

## К 75-летию открытия сверхтекучести

8 января 1938 г. в журнале «Nature» были опубликованы две статьи — П.Л. Капицы «*Viscosity of liquid helium below the  $\lambda$ -point*» (полученная 3 декабря 1937 г.) и A.F. Allen and A.D. Misener «*Flow of liquid helium-II*» (полученная 22 декабря 1937 г.). В обеих статьях речь идет об аномальной вязкости жидкого  $^4\text{He}$  ниже  $\lambda$ -точки ( $\sim 2,17\text{ K}$ ), когда гелий может протекать без трения через узкие щели или капилляры. П.Л. Капица назвал это явление сверхтекучестью по аналогии с известной уже тогда сверхпроводимостью, интуитивно чувствуя родство этих двух явлений. У истоков теории сверхтекучести стояли F. London и L. Tisza, а наиболее полное последовательное феноменологическое объяснение этого явления впервые было дано Л.Д. Ландау в 1941 г. на основе применения квантовых закономерностей к макроскопическим системам.

Вначале казалось, что сверхтекучесть — свойство только бозе-систем, к которым относится  $^4\text{He}$ . В дальнейшем оказалось, что и ферми-системы демонстрируют сверхтекучесть, если в них по тем или иным причинам возникают возбуждения бозевского типа с целочисленным спином. Явление сверхтекучести обычно связывают с образованием бозе-конденсата, т.е. с конденсацией макроскопического количества частиц в основном состоянии бозе-системы. Можно сказать, что сверхтекучесть — явление, которое включает в себя как частный случай другое сверхявление — сверхпроводимость, которую часто определяют как сверхтекучесть электронной жидкости в проводниках, вызванную возникновением куперовских пар носителей заряда. При этом возможна сверхпроводимость, связанная

как с синглетным (нулевой спин) спариванием в «классических» сверхпроводниках, так и сверхпроводимость с более сложным типом спаривания с ненулевым спином в высокотемпературных сверхпроводниках. Несинглетная сверхтекучесть в фермиевской системе еще до обнаружения ВТСП была открыта в 1972 г. в жидком  $^3\text{He}$ , атомы которого обладают полуцелым ядерным спином. Оказалось, что существуют две фазы сверхтекучего  $^3\text{He}$  (в магнитном поле — три), что связано со спецификой триплетного спаривания атомов  $^3\text{He}$  и формирования их куперовских пар с ненулевыми спином и угловым моментом.

Открытие сверхтекучести сыграло большую роль во всей современной физике. В различных формах это явление проявляется во многих квантовых макроскопических системах в физике твердого тела и ядерной физике. В последние десятилетия идеи сверхтекучести оказались весьма плодотворными в космологии, в частности при описании нейтронных звезд. Поиск новых систем, в которых может наблюдаться сверхтекучесть, привлекает внимание к атомарным газам легких элементов, где предсказывается образование бозе-эйнштейновского конденсата и возникновение сверхтекучего состояния. Нельзя не упомянуть также дискуссионную пока проблему supersolidity, связанную с возможностью сочетания сверхтекучести с кристаллическим порядком в твердом  $^4\text{He}$ .

Свойства сверхтекучих систем оказались очень интересными и необычными. Речь идет о многообразии волновых процессов, образовании квантованных вихрей и квантовой турбулентности, своеобраз-

ных низкоразмерных состояниях и поверхностных явлениях, поведении примесных частиц в сверхтекучей среде. Сверхтекучий гелий способствует образованию специфических заряженных систем как в его объеме, так и в особенности на его поверхности, где возникают получившие широкую известность двумерные и квазидномерные системы поверхностных электронов.

В данном специальном выпуске журнала «Физика низких температур», посвященном 75-летию открытия сверхтекучести, представлены экспериментальные и теоретические работы, выполненные в разных лабораториях мира и представляющие различные аспекты современной физики сверхтекучести. Речь идет о продолжающемся исследовании новых свойств и явлений в сверхтекучих фазах  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$ , о сверхтекучести в условиях ограниченной геометрии и пониженной размерности, о квантованных вихрях и турбулентности в сверхтекучей жидкости, о заряженных частицах над поверхностью гелия и в самой жидкости. Представлен также обзор, посвященный связи сверхтекучести с бозе-эйнштейновской конденсацией для различных систем: от  $^4\text{He}$  до разреженного ультрахолодного газа атомов щелочных металлов. В связи с продолжающимся поиском и исследованием новых сверхтекучих систем в спецвыпуск включен обзор свойств спин-поляри-

зованного водорода, анализ сверхтекучих состояний в ядерной материи, а также работа по исследованию твердого гелия в области «суперсолид».

Специальный выпуск содержит обзорные и оригинальные статьи, посвященные различным аспектам современной физики сверхтекучести в различных средах. Ввиду ограниченности объема ежемесячного выпуска журнала «Физика низких температур» и для удобства читателей поступившие статьи разделены между двумя выпусками согласно тематическим рубрикам.

В выпуске 9 помещены статьи, соответствующие рубрикам:

— *Сверхтекучесть и бозе-эйнштейновская конденсация;*

— *Сверхтекучий  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$ ;*

— *Сверхтекучесть в низкоразмерных системах и в условиях ограниченной геометрии.*

В выпуске 10 представлены статьи, тематика которых относится к рубрикам:

— *Квантованные вихри и турбулентность;*

— *Электроны и ионы над/в сверхтекучем гелии;*

— *Поиск новых сверхтекучих систем.*

Э.Я. Рудаковский,

С.С. Соколов