Декабрь 2014 г. *Том 184, № 12*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: **01.90.+g** DOI: 10.3367/UFNr.0184.201412h.1368

1. Столкновение солитонов в конденсате Бозе – Эйнштейна

J.H.V. Nguyen (Университет Райса, США) и др. показали, что движущиеся солитоны в бозе-эйнштейновском конденсате могут проходить друг сквозь друга, сохраняя свои размеры и форму. Конденсат атомов ^{7}Li, полученный путём испарительного охлаждения, удерживался в цилиндрической потенциальной ловушке. С помощью излучения лазера поперёк ловушки создавался дополнительный потенциальный барьер, и облачко разделялось на две части. Затем путём изменения величины магнитного поля уменьшалась длина рассеяния с переходом через резонанс Фешбаха, и в двух частях ловушки на расстоянии 26 мкм друг от друга появлялись солитоны, состоящие каждый из ≈ 28000 атомов. После выключения барьера солитоны двигались навстречу друг другу, проходя ловушку туда и обратно по несколько раз. Наблюдение солитонов проводилось в реальном времени по рассеянию излучения. Как и предсказывалось теоретически из решения уравнения Гросса – Питаевского, при нулевой разности фаз волновых функций солитонов $\Delta\phi = 0$ в точке столкновения солитоны усиливали друг друга, а в противофазе $\Delta\phi = \pi$ из-за деструктивной интерференции плотность газа понижалась. В некоторых случаях между сталкивающимися солитонами оставался пространственный зазор, однако было доказано, что солитоны не отскакивают упруго, а проходят через зазор и друг сквозь друга. Для этого были созданы солитоны разного размера, например, с отношением числа атомов 2:1, которые можно было различать как до, так и после прохождения. При столкновениях достаточно плотных солитонов, которые уже нельзя было считать одномерными объектами, наблюдался их коллапс — разрушение. Аналогичные коллапсы солитонов ранее уже наблюдались в нелинейной оптике.

Источник: *Nature Physics* **10** 918 (2014)
http://arxiv.org/abs/1407.5087

2. FFLO-фаза в сверхпроводнике

V.F. Mitrovic (Брауновский университет, США) и её коллеги подтвердили в своём эксперименте теоретическое предсказание, которое сделали P. Fulde, R. Ferrell, A.I. Larkin и Y.N. Ovchinnikov в 1964 г. Согласно их расчётам, вблизи верхнего критического магнитного поля сверхпроводник может разбиваться на дискретные слои, между которыми в узлах параметра порядка располагаются слои с нормальной проводимостью. Это состояние названо FFLO-фазой по фамилиям авторов. Данный эффект возможен в том случае, если в сверхпроводнике имеется различное количество электронов с противоположными направлениями спина. Тогда неспаренные электроны вызывают формирование квазичастиц в связанных состояниях Андреева, и появляются несверхпроводящие слои. Эксперимент выполнен в Национальной лаборатории больших магнитных полей — LNCMI (г. Гренобль, Франция). Исследование органического сверхпроводника κ-(BEDT-TTF)$_2$Cu(NCS)$_2$ проводилось методом ядерного магнитного резонанса на атомах ^{13}C, причём сверхпроводник был специально изготовлен с использованием этого изотопа. Образец облучался последовательностью импульсов, и по спиновому эху находилось время спиновой релаксации. Максимумы зависимости времени релаксации от магнитного поля свидетельствовали о наличии состояний Андреева и FFLO-фазы. Ранее FFLO-фаза наблюдалась лишь косвенным методом по фазовой диаграмме сверхпроводника. Возможно, что FFLO-фаза может возникать в веществе нейтронных звёзд, у которых, как полагают, имеется и сверхпроводимость, и сильные магнитные поля. Кроме того, FFLO-фаза может найти практические применения в спинтронике.

Источник: *Nature Physics* **10** 928 (2014); http://arxiv.org/abs/1409.0786

3. Газ диполярных молекул

T. Takekoshi (Университет Инсбрука, Австрия) и др. получили и исследовали ультрахолодный газ молекул ^{87}Rb^{133}Cs в нижнем состоянии гипертонкого расщепления их энергетических уровней. Молекулы ^{87}Rb^{133}Cs получались путём магнитоассоциации в ультрахолодной смеси газов ^{87}Rb и ^{133}Cs в магнитном поле. Переходы молекул между уровнями вызывались с помощью излучения лазера со специально подобранными частотами методом стимулированного адиабатического рамановского прохождения. С эффективностью 90 % газ удавалось перевести в низшее из состояний гипертонкого расщепления, причём контроль состояния осуществлялся с помощью магнитного поля. Диполярная природа молекул ^{87}Rb^{133}Cs была показана по характерному квадратичному смещению частот переходов в зависимости от электрического поля. В эксперименте также была исследована и подтверждена хорошая устойчивость диполярных молекул ^{87}Rb^{133}Cs в низшем энергетическом состоянии по отношению к парным столкновениям в газе.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **113** 205301 (2014)
http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.205301

4. Магнитное зеркало для ИК-диапазона

Как правило, отражение излучения от зеркала происходит за счёт взаимодействия вектора электрического поля падающей электромагнитной волны с электрическими зарядами в веществе. S. Liu (Sandia National Laboratories, США) и др. создали неметаллическое зеркало для ИК-диапазона, в котором взаимодействие с веществом зеркала испытывает не электрическое, а магнитное поле волны. Если в первом случае при отражении происходит обращение фазы, то при магнитном взаимодействии фаза отражённой волны совпадает с фазой падающей волны, что впервые продемонстрировано в эксперименте. Магнитные зеркала на основе метаматериалов ранее уже создавались из металлических и кремниевых элементов, но у них были очень большие потери при отражении, и в экспериментах не проводилась прямая проверка изменения фазы. S. Liu и др. изготовили новый метаматериал, состоящий из двумерного массива приблизительно кубических субволновых микрорезонаторов из диэлектрика с малыми потерями (теллура) на подложке BaF_2. Для измерений применялась методика "time-domain spectroscopy", основанная на отражении излучения лазера от образца и сравнения отражённого света с опорным лучом при их смешивании в кристалле GaSe. Часть поверхности того же образца была покрыта слоем золота, что позволило напрямую сравнить отражательные свойства магнитного и обычного зеркала и установить различие в фазах отражённых волн. При отражении от метаматериала фаза не изменялась, что свидетельствовало о магнитном характере отражения. Подобные магнитные зеркала перспективны для создания чувствительных химических сенсоров и термодатчиков.

Источник: *Optica* **1** 250 (2014); http://arxiv.org/abs/1403.1308

5. Чёрная дыра звёздной массы в ультраярком рентгеновском источнике

Вероятными объяснениями природы ультраярких рентгеновских источников, наблюдаемых в галактиках, считается аккреция вещества на чёрные дыры промежуточных масс ($\geqslant 10^2 M_\odot$) или аккреция в сверхэддингтоновском режиме на чёрные дыры звёздных масс. Часть ультраярких источников излучает по первому механизму (например, источник X-1 в галактике M82), а некоторые — по второму, как показано в новом исследовании источника P13 в галактике NGC 779311, выполненном C. Motch (Страсбургский университет, Франция) и др. Использовались данные рентгеновских и оптических телескопов, полученные на протяжении нескольких лет. Объект P13 представляет собой двойную систему с орбитальным периодом 64 суток, состоящую из звезды-сверхгиганта с массой $(18-23)M_\odot$ и чёрной дыры. Большая светимость и форма спектра P13 являются типичными для ультраярких рентгеновских источников. Путём моделирования оптических и УФ-модуляций излучения, возникающих из-за рентгеновского нагрева звезды, получено, что масса чёрной дыры составляет не более $15M_\odot$. Таким образом, этот ультраяркий рентгеновский источник относится к классу источников с чёрной дырой звёздных масс, хотя его рентгеновская светимость примерно в два раза превышает эддингтоновскую светимость.

Источник: *Nature* **514** 198 (2014); http://arxiv.org/abs/1410.4250

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