

1. Зарядовый радиус ядра в мюонном дейтерии

В 2010 г. в эксперименте CREMA было получено, что зарядовый радиус протона в мюонном водороде на 4 % меньше, чем в обычном. Это расхождение пока не нашло объяснения. В отличие от обычного водорода, в мюонном водороде вокруг протона обращается не электрон, а мюон. R. Pohl (Институт квантовой оптики общества Макса Планка, Германия) и его коллеги из той же коллаборации CREMA выполнили новые измерения, но на этот раз с мюонным дейтерием μd . Пучок мюонов направлялся в сосуд с газообразным дейтерием, где мюоны захватывались в атомы μd , и спектроскопическим методом измерялся лэмбовский сдвиг, который очень чувствителен к зарядовому радиусу ядра. Измеренный зарядовый радиус ядра $r_d = 2,12562(78)$ фм на 7,5 стандартных отклонений меньше, чем величина из каталога CODATA-2010, и на $3,5\sigma$ меньше величины, полученной коллаборацией CREMA для $e\text{d}$. Это расхождение аналогично тому, которое ранее наблюдалось при сравнении электронного и мюонного водорода. Возможно, для объяснения обнаруженных несоответствий необходимо уточнить теоретические расчёты, но не исключён также и вклад эффектов за пределами Стандартной модели.

Источник: *Science* 353 669 (2016)

<http://dx.doi.org/10.1126/science.aaf2468>

2. Исследование нейтрино

В трёх экспериментах получены новые данные о свойствах нейтрино. В эксперименте T2K исследовались осцилляции ν_μ и $\bar{\nu}_\mu$ в пучке, прошедшем от ускорителя J-PARC в г. Токай (Япония) в подземный детектор Суперкамиоканде на расстоянии 295 км. Зарегистрировано $32 \nu_e$ и $4 \bar{\nu}_e$, в то время как ожидалось 23 и 7 соответственно, если нет CP-нарушения. Таким образом, впервые получены указания на максимальное нарушение CP-инвариантности в нейтринных осцилляциях, хотя вероятность статистической флуктуации пока остаётся большой, $\approx 1/20$. В другом эксперименте NOvA также изучаются осцилляции ν в пучке, идущем от ускорителя в Фермилабе в детектор на расстоянии 810 км. Измерения впервые показали, что в третьем массовом состоянии, возможно, содержатся неравные вклады от мюонных и тау-ароматов. Этот эффект называется "немаксимальным смешиванием". Однако для его достоверного подтверждения требуется набор большей статистики. На детекторе IceCube, расположенном во льду на Южном полюсе, ведётся поиск осцилляций атмосферных ν_μ и $\bar{\nu}_\mu$ в стерильные нейтрино. Сигналов, соответствующих стерильным нейтрино, не обнаружено, что сужает возможное пространство параметров для таких нейтрино. В международных экспериментах T2K, NOvA и IceCube принимают участие российские исследователи из ряда научных организаций.

Источники: <http://t2k-experiment.org/2016/07/t2k-presents-first-cp-violation-search-result/>

<http://news.fnal.gov/2016/08/nova-shines-new-light-neutrinos-behave/>

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071801>

3. Программируемый квантовый компьютер

Ранее уже демонстрировались прототипы квантовых компьютеров, состоящих из нескольких связанных кубитов, однако они были сконфигурированы для выполнения только конкретных заданных программ. С. Монгое (Мэрилендский университет в Колледж-Парке, США) и др. впервые создали квантовый компьютер, который можно перепрограммировать для выполнения различных алгоритмов. Компьютер состоит из цепочки пяти ионов иттербия $^{171}\text{Yb}^+$, захваченных в радиочастотную ловушку Пауля. Состояния нуля и единицы кодировались подуровнями гипертонкого расщепления уровня $^2S_{1/2}$. С помощью последовательностей лазерных импульсов можно менять состояния ионов, задавая требуемые последователь-

ности квантовых операций, а считывание состояний (результатов квантовых вычислений) осуществлялось путём возбуждения циклических переходов $^2S_{1/2} - ^2P_{1/2}$ и регистрации флуоресцентного излучения. Парное взаимодействие ионов осуществлялось посредством их спин-спинового взаимодействия и поперечных коллективных движений ионов в цепочке. На этом компьютере были выполнены алгоритмы Дойча-Йожи и Бернштейна-Вазирани и впервые продемонстрировано квантовое разложение Фурье, которое имеет большое значение в квантовых вычислениях. Будущие квантовые компьютеры за счёт квантовой суперпозиции состояний смогут решать некоторые задачи с экспоненциально большей скоростью, чем обычные классические компьютеры.

Источник: *Nature* 536 63 (2016)

<http://dx.doi.org/10.1038/nature18648>

4. Сверхток магнонов при комнатной температуре

В. Hillebrands (Технический университет Кайзерслаутерна, Германия) и его коллеги выполнили эксперимент, в котором, возможно, впервые наблюдался сверхток в бозе-эйнштейновском конденсате магнонов (квазичастиц — квантов спиновых волн) при комнатной температуре. Ранее сверхток наблюдался только при низких температурах в случае сверхпроводимости и сверхтекучести. Бозе-эйнштейновский конденсат магнонов был получен в ферромагнитной плёнке $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при комнатной температуре путём параметрической накачки. С помощью лазерных импульсов в плёнке создавался локальный градиент температуры, который вызывал сдвиг фазы волновой функции конденсата и расходящийся поток магнонов, регистрируемый с помощью бриллюэновской спектроскопии. Как оказалось, характеристики потока хорошо соответствуют теоретическим предсказаниям для сверхтока магнонов. Однако относительно наличия сверхтока всё же высказываются сомнения, и решающим доказательством могла бы стать демонстрация бездиссипативности потока магнонов.

Источник: *Nature Physics*, онлайн-публикация от 1 августа 2016 г.

<http://dx.doi.org/10.1038/nphys3838>

5. Поиск частиц тёмной материи

Природа тёмной материи, составляющей примерно 27 % массы Вселенной, пока не выяснена. По одной из основных гипотез, тёмную материю составляют слабовзаимодействующие массивные частицы (вимпы), и в ряде экспериментов ведётся их прямой и косвенный поиск. Представлены новые результаты исследований на одном из самых чувствительных подземных детекторов Large Underground Xenon (LUX), в котором пытаются зарегистрировать взаимодействие вимпов, пролетающих через Землю, с ядрами ^{127}Xe . Превышенный сигнал над фоном не обнаружено, что дало новые ограничения на сечение взаимодействия. Также представлены новые результаты поиска аннигиляционного гамма-излучения массивом наземных черенковских детекторов HESS (High Energy Stereoscopic System). Наблюдалась центральная часть Галактики радиусом 300 пк, где, как ожидается, велика плотность тёмной материи и, соответственно, должна эффективно идти аннигиляция. В данных HESS также не обнаружено статистически значимого превышения сигнала над фоном, что даёт ограничение на сечение аннигиляции. Вблизи массы 1,5 ТэВ для аннигиляции в пары W^+W^- получено $\langle\sigma_{\text{ann}}v\rangle < 6 \times 10^{-26} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$. Таким образом, ограничения по данным наземных измерений впервые приблизились к величине $\langle\sigma_{\text{ann}}v\rangle$, соответствующей тепловому рождению вимпов в ранней Вселенной.

Источники: <http://arxiv.org/abs/1608.07648>

<http://arxiv.org/abs/1607.08142>

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