

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET: ИЮНЬ 2023
(по материалам электронных препринтов)

Ю.Н. Ерошенко

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

DOI: //doi.org/10.3367/UFNr.2023.05.039359

1. Распад бозона Хиггса на Z-бозон и фотон. После обнаружения в 2012 г. бозона Хиггса в экспериментах ATLAS и CMS, выполняемых на Большом адронном коллайдере, продолжается активное исследование этого бозона, и к настоящему времени уже проверен ряд его свойств, предсказываемых Стандартной моделью [1]. В Стандартной модели бозон Хиггса имеет фундаментальное значение, отвечая за появление массы у других элементарных частиц. Комбинация данных тех же экспериментов ATLAS и CMS за период 2015–2018 гг. позволила впервые с достаточно большой достоверностью $3,4\sigma$ зарегистрировать ещё один предсказанный редкий процесс распада бозона Хиггса на Z-бозон и фотон, идущий с вероятностью всего $1,5 \times 10^{-3}$ при массе бозона Хиггса вблизи 125 ГэВ [2]. Использовались данные по pp-столкновениям с энергией в системе центра масс 13 ТэВ. Z-бозон регистрировался по его распадам на пары e^+e^- и $\mu^+\mu^-$. Измеренная вероятность распадов Z-бозона $(3,4 \pm 1,1) \times 10^{-3}$ согласуется с теоретическим ожидаем в пределах $1,9\sigma$. Исследование канала распада $H \rightarrow Z\gamma$ важно, в частности, тем, что в промежуточных виртуальных состояниях указанного канала может содержаться вклад новых частиц и взаимодействий [3].

2. Проверка квантовой электродинамики с помощью экзотических атомов. Для поиска новых эффектов и, возможно, проявлений новой физики за пределами Стандартной модели представляет интерес проверка теории квантовой электродинамики в области сильного электрического поля. Альтернативой многозарядным ионам является исследование мюонных атомов, в которых один из электронов заменён на мюон (об экзотических атомах см. [4]). Орбиталь мюона из-за его большой массы располагается в 207 раз ближе к ядру, где поле в 40000 раз сильнее. Т. Okumura (Институт физико-химических исследований RIKEN, Япония) и соавторы изучили рентгеновские спектры мюонного неона — системы из ядра неона и мюона [5], возникавших при столкновении пучка мюонов с газообразным неоном при низком давлении. С помощью сверхпроводящих рентгеновских детекторов (датчиков переходного края — TES) измерялась энергия переходов $5g \rightarrow 4f$ и $5f \rightarrow 4d$. Выбор этих уровней обусловлен их достаточной удалённостью от ядра, что уменьшает поправку на размер ядра. Было получено отличное согласие с теоретическими расчётами. В частности, эффект поляризации вакуума в сильном поле проверен с точностью 5,8 %. Точность полученных результатов сопоставима с точностью проверки квантовой электродинамики в сильном поле с использованием многозарядных ионов урана.

3. Монопольный переход в α -частицах. Сложная структура сильных взаимодействий во многих случаях не позволяет давать полные теоретические предсказания явлений в ядерной физике. Исследование S. Kegel (Университет Йоханнеса Гутенберга в Майнце, Германия) и соавторов процесса возбуждения ядер гелия (α -частиц) подтверждают, что теоретические расчёты в данном случае плохо согласуются с экспериментом [6]. Переходы между основным уровнем α -частицы O_1^+ и первым возбуждённым уровнем O_2^+ (монопольные переходы) исследовались на микротроне Майнца (MAMI), где электронный пучок соударялся с ядрами холодного гелия, и измерялся спектр рассеянных электронов с импульсами $Q^2 = 0,5 - 5 \text{ фм}^{-2}$. Расчёты в рамках киральной эффективной теории поля не могут пока воспроизвести полученный формфактор монопольного перехода. Это расхождение известно уже около 10 лет, но точность новых измерений значительно превосходит точность предшествующих, которые к тому же охватывали только отдельные участки указанного интервала Q^2 . Авторы работы полагают, что расхождение может объясняться неточностями в структуре ядерного гамильтониана. Резонансный

уровень O_2^+ интересен тем, что он лежит лишь немного выше энергии распада ядра, и пока неясно, является ли ядро гелия на уровне O_2^+ преимущественно коллективным четырёхнуклонным возбуждением, или это молекулярное состояние протона и ядра трития.

4. Спиральная спиновая жидкость. Необычные спиновые структуры (скирмионы и др.) важны как с фундаментальной точки зрения, так и для их потенциального применения в новых технологиях [7–9]. Мало изученной пока структурой оставалась спиральная спиновая жидкость — коррелированное парамагнитное состояние, образуемое флуктуирующими спиновыми спиралью. Оно было предсказано теоретически в моделях Гейзенберга $J_1 - J_2$, но до сих пор экспериментально не наблюдалось. Сложность его регистрации связана с тем, что у веществ имеется намного больше шансов перейти в другие более типичные магнитные состояния. J.N. Graham (Бирмингемский университет, Великобритания, и Институт Лауэ – Ланжевена, Франция) и соавторы методом рассеяния нейтронов на поликристаллическом образце впервые обнаружили спиральную спиновую жидкость в соединении LiYbO_2 [10]. В картах диффузного рассеяния были выявлены спиральные контуры, соответствующие спиральной спиновой жидкости. О наличии этого состояния также свидетельствовали измеренные спин-спиновые корреляционные функции.

5. Кольцеобразные структуры в центре галактики M87. Наблюдения, проведённые в 2017 г. с помощью Телескопа горизонта событий на волне 1,3 мм, выявили кольцеобразную структуру вокруг чёрной дыры (ЧД) в центре галактики M87. Эта структура, как полагают, образована гравитационно линзированным излучением центральной области. R.-S. Lu (Шанхайская астрономическая обсерватория, Китай, и Радиоастрономический институт общества им. М. Планка, Германия) и соавторы обнародовали данные интерферометрических наблюдений той же области, выполненные с помощью нескольких радиотелескопов на волне 3,5 мм [11]. Благодаря усовершенствованной методике обработки данных удалось достичь в 4 раза более высокого разрешения, чем в предшествующих наблюдениях. На волне 3,5 мм также видна кольцеобразная структура диаметром $8,4^{+0,5}_{-1,1}$ шварцшильдовских радиусов ЧД, что на 50 % больше, чем на волне 1,3 мм. Новая кольцеобразная структура интерпретируется как синхротронное излучение аккрецируемого вещества с поглощением. Кроме того, впервые наблюдалась переходная область от кольцеобразной структуры в релятивистскую струю (джет). Вблизи ЧД джет несколько шире, чем ожидалось, что указывает на возможное влияние ветра от аккреционного потока. О силуэте ЧД в M87 см. [12].

Список литературы

- Хайнеман Б, Нир Й *УФН* **189** 985 (2019); Heinemann B, Nir Y *Phys. Usp.* **62** 920 (2019)
- ATLAS Collab., CMS Collab. "Evidence for the Higgs boson decay to a Z boson and a photon at the LHC", ATLAS-CONF-2023-025, CMS-PAS-HIG-23-002 (Geneva: CERN, 2023) Материалы конф. LHCP-2023; <http://cds.cern.ch/record/2860129>
- Казаков Д И *УФН* **189** 387 (2019); Kazakov D I *Phys. Usp.* **62** 364 (2019)
- Меньшиков Л И, Есеев М К *УФН* **171** 149 (2001); Men'shikov L I, Eseev M K *Phys. Usp.* **44** 135 (2001)
- Okumura T et al. *Phys. Rev. Lett.* **130** 173001 (2023)
- Kegel S et al. *Phys. Rev. Lett.* **130** 152502 (2023)
- Борисов А Б *УФН* **190** 291 (2020); Borisov A B *Phys. Usp.* **63** 269 (2020)
- Первишко А А, Юдин Д И *УФН* **192** 233 (2022); Pervishko A A, Yudin D I *Phys. Usp.* **65** 215 (2022)
- Орлов Ю С и др. *УФН* **193** 689 (2023) <https://doi.org/10.3367/UFNr.2022.05.039195>; Orlov Yu S et al. *Phys. Usp.* **66** (7) (2023) <https://doi.org/10.3367/UFNr.2022.05.039195>
- Graham J N et al. *Phys. Rev. Lett.* **130** 166703 (2023)
- Lu R-S et al. *Nature* **616** 686 (2023); arXiv:2304.13252, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.13252>
- Докучаев В И, Назарова Н О *УФН* **190** 627 (2020); Dokuchaev V I, Nazarova N O *Phys. Usp.* **63** 583 (2020)