

К 100-летию ожижения гелия

100 лет назад профессор Лейденского университета в Голландии лауреат Нобелевской премии Г. Камерлинг Оннес впервые получил жидкий гелий, достигнув тем самым температуры 4,2 К. Это знаменательное событие фактически явилось той вехой, от которой начинается отсчет современной физики низких температур. Ожижение гелия, с одной стороны, сделало доступной новую область температур от нескольких кельвинов вплоть до абсолютного нуля. С другой стороны, получение жидкого гелия положило начало новому фундаментальному направлению, связанному с изучением необычных свойств конденсированных фаз самого гелия.

Дальнейшее развитие физики низких температур показало, что проблема гелия является очень интересной, актуальной и многогранной. Жидкий гелий — единственная в природе квантовая жидкость, где квантовые эффекты проявляются раньше, чем жидкость затвердевает. При этом оба стабильных изотопа гелия — ^4He и ^3He — при низких температурах образуют квантовые жидкости, однако различной физической природы. Жидкость, состоящая из атомов ^4He , т.е. из частиц, подчиняющихся статистике Бозе, образует квантовую жидкость бозевского типа, обладающую необычными свойствами. Ключом к пониманию этих свойств служит явление сверхтекучести, открытое 70 лет назад в Москве лауреатом Нобелевской премии П.Л. Капицей. Последовательная теория сверхтекучести была построена еще одним Нобелевским лауреатом Л.Д. Ландау, который установил связь между явлением сверхтекучести и квантовыми свойствами жидкого гелия.

Другой стабильный изотоп гелия ^3He образует квантовую жидкость фермиевского типа, во многом напоминающую свойства электронной системы в металлах. Оказалось, что по аналогии с образованием электронных куперовских пар в сверхпроводящих металлах в жидком ^3He также могут образовываться куперовские пары, которые состоят из атомов ^3He , что приводит к сверхтекучести ^3He . После длительных поисков сверхтекучесть ^3He была обнаружена 35 лет назад Д. Ошеровым, Р. Ричардсоном и Д. Ли в области милликельвиновых температур. Эта работа также была отмечена Нобелевской премией.



Г. Камерлинг Оннес (1853–1926 гг.).

Портрет нарисован его племянником (1922 г.)

Особый класс квантовых жидкостей образуют растворы изотопов гелия ^3He – ^4He , в которых одновременно присутствуют элементарные возбуждения, подчиняющиеся различным статистикам. Кроме фундаментального интереса, такая система позволила реализовать наиболее эффективный метод получения сверхнизких температур, основанный на растворении ^3He в ^4He .

В проблеме гелия отдельное место занимает твердый гелий, который является наиболее ярким представителем квантовых кристаллов. Под влиянием больших нулевых колебаний примеси и дефекты в кристаллах гелия могут легко туннелировать и приобретать свойства квазичастиц, способных двигаться по всему кристаллу. В последнее время большое вни-

мание уделяется поиску нового состояния твердого гелия — supersolidity, в котором одновременно сохраняется кристаллический порядок и присутствует сверхтекучесть.

Традиционно к проблеме гелия примыкает круг вопросов, связанных с поведением электрических зарядов в жидком гелии. Оказалось, что эффективные массы как положительных, так и отрицательных зарядов во много раз превосходят массу атома гелия. Несмотря на малую плотность и поляризуемость жидкого гелия, электроны не могут свободно перемещаться в нем. Особое состояние возникает, если электроны находятся на границе жидкость–пар, где они локализуются на расстоянии $\sim 100 \text{ \AA}$ от поверхности жидкого гелия, образуя уникальную низкоразмерную систему поверхностных электронов, свободную от примесей.

Что же касается сверхтекучести, то это явление, как было показано позднее, не является чем-то исключительным, присущим только гелию. В том или ином виде это явление проявляется во многих макроскопических системах в области действия квантовых за-

кономерностей. Идеи и методы, развитые в физике гелия, оказались столь плодотворными, что были использованы в других областях современной физики. Отсюда такая высокая концентрация Нобелевских премий, связанных с исследованием гелия.

Данный специальный выпуск журнала «Физика низких температур», посвященный 100-летию жидкого гелия, объединяет серию экспериментальных и теоретических исследований, выполненных в указанных выше направлениях современной физики гелия. Наряду с фундаментальными физическими исследованиями, в выпуск включена также работа, иллюстрирующая одно из важных применений гелия — в технике сверхнизких температур. В этом году начинается второе 100-летие исследований проблемы гелия. Опубликованные в данном выпуске работы показывают, что эту дату физика гелия встречает с новыми интересными идеями и разработками.

*Э.Я. Рудаковский,
редактор выпуска*