

О статье "Сверхтекучесть в системах с фермионным конденсатом"
(В. А. Ходель, В. Р. Шагинян, (1990))

В. А. Ходель^{1,2} and В. Р. Шагинян³

¹НИИЦ "Курчатовский институт Москва, 123182

²McDonnell Center for the Space Sciences & Department of Physics,
Washington University, St. Louis, MO 63130, USA

³НИИЦ "Курчатовский институт Петербургский институт
ядерной физики им. Б.П. Константинова, Гатчина, 188300

В статье, опубликованной более 25 лет назад, был введен новый тип фазового перехода и заложен фундамент теории сильно коррелированных ферми-систем, где теория Ландау перестает работать [1]. Фазовый переход происходит, когда эффективная масса квазичастиц расходится, $M^* \rightarrow \infty$, а сами фермионы становятся тяжелыми. За точкой перехода возникает фермионный конденсат (ФК): энергия $\varepsilon(p)$ квазичастиц с импульсами $p_i < p < p_f$ равна химическому потенциалу μ , и спектр становится плоским; здесь $p_i < p_f < p_f$ и p_f является ферми-импульсом [1]. Главное отличие новой теории от стандартной заключалось в том, что в ней импульсное распределение квазичастиц $n(p)$ не совпадает с их распределением в идеальном ферми-газе, а находится из вариационного условия $\delta E(n)/\delta n(p) = \mu$, что является естественным следствием идеи Ландау, что энергия E ферми-системы является функционалом ее квазичастичного распределения $n(p)$. Исследования Г. Е. Волоника показали, что системы с ФК представляют новый класс ферми-жидкостей, характеризуемый особым топологическим зарядом, что обеспечивает устойчивость этих систем по отношению к возмущениям [2–4]. Дальнейшие исследования показали, что ФК появляется в 1D фермионах, захваченных в ядрах квантованных вихрей и возникающих, например, в сверхтекучем ^3He , и ФК приводит к сверхпроводимости при комнатной температуре [3, 4]. Свойства ФК были рассмотрены П. Нозьером: он привел соображения, что время жизни τ квазичастиц безнадежно мало, он же показал, как следует изучать поведение ФК при конечных температурах T [5]; вместе с тем, дальнейшие исследования продемонстрировали, что $\tau \propto 1/T$, и квазичастицы хорошо определены [6, 7].

В результате, теория ФК позволила объяснить многочисленные экспериментальные данные, относящиеся к сильно коррелированным ферми-системам, представленными металлами с тяжелыми фермионами и высокотемпературными сверхпроводниками [4, 8, 9], спиновыми квантовыми жидкостями [10], квазикристаллами [11] и двумерными ферми-системами [12, 13]. Сильно коррелированные ферми-системы ведут себя настолько необычно, что возникает необходимость пересмотреть многие разделы традиционной физики твердого тела и жидкостей. Есть эффекты, отсутствующие в физике конденсированного состояния. Например, нарушение симметрии квазичастица-дырка, асимметрия в туннельной проводимости, обнаруженная в измерениях на металлах с тяжелыми фермионами, нарушение закона Видемана-Франца. Теория позволила выявить одинаковое скейлинговое поведение в различных сильно коррелированных ферми-системах и сделать вывод, что в этих системах реализуется новое состояние вещества. Таким образом в рамках теории ФК возникает неожиданно простое и одновременно хорошее описание сильно коррелированных ферми-систем [1–14].

-
- [1] V. A. Khodel and V. R. Shaginyan, JETP Lett. **51**, 553 (1990).
 - [2] G. E. Volovik, JETP Lett. **53**, 222 (1991).
 - [3] G. E. Volovik, JETP Lett. **59**, 830 (1994).
 - [4] G. E. Volovik, Phys. Scr. T **164**, 014014 (2015).
 - [5] P. Nozières, J. Phys. I France **2**, 443 (1992).
 - [6] V. A. Khodel, V. R. Shaginyan, and P. Shuck, JETP Lett. **63**, 752 (1996).
 - [7] J. W. Clark, V. A. Khodel, and M. V. Zverev, Phys. Rev. B **71**, 012401 (2005).
 - [8] V. A. Khodel, V. R. Shaginyan, and V. V. Khodel, Phys. Rep. **249**, 1 (1994).
 - [9] V. R. Shaginyan, M. Ya. Amusia, A. Z. Msezane, and K. G. Popov, Phys. Rep. **492**, 31 (2010).
 - [10] V. R. Shaginyan, A. Z. Msezane, and K. G. Popov, Phys. Rev. B **84**, 060401(R) (2011).
 - [11] V. R. Shaginyan, A. Z. Msezane, and K. G. Popov, G. S. Japaridze, and V. A. Khodel, Phys. Rev. B **87**, 245122 (2013).
 - [12] V. R. Shaginyan, A. Z. Msezane, K. G. Popov, and V. A. Stephanovich, Phys. Rev. Lett. **100**, 096406 (2008).
 - [13] A. A. Shashkin, V. T. Dolgoplov, J. W. Clark, V. R. Shaginyan, M.V. Zverev, and V. A. Khodel, Phys. Rev. Lett. **112**, 186402 (2014).
 - [14] M. Ya. Amusia, K. G. Popov, V. R. Shaginyan, and V. A. Stephanovich, Theory of Heavy-Fermion Compounds — Theory of Strongly Correlated Fermi-Systems, Springer Series in Solid-State Sciences **182**, (2014).