

КОМНАТНОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ. ИХ СОЗДАНИЕ – АКТУАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ.

В.Л. Гинзбург

В настоящее время вопросы, связанные с энергией – ее получением и потреблением, занимают видное место. Об этом говорят и пишут, так сказать, на каждом шагу, и здесь ограничусь обсуждением лишь одного вопроса, имеющего отношение к минимизации потерь энергии. В частности, для экономии энергии важно, чтобы при прохождении электрического тока по проводам и, вообще, всегда, когда речь идет об электроприборах и линиях передач, выгодно, чтобы как можно меньше электроэнергии переходило в тепло. Для этого, в первую очередь, нужно иметь проводники с минимальным сопротивлением (разумеется, к материалам предъявляются и другие требования, скажем, обеспечивающие необходимую прочность). Уже из сказанного ясно, какую роль могли бы играть сверхпроводящие материалы, вообще лишенные сопротивления. Такие вещества существуют, что было выяснено еще в 1911 г. Однако все они сверхпроводят (т.е. их сопротивление равно нулю) только ниже некоторой критической температуры T_c . Для первого обнаруженного сверхпроводника ртути $T_c = 4,15 \text{ К}^*$, и охладить его можно только жидким гелием, ибо все остальные жидкости при этой температуре уже замерзают. В дальнейшем были открыты многочисленные другие сверхпроводники, но у всех у них вплоть до 1986 г. T_c не превосходила 24 К. Тем не менее, так называемые «обыкновенные» сверхпроводники с $T_c < 20 \text{ К}$ нашли, начиная с 60-х годов XX века, довольно широкое применение. Подробнее см. брошюру В.Л. Гинзбурга и Е.А. Андрюшина «Сверхпроводимость» (М.: Альфа-М, 2006).

^{*}) Т.е. T_c равно 4,15 градусов Кельвина. Градусы Кельвина одинаковые с градусами Цельсия, но их отсчет ведется от абсолютного нуля температуры, когда $0 \text{ К} = - 273 \text{ }^\circ\text{С}$, т.о. для ртути $T_c = - 269 \text{ С}$ (знак градуса $^\circ$ теперь опускают, все цифры здесь и ниже округляем).

Однако это, так сказать, локальные успехи, и все время ведется поиск сверхпроводников со все большим значением T_c . Как сказано, к 1964 г. удалось добраться только до значения в 24 К, и был поставлен вопрос о возможностях повышения T_c . В первую очередь, хотелось найти или создать сверхпроводники, которые можно охлаждать жидким азотом, у которого при атмосферном давлении температура кипения равна $T_{b, N_2} = 77 \text{ К} = -196 \text{ С}$. Этого удалось достичь только в 1987 г., только через 76 лет после открытия сверхпроводимости! Это металлокерамики, содержащие медь и кислород и, к сожалению, изготовлять из них токонесущие провода нелегко. Правда, за почти 20 прошедших лет ВТСП во многом «освоены», но все же значительно менее широко, чем ожидалось. Кроме того, до сих пор не выяснена природа (механизм) сверхпроводимости в ВТСП (в отношении «обыкновенных» сверхпроводников это было сделано, в основном, еще в 1957 г.).

Исследование высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) – одна из актуальных проблем современной физики и, конкретно, физики твердого тела. Это типичная проблема фундаментальной физики, как и многие другие, тесно связанная и с так называемой прикладной физикой.

Естественно, соответствующая работа ведется во всем мире и, в частности, в России. Однако размах этой работы у нас совершенно недостаточен и неадекватен как важности задачи, так и имеющимся возможностям (наличие подходящих людей, понимание задачи и т.д.). Между тем, как ясно уже из сказанного, изучение уже известных ВТСП – это этап на пути к главной цели – созданию комнатно-температурных сверхпроводников – КТСП. Каждый шаг на пути к этой цели интересен, но конечная цель – создать сверхпроводники с критической температурой T_c , скажем, около $50 \text{ С} = 323 \text{ К}$ (использовать проводники в непосредственной близости от T_c невозможно или, во всяком случае, трудно; работать нужно при температурах T заметно ниже T_c). Сейчас у известных ВТСП самое высокое значение T_c равно 135 К (при атмосферном давлении). Т.о. ясно, что для достижения упомянутой цели нужно более чем вдвое поднять T_c . Можно

ли это сделать? Можно ли, в принципе, создать КТСП? Вопрос этот не излишен, не все возможно. К примеру, мы начали свою работу над проблемой ВТСП как раз с доказательства возможности их существования. Дело в том, что в то время (40 лет назад) в этом были сомнения, допускалось, что при высоких T_c металл обязательно развалится в силу неустойчивости кристаллической решетки. Было показано, что никакие известные законы не позволяют исключить возможность в принципе создать КТСП. Здесь нужно, однако, сделать оговорку. С точки зрения применений нужны КТСП, работающие при атмосферном давлении, или может еще идти речь о давлениях в несколько атмосфер. Если отказаться от такого ограничения, то в возможности существования КТСП не приходится сомневаться. Таким материалом является металлический водород, для которого по расчетам T_c составляет сотни градусов Цельсия. Но ведь сам металлический водород еще не получен (такое получение является известной задачей физики), ибо для этого нужны давления в миллионы атмосфер.

Итак, можно ли создать КТСП в «обычных» условиях? Я люблю английскую поговорку: «Чтобы оценить качества пудинга - нужно его съесть». Пока КТСП не получены, категорические утверждения на их счет делать нельзя, возможны разные мнения. Мое мнение таково: КТСП, безусловно, создать можно, но как это сделать – пока неизвестно. В принципе, можно уповать на случай. Вот только в 2002 году было обнаружено, что давно известное и доступное вещество MgB_2 (магний-бор₂) является сверхпроводником с $T_c = 40$ К. А ведь, повторим это, за многие годы до открытия ВТСП, т.е. с 1911 до 1986 г., все усилия не позволяли открыть или создать путем образования сплавов сверхпроводника с T_c выше 24 К. Вряд ли, однако, где-то прячется еще не обнаруженный ВТСП, и рассчитывать нужно на их создание. Предлагаю сконцентрировать усилия именно на целенаправленном поиске. Новые материалы создаются путем плавления (соединения) известных веществ, а также другими методами, которые сейчас называются модным словом нанотехнология (речь идет,

например, об использовании напыления слоев вещества в специальных вакуумных печах). Здесь открывается немало возможностей, хотя физика твердого тела, при всех ее колоссальных успехах, еще далека от возможности создавать вещества по заданному плану. В рамках настоящей заметки, не рассчитанной на специалистов, невозможно, конечно, остановиться на современном состоянии теории ВТСП и различных идеях, быть может, ведущих к созданию КТСП.

Но, надеюсь, ясно, что за проблема стоит, и что ею нужно заниматься. Для этой цели нужно, если говорить о России, в первую очередь, создать первоклассную лабораторию, занимающуюся этой проблемой. И вот такой лаборатории у нас нет, несмотря на то, что имеются люди, могущие ее возглавить и работать в ней. При этом важно, что для создания такой лаборатории нужно всего 15-20 миллионов долларов. Да, именно «всего», ибо гигантские установки для изучения физических проблем, имеющиеся и строящиеся в США, Европе и Японии, стоят сотни миллионов долларов.

В силу сказанного я в письме от 10 февраля сего года обратился к Президенту В.В. Путину с просьбой создать специальную лабораторию для изучения ВТСП и возможностей создания КТСП. С этим письмом был ознакомлен также Министр образования и науки А.А. Фурсенко, отнесшийся, насколько я понял, положительно к моему предложению. Это обнадеживает, но окончательного ответа пока нет, и я боюсь, что это дело «уйдет в песок», как и многое другое. Мне сейчас 90 лет без нескольких месяцев, и главное, я уже второй год лежу в больнице из-за болезни крови, лишившей возможности ходить. Так что мои возможности «проталкивать» проект весьма ограничены. Только зря теряем время в пустых разговорах вместо того, чтобы на практике делать нужное дело.

20 июня 2006 г.

Физический институт им. П.Н.Лебедева, Москва