

1. Теория высокотемпературной сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера – Шриффера (БКШ) успешно объясняет сверхпроводимость простых металлов, однако в её рамках не удаётся пока описать высокотемпературные сверхпроводники-купраты. Исследователи из Иллинойского университета в Урбане-Шампейне (США) P.W. Phillips, L. Yeo и E.W. Huang разработали новую теорию [1], объясняющую на микроуровне сверхпроводимость купратов. Купраты относятся к изоляторам Мотта с допированием. Авторы применили для их описания модель Natsugai – Kohmoto, являющуюся модификацией модели Хаббарда, и нашли новые точные решения. Был идентифицирован механизм, играющий роль куперовского спаривания в теории БКШ, и обнаружена неустойчивость, соответствующая сверхпроводящему состоянию. Показано, что отношение температуры перехода к энергетической щели больше, а плотность сверхтекучей компоненты меньше, чем в теории БКШ. Модель также объясняет наблюдаемое в эксперименте повышенное поглощение купратами излучения на низких частотах. Обсуждение некоторых моделей высокотемпературных сверхпроводников см. в [2–4].

2. Магнитные солитоны. G. Lamporesi (Университет Тренто и Институт фундаментальной физики и прикладных исследований Тренто (Италия)) и его коллеги изучили магнитные солитоны в конденсате Бозе–Эйнштейна [5]. Атомы ^{23}Na в гибридной ловушке с помощью микроволновых импульсов переводились в смесь компонентов с противоположными направлениями спина. Затем путём возмущения потенциала на краю ловушки создавались движущиеся магнитные солитоны, в которых фаза намагниченности дважды изменялась на π . Была исследована бездиссипативная динамика солитонов, в том числе их колебания. Также наблюдались парные столкновения солитонов с одинаковой и противоположной намагниченностью. Результаты измерений хорошо соответствуют теоретическому описанию, представленному в работе [6]. Независимое наблюдение магнитных солитонов выполнено также в работе [7]. О солитонах в ультрахолодных газах см. в [8].

3. Локальный характер эффекта Ааронова – Бома. Эффект Ааронова – Бома обычно рассматривается как пример нелокального явления: заряд приобретает фазу при обходе соленоида, пролетая через область с нулевым электромагнитным полем. Однако C. Marletto и V. Vedral (Оксфордский университет (Великобритания), Национальный университет Сингапура и Институт научного обмена (Италия)) установили [9], что при последовательном квантово-механическом рассмотрении набор фазы имеет локальный характер, т.е. фаза набирается от точки к точке по мере движения частицы. Развивая подход, предложенный в [10], они показали, что необходимо квантовать как движение заряда, так и электромагнитное поле соленоида. Квантованное поле уже не будет равно нулю вне соленоида (нулевое лишь его среднее ожидание), поэтому заряд взаимодействует с фотонами и набирает квантовую фазу постепенно. Также предложена идея эксперимента, в котором можно проверить полученный в работе вывод с помощью квантовой томографии состояния заряда.

4. Обратная квантовая эволюция. Ранее в эксперименте с простейшим квантовым компьютером уже было продемонстрировано обращение по времени квантовой эволюции [11]. А.В. Лебедев (МФТИ) и В.М. Винокур (Аргоннская национальная лаборатория и Чикагский университет (США)) в своей теоретической работе [12] описали метод, позволяющий вызвать обратную эволюцию системы, даже не зная её начального состояния, которое может быть смешанным квантовым состоянием. Для этого необходимо создать вторую систему, описываемую тем же гамильтонианом, и

одновременно с квантовыми операциями над исследуемой системой выполнять определённые операции над вспомогательной. Термализация системы в конце эволюции вызывает обратную последовательность квантовых переходов и переводит систему в состояние с той же матрицей плотности, что была вначале.

5. Восстановление квантовой информации. Исследователи из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) B. Yan и N.A. Sinitsyn разработали новый метод восстановления квантовой информации, которая была повреждена при измерении [13]. Для этого нужно знать определённые корреляторы, взятые в различные моменты времени, а также вызвать обратную эволюцию системы. Частичное моделирование этого алгоритма на 5-кубитовом квантовом процессоре IBM показало, что при его выполнении декогеренция остаётся на низком уровне. Благодаря тому что локальное повреждение квантовой информации не приводит к катастрофическому нарастанию повреждения (в квантовой области отсутствует "эффект бабочки"), повреждённая квантовая информация в значительной мере поддаётся восстановлению.

6. Первичная чёрная дыра в Солнечной системе? Недавно в движении ледяных тел на расстоянии 300–1000 а.е. от Солнца были отмечены аномалии, которые можно объяснить наличием там 9-й планеты с массой 5–15 масс Земли. Одновременно телескопом OGLE наблюдаются события микролинзирования, которые могли быть вызваны компактными объектами с массами 0,5–20 масс Земли. Эти объекты могут быть планетами, свободно летающими в межзвёздном пространстве. J. Scholtz (Даремский университет, Великобритания) и J. Unwin (Иллинойский университет в Чикаго, США) высказали альтернативную гипотезу [14], что в обоих случаях компактными объектами являются не планеты, а первичные чёрные дыры (ПЧД). Авторы показали, что захват ПЧД в Солнечную систему, если они существуют в количестве, которое даёт OGLE, является столь же вероятным, как и захват планет. В этом случае на окраине Солнечной системы может находиться не 9-я планета, а ПЧД. Такую ПЧД можно обнаружить по аннигиляции частиц тёмной материи, которые должны формировать вокруг ПЧД плотный сгусток. О ПЧД см. в [15].

Список литературы

- Phillips P W, Yeo L, Huang E W *Nature Physics*, онлайн-публикация от 27.07. 2020 г.; <https://doi.org/10.1038/s41567-020-0988-4>
- Изыумов Ю А, Плакида Н М, Скрыбин Ю Н *УФН* **159** 621 (1989); Izyumov Yu A, Plakida N M, Skryabin Yu N *Sov. Phys. Usp.* **32** 1060 (1989)
- Максимов Е Г *УФН* **170** 1033 (2000); Maksimov E G *Phys. Usp.* **43** 965 (2000)
- Вальков В В и др. *УФН* **191** (2021); Val'kov V V et al. *Phys. Usp.* **64** (2021) <https://doi.org/10.3367/UFNe.2020.08.038829>
- Farolfi A et al. *Phys. Rev. Lett.* **125** 030401 (2020); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.030401>
- Qu C, Pitaevskii L P, Stringari S *Phys. Rev. Lett.* **116** 160402 (2016)
- Chai X et al. *Phys. Rev. Lett.* **125** 030402 (2020); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.030402>
- Питаевский Л П *УФН* **186** 1127 (2016); Pitaevskii L P *Phys. Usp.* **59** 1028 (2016)
- Marletto C, Vedral V *Phys. Rev. Lett.* **125** 040401 (2020); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.040401>
- Vaidman L *Phys. Rev. A* **86** 040101(R) (2012)
- Lesovik G B, Sadovskyy I A, Suslov M V, Lebedev A V, Vinokur V M *Sci. Rep.* **9** 4396 (2019)
- Lebedev A V, Vinokur V M *Commun. Phys.* **3** 129 (2020); <https://doi.org/10.1038/s42005-020-00396-0>
- Yan B, Sinitsyn N A *Phys. Rev. Lett.* **125** 040605 (2020); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.040605>
- Scholtz J, Unwin J *Phys. Rev. Lett.* **125** 051103 (2020); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.051103>
- Долгов А Д *УФН* **188** 121 (2018); Dolgov A D *Phys. Usp.* **61** 115 (2018)