

## НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90.+g

DOI: 10.3367/UFNr.2016.07.037852

**1. Проверка принципа эквивалентности для спин-поляризованных атомов**

Z.-K. Hu (Хуачжунский университет науки и технологии, Китай) и его коллеги выполнили эксперимент, в котором сравнивалось ускорение свободного падения атомов  $^{87}\text{Rb}$ , имеющих противоположные направления полного спина. Некоторые теории предсказывают зависимость ускорения падения от спина. Возможные причины — взаимодействие спина с вектором ускорения или с тензором кручения. Принцип эквивалентности ранее уже проверялся для больших спин-поляризованных ансамблей атомов, но в случае малого числа атомов точность измерений была мала. В новом эксперименте точность удалось повысить методом двойных дифференциальных измерений, который исключает влияние неоднородностей магнитного поля. Атомы в состояниях  $m_F = +1$  или  $m_F = -1$  гипертонкого расщепления уровня  $5^2S_{1/2}$ , в которых спины имеют противоположные направления, падали в атомном интерферометре Маха–Цендера. Различия в ускорениях свободного падения на достигнутом уровне точности не выявлено, и для их относительной разности получено ограничение  $\eta_S = (0,2 \pm 1,2) \times 10^{-7}$ , которое, в свою очередь, даёт ограничение  $< 5,4 \times 10^{-6} \text{ м}^{-2}$  на возможную величину градиента поля кручения.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **117** 023001 (2016)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.023001>**2. Сечение реакции T+He<sub>3</sub>**

A.V. Zylstra (Массачусетский технологический институт, США) и др. впервые измерили сечение ядерной реакции  $T(\text{He}_3, \gamma)^6\text{Li}$  при тех энергиях, которые имели место в эпоху первичного нуклеосинтеза в ранней Вселенной. Хотя в целом теория первичного нуклеосинтеза хорошо согласуется с наблюдаемым химическим составом Вселенной, в отдельных звёздах содержание  $^6\text{Li}$ , по некоторым данным, значительно больше, чем предсказывается. По одному из предположений, сечение реакции  $T(\text{He}_3, \gamma)^6\text{Li}$  имеет большую величину, чем закладывалось в расчёты. Для проверки этой гипотезы в новом эксперименте капсула со смесью T и He<sub>3</sub> облучалась импульсами мощного лазера. При испарении внешней оболочки капсулы формировалась сходящаяся ударная волна, в центре капсулы при сжатии достигалась температура  $2,3 \times 10^8 \text{ K}$ , и в течение  $\sim 100 \text{ пс}$  в плотной плазме шли ядерные реакции  $T(\text{He}_3, \gamma)^6\text{Li}$ . С помощью газового черенковского детектора регистрировались  $\gamma$ -фотоны, и по их спектру было найдено сечение реакции. Сечение оказалось близким к теоретически рассчитанному, а также оно соответствует экстраполяции данных других экспериментов, выполненных ранее при больших энергиях. Таким образом, гипотеза о повышенном сечении реакции  $T(\text{He}_3, \gamma)^6\text{Li}$  не подтвердилась, и темп этой реакции оказывается слишком малым для решения проблемы  $^6\text{Li}$ . Возможно,  $^6\text{Li}$ , если его содержание действительно аномальное, был наработан непосредственно в звёздах либо на его синтез в ранней Вселенной оказали влияние эффекты суперсимметрии или другие неизвестные пока процессы.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **117** 035002 (2016)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.035002>**3. Излучатель спиновых волн**

S. Wintz (Гельмгольц-центр Дрезден–Росендорф, Германия) и др. разработали новую антенну для излучения спиновых волн с длиной волны  $\sim 100 \text{ нм}$ . Спиновая волна представляет собой коллективное возбуждение спинов электронов, передающееся посредством магнитного и обменного взаимодействий. Обычно для возбуждения спиновых волн применяются небольшие металлические антенны, но

в нанометровой области такие антенны не эффективны. Новый излучатель представляет собой гетероструктуру Co/Ru/Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>, состоящую из двух тонких ферромагнитных дисков, разделённых немагнитным слоем. Под воздействием магнитного поля, генерируемого переменным током в расположенном рядом проводнике, в центре дисков возникает пара магнитных вихрей, которая и излучает спиновые волны. Распространение спиновых волн, генерируемых этим устройством, наблюдалось методом переходной рентгеновской микроскопии.

Источник: *Nature Nanotechnology*, онлайн-публикация 18.07.2016<http://dx.doi.org/10.1038/nnano.2016.117>**4. Преломление и отражение спиновых волн**

S. Bask (Регенсбургский университет, Германия) и его коллеги исследовали законы преломления и отражения спиновых волн на границе раздела двух участков ферромагнитной плёнки (сплав железа и никеля), имеющих различную толщину — 30 нм и 60 нм. Эффект преломления обусловлен тем, что скорость спиновых волн зависит от толщины плёнки. Спиновые волны наблюдались путём регистрации отражённых от плёнки лазерных импульсов, вращения вектора поляризации которых зависит от намагниченности в той или иной точке. Второй метод — интерференция отражённого и опорного лучей — позволял получать информацию о фазе спиновых волн и направлении их распространения. Полученный закон преломления при малых углах падения соответствует закону Снелля, но при  $> 25^\circ$  наблюдалось отклонение, обусловленное анизотропией среды, которая возникала за счёт намагниченности во внешнем поле. Авторы эксперимента вывели обобщённый закон Снелля для спиновых волн с учётом анизотропии и показали его хорошее согласие с результатами своих измерений. Преломление спиновых волн даёт возможность изменять их направление, что актуально для практических применений. Привлекательность спиновых волн заключается в том, что они имеют значительно меньшую длину волны, чем электромагнитные волны с той же частотой. Кроме того, при распространении спиновых волн заряды остаются неподвижными, поэтому отсутствует джоулевы потери энергии.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **117** 037204 (2016)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.037204>**5. Поиск космогенных нейтрино на IceCube**

С помощью нейтринного телескопа IceCube, расположенного во льду Антарктиды, получены новые ограничения на свойства источников космических лучей сверхвысоких энергий (КЛСВЭ) — заряженных частиц с энергиями более  $10^9 \text{ ГэВ}$ , происхождение которых пока не выяснено. Взаимодействие КЛСВЭ с космическим фоновым излучением должно приводить к генерации нейтрино с энергиями  $E_\nu \geq 10^7 \text{ ГэВ}$ , называемых космогенными нейтрино. За семь лет наблюдений было зарегистрировано два нейтрино с  $E_\nu \sim 10^6 \text{ ГэВ}$ , имеющих, вероятнее всего, астрофизическое происхождение, однако космогенных нейтрино с  $E_\nu \geq 10^7 \text{ ГэВ}$  не наблюдалось. Их поток оказался намного меньше, чем предсказывается в обычных моделях КЛСВЭ. Отсюда следует, что эволюция источников КЛСВЭ не может идти быстрее, чем эволюция темпа звездообразования в галактиках. Это ограничение создаёт определённые трудности для моделей происхождения КЛСВЭ в ядрах галактик, в источниках гамма-всплесков или в молодых пульсарах при условии, что в составе КЛСВЭ доминируют протоны.

Источник: <http://arxiv.org/abs/1607.05886>Подготовил Ю.Н. Ерошенко  
(e-mail: erosh@ufn.ru)