

**1. ЕМС-эффект для лёгких ядер**

В 1983 г. Европейской мюонной коллаборацией (ЕМС) был открыт эффект, представляющий собой зависимость максимального импульса кварков в нуклоне от характеристик ядра, в котором находится нуклон. J. Seely и его коллеги выполнили в Лаборатории им. Т. Джеферсона эксперимент, в котором обнаружены новые особенности ЕМС-эффекта. Во многих теоретических работах, посвящённых объяснению ЕМС-эффекта, делался вывод о его связи со средней плотностью или с массой ядра. Однако новый эксперимент показал, что указанные параметры характеризуют эффект неоднозначно и, возможно, имеют второстепенное значение. В эксперименте исследовалось рассеяние пучка электронов с энергиями 5,8 ГэВ на мишенях из ядер  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^9\text{Be}$ ,  $^{12}\text{C}$ . Оказалось, что величина ЕМС-эффекта у ядра  $^9\text{Be}$  близка к величине эффекта у  $^{12}\text{C}$ , хотя средняя плотность ядра  $^9\text{Be}$  значительно меньше. Таким образом, средняя плотность ядра для ЕМС-эффекта не является определяющим фактором. Также установлено, что лёгкие ядра  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$  сильно различаются по величине ЕМС-эффекта. Объяснение полученных результатов может заключаться в кластерной структуре ядер. Так, ядро  $^9\text{Be}$  можно представить как два связанных ядра  $^4\text{He}$  и обращающийся вокруг них дополнительный нейтрон, причём средняя плотность ядра  $^9\text{Be}$  значительно меньше плотности каждого из ядер  $^4\text{He}$ . По этой причине ЕМС-эффект в таких ядрах может зависеть не от средней, а от локальной плотности, и у ядра  $^9\text{Be}$  ЕМС-эффект аналогичен эффекту для отдельных ядер  $^4\text{He}$ . Другими словами, свойства нуклонов в ядрах зависят не от массы и средней плотности всего ядра, а от локального окружения нуклона, в частности, от характеристик кластеров, содержащих этот нуклон.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **103** 202301 (2009)

<http://arxiv.org/abs/0904.4448>

**2. Конус излучения Вавилова – Черенкова в "левом" веществе**

Исследователи из Чжэцзянского университета (г. Ханчжоу, Китай) и Массачусетского технологического института (США) впервые наблюдали обратное излучение Вавилова – Черенкова, генерируемое в "левом" веществе (среде с одновременно отрицательными диэлектрической и магнитной проницаемостями). Как и было предсказано в 1967 г. В.Г. Веселаго (см. *УФН* **92** 517 (1967)), в "левом" веществе конус излучения и поток энергии направлены назад по отношению к движению частицы. В описываемом эксперименте исследовалось микроволновое излучение в метаматериале — в массиве проводников. Заряженная частица имитировалась последовательностью диполей с определённым образом меняющейся фазой, которые возбуждались в волноводе, состоящем из 14 щелей. Скорость движения такой "частицы" составляла  $v = 1,9c/n$ , где  $n$  — показатель преломления метаматериала. С точки зрения излучения радиоволн подобный набор диполей полностью аналогичен реальной заряженной частице, однако имитация позволила достичь значительно большей (доступной для измерения) интенсивности излучения Вавилова – Черенкова в интервале частот 8,1–9,5 ГГц. В исследованных ранее метаматериалах излучение Вавилова – Черенкова распространяться не могло ввиду характера их анизотропии, поэтому для наблюдения излучения Вавилова – Черенкова был изготовлен метаматериал со специальной конфигурацией элементарных ячеек. Обратное излучение Вавилова – Черенкова может найти применение в детекторах быстрых частиц, например, в экспериментах на ускорителях. Подробнее о средах с отрицательным показателем преломления см. статьи В.Г. Веселаго в *УФН* **173** 790 (2003), *УФН* **179** 689 (2009).

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **103** 194801 (2009)

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.194801>

**3. Бозе-эйнштейновский конденсат атомов стронция**

Две независимые группы исследователей из Университета Райса (США) и из Института квантовой оптики и квантовой информации и Инсбрукского университета (Австрия) получили бозе-эйнштейновский конденсат атомов изотопа  $^{84}\text{Sr}$ , имеющего природную распространённость всего 0,56%. Хотя изотопы  $^{86}\text{Sr}$  и  $^{88}\text{Sr}$  гораздо более

распространены, они не могут охлаждаться испарительным методом из-за слишком большой (в случае  $^{86}\text{Sr}$ ) или слишком малой ( $^{88}\text{Sr}$ ) длины рассеяния атомов. Напротив, редкий изотоп  $^{84}\text{Sr}$  имеет длину рассеяния 123 радиусов Бора, что идеально подходит для охлаждения, и в экспериментах обеих групп испарительное охлаждение было заключительным этапом после лазерного охлаждения в магнитооптической ловушке. Переход в состояние конденсата был зафиксирован по оптическому профилю облачка газа и по величине химического потенциала, вычисляемого на основе динамики расширения облачка. Конденсат атомов  $^{84}\text{Sr}$  предлагается использовать в сверхточных измерениях, в новых схемах квантовых вычислений и как буферный газ при охлаждении до вырожденного состояния других изотопов, в частности, фермионного изотопа  $^{87}\text{Sr}$ .

Источники: *Phys. Rev. Lett.* **103** 200402 (2009)

*Phys. Rev. Lett.* **103** 200401 (2009)

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.200402>

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.200401>

**4. Лазерное ускорение нейтральных атомов**

U. Eichmann и его коллеги из Института оптики и атомной физики (Берлин) и Института им. М. Планка обнаружили эффект ускорения нейтральных атомов пондеромоторной силой в поле неоднородного лазерного излучения. Обычно рассматривается действие пондеромоторной силы на заряженные частицы, однако и в случае нейтральных атомов аналогичная сила может возникать за счёт динамической поляризации атомов после их переходов в ридберговские состояния. При этом электрон на далёкой орбите может как свободная частица ускоряться за счёт пондеромоторной силы (ускорение ядра гораздо слабее из-за его большой массы). В тех случаях, когда электрон после ускорения остается связанным с ядром атома, импульс ускоренного электрона передаётся всему атому. В эксперименте немецких учёных пучок нейтральных атомов гелия освещался короткими сфокусированными импульсами лазерного света, и примерно один процент атомов испытывали ускорение. В некоторых случаях ускорение атомов в  $10^{14}$  раз превышало ускорение свободного падения  $g$ , что представляет рекордно большое из наблюдавшихся ускорений нейтральных атомов во внешних полях.

Источник: *Nature* **461** 1261 (2009)

<http://dx.doi.org/10.1038/nature08481>

**5. Поляризация реликтового излучения и космологические параметры**

Наблюдение поляризации микроволнового фонового (реликтового) излучения является одним из наиболее эффективных методов исследования физических процессов в ранней Вселенной и уточнения космологических параметров. Измерение поляризации реликтового излучения стало технически возможно в 2002 г. и с тех пор проводится на ряде установок с возрастающей точностью. С 2005 по 2007 гг. на Южном полюсе велись на 2,6-метровом радиотелескопе QUAd, имевшем 31 пару ортогональных болометров, чувствительных к поляризации электромагнитной волны и функционирующих на частотах 100 и 150 ГГц. К настоящему времени обработаны данные наблюдений за указанный период и найдены уточнённые значения космологических параметров. Наиболее надёжные результаты получаются, если использовать данные сразу нескольких детекторов (WMAP, ACBAR, QUAd и др.). Так, например, согласно уточнённым данным, наиболее вероятное значение постоянной Хаббла составляет  $H_0 = 70,6 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ , показатель степени спектра возмущений плотности  $n_s = 0,960$ , причём возможен и вариант показателя, зависящего от масштаба (running index). Удалось улучшить ограничение на величину тензорной моды возмущений (гравитационных волн) по сравнению со скалярными возмущениями (возмущениями плотности), теперь отношение этих компонент оценивается как  $r < 0,33$  на уровне достоверности 95%.

Источник: *Astrophysical Journal* **705** 978 (2009)

<http://arxiv.org/abs/0906.1003>