

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.2022.12.039305>

1. Поляризуемость протона. Одной из загадок в физике элементарных частиц остаётся вопрос об электрической поляризуемости протона α_E , которая определяется сложным взаимодействием кварков и глюонов. Согласно теоретическим расчётам, α_E должна монотонно уменьшаться с ростом квадрата переданного импульса, однако в измерениях был обнаружен локальный максимум вблизи $Q^2 = 0,33 \text{ ГэВ}^2$, и в течение двух десятилетий не удавалось подтвердить или опровергнуть наличие этой аномалии. В новом независимом эксперименте [1], выполненном в Национальной лаборатории им. Т. Джеферсона (США), максимум обнаруживается с ещё большей достоверностью, чем ранее. Повысить точность измерений помогло изучение возбуждённых промежуточных состояний протона, измерение азимутальной асимметрии рассеяния и исследование реакций $e p \rightarrow e p^0$ одновременно с $e p \rightarrow e \gamma$. Пучок электронов с энергиями 4,56 ГэВ сталкивался с жидким водородом, регистрировались продукты реакции $e p \rightarrow e \gamma$ и измерялось сечение виртуального комитоновского рассеяния, содержащего информацию о поляризуемости. Найденное положение локального максимума α_E совпадает с тем, что было получено в предшествующих измерениях, но максимум оказался немного ниже. Характерный радиус электрической поляризуемости протона значительно превышает зарядовый радиус [2]. Таким образом, наличие аномалии в α_E подтверждается, хотя существующие теории пока не дают ей объяснения. Для решения указанной проблемы в ближайшие годы планируются новые расчёты методом "КХД на решётке" на больших вычислительных мощностях и новые эксперименты.

2. Механизм сверхпроводимости в $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$. В 1934 г. Х. Крамерс предсказал возможность так называемого суперобменного взаимодействия электронов, а в 1950 г. Ф. Андерсон усовершенствовал эту модель. Высказывалось предположение, что данным механизмом можно объяснить спаривание электронов в некоторых сверхпроводниках (купратах), где суперобмен происходит путём квантового туннелирования (виртуальных перескоков) электронов между атомами меди в соседних атомных слоях через промежуточные атомы кислорода. В частности, это может происходить в соединении $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$, которое становится высокотемпературным сверхпроводником при дырочном допировании. S.M. O'Mahony (Ирландский национальный университет в Корке) и соавторы с помощью модифицированного туннельного микроскопа со сверхпроводящей иглой изучили связь между энергией обмена зарядами (величиной энергетического барьера) и плотностью электронных пар в $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ с дырочным допированием [3]. Полученные зависимости говорят в пользу суперобменного взаимодействия как причины спаривания электронов в $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$.

3. Усиление света в топологическом волноводе. Топологические фотонные устройства, основанные на свойствах краевых мод излучения, могут найти важные применения, включая топологическую квантовую генерацию света, топологические лазеры и фотонную маршрутизацию. В.-У. Sohn (Сингапурский университет технологий и дизайна) и соавторы разработали и продемонстрировали в своём эксперименте новое устройство — топологический нелинейный параметрический усилитель [4]. Его работа описывается топологической моделью Су–Шриффера–Хигера. Устройство состоит из 199 параллельных плёночных волноводов общей шириной 0,6 мкм, из которых 9 играют роль доменной стенки, локализуя краевые

моды проходящего излучения. Параметрическое усиление сигнала (до 12,8 дБ), распространяющегося вместе с излучением накачки, происходит благодаря нелинейности материала волноводов, изготовленных из обогащённого кремнием нитрида кремния. Этот волновод поддерживает скорость передачи данных 54 Гбит с⁻¹ и может осуществлять нелинейное преобразование длины волны.

4. Лабораторное моделирование землетрясений. Задача прогнозирования землетрясений весьма актуальна, но механизмы, вызывающие подземные толчки, во многом ещё не ясны [5–7]. Помимо натуральных наблюдений и построения математических моделей, важным остаётся лабораторное моделирование. S.B.L. Cebry (Корнеллский университет, США) и её соавторы исследовали кварцевый порошок под давлением между неподвижным и движущимся полимерными блоками, служащими моделью тектонических плит [8]. В порошке наблюдалось распространение фронта ползучести, который время от времени вызывал резкие проскальзывания (землетрясения), переходящие в сложные последовательности афтершоков, причём большую роль играла предыстория этих событий. Возможно, полученные результаты помогут прояснить некоторые процессы, имеющие место при реальных землетрясениях. Решение сложной задачи прогнозирования землетрясений может потребовать учёта целого комплекса факторов, таких как электромагнитные возмущения в атмосфере, выбросы аэрозолей и радона и др.

5. Локальное космологическое расширение? Хотя гравитационно связанные системы, в частности галактики и двойные звёзды, не расширяются вместе с окружающей Вселенной, эффекты космологии всё же могут влиять на их внутреннюю динамику на некотором очень малом уровне. Это влияние обусловлено граничными условиями в области сшивки расширяющейся космологической системы отсчёта с локальной жёсткой системой отсчёта [9], а также гравитацией тёмной энергии. Ранее при наблюдении движения двойных пульсаров PSR B1534+12 и PSR B1913+16 на уровне 2,5 σ были выявлены поправки, которые могут соответствовать эффекту локального космологического расширения. К. Agatsuma (Бирмингемский университет, Великобритания) обнаружил его признаки ещё для двух систем [10]. В паре пульсара и белого карлика PSR J1012-5307 излучение гравитационных волн, ведущее к сжатию орбиты, компенсируется эффектом локального космологического расширения, поэтому орбитальное движение происходит почти точно по законам Кеплера. Второй системой является двойной пульсар PSR J1906+0746. В результате общая статистическая значимость увеличилась до 3,6 σ , хотя уровень открытия 5 σ пока не достигнут.

Список литературы

- Li R et al. *Nature* **611** 265 (2022)
- Хабарова К Ю, Колачевский Н Н *УФН* **191** 1095 (2021); Khabarova K Yu, Kolachevsky N N *Phys. Usp.* **64** 1038 (2021)
- O'Mahony S M et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **119** e2207449119 (2022)
- Sohn B-U et al. *Nat. Commun.* **13** 7218 (2022)
- Бучаченко А Л *УФН* **184** 101 (2014); Buchachenko A L *Phys. Usp.* **57** 92 (2014)
- Гульельми А В *УФН* **187** 343 (2017); Guglielmi A V *Phys. Usp.* **60** 319 (2017)
- Стаховский И Р *УФН* **187** 505 (2017); Stakhovsky I R *Phys. Usp.* **60** 472 (2017)
- Cebry S B L et al. *Nat. Commun.* **13** 6839 (2022)
- Cooperstock F I, Faraoni V, Vollick D N "The influence of the cosmological expansion on local systems" *Astrophys. J.* **503** 61 (1998)
- Agatsuma K *Phys. Dark Universe* **38** 101134 (2022); arXiv:2211.15668