

1. Магнитный момент электрона. Проверка с высокой точностью предсказаний Стандартной модели элементарных частиц важна для поиска новых физических явлений. G. Gabrielse (Северо-Западный университет, США) и его коллеги выполнили новое модельно независимое измерение магнитного момента электрона μ_e с точностью $1,3 \times 10^{-13}$ [1]. Эта точность в 2,2 раза лучше, чем в эксперименте, выполненном 14 лет назад под руководством G. Gabrielse на другой установке. В квантовом одноэлектронном циклотроне измерялась разность спиновой и циклотронных частот электрона, а также изучались переходы электрона с нулевого на первый циклотронный уровень под действием микроволновых импульсов (спектроскопия квантовых скачков). Измеренная величина μ_e в единицах магнетона Бора составляет 1,00115965218059(13). Расчёт μ_e в рамках Стандартной модели имеет меньшую точность (10^{-12}), поскольку он зависит от величины константы слабого взаимодействия α , а измерения α в различных экспериментах расходятся между собой на уровне $5,5\sigma$. Тем самым неопределённость в α ограничивает пока возможности поиска отклонений от Стандартной модели по измерениям μ_e . Для мюонов расхождение расчётного и измеренного магнитного момента остаётся пока на уровне $3-4\sigma$ [2].

2. Квантовая отдача. В 1940 г. В.Л. Гинзбург показал теоретически [3] (см. также [4, 5]), что законы сохранения энергии и импульса при движении электрических зарядов через вещество дают определённые квантовые поправки к энергии испускаемых фотонов по сравнению с предсказаниями классической теории излучения. Однако в эксперименте этот эффект выявить не удалось из-за его малости. S. Huang (Наньянский технологический университет, Сингапур) и соавторы впервые напрямую наблюдали эффект квантовой отдачи для электронов с энергиями 10–15 кэВ, пролетающих через твёрдые образцы графита и гексагонального нитрида бора [6]. Движение электрона вызывало периодические возмущения атомных слоёв и генерацию рентгеновских фотонов (излучение Смита – Перселла), и взаимодействие электронов с фотонами сопровождалось эффектом квантовой отдачи. Электроны инжектировались в образцы с помощью сканирующего электронного микроскопа при комнатной температуре, а измерение сдвигов в рентгеновском спектре генерируемого излучения выполнялось с помощью дрейфового кремниевого детектора. Эксперимент подтвердил теоретические предсказания для эффекта квантовой отдачи в излучении Смита – Перселла, полученные на основе теории В.Л. Гинзбурга. Эффект квантовой отдачи может найти различные практические применения, например, для квантовых лазеров на свободных электронах и для поиска дефектов в полупроводниках.

3. Волновой пакет де Бройля – Маккиннона. Исследователи из Университета Центральной Флориды (США) L.A. Hall и A.F. Abouraddy впервые наблюдали оптический волновой пакет де Бройля – Маккиннона [7], возможность существования которого была предсказана теоретически Л. Маккинном в 1978 г. Он рассмотрел квантовый волновой пакет, поменяв роли частицы и наблюдателя, а именно, частица описывалась с точки зрения множества движущихся относительно неё наблюдателей. Информация об инвариантной фазе волны де Бройля, полученная разными наблюдателями, позволяет локализовать частицу. Возникающий в этой картине пространственно-временной волновой пакет де Бройля – Маккиннона не подвержен дисперсии и, в отличие от пакета Эйри, движется с постоянной групповой скоростью. L.A. Hall

и A.F. Abouraddy создали подобный пакет с помощью фемтосекундных лазерных импульсов, распространяющихся в среде с аномальной дисперсией. Импульсы формировали пакет шириной 200 фс, отражаясь от зеркал и проходя через среду много раз после линии задержки. Групповая скорость пакета составила 0,9975c. В отличие от обычных X-образных пакетов, волновой пакет де Бройля – Маккиннона имеет круговую O-структуру в пространстве-времени.

4. Новый тип оптического резонатора. Оптические резонаторы различных видов широко применяются в технике. Примерами служат лазеры, спектрометры и др. Принцип работы резонатора (выделение резонансной частоты) основан на увеличении фазы на целое число 2π при обходе контура резонатора. Часто резонаторы имеют наборы различных резонансных частот из-за возможности распространения в них разных типов поперечных волн. V. Ginis (Гарвардский университет, США и Брюссельский свободный университет, Бельгия) и соавторы предложили и реализовали в своём эксперименте новый тип оптического резонатора — "резонатор на каскаде мод" (cascaded-mode resonator) [8]. Их идея состоит в добавлении в резонатор преобразователя, осуществляющего конверсию одних поперечных мод в другие. В результате при распространении света в таком резонаторе возникает целый каскад мод и изменяется условие резонанса. В новом резонаторе имеется "супермода", для которой целое число 2π в фазе набирается при проходе через весь каскад мод с конверсиями между поперечными модами. В эксперименте этот новый тип резонатора реализован на основе кремниевого волновода с преобразователями мод на концах (зеркалами со специальной гравировкой). Уникальные спектральные свойства резонатора на каскаде мод могут оказаться полезными в технических приложениях.

5. Космический инфракрасный фон с доплеровским сдвигом. A.S. Maniyar, S. Ferraro и E. Schaan предложили новый метод наблюдений в космологии, способный выявить тонкие статистические эффекты в поле скоростей галактик [9]. Метод основан на наблюдении доплеровского сдвига инфракрасного излучения галактик, в основном теплового излучения пыли. Расчёты показали, что наблюдение множества галактик в некоторой области и применение корреляционного анализа позволит обнаружить этот эффект на уже имеющихся и планируемых телескопах. Новый метод в главных чертах напоминает наблюдение кинематического эффекта Сюняева – Зельдовича [10], но свободен от вырождения по оптической толщине, которое создаёт неопределённость в общем нормирующем коэффициенте спектра мощности поля скоростей.

Список литературы

1. Fan X et al. *Phys. Rev. Lett.* **130**071801(2023)
2. Логашенко И Б, Эйдельман С И *УФН* **188** 540 (2018); Logashenko I B, Eidel'man S I *Phys. Usp.* **61** 480 (2018)
3. Гинзбург В Л *ЖЭТФ* **10** 589 (1940); Ginzburg V L *J. Phys. USSR* **2** 441 (1940)
4. Гинзбург В Л *УФН* **69** 537 (1959); Ginzburg V L *Sov. Phys. Usp.* **2** 874 (1960)
5. Гинзбург В Л *УФН* **172** 373 (2002); Ginzburg V L *Phys. Usp.* **45** 341 (2002)
6. Huang S et al. *Nat. Photon.*, онлайн-публикация от 19.01.2023; <https://doi.org/10.1038/s41566-022-01132-6>
7. Layton A, Hall L A, Abouraddy A F *Nat. Phys.*, онлайн-публикация от 19.01.2023; <https://doi.org/10.1038/s41567-022-01876-6>
8. Ginis V et al. *Nat. Commun.* **14** 495 (2023)
9. Maniyar A S, Ferraro S, Schaan E *Phys. Rev. Lett.* **130** 041001 (2023)
10. Вихлинин А А и др. *УФН* **184** 339 (2014); Vikhlinin et al. *Phys. Usp.* **57** 317 (2014)