной модели могли бы свидетельствовать о вкладе "новой физики" [2, 3], что говорит о важности работы в данном направлении. В коллаборацию ATLAS входят российские исследователи из ряда научных учреждений.

2. Спектроскопия спинового шума. Спектры флуктуаций намагниченности (спиновый шум) содержат важную информацию о свойствах различных материалов [4, 5]. Одним из методов детектирования спинового шума является измерение шумов фарадеевского вращения — поворота плоскости поляризации зондирующего луча, проходящего через образец. Ранее считалось, что к оптически анизотропным кристаллам такой подход неприменим из-за искажения поляризации. В.С. Запасский (Санкт-Петербургский государственный университет) и его коллеги в своей работе [6] показали и теоретически и экспериментально, что данная проблема имеет место только для однородных кристаллов, тогда как в случае сред со случайными нескоррелированными неоднородностями (спиновыми флуктуациями) шумов фарадеевского вращения не подавляются, и спектроскопия спинового шума остаётся эффективным методом исследования. Этот вывод был проверен в эксперименте с кристаллами CaWO_4 и LiYF_4 , активированными ионами Nd^{3+} . Кристаллы помещались в криостат при температуре 3 К в магнитном поле, и изучались переходы между уровнями в Nd^{3+} при прохождении лазерного излучения. Эксперимент подтвердил, что анизотропия не влияет существенно на измерение спинового шума. Метод физических исследований "спектроскопия спинового шума" был разработан Е.Б. Александровым и В.С. Запасским в 1981 г. [7]. Полученные новые результаты открывают перспективы для его применения в случае оптически анизотропных и неоднородных сред.

3. Фотоэмиссионная спектроскопия с угловым разрешением и поверхность Ферми. Фотоэмиссионная спектроскопия с угловым разрешением (ФСУР) начала применяться ровно 100 лет назад и стала одним из основных методов исследования в физике твёрдого тела [8]. S. Borisenko (Институт твёрдого тела и материалов им. Г.В. Лейбница и компания Fermiologies, Германия) и соавторы усовершенствовали методику ФСУР и получили 3D изображения поверхности Ферми с высоким разрешением за короткий промежуток времени [9]. Между образцом и детектором была помещена электронная линза, что увеличило угловое разрешение. Вторым ключевым моментом стал отрицательный потенциал отсечки, который устанавливается чуть ниже пороговой энергии фотоэлектронов. Это позволило с высокой точностью измерять их спектр. В экспериментах, реализующих эти идеи, продемонстрировано измерение 3D формы поверхности Ферми в соединении TiTe_2 , а также выполнены детальные 2D измерения поверхности Ферми в ряде сверхпроводников, топологических изоляторов и других веществ.

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

4. Эффект Джозефсона в атомном масштабе. В 1966 г. И. Кулик показал [10], что наличие в туннельном контакте между сверхпроводниками спиновых состояний может обратить направление джозефсоновского тока за счёт сдвига фазы на π . Данный эффект наблюдался в мезоскопических системах, однако на атомных масштабах аналогичный эффект, известный под названием "состояние Ю–Шиба–Русинова", ранее реализовать не удавалось. S. Kagan (Институт исследований твёрдого тела общества им. Макса Планка) и соавторы выполнили новый эксперимент [11], в котором впервые наблюдалось состояние Ю–Шиба–Русинова. Магнитная примесь была помещена на конец сверхпроводящей ванадиевой иглы, приближаемой к сверхпроводящему образцу. Это устройство отличается от обычного СКВИДа отсутствием петли и сдвигом фазы посредством квантового фазового перехода, при котором имеет место деструктивная интерференция двух транспортных каналов и обращение сверхтока между иглой и образцом, что служит признаком состояния Ю–Шиба–Русинова. Эффект Джозефсона в атомном масштабе может найти применение в квантовых сенсорах и в исследовании механизмов сверхпроводимости.

5. Периодичность в быстром радиовсплеске FRB 20191221A. Механизм генерации быстрых радиовсплесков — приходящих из космоса радиосигналов миллисекундной длительности — пока не выяснен. Одной из гипотез являются вспышки на нейтронных звёздах — магнетарах [12]. В.С. Andersen (Макгиллский университет, Канада) и её соавторы из коллаборации CHIME/FRB обнаружили быстрый радиовсплеск FRB 20191221A, имеющий полную длительность примерно 3 с и содержащий девять компонент, разделённых интервалами времени, кратными 217 мс [13]. Статистическая значимость обнаруженной периодичности — $6,5\sigma$, а большая мера дисперсии всплеска говорит о его внегалактическом происхождении. Хотя уже известны источники повторных всплесков с нестрогой периодичностью, столь быстрая периодичность, как у FRB 20191221A, ранее не наблюдалась. Она свидетельствует в пользу модели [14] генерации всплесков непосредственно в магнитосфере вращающейся нейтронной звезды (как у всплесков на галактических радиопульсарах, но гораздо большей мощности) и ограничивает модели, в которых всплески генерируются в более удалённых областях.

Список литературы

1. Aad G et al. (ATLAS Collab.) *Phys. Rev. Lett.* **129** 061803 (2022)
2. Гниненко С Н, Красников Н В, Матвеев В А *УФН* **191** 1361 (2021); Gninenko S N, Krasnikov N V, Matveev V A *Phys. Usp.* **64** 1286 (2021)
3. Боос Э Э *УФН* **192** 697 (2022); Boos E E *Phys. Usp.* **65** 651 (2022)
4. Запасский В С, Козлов Г Г *УФН* **187** 675 (2017); Zapasskii V S, Kozlov G G *Phys. Usp.* **60** 628 (2017)
5. Смирнов Д С, Манцевич В Н, Глазов М М *УФН* **191** 973 (2021); Smirnov D S, Mantsevich V N, Glazov M M *Phys. Usp.* **64** 923 (2021)
6. Kozlov V O et al. *Phys. Rev. Lett.* **129** 077401 (2022)
7. Александров Е Б, Запасский В С *ЖЭТФ* **81** 132 (1981); Aleksandrov E B, Zapasskii V S *Sov. Phys. JETP* **54** 64 (1981)
8. Максимов Е Г, Саврасов С Ю *УФН* **160** (9) 155 (1990); Maksimov E G, Savrasov S Yu *Sov. Phys. Usp.* **33** 763 (1990)
9. Borisenko S et al. *Nat. Commun.* **13** 4132 (2022)
10. Кулик И О *ЖЭТФ* **49** 1211 (1965); Kulik I O *Sov. Phys. JETP* **22** 841 (1966)
11. Karan S et al. *Nat. Phys.* **18** 893 (2022)
12. Попов С Б, Постнов К А, Пширков М С *УФН* **188** 1063 (2018); Popov S B, Postnov K A, Pshirkov M S *Phys. Usp.* **61** 965 (2018)
13. Andersen B C et al. (The CHIME/FRB Collab.) *Nature* **607** 256 (2022)
14. Popov S B, Postnov K A, arXiv:0710.2006, <https://doi.org/10.48550/arXiv.0710.2006>