

Комнатнотемпературные сверхпроводники. Их создание — актуальная задача физики и энергетики

«НАУКА И ЖИЗНЬ» №10, 2006 • ФИЗИКА • 3 КОММЕНТАРИЯ

Виталий Лазаревич Гинзбург,
академик, Физический институт
им. П. Н. Лебедева
«Наука и жизнь» №10, 2006

Накануне своего юбилея Виталий Лазаревич написал статью, характеризующую современное состояние насущной проблемы высокотемпературной и комнатнотемпературной сверхпроводимости (ВТСП и КТСП). И если материал ВТСП сегодня уже несложно получить даже в школьной лаборатории (см. «Наука и жизнь» №9, 2006), то сделать КТСП, по-видимому, можно, но как, пока неизвестно.

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 я ограничусь обсуждением лишь одного вопроса, имеющего отношение к минимизации потерь энергии. В частности, для экономии энергии при прохождении электрического тока по проводам и вообще всегда, когда речь идет об электроприборах и линиях передач, необходимо как можно сильнее уменьшить потери электроэнергии, происходящие за счет ее перехода 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 году. Однако все они сверхпроводят (то есть их сопротивление равно нулю) только ниже некоторой критической температуры T_c . Для первого обнаруженного сверхпроводника — ртути $T_c = 4,15 \text{ К}^*$, и охлаждать его можно только жидким гелием, ибо все остальные жидкости при этой температуре уже замерзают. В дальнейшем были открыты и другие многочисленные сверхпроводники, но у всех них T_c не превосходила 24 К. Тем не менее так называемые «обыкновенные» сверхпроводники с $T_c < 20 \text{ К}$ начиная с 60-х годов XX века стали находить довольно широкое применение. (Подробнее см. В. Л. Гинзбург и Е. А. Андрюшин. Сверхпроводимость. — М.: Альфа-М, 2006.)

Однако это, так сказать, локальные успехи, и всё время ведется поиск сверхпроводников со всё большим значением T_c . Как уже говорилось, к 1964 году удалось добраться только до значения $T_c = 24 \text{ К}$, и был поставлен вопрос о возможностях повышения температуры перехода. В первую очередь хотелось найти или создать сверхпроводники, которые можно охлаждать жидким азотом, у которого при атмосферном давлении температура кипения равна $T_k = 77 \text{ К} = -196^\circ\text{С}$.

Этого удалось достичь только в 1987 году, спустя 76 лет после открытия сверхпроводимости! Ими стали металлокерамики, содержащие медь и кислород, но, к сожалению, изготавливать из них токонесущие провода нелегко. Правда, за почти двадцать прошедших лет ВТСП во многом «освоены», хотя всё же значительно менее широко, чем ожидалось. Кроме того, до сих пор не выяснена

природа, вернее механизм, их сверхпроводимости (в отношении «обыкновенных» сверхпроводников это было сделано в основном еще в 1957 году).



Медицинский томограф со сверхпроводящим магнитом, охлаждаемым жидким гелием. Одной заправки гелия хватает на полгода работы прибора (фото с сайта www.uni-bonn.de)

Исследование высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) — одна из актуальных проблем современной фундаментальной физики и конкретно физики твердого тела. Эта типичная теоретическая проблема, как и многие другие, тесно связана 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 из сказанного, изучение уже известных ВТСП — только этап на пути к главной цели, созданию комнатнотемпературных сверхпроводников (КТСП). Каждый шаг на пути к ней интересен, но конечная цель — создание сверхпроводников с критической температурой T_c , скажем, около $50^\circ\text{C} = 323\text{ K}$ (использовать проводники в непосредственной близости от T_c невозможно или, во всяком случае,

трудно; работать нужно при температурах заметно ниже T_c). Сейчас у известных ВТСП самое высокое значение T_c равно 135 К (при атмосферном давлении). Таким образом, 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 всё возможно. К примеру, мы начали свою работу над проблемой ВТСП как раз с доказательства самой 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 практического применения нужны КТСП, работающие при атмосферном давлении или в крайнем случае при давлении в несколько атмосфер. Если отказаться от такого ограничения, то в возможности существования КТСП не приходится сомневаться. Таким материалом может стать металлический водород, для которого, по расчетам, T_c составляет сотни градусов Цельсия. Но ведь сам металлический водород еще не получен (его получение — насущная задача 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, например, только в 2002 году было обнаружено, что давно известное и доступное вещество MgB_2 (диборид магния) оказался сверхпроводником с $T_c = 40$ К. А ведь, повторим это,

за многие годы до открытия ВТСП, то есть с 1911-го по 1986 год, 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 его 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 этого необходимо, если говорить о России, в первую очередь создать первоклассную лабораторию, занимающуюся данной проблемой. И вот такой лаборатории у нас нет, несмотря на то что имеются люди, способные ее возглавить и работать в ней. При этом важно, что для создания такой лаборатории потребуется всего лишь 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 Российской Федерации

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 боюсь, что дело «уйдет в песок», как и многое другое. Мне сейчас девяносто лет, и главное, я полтора года пролежал в больнице из-за болезни крови, лишившей способности ходить. Так что мои возможности «проталкивать» проект весьма ограничены. Только зря теряем время в пустых разговорах вместо того, чтобы на практике делать нужное дело.

* Градусы Кельвина (К) равны градусам Цельсия, но их отсчет ведется от абсолютного нуля температуры, когда $0\text{ K} = -273^\circ\text{C}$. Таким образом, для ртути $T_c = -269^\circ\text{C}$ (все значения здесь и ниже округлены).