

ХРОНИКА

53(092)

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ П. Л. КАПИЦЕ

Нобелевская премия по физике 1978 года присуждена академику Петру Леонидовичу Капице за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур.

Изобретения и открытия, о которых идет речь в формуле Нобелевского комитета, были сделаны П. Л. Капицей в основном в 30-х годах.

П. Л. Капица удачно сочетает талант ученого с изобретательностью инженера. Именно инженерная деятельность Петра Леонидовича в области низких температур привела к разработке детандерной машины для ожижения гелия и установки низкого давления для промышленного получения кислорода.

Новая конструкция ожижителя гелия была создана им в начале 30-х годов, когда он работал в Кавендишской лаборатории. До этого для ожижения гелия использовались установки, основанные на эффекте Джоуля—Томсона. Этот эффект, обусловленный неидеальностью газов, в случае гелия приводит к охлаждению только при температурах ниже 50°K . Поэтому в старых ожижителях гелия газ необходимо было предварительно охладить существенно ниже этой температуры. Для этого использовался жидкий водород, что сильно усложняло конструкцию и снижало эффективность ожижителей. Петр Леонидович предложил использовать для охлаждения гелия термодинамически наиболее выгодный цикл адиабатического расширения газа с совершением внешней работы. При этом нужно было найти материал для смазки в поршневой расширительной машине-детандере, который работал бы при гелиевых температурах. Петр Леонидович предложил в качестве смазки использовать сам газообразный гелий. Несколько кольцевых канавок на поршне детандера выравнивали давление газа по окружности поршня и тем самым предотвращали возможность его перекоса и заклинивания.

Первый такой ожижитель был построен П. Л. Капицей в 1934 г., он имел производительность 2 литра/час и долгое время использовался только в его лаборатории. Лишь в начале пятидесятых годов сначала одна, а затем и ряд других фирм начали промышленный выпуск гелиевых ожижителей с применением детандеров. В настоящее время все работающие в мире ожижители гелия построены по принципу, предложенному П. Л. Капицей. Производительность некоторых из них достигает нескольких сотен литров в час.

Второе фундаментальное инженерное достижение Петра Леонидовича в области низких температур связано с проблемой промышленного производства кислорода. В конце 30-х годов в связи с проблемой использования кислорода для интенсификации целого ряда производственных процессов встала задача создания аппаратов для разделения воздуха (для получения кислорода) с большой производительностью. П. Л. Капица разрабатывает новый метод ожижения воздуха с циклом низкого давления. Переход к низкому давлению позволил заменить малопроизводительные поршневые машины старых аппаратов турбокомпрессорами и турбодетандерами.

При разработке турбодетандера Петр Леонидович создал оригинальную конструкцию, в которой он учел, что благодаря своей большой сжимаемости воздух при низких температурах по своим свойствам ближе к жидкости, чем к газу. Созданный им высокоэффективный радиальный турбодетандер больше похож на гидротурбину, чем на газовую. Этот турбодетандер предопределил развитие во всем мире крупных установок разделения воздуха для получения кислорода. Можно отметить, что использование турбодетандера дало нашей стране экономию в сотни миллионов рублей.

Завершая рассказ об инженерных достижениях Петра Леонидовича, хочется отметить, что его изображения и идеи всегда сильно опережают свое время. Как описанные выше конструкции ожижителей, так и предложенные им ранее идеи создания импульсных магнитных полей и применения магнитных полей в сочетании с каме-

рой Вильсона начинали находить широкое использование в лабораториях или промышленности лишь через 10—15 лет. Еще более впечатляет, что все они до сих пор живут и за 30—40 лет не было найдено новых решений, которые вытеснили бы те, которые были предложены Петром Леонидовичем.

Фундаментальным открытием П. Л. Капицы в области физики низких температур является открытие сверхтекучести жидкого гелия. К этому открытию пришел большой цикл работ, проведенных Петром Леонидовичем во второй половине 30-х годов. Работы были начаты с целью выяснения природы обнаруженной ранее голландскими физиками Кеезомом и его дочерью «сверхтеплопроводности» жидкого гелия-II *) при передаче тепла через тонкие капилляры.

П. Л. Капица выдвинул идею, что наблюдавшаяся «сверхтеплопроводность» не является истинной молекулярной теплопроводностью, а есть результат какого-то конвективного переноса тепла. Для того чтобы такое предположение было верным, необходимо было, чтобы вязкость гелия была очень мала. Измерения очень малых величин вязкости — это очень трудная экспериментальная задача, так как все ошибки измерений приводят к получению завышенных результатов. Петр Леонидович построил оригинальный вискозиметр, в котором гелий протекал через тонкую (порядка полмикрона) кольцевую щель. Эксперименты с этим вискозиметром привели к обнаружению того удивительного факта, что вязкость гелия во всяком случае во много раз меньше, чем вязкость самых маловязких веществ. Это дало основание Петру Леонидовичу высказать предположение, что вязкость жидкого гелия просто равна нулю. Он назвал это состояние гелия сверхтекучим. Этот первый этап работ по изучению аномальных свойств жидкого гелия был завершен в 1937 г. (см. ДАН СССР, 1938, т. 18, с. 21; Nature, 1938).

Дальнейшее изучение теплопередачи в тонких капиллярах привело П. Л. Капицу к заключению, что несмотря на обнаруженную нулевую вязкость объяснить огромную теплопроводность простой конвекцией все же не удастся — для этого нужно было бы предположить неоправданно большие скорости конвективного движения. Проведя целую серию различных поисковых экспериментов, Петр Леонидович пришел к ставшему решающим эксперименту по наблюдению истечения «нормальной» компоненты гелия из замкнутой бульбочки. Опыт этот состоял в следующем: в стеклянной бульбочке, полностью заполненной жидким гелием, помещался электрический нагреватель. Бульбочка сообщалась с окружающим сосудом Дьюара, также заполненным жидким гелием, только через тонкий капилляр, направленный горизонтально. Перед концом капилляра помещалось крылышко, прикрепленное к легкому коромыслу, висевшему на тонком подвесе. Петр Леонидович обнаружил, что при включении нагревателя коромысло с крылышком отклонялись, как если бы из бульбочки вытекал поток жидкости, хотя глазом никакого движения в гелии не наблюдалось и бульбочка оставалась полностью заполненной жидким гелием. Это означает, что в гелии происходят одновременно два макроскопических движения с разными свойствами: одно движение обладает вязкостью и оказывает воздействие на помещенное в поток тело, а другое, сверхтекучее не оказывает. Далее Петр Леонидович предположил, что часть жидкости, движущаяся без вязкости, имеет меньшую величину энтропии, чем нормальная часть (в более позднем эксперименте он установил, что энтропия сверхтекучей части равна нулю). Сделав такое предположение, П. Л. Капица так объяснил описанный выше опыт с бульбочкой: при включении нагревателя к нему без трения устремляется сверхтекучая «холодная» часть жидкости; поглощая тепло, она превращается в «нормальную» жидкость, выдавливается из бульбочки и оказывает давление на крылышко. В следующем своем эксперименте Петр Леонидович подвесил саму бульбочку на коромысло и продемонстрировал, что вытекание «нормальной» жидкости приводит к возникновению реактивной силы, а втекание аномальной части такой силы не создает. В результате при включении нагревателя коромысло с бульбочкой отклонялись. Описанное выше удивительное поведение жидкого гелия не могло быть объяснено в рамках существовавших тогда классических представлений о гидродинамике жидкостей. Для его объяснения потребовалось привлечение квантовой механики. Квантовомеханическая теория сверхтекучести была построена Л. Д. Ландау, работавшим в тесном сотрудничестве с Петром Леонидовичем. Теория полностью объяснила эксперименты Петра Леонидовича и подтвердила справедливость сделанного им предположения о существовании двух частей (компонент) жидкого гелия с различными свойствами. При этом из квантовой механики следовал еще более неожиданный вывод, чем это мог предположить П. Л. Капица. Он считал, что два движения гелия разделены в пространстве.

*) Жидкий гелий существует при давлениях насыщенного пара в двух состояниях: выше лямбда-точки ($T_\lambda = 2,19^\circ\text{K}$) в состоянии, называемом гелий-I; его свойства мало отличаются от свойств обычных жидкостей. Ниже T_λ гелий переходит в состояние, называемое гелий-II, обладающее целым рядом аномальных свойств. В дальнейшем изложении речь пойдет только о гелии-II, и мы для краткости будем называть его просто гелием.

Оказалось, что нормальная и аномальная компоненты сосуществуют в одном и том же объеме и их встречное движение происходит во всей массе жидкости.

Тем самым П. Л. Капица не только сделал одно из удивительных открытий нашего века, но и заложил основу нового раздела физики — физики квантовых жидкостей. Сами эксперименты П. Л. Капицы определили развитие экспериментальной физики низких температур на многие годы. Число работ, сделанных в порядке развития его опытов, так велико, что его трудно оценить даже приближенно. Вместе с тем для объяснения открытых явлений пришлось во многом пересмотреть теоретические представления. В физику было введено понятие элементарных возбуждений, с помощью которых теперь описываются энергетические спектры любых макроскопических тел. Открытие П. Л. Капицы пролило свет и на остававшееся в то время не объясненным явление сверхпроводимости, которую стали трактовать как сверхтекучесть электронного газа, что оказало плодотворное влияние на развитие теории сверхпроводимости.

За прошедшие годы стало ясно, что жидкий гелий не является единственным сверхтекучим объектом. Для ядерной физики важна сверхтекучесть ядерной материи и есть основание считать, что нейтронные звезды являются сверхтекучими. Недавно была открыта сверхтекучесть He^3 .

П. Л. Капица не любит слишком долго заниматься одной проблемой. Сейчас он увлеченно изучает явления, происходящие в горячей плазме. Поздравляя Петра Леонидовича с присуждением ему Нобелевской премии, все его друзья и коллеги желают ему дальнейших успехов в его новых работах и всего наилучшего.

А. С. Боровик-Романов