

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90. + g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2017.03.038081>**1. Расширение Стандартной модели**

Несмотря на активные поиски, каких-либо отклонений от предсказаний Стандартной модели элементарных частиц пока достоверно не обнаружено. Однако имеется ряд явлений, которые не могут быть объяснены в рамках этой теории, например, существование тёмной материи. G. Ballesteros (Университет Пари-Сакле, Франция) и др. предложили простое минимальное расширение Стандартной модели, названное SMASH, которое может решить одновременно ряд проблем в физике элементарных частиц и в космологии. Отдельные элементы этого расширения уже были развиты в работах М.Е. Шапошникова, И.И. Ткачёва, Ф.Л. Безрукова и других исследователей, а G. Ballesteros и др. объединили все элементы в единую самосогласованную модель. Предложенное расширение добавляет к частицам Стандартной модели три правых нейтрино, два вейлевских фермиона и скалярное поле σ , которое нарушает симметрию Печчеи – Квинн, а его вакуумное среднее 10^{11} ГэВ представляет новый энергетический масштаб теории. В данной модели воспроизводится инфляционная космология и бариогенезис в ранней Вселенной. При малых энергиях новая модель сводится к Стандартной модели, дополненной seesaw-механизмом генерации массы нейтрино и аксионами с массами 50–200 мкэВ. Аксионы с малыми импульсами могут являться частицами тёмной материи, и их поиск может быть выполнен в экспериментах по прямой регистрации. Космический фон релятивистских аксионов увеличивает эффективное число степеней свободы на $\Delta N_{\nu}^{\text{eff}} \approx 0,03$, и это предсказание также может быть проверено по измерениям поляризации реликтового излучения. При больших энергиях новая теория действует до планковского масштаба энергий. В то же время, теория SMASH не даёт решения проблемы иерархии и не объясняет тёмную энергию во Вселенной.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 071802 (2017)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.071802>**2. Тест Белла с помощью света звёзд**

Нарушение неравенств Белла было продемонстрировано во множестве экспериментов, что подтвердило отсутствие в квантовой механике "скрытых параметров". В том числе, для выбора метода измерения применялись квантовые генераторы случайных чисел в условиях, когда этот выбор и событие испускания измеряемых частиц были причинно не связаны — разделены пространственноподобным интервалом. Слабым местом (loophole) методологии таких экспериментов "с отложенным выбором" оставалась возможность того, что в прошлом состоянии прибора и измеряемой системы были специальным образом подготовлены. Хотя такое влияние из прошлого выглядит маловероятным, с принципиальной точки зрения оно не исключено и, теоретически, может имитировать квантовые корреляции в неравенствах Белла. D. Kaiser (Массачусетский технологический институт, США), A. Zeilinger (Институт квантовой оптики и квантовой информации, Австрия) и их коллеги выполнили эксперимент, в котором триггером для выбора метода измерения служил свет звёзд нашей Галактики. Возможность использования света астрономических объектов в тесте Белла обсуждается с 1970-х годов, и данный эксперимент является первым, в котором эта идея реализована. Пара квантово запутанных фотонов направлялась от источника в две лаборатории, находящиеся в других зданиях. На крышах этих зданий размещались небольшие телескопы, которые принимали свет звёзд. Случайно регистрируемые фотоны звёздного света, в зависимости от их частоты, инициировали различные методы измерения поляризации фотонов пары. Нарушение неравенств Белла в двух выполненных экспериментах подтверждено на уровнях $7,31\sigma$ и $11,93\sigma$. Так как свет летел от звёзд до Земли ≈ 600 лет, подготовка состояний, если она имела место, должна была произойти более 600 лет назад. Использование света далёких галактик или фотонов

реликтового излучения может отодвинуть полученное ограничение ещё дальше по времени.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 060401 (2017)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.060401>**3. Передача кубитов по оптоволокну**

Исследователи из Национальной лаборатории Оук-Ридж (США) В.Р. Williams, R.J. Sadlier и T.S. Humble продемонстрировали в своём эксперименте новый метод передачи квантовых битов (кубитов) по обычному оптоволокну в гиперзапутанном (запутанном по двум степеням свободы) состоянии. Передача кубитов в гиперзапутанном состоянии по свободному пространству уже была продемонстрирована в 2007 г. в эксперименте с фотонами, которые были квантово запутаны по спинам и орбитальным угловым моментам. Но передать такие фотоны по оптоволокну невозможно. Вместо орбитального углового момента В.Р. Williams, R.J. Sadlier и T.S. Humble использовали запутанность фотонов по времени их испускания. Этот метод предложили теоретически С. Schuck и др. в 2006 г. Запутанность и необходимая для этого задержка по времени создавались с помощью интерферометра. В эксперименте удалось достичь рекордно большой для линейной оптики эффективности кодирования — $1,665 \pm 0,018$ классических битов на кубит. В тестовом эксперименте с помощью кубитов по оптоволокну было передано графическое изображение размером 3,4 кбайт.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 050501 (2017)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.050501>**4. Преодоление дифракционного предела**

Разрешающая способность телескопов и микроскопов, их способность разделить два близких объекта, например, две звезды в двойной системе, ограничена критерием Рэлея, если регистрируется только полная интенсивность сигнала. Однако из теоретических работ было известно, что большего разрешения можно добиться в том случае, если дополнительно использовать информацию о фазе электромагнитной волны. Исследователи из университета Торонто W.-K. Tham, H. Ferretti и A.M. Steinberg продемонстрировали этот метод в своём эксперименте. Два изображения были представлены двумя некогерентными пучками света, которым придавались разные фазы путём пропускания через стеклянную пластинку. Регистрация фазы посредством измерения квадратур Гаусса – Эрмита позволила определить наличие двух изображений и при этом превзойти критерий Рэлея.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 070801 (2017)<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.070801>**5. Чёрная дыра промежуточной массы в шаровом скоплении**

Исследователи из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики (США) и Квинслендского университета (Австралия) путём наблюдения пульсаров показали, что в центре шарового звёздного скопления 47 Тукана имеется чёрная дыра промежуточной массы (между массами чёрных дыр звёздного происхождения и сверхмассивных чёрных дыр в центрах галактик). Из динамических моделей следует, что распределение пульсаров в скоплении существенно зависит от массы центральной чёрной дыры, так как её гравитация подавляет эффект сегрегации масс (концентрации более массивных звёзд ближе к центру скопления). По наблюдениям темпа замедления периодов 23 пульсаров были найдены ускорения их движения в скоплении, и эти данные позволили определить массу центральной чёрной дыры — $2200_{-800}^{+1500} M_{\odot}$. Эта чёрная дыра не излучает заметно в радио- и рентгеновском диапазонах из-за малого темпа аккреции газа.

Источник: *Nature* **542** 203 (2017)<https://arxiv.org/abs/1702.02149>Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)