

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90. + g

DOI: 10.3367/UFNr.0184.201403h.0336

1. Наблюдение шаровой молнии

Исследователи из Университета Northwest Normal University, (Ланьчжоу, Китай) J. Cen, P. Yuan и S. Xue впервые выполнили скоростную съёмку и измерили спектр излучения шаровой молнии (ШМ), которая случайно попала в поле зрения аппаратуры во время изучения обычных молний. Наблюдения велись на горном плато Цинхай на высоте 2530 м над уровнем моря на северо-западе Китая с помощью двух бесщелевых спектрографов, оборудованных видеокамерой и скоростной фотокамерой и работающих в диапазоне 0,4–1 мкм. ШМ, возникшая при грозовом разряде между облаком и землёй вблизи нижнего основания разрядного канала, наблюдалась с расстояния около 900 метров в течение 1,64 с. ШМ имела почти сферическую форму с нарастающим к центру профилем светимости и перемещалась с поперечной скоростью 8,6 м с⁻¹. В спектре ШМ наряду с континуумом видны были линии кремния, железа и кальция — элементов, которые обычно присутствуют в грунте. Это говорит в пользу модели ШМ, предложенной J. Abrahamson и J. Dinniss в 2000 г. В их теории ШМ светится за счёт окисления наночастиц кремния, которые образовались в реакции $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$ в веществе грунта под действием волокнистого электрического разряда. Напоминающие ШМ светящиеся кремниевые шары действительно были получены в лабораторных экспериментах, см. *УФН* 180 218 (2010). В эволюции ШМ выделяются три стадии: сначала светимость и размер быстро уменьшались; на второй продолжительной стадии характеристики ШМ были почти стабильными, и видимый диаметр свечения составлял около 5 м; на последнем этапе цвет изменялся от белого до красного, а светимость и размер медленно уменьшались до полного исчезновения ШМ. Интересно, что на втором этапе светимость ШМ испытывала колебания с частотой 99,4 Гц, причём линии Si I, Fe I и Ca I были видны постоянно, а линии NI и OI периодически исчезали и появлялись с указанной частотой. Исследователи полагают, что поскольку на расстоянии ≈ 20 м от ШМ проходила высоковольтная (35 кВ) линия электропередачи, то колебания могли быть связаны со второй гармоникой переменного тока в линии. Возможно, что существуют разные феномены, объединённые общим названием "шаровая молния", и в данном случае наблюдалась лишь одна их разновидность. ШМ является, пожалуй, единственным макроскопическим физическим явлением на Земле, которое до сих пор не объяснено, поэтому выполненные детальные наблюдения очень важны для прояснения её природы. О свойствах ШМ см. также обзоры *УФН* 160 (4) 1 (1990), *УФН* 162 (8) 43 (1992) и статьи *УФН* 166 1253 (1996); *УФН* 174 107 (2004); *УФН* 180 218, 223 (2010).

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 112 035001 (2014)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.035001>

2. Нарушение чётности в рассеяниях электронов на кварках
Коллаборацией PVDIS в Лаборатории им. Т. Джеферсона (США) исследован эффект нарушений чётности (инвариантности относительно зеркального отражения) в процессах глубоко-неупругих рассеяний электронов на кварках, входящих в состав ядер. Пучок линейно поляризованных электронов с энергиями 6,067 ГэВ направлялся в дейтериевую мишень, и в данных по рассеяниям был выделен малый вклад, происходящий от спина кварков. Впервые определена комбинация $2C_{2u} - C_{2d} = -0,145 \pm 0,068$ эффективных констант слабой связи между электронами и кварками. От этой комбинации зависит асимметрия рассеяний электронов с двумя спиральностями. Получено хорошее согласие с предсказанием Стандартной модели $2C_{2u} - C_{2d} = -0,0950 \pm 0,0004$ и ограничен возможный вклад процессов с нарушением чётности за пределами Стандартной модели. Аналогичные измерения при больших энергиях выполнить пока нельзя, поэтому результаты PVDIS дополняют эксперименты, проводимые на Большом адронном коллайдере.

Источник: *Nature* 506 67 (2014)<http://dx.doi.org/10.1038/nature12964>**3. Дираковские фермионы в 3D-материале**

Z. K. Liu (Стэнфордский институт наук о материалах и энергии, США) и др. обнаружили, что в полуметаллическом соединении Na_3Bi электроны имеют дисперсионную кривую дираковского типа в 3D-объёме образца, т.е. они ведут себя эффективно как безмассовые частицы. Ранее такое свойство наблюдалось лишь у двумерных систем: в графене и на поверхности топологических изоляторов. Исследование электронной структуры кристаллического образца выполнялось методом фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением. Как и предсказывали теоретически S. L. Kane (Университет Пенсильвании, США) и его коллеги, электроны в Na_3Bi имеют дисперсионную кривую в виде дираковского конуса в 3D-пространстве, причём конус анизотропен: ферми-скорости $V_x \approx \approx V_y$, $V_z \approx 0,25V_x$. Подобные вещества, являющиеся 3D-аналогом графена, могут найти полезные применения в микроэлектронике и в спинтронике.

Источник: *Science* 343 864 (2014)<http://dx.doi.org/10.1126/science.1245085>**4. Термоядерный синтез с инерционным удержанием: достигнут положительный энергобаланс**

В эксперименте по термоядерному синтезу с инерционным удержанием, проведённом в Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса (США), впервые получен выход энергии синтеза, в 1,2–1,4 раза превышающий энергию, которая поглощается сжимаемой в капсуле дейтерий-тритиевой мишенью. Свет 192 лазеров с 1,9 МДж в суммарном импульсе перезлучался стенками золотой капсулы в рентгеновском диапазоне, вызывая испарение пластиковой оболочки мишени и сжатие её со скоростью около 300 км с⁻¹, что вело к резкому нагреву и термоядерным реакциям. Использовались не короткие, а несколько растянутые по времени лазерные импульсы (методика "high-foot"). Это позволило стабилизировать фронт сжатия и уменьшить перемешивание вещества оболочки и замороженного дейтерий-тритиевого заряда, являвшиеся серьёзными ограничивающими факторами в других экспериментах. В результате был получен примерно на порядок больший относительный выход энергии, чем ранее. В эксперименте показано, что заметную роль в процессе нагрева мишени играют рождающиеся в реакциях ядерного синтеза альфа-частицы, которые рассеивались на ядрах, передавая им дополнительную энергию.

Источник: *Nature* 506 343 (2014)<http://dx.doi.org/10.1038/nature13008>**5. Масса нейтрино по космологическим данным**

Я.Б. Зельдович и С.С. Герштейн в 1966 г. впервые получили ограничение сверху на массу нейтрино из космологических данных. В последнее время, объединяя данные о флуктуациях реликтового излучения и подсчёты скоплений галактик, выполненные на основе эффекта Сюняева – Зельдовича, коллаборация Planck представила оценку суммы масс трёх сортов нейтрино $\sum m_\nu = (0,22 \pm 0,09)$ эВ. R. A. Battye (Университет Манчестера) и A. Moss (Университет Ноттингема, Великобритания) уточнили эту оценку, включив в рассмотрение эффекты слабого гравитационного линзирования галактик и реликтового излучения. Оказалось, что все наборы космологических данных хорошо согласуются между собой, если $\sum m_\nu = (0,320 \pm 0,081)$ эВ. При наличии стерильных нейтрино оценка несколько сдвигается. В среде нейтрино из-за их больших скоростей затруднено формирование крупномасштабных структур, что позволяет связать массу нейтрино с подсчётами скоплений галактик и другими космологическими данными.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* 112 051303 (2014)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.051303>Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)