

1. Реакция синтеза $p^{11}B$ в стеллараторе. В реакции ядерного синтеза $p^{11}B \rightarrow 3\alpha + 8,7$ МэВ участвуют распространённые в природе элементы, и на выходе нет нейтронов, поэтому данная реакция очень привлекательна для применения в термоядерной энергетике. Однако для её протекания требуется в 30 раз более высокая температура, чем в дейтерий–третий схеме. Из-за этого возникает мощное электромагнитное излучение плазмы, препятствующее положительному выходу энергии. Теоретические расчёты тем не менее показали, что если нарушить тепловое равновесие электронов и положительных ионов, уменьшив электронную температуру, то радиационные потери можно понизить. До сих пор реакция $p^{11}B$ наблюдалась только в плазме, производимой мощными лазерными импульсами, и на ускорителях. R.M. Magese (Национальный институт термоядерных исследований, Япония и TAE Technologies, США) и соавторы впервые продемонстрировали реакцию $p^{11}B$ в плазме с магнитным удержанием [1]. В сверхпроводящий стелларатор LHD (Large Helical Device) бор поступал в виде порошка в тлеющем разряде (процесс боронизации плазмы) и концентрировался вблизи ядра удерживаемой плазмы. Туда же инжектировались протоны с высокой энергией. Ядерные реакции регистрировались кремниевым детектором по всплескам потока альфа-частиц. Для практического применения реакции $p^{11}B$ в реакторе потребуются решение ещё многих сложных технических проблем.

2. Сверхпроводимость гидрида при комнатной температуре. Ряд данных указывает на то, что гидриды могут иметь высокую температуру сверхпроводящего перехода T_c , и уже была обнаружена сверхпроводимость CaH_6 с $T_c = 220–235$ К при давлении 150 ГПа. Наряду с повышением T_c , актуальной является задача понижения давления, при котором возникает высокотемпературная сверхпроводимость. В качестве перспективного метода рассматривалось допирование, повышающее стабильность атомной решётки. Новый эксперимент N. Dasenbrock-Gammon (Рочестерский университет, США) и соавторов подтвердил это ожидание [2]. В гидриде лютетия, допированном азотом, наблюдалась сверхпроводимость при комнатной температуре $T_c = 294$ К (21 °C) и давлении всего в 10 кбар. Наличие сверхпроводимости было показано несколькими способами: по отсутствию электрического сопротивления, по поведению магнитной восприимчивости и теплоёмкости и др. Структура допированного азотом гидрида лютетия пока полностью не выяснена. Для её понимания требуется исследование методом нейтронной дифракции. Получение комнатотемпературной сверхпроводимости является одной из наиболее актуальных задач современной физики [3]. О неоднозначных результатах в исследовании сверхпроводимости углеродистого гидрида серы см. [4].

3. Локализация света в муаровой решётке. Муаровые решётки — это структуры, создаваемые идентичными подрешётками, повернутыми в своей плоскости на некоторый угол по отношению друг к другу. В системах с атомными слоями в виде муаровых решёток была открыта необычная сверхпроводимость и другие интересные эффекты. А.А. Архипова (Институт спектроскопии РАН и Факультет физики НИУ ВШЭ) и соавторы впервые продемонстрировали фотонную муаровую решётку, созданную с помощью фемтосекундного лазера [5]. Муаровая решётка ограничивалась квадратной областью, что позволило изучать краевые возбуждения как в линейном, так и в нелинейном режимах для различных ориентаций первичной решётки. Было обнаружено, что муаровая решётка поддерживает линейные моды, локализованные в углах

и по краям решётки со слабым фоном внутри, и наблюдался переход от линейных квазилокализованных состояний к поверхностным солитонам, возникающим при более высоких интенсивностях света.

4. Временное отражение. Обычное отражение сигналов происходит от пространственной границы между средами с разными свойствами. Однако теоретически рассматривался вариант "временного отражения" после синхронного изменения свойств однородной среды. В этом случае отражение происходит не на пространственной, а на временной границе. Ранее похожий эффект наблюдался лишь для монохроматических сигналов, когда свойства среды модулировались другим сигналом с удвоенной частотой. Н. Moussa (Нью-Йоркский университет, США) и соавторы впервые продемонстрировали эффект временного отражения для широкополосных электромагнитных сигналов [6]. Для этого использовался метаматериал — большой массив микрочипов, одновременно подключающих дополнительные конденсаторы, изменяя тем самым электрические свойства среды. В результате входящий сигнал разделялся на отражённый и проходящий сигналы с преобразованием частот. Применение двух таких метаматериалов позволило наблюдать интерференцию проходящих и отражённых во времени сигналов.

5. Чёрные дыры и космология. В теории гравитации существуют модели несингулярных чёрных дыр (ЧД), массы которых увеличиваются благодаря расширению Вселенной. D. Farrar (Гаванский университет, США) и соавторы выполнили проверку данной гипотезы о росте массы для ЧД в ядрах галактик на красных смещениях $0 \leq z \leq 2,7$ [7]. Были найдены свидетельства того, что массы ЧД за это время действительно увеличились по отношению к звёздным массам галактик в 8–20 раз, причём весь рост сложно объяснить аккрецией газа. Если предположить зависимость массы ЧД от масштабного фактора Вселенной в степенном виде $M \propto a^k$, то $k = 3,11^{+1,19}_{-1,33}$. При $k \simeq 3$ внутренняя часть пространства — времени таких ЧД под горизонтом может определяться некоторой разновидностью тёмной энергии [8–10]. Ещё одной интересной возможностью является объяснение ускоренного расширения Вселенной ростом массы всех ЧД, в том числе образовавшихся в результате звёздной эволюции. Авторы [7] показали, что увеличение массы ЧД по закону $M \propto a^k$ с $k \simeq 3$ может создать имитацию присутствия во Вселенной тёмной энергии, приводящей к ускоренному расширению. Для проверки этой модели необходимы дальнейшие исследования на более обширном статистическом материале.

Список литературы

1. Magese R M et al. *Nat. Commun.* **14** 955 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36655-1>
2. Dasenbrock-Gammon N et al. *Nature* **615** 244 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05742-0>
3. Гинзбург В Л *УФН* **174** 1240 (2004); Ginzburg V L *Phys. Usp.* **47** 1155 (2004)
4. Садаков А В, Соболевский О А, Пудалов В М *УФН* **192** 1409 (2022); Sadakov A V, Sobolevsky O A, Pudalov V M *Phys. Usp.* **65** 1313 (2022)
5. Arkhipova A A et al. *Phys. Rev. Lett.* **130** 083801 (2023); arXiv:2301.02090, <https://arxiv.org/abs/2301.02090>
6. Moussa H et al. *Nat. Phys.* (2023) <https://doi.org/10.1038/s41567-023-01975-y>, published online: 13 March 2023
7. Farrar D et al. *Astrophys. J. Lett.* **944** L31 (2023); arXiv:2302.07878, <https://arxiv.org/abs/2302.07878>
8. Глинер Э Б *ЖЭТФ* **49** 542 (1965); Gliner É B *Sov. Phys. JETP* **22** 378 (1966)
9. Dymnikova I *Gen. Relat. Gravit.* **24** 235 (1992)
10. Глинер Э Б *УФН* **172** 221 (2002); Gliner E B *Phys. Usp.* **45** 213 (2002)