

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET
(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90.+g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2017.04.038123>

1. Экспериментальная реализация дискретно-временного кристалла

М.Д. Лукин (Гарвардский университет, США) и его коллеги впервые продемонстрировали в эксперименте дискретно-временной кристалл, характеристики которого повторяются через равные интервалы времени, подобно тому как свойства обычных кристаллов периодичны в пространстве. Временные кристаллы были предсказаны теоретически Ф. Wilczek, хотя первоначальная идея, относящаяся к системам в тепловом равновесии, оказалась физически нереализуемой. Но позже было показано, что в неравновесной системе с накачкой дискретно-временной кристалл создать можно. Именно такая система была исследована в эксперименте М.Д. Лукина и его коллег. Дискретно-временной кристалл был реализован в системе азото-замещённых вакансий в кристалле алмаза при комнатной температуре. Наблюдались коллективные осцилляции спинов вакансий с периодами, равными двум и трём периодам следования микроволновых импульсов накачки. Независимо дискретно-временной кристалл был получен другой группой исследователей — J. Zhang (Мэрилендский университет и Национальный институт стандартов и технологий, США) и др. — в цепочке захваченных в ловушку ионов.

Источники: *Nature* **543** 217, 221 (2017)
<https://doi.org/10.1038/nature21413>
<https://doi.org/10.1038/nature21426>

2. Бозе-эйнштейновский конденсат с отрицательной эффективной массой

Эффективная масса квазичастицы или иной подсистемы выражается через вторую производную её энергии по импульсу $m_{\text{eff}} = (\partial^2 \epsilon / \partial p^2)^{-1}$, и на некоторых участках дисперсионного соотношения $\epsilon(p)$ эффективная масса m_{eff} может быть отрицательной, тогда как плотность вещества при этом остаётся положительной. Ранее отрицательная m_{eff} уже была реализована в ряде систем со спин-орбитальной связью атомов. М.А. Khamelchi (Университет штата Вашингтон, США) и др. в своём эксперименте показали, что отдельные участки бозе-эйнштейновского конденсата атомов ^{87}Rb также могут иметь $m_{\text{eff}} < 0$. Спин-орбитальное взаимодействие создавалось с помощью лазерного излучения, которое когерентно связывало атомные уровни $|F, m_F\rangle = |1, -1\rangle$ и $|1, 0\rangle$. В области отрицательной m_{eff} наблюдалось нарушение галилеевской ковариантности, когда направление ускорения части конденсата было противоположно действию силы, создаваемой потенциалом ловушки. При таком асимметричном разлёте происходило явление самозахвата — преобладание сжатия над общим расширением. Экспериментальные данные хорошо описываются уравнением Гросса – Питаевского, решение которого помогло прояснить роль отрицательной m_{eff} в наблюдаемых явлениях. В частности, она ответственна за ударные волны и последовательности солитонов, уносящих энергию через границу конденсата.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 155301 (2017)
<https://arxiv.org/abs/1612.04055>

3. Однородный ферми-газ в оптической ловушке

Неоднородность газа в атомных ловушках затрудняет наблюдение ряда тонких эффектов, которые должны иметь место в однородном случае. В. Mukherjee (Массачусетский технологический институт, США) и др. получили однородный ферми-газ ультрахолодных атомов ^6Li , используя захватывающий потенциал специальной формы. Стенки ловушки создавались лазерным лучом в форме полой трубки, которая была ограничена двумя поперечными сечениями, формируемыми дополнительными лучами. Сила гравитации компенсировалась с помощью магнитного поля, так что атомы свободно левитировали. В таком гибридном потенциале захваченный газ был с хорошей точностью однородным. Это позволило выполнить наблюдение

явлений, которые зачастую недоступны для изучения в неоднородных системах. Так, в распределении по импульсам спин-поляризованных атомов наблюдалось насыщение чисел заполнения частиц в импульсном пространстве — блокада Паули. Измерение сжимаемости показало сверхтекучий переход в спиново-сбалансированном ферми-газе и сильное притяжение в полярном режиме.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **118** 123401 (2017)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.123401>

4. Оптическая антенна в рентгеновском детекторе

Создание сцинтилляционных рентгеновских детекторов малого размера затrudнительно из-за низкого выхода фотонов. В новом устройстве, которое продемонстрировали Т. Grosjean (Университет Бургундии – Франш-Конте, Франция) и его коллеги, эта трудность преодолевается тем, что сцинтиллятор соединяется с оптоволоконном и фотодетектором не непосредственно, а через микроскопическую антенну, работающую в оптическом диапазоне. Рупорная диэлектрическая антенна была создана на конце одномодового оптоволоконка методом фотополимеризации. Раструб антенны обращён в сторону оптоволоконка диаметром 125 мкм, а с обратной стороны антенны прикреплялся кусочек сцинтиллятора. Снаружи устройство покрыто тонким слоем алюминия, который пропускает рентгеновские лучи, но хорошо отражает фотоны оптического диапазона. Благодаря такой конструкции большая часть оптических фотонов, которые образуются в сцинтилляторе под влиянием рентгеновского излучения, попадают в оптоволоконно и затем регистрируются фотодетектором. Минимальный поток рентгеновского излучения, который удавалось зарегистрировать, составляет $\sim 10^3$ фотонов $\text{с}^{-1} \text{мкм}^{-2}$. Новый детектор может найти важные практические применения. Например, он может быть смонтирован на эндоскопе и выполнять роль ультракомпактного рентгеновского дозиметра при радиотерапии. Об оптических наноантеннах см. в обзоре А.Е. Краснока и др. в *УФН* **183** 561 (2013).

Источник: *Optics Letters* **42** 1361 (2017)
<https://doi.org/10.1364/OL.42.001361>

5. Избыток гамма-излучения из центра Галактики

В ряде работ было отмечено, что поток гамма-излучения из центра нашей Галактики, измеренный космическим гамма-телескопом Fermi-LAT, при энергиях в несколько ГэВ превышает тот поток, который ожидался в обычных моделях генерации гамма-излучения космическими лучами при их взаимодействии с межзвёздным газом и излучением. Одним из объяснений избытка гамма-излучения является аннигиляция частиц тёмной материи. Fermi-LAT продолжает наблюдение центра Галактики, и в новом анализе данных, накопленных за 6,5 лет, учтена неопределённость в интенсивности фоновых излучений, в потоках космических лучей и в долях их распространения. Кроме того, учитывался возможный вклад пузырей Ферми — гигантских диффузных гамма-источников, находящихся по обе стороны от диска Галактики. Даже с учётом этих неопределённостей избыток гамма-излучения из центра Галактики остаётся статистически значимым. Обнаружено, что сигнал от контрольных областей вдоль диска Галактики, в которых плотность тёмной материи должна быть мала, также показывает избыток гамма-излучения, поэтому аннигиляция может быть не единственным источником избытка. Коллаборация Fermi-LAT, используя имеющиеся данные в качестве предела сверху на возможный аннигиляционный сигнал, получила новые ограничения на сечение аннигиляции частиц тёмной материи.

Источник: <https://arxiv.org/abs/1704.03910>

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