

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90. + g

DOI: 10.3367/UFNr.0183.201308e.0874

1. Нейтрино высоких энергий

Нейтринным детектором IceCube с достоверностью $2,8\sigma$ зарегистрированы два нейтрино с рекордно большими энергиями — около $1 \text{ ПэВ} = 10^{15} \text{ эВ}$. IceCube состоит из 5160 черенковских детекторов в объёме $\sim 1 \text{ км}^3$ в толще льда Антарктиды на глубинах 1450–2450 м. Обнаруженные события, создавшие каскады частиц во льду, могут объясняться как взаимодействием $\nu_{e,\mu,\tau}$ (или антинейтрино) с ядрами посредством нейтральных слабых токов, так и взаимодействием ν_e ($\bar{\nu}_e$) через заряженные токи. Задача регистрации нейтрино высоких энергий облегчается тем, что при энергиях $\geq 1 \text{ ПэВ}$ мало фоновых событий, создаваемых космическими лучами в атмосфере. Кроме того, исключались мюонные события из верхней полусферы, а учитывались только события от нейтрино, прошедших сквозь Землю. Таким образом, вероятность наличия среди полученных данных двух и более фоновых событий составила $2,9 \times 10^{-3}$. Если два зарегистрированных события действительно вызваны нейтрино астрофизического происхождения, то их источниками могли быть, например, космические гамма-всплески или процессы в активных ядрах галактик.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **111** 021103 (2013)
<http://arxiv.org/abs/1304.5356>

2. Силы Ван-дер-Ваальса между ридберговскими атомами

L. Beuguin (Лаборатория Шарля Фабри Института оптики, Франция) и др. впервые измерили ван-дер-ваальсово взаимодействие двух атомов, находящихся в высоковозбуждённых ридберговских состояниях. По сравнению с атомами в основном состоянии диполь-дипольные взаимодействия ридберговских атомов (силы Ван-дер-Ваальса) гораздо сильнее. Ранее силы Ван-дер-Ваальса измерялись косвенными методами во множестве экспериментов. Например, измерялось притяжение макроскопических тел, измерялся сдвиг частоты колебаний атомов в двухатомных молекулах с ван-дер-ваальсовой связью, а также изучалось взаимодействие ридберговского атома с поверхностью проводника. В новом эксперименте два атома рубидия были захвачены в ловушки, создаваемые сфокусированными лучами лазера на регулируемом (от 3 до 20 мкм) расстоянии. Фокусирующая асферическая линза одновременно собирала фотоны, излучаемые атомами. Под действием резонансных лазерных импульсов вызывались осцилляции между основным и ридберговским квантовыми состояниями двухатомной системы, а частота Раби Ω этих осцилляций возмущалась взаимодействием между атомами. Эксперимент выполнялся в режиме частичной ридберговской блокады, когда энергия ван-дер-ваальсова взаимодействия была сравнима с энергией осцилляций $U_{vdw} \sim \hbar\Omega$. Путём регистрации излучаемых атомами фотонов измерялась вероятность нахождения атомов в основных и ридберговских состояниях в зависимости от расстояния между атомами и длительности лазерного импульса. Полученная из этих данных зависимость $U_{vdw}(r) \propto r^{-6}$ хорошо соответствует теоретическим расчётам. Эксперимент интересен также и тем, что в нём удалось поддерживать когерентность пары ридберговских атомов, что открывает перспективу создания на их основе квантовых логических ячеек.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **110** 263201 (2013)
<http://arxiv.org/abs/1302.4262>

3. Структура энергетической щели в CeCoIn_5

J.C. Davis (Брукхейвенская национальная лаборатория и Корнелльский университет, США) и его коллеги исследовали структуру энергетической щели в сверхпроводнике с тяжёлыми фермионами CeCoIn_5 . Предполагается, что механизм куперовского спаривания в подобных соединениях определяется спинowymi флуктуациями, но для полного прояснения механизма сверхпроводимости требуются дальнейшие исследования. В описываемом эксперименте структура

щели $\Delta(\mathbf{k})$ в импульсном пространстве изучалась методом интерференции квазичастиц (Bogoliubov quasiparticle interference imaging). Электроны расщепляющихся куперовских пар испытывали интерференцию на примесях, и с помощью сканирующего туннельного микроскопа регистрировались возникающие при этом стоячие электронные волны. Данная методика позволила выявить очень малые вариации энергии щели в зависимости от направления. Как оказалось, щель ориентирована в кристаллическом направлении вдоль связей $\text{Ce}-\text{Ce}$ и имеет $d_{x^2-y^2}$ -симметрию. Также была измерена форма ферми-поверхности и структура энергетических уровней, в том числе в области расщепления уровня с малой эффективной массой на гибридизированные уровни тяжёлых фермионов.

Источник: *Nature Physics*, онлайн-публикация от 14 июля 2013 г.
<http://dx.doi.org/10.1038/nphys2671>

4. Фотокатализатор TiO_2

Известно, что полиморфные кристаллические модификации диоксида титана TiO_2 рутил и анатаз являются хорошими фотокатализаторами — они эффективно расщепляют молекулы воды (осушают фотолиз) на своей поверхности под действием света. В 1972 г. было обнаружено, что образцы со смесью двух модификаций обладают значительно лучшими катализирующими свойствами, чем чистые рутил и анатаз по отдельности. Предполагалось, что это свойство связано с относительным сдвигом валентных зон в рутиле и анатазе, но однозначное экспериментальное подтверждение отсутствовало. D.O. Scanlon (Университетский колледж Kathleen Lonsdale Materials Chemistry, Великобритания) и др. выполнили новый эксперимент и компьютерное моделирование структуры TiO_2 , которые достаточно надёжно подтвердили различие уровней энергии. С помощью рентгеновской фотоэмиссионной методики изучалась гетероструктура, состоящая из слоёв рутила и анатаза. Как оказалось, валентная зона анатаза расположена на 0,4 эВ ниже валентной зоны рутила. Это означает наличие потока электронов от рутила к анатазу при фотовозбуждении. Вероятно, такое расположение валентных зон и ведёт к значительному улучшению фотокатализирующих свойств смешанного кристалла.

Источник: *Nature Materials*, онлайн-публикация от 7 июля 2013 г.
<http://dx.doi.org/10.1038/nmat3697>

5. Внегалактические радиовсплески

С помощью 64-метрового радиотелескопа Паркс (Австралия) обнаружена новая популяция космологических всплесков радиоизлучения длительностью $\sim 1 \text{ мс}$ и спектральной плотностью потока 0,4–1,3 Ян. В 2007 г. уже регистрировался похожий мощный всплеск (всплеск Лоримера), происхождение которого осталось неизвестным. В новых наблюдениях зарегистрированы ещё четыре всплеска из направлений $\geq 40^\circ$ над плоскостью диска Галактики. Сильная дисперсия сигналов могла возникнуть лишь при их распространении с расстояний 1,7–3,2 Гпк (источники на $z = 0,45\text{--}0,96$) за счёт взаимодействия радиоволн с космической плазмой, так как дисперсии в разрежённой плазме Галактики на высоких галактических широтах для формирования наблюдаемых спектров недостаточно. В связи с этим делается вывод о космологической природе всплесков. При экстраполяции на всю небесную сферу предсказывается число $\sim 10^4$ подобных радиовсплесков в день со всех направлений. Повторных или совпадающих событий в других диапазонах волн пока не найдено. Хотя происхождение этих радиовсплесков ещё не выяснено, в качестве возможных источников указывались высокоэнергетичные процессы вблизи чёрных дыр или нейтронных звёзд.

Источник: *Science* **341** 53 (2013)
<http://arxiv.org/abs/1307.1628>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
 (e-mail: erosh@ufn.ru)