

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90.+g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.04.038552>**1. Измерение нулевых квантовых флуктуаций электромагнитного поля**

Флуктуации электромагнитного поля в основном (вакуумном) состоянии ранее наблюдались только косвенными методами, например, по эффекту Казимира. J. Faist (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха) и его коллеги впервые выполнили прямое измерение нулевых флуктуаций в нелинейном кристалле. Оптические свойства кристалла изменялись под действием электрического поля флуктуаций (электрооптический эффект), что оказывало влияние на прохождение света через кристалл. Для регистрации этого влияния измерялась интенсивность света в двух точках кристалла, через которые задержкой по времени проходили лазерные импульсы. Измеренные корреляционные функции содержали вклад нулевых квантовых флуктуаций. Таким путём были зарегистрированы квантовые флуктуации и найден их спектр в диапазоне ТГц.

Источник: *Nature* **568** 202 (2019)<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1083-9>**2. Квантовый оптомеханический эффект в жидком гелии**

A.B. Shkarin (Йельский университет, США) и соавторы впервые измерили квантовые флуктуации в оптомеханическом резонаторе, содержащем сверхтекучий гелий между двумя зеркалами — окончаниями оптических волокон. С помощью передаваемых через оптоволокна лазерных импульсов в гелии возбуждались связанные электромагнитные и механические колебания, и наблюдался спектр выходящего света. Взаимная связь колебаний осуществлялась через изменение показателя преломления среды при её сжатии и посредством силы, оказываемой электромагнитным полем на среду. В колебаниях системы был выделен вклад квантовых флуктуаций, который по форме спектра отличается от вклада тепловых флуктуаций.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **122** 153601 (2019)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.153601>**3. Разность потенциалов в грозовых облаках**

В эксперименте GRAPES-3, выполняемом в Индии под руководством S. Gupta, зарегистрирована рекордно большая разность потенциалов в грозовых облаках. Возможность достижения во время грозы $\Delta U \sim 1$ ГВ предсказал Ч. Вильсон в 1929 г., но до сих пор наблюдались лишь на порядок меньшие величины, которых недостаточно для объяснения всплесков гамма-излучения с энергией 100 МэВ, отмечавшихся во время некоторых гроз. Это излучение генерируется, предположительно, ускоренными электронами по тормозному механизму. GRAPES-3 включает мюонный телескоп G3MT с широким полем зрения, а также дополнительные датчики напряжённости, разнесённые на несколько км. Мюоны (точнее, μ^+), производимые в атмосфере космическими лучами, пролетая через область с ΔU , теряют энергию, что сказывается на их потоке у поверхности Земли. Во время грозы 1 декабря 2014 г. величина ΔU , найденная по вариации потока мюонов, составила 1,3 ГВ, что подтверждает теоретическое предсказание Ч. Вильсона и решает проблему генерации земных гамма-всплесков. При этом конфигурация зарядов с хорошей точностью могла быть представлена плоским конденсатором с ёмкостью $\geq 0,85$ мкФ, который создавали слои облаков на высотах 8–10 км. Его зарядка до 1,3 ГВ происходила за 6 минут, что (для сравнения) соответствует мощности боль-

шого ядерного реактора. Измерение вариаций потока мюонов даёт сразу полную величину ΔU в облаках — в отличие от локальных измерений напряжённости, которые выполняются на самолётах или воздушных шарах. О физике молнии см. в обзоре А.В. Гуревича и К.П. Зыбина в *УФН* **171** 1177 (2001), в статье Д.И. Иудина и др., в *УФН* **188** 850 (2018), а также в статье Л.П. Бабича "Грозовые нейтроны", принятой к публикации в *УФН* (DOI: 10.3367/UFNr.2018.12.038501).

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **122** 105101 (2019)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.105101>**4. Дифракция атомов на квазикристалле**

Квазикристаллами называются структуры, в которых есть дальний порядок, но нет точной периодичности. U. Schneider (Кавендишская лаборатория Кембриджского университета, Великобритания) и его коллеги впервые исследовали дифракцию ультрахолодных атомов на двумерной оптической квазикристаллической решётке. Применялся бозе-эйнштейновский конденсат атомов ^{39}K . Сразу после высвобождения атомов из ловушки включался потенциал квазикристалла, который был образован четырьмя лучами лазера. Атомы испытывали двухфотонные рассеяния (эффект Капицы–Дирака, см. *УФН* **88** 396 (1966)) и получали импульсы отдачи. Дифракция атомных волн напоминала дифракцию электронов на квазикристаллах, наблюдавшуюся в предшествующих экспериментах. Дифракционная картина при малых волновых векторах имела фрактальную структуру, а её динамика на коротких временных масштабах представляла собой квантовое случайное блуждание в 4-мерном пространстве импульсов.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **122** 110404 (2019)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.110404>**5. Тень чёрной дыры в галактике M87**

Свет не может выйти из чёрной дыры (ЧД), поэтому на светлом фоне ЧД должна выглядеть как тёмное пятно, создавая "тень". Это предсказание Общей теории относительности впервые удалось проверить с помощью восьми расположенных на разных континентах радиотелескопов, вместе образующих "Телескоп горизонта событий" со сверхдлинной базой. Синхронные наблюдения на всех телескопах позволили достичь углового разрешения в 20 угл. мкс на длине волн 1,3 мм. В центре галактике M87 наблюдается яркое кольцо вокруг тёмного пятна. Кольцо производится излучением аккреционного диска, испытывавшим гравитационное линзирование на центральной сверхмассивной ЧД. Размер кольца соответствует массе ЧД $M = (6,5 \pm 0,7) \times 10^9 M_\odot$. Анализ альтернативных моделей (без ЧД) показал, что они не могут объяснить наблюдаемую картину. Таким образом, получено ещё одно прямое свидетельство существования во Вселенной ЧД, наряду с недавней регистрацией гравитационных волн от столкновений ЧД в парах. Ожидается, что вскоре будет представлено также изображение тени ЧД в центре нашей Галактики. О перспективах наблюдений тени ЧД, в том числе на планируемой к запуску космической обсерватории "Миллиметрон", см. в обзоре П.Б. Иванова и др. *УФН* **189** 449 (2019).

Источник: *The Astrophysical Journal Letters* **875** L1 (2019)<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab0ec7>Подготовил Ю.Н. Ерошенко (e-mail: erosh@ufn.ru)