

## КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

## Несколько замечаний об изучении сверхпроводимости

В.Л. Гинзбург

*В настоящей заметке отражено содержание выступления автора при открытии под Москвой (18 октября 2004 г.) конференции "Фундаментальные проблемы высокотемпературной сверхпроводимости". Содержание вопросов, обсуждавшихся на этой конференции, освещено в данном номере в статье В.И. Белявского и Ю.В. Копаева.*

PACS numbers: 01.10.Fv, 01.65.+g, 67.40.-w, 74.20.-z, 74.72.-h

Сверхпроводимость была открыта в 1911 г. в Лейдене, чему предшествовало получение в 1908 г. жидкого гелия. Это событие можно считать зарождением физики низких температур, хотя, разумеется, исследования при низких температурах начали производиться и ранее. Здесь не место подробно останавливаться на истории развития физики низких температур и, в частности, изучения сверхпроводимости. Некоторую информацию на эту тему можно найти в моих статье [1] и статье 6 в книге [2]. Сейчас хотелось бы лишь подчеркнуть тот факт, что на примере изучения сверхпроводимости ясно видно, сколь радикальные изменения в науке произошли за последние сто лет. Можно даже сказать: всего за сто лет, т.е. за время, сравнимое с продолжительностью человеческой жизни и весьма малое, скажем, по сравнению со временем, прошедшим после блестящего расцвета науки в Древней Греции (2–3 тысячи лет тому назад), не говоря уже о возрасте нашего человеческого рода *homo sapiens* (50–100 тысяч лет).

Но и в начале прошлого века темпы развития физики и науки вообще были несравнимы с сегодняшними. Достаточно сказать, что вплоть до 1923 г., т.е., в течение долгих по современным масштабам 15 лет, жидкий гелий получали лишь в Лейдене. И за этот период в области гелиевых температур были выполнены лишь немногие десятки работ. После же открытия в 1986–1987 гг. высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) за последующие 10 лет появилось около 50000 публикаций на эту тему, т.е. каждый день появлялось 10–15 сообщений.

Произошло и довольно радикальное изменение, можно сказать, стиля в научной работе. Так, лишь недавно мы узнали [3], что впервые ясное и вполне определенное наблюдение сверхпроводящего перехода было сделано в Лейденской лаборатории производившим измерения Г. Холстом (Gilles Holst). Это был квалифицированный физик (в дальнейшем — первый

директор исследовательских лабораторий фирмы Филипс и профессор Лейденского университета). Однако в статье Камерлинг Оннеса [4], в которой сообщается об этих измерениях, имя Холста даже не упомянуто. Не представляю себе, чтобы в наше время нечто подобное могло произойти в цивилизованной стране. Тогда же, еще в начале XX века, это было, по-видимому, нормой в германских и близким к ним университетах ("господин профессор" (Herr Professor), руководитель работы один мог считаться ее автором). Подобное заключение представляется мне обоснованным, ибо, как указано в [3], и сам Холст, видимо, не считал действия Х. Камерлинг Оннеса несправедливыми или необычными. Другие были времена и во избежание недоразумений подчеркну, что не имею оснований как-то бросать тень на Камерлинг Оннеса и его несомненные достижения (о них подробнее см. в [1, 2]).

В тридцатые годы прошлого века, когда я сам начал работать, физика низких температур занимала уже видное место в физике как во всемирном масштабе, так и особенно в СССР. У нас это было связано в первую очередь, насколько могу судить, с деятельностью Л.В. Шубникова (1901–1937). В 1926 г. он окончил Ленинградский политехнический институт и затем несколько лет работал в Лейденской криогенной лаборатории. Там сделал ряд известных исследований (достаточно упомянуть эффект Шубникова–де Гааза), а с 1931 г. до своей безвременной смерти в 1937 г. (точнее, до ареста за несколько месяцев до этого) возглавлял Криогенную лабораторию в Харьковском физико-техническом институте<sup>1</sup>. Здесь он уже в 1931 г. получил жидкий водород, а в 1932 г. — и жидкий гелий впервые в СССР; да и во всем мире тогда гелий был доступен лишь в немногих лабораториях (я знаю лишь, что второй

<sup>1</sup> В справочнике [5] сообщается, что Л.В. Шубников умер, якобы, в 1945 г. Эту фальшивую басню и мне приходилось слышать в советские времена. Но после развала СССР ряд материалов был рассекречен и сообщено, что Л.В. Шубников с рядом коллег был еще в 1937 г. расстрелян вскоре после ареста. Разумеется, он посмертно полностью реабилитирован. По этому же "делу" обвинялся и Л.Д. Ландау, но он успел уехать в Москву, был арестован только в 1938 г. и буквально чудом спасся от гибели (был освобожден в 1939 г.; подробнее см., например, в [2], статья 10).

В.Л. Гинзбург. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 119991 Москва, Ленинский просп. 53, Российская Федерация  
Тел./Факс (095) 135-85-70. Факс (095) 135-85-33  
E-mail: ginzburg@lpi.ru

Статья поступила 18 ноября 2004 г.

ожижитель начал работать в 1923 г. в Торонто и что В. Мейснер запустил гелиевый ожижитель в Германии в 1925 г.). Л.В. Шубников с учениками и коллегами всего за несколько лет успел сделать очень много, особенно нужно упомянуть исследования сверхпроводящих сплавов и фактическое открытие сверхпроводников II рода (ссылки на эти работы можно найти в [6, 7], см. также [5]). Уверен, что Шубников добился бы еще многих других успехов в науке, и тем горше думать о его безвременной (в возрасте всего 36-ти лет!) и совершенно безвинной гибели под топором сталинского террора.

Помимо работ Шубникова и его школы, в 30-е годы в СССР развернулись исследования по физике низких температур в Москве, в Институте физических проблем АН СССР. Здесь в 1938 г. и несколько раньше и вплоть до начала войны в 1941 г. П.Л. Капица исследовал сверхтекучесть гелия II<sup>2</sup>, а Л.Д. Ландау в 1940–1941 гг. построил свою теорию сверхтекучести [12]. Как еще в довоенные годы, так и после войны, в СССР в области физики низких температур было сделано еще немало интересного, о чем было бы вряд ли уместно здесь упоминать (думаю, что, напротив, это было бы вполне целесообразно сделать в специальной статье или монографии).

Как мне кажется, физика низких температур занимает, в известном смысле, особенно видное место в исследованиях по физике, проводившихся в СССР. Достаточно, пожалуй, отметить, что советские (российские) физики получили 6 Нобелевских премий по физике, и из них половина касается физики низких температур. Так, в 1962 г. Л.Д. Ландау получил премию за "пионерские теории в области конденсированных сред и в особенности жидкого гелия" (for the pioneering theories for condensed matter, especially liquid helium). В 1978 г. П.Л. Капица получил премию (точнее, половину премии) за свои "основополагающие изобретения и открытия в области физики низких температур" (for his basic inventions and discoveries in the area of low-temperature physics). И, наконец, в 2003 г. А.А. Абрикосов, я и А. Леггетт получили премию за "пионерские вклады в теорию сверхпроводников и сверхтекучих жидкостей" (for pioneering contributions to the theory of superconductors and superfluids) [13–15]. Три другие премии получили: в 1958 г. И.Е. Тамм, И.М. Франк и П.А. Черенков за открытие и объяснение эффекта Вавилова – Черенкова, в 1964 г. Н.Г. Басов и А.М. Прохоров (половину премии) за работы в области квантовой электроники и, наконец, в 2000 г. Ж.И. Алферов получил часть премии за работы по информационной технологии (for information and communication technology).

Кстати, я далек от того, чтобы придавать получению Нобелевских премий слишком большое значение, как это стало иметь место в средствах массовой информации. Всегда так считал, но до получения премии не мог это подчеркивать, ибо был бы обвинен в зависти и т.п. По существу же, это совершенно ясно, если знать условия присуждения премий и кто их получил, а кто не получил (несколько подробнее см. статью 21 в [2] и заметку [16]).

<sup>2</sup> Исследование свойств гелия II начались в Лейдене еще в 1911 г., т.е. в тот же год, когда была открыта сверхпроводимость. Вехи на длинном пути, приведшем в 1938 г. к открытию сверхтекучести [8, 9], упомянуты, например, в статье 6 в [2]. Детально изучение сверхтекучести на раннем этапе освещено в статьях [10], а затем и в книге [11].

Вместе с тем очевидно, что получение Нобелевских премий является одним из индикаторов, указывающих на состояние соответствующей науки в стране. Поэтому я и считаю сказанное указанием на особенно большое место, которое физика низких температур занимает среди физических исследований, проводившихся в нашей стране. Позволю себе это подчеркнуть здесь по той причине, что из этого сделаю некоторые выводы, касающиеся планов дальнейшего развития физики в России. Об этом пойдет речь в конце заметки.

После получения в 1986–1987 гг. высокотемпературных сверхпроводников [17, 18], естественно, именно их изучение находится в центре внимания в области физики низких температур. С тех пор прошло уже почти 20 лет, но, несмотря на многочисленные исследования, все еще нет достаточной ясности в отношении даже понимания механизма ВТСП в купратах. Ситуация освещена в ряде обзоров [19–21]. Долгое время было модно считать, что сверхпроводимость в ВТСП купратах обусловлена какими-то экзотическими механизмами и, во всяком случае, существенно отличается от сверхпроводимости в "обычных" или низкотемпературных сверхпроводниках I рода. Как известно, в последнем случае с большим успехом оказалась применима теория БКШ [22]. В этой теории критическая температура сверхпроводящего перехода  $T_c$  в простейшем случае и для "слабой связи" определяется выражением

$$T_c = \theta \exp\left(-\frac{1}{\lambda}\right), \quad (1)$$

где  $k_B\theta$  — область энергий вблизи поверхности Ферми, в которой электроны проводимости притягиваются друг к другу и  $\lambda$  — константа связи, которая в случае слабой связи мала, т.е.

$$\lambda \ll 1. \quad (2)$$

Если притяжение между электронами (квазичастицами) обусловлено фононным механизмом (виртуальным обменом фононами), то

$$\theta \sim \theta_D, \quad (3)$$

где  $\theta_D$  — дебаевская температура металла. Как известно,  $k_B\theta_D$  — порядка максимальной энергии имеющихся фононов. Обычно  $\theta_D < 10^3$  К, если не говорить о таких исключениях как металлический водород. Поэтому сразу же становится ясно, почему в обычных металлах при электрон-фононной связи  $\lambda < 1$

$$T_c \lesssim 30–40 \text{ К}. \quad (4)$$

Эта простая аргументация хорошо известна и недавно повторена, например, в [14].

Если считать высокотемпературными сверхпроводниками материалы с  $T_c > T_{bN_2} = 77,4$  К (это температура кипения жидкого азота при атмосферном давлении), то в силу (4) ясно, что при слабой связи (2) электрон-фононный механизм не приведет к ВТСП.

Поэтому еще в 1964 г. Литтл [23], а затем я [24] предложили попытаться использовать возможное, в принципе, притяжение между электронами проводимости, обусловленное их взаимодействием со связанными электронами в том же металле. На наглядном языке можно говорить о замене фононов, т.е. возбуждений в кристаллической (ионной) решетке, электронными экситонами — возбуждениями в системе связанных электро-

нов. Заметим, что к их числу относятся, конечно, и так называемые плазмоны и поляритоны. Такой механизм можно назвать электрон-экситонным или просто экситонным.

Энергия экситонов в металле  $E_{ex} = k_B \theta_{ex}$  не превосходит по порядку величины энергии Ферми  $E_F = k_B \theta_F$ . Как известно,  $E_F \lesssim 10$  эВ, т.е.  $\theta_F \lesssim 10^5$  К. Для экситонного механизма в (1)

$$\theta \sim \theta_{ex}. \quad (5)$$

Поэтому уже при  $\theta_{ex} \sim 10^4$  К даже при слабой связи (2) температура  $T_c$  может достигать комнатной (например, при  $\theta_{ex} = 10^4$  К и  $\lambda = 1/3$ , согласно (1),  $T_c = 500$  К).

Разумеется, пока что все это только слова, ибо как осуществить, да и можно ли вообще осуществить эффективный экситонный механизм, не ясно. Группа теоретиков в Физическом институте АН СССР (ФИАНе) посвятила исследованию экситонного механизма ВТСП, а точнее, всей проблеме ВТСП, немало усилий, результаты которых были отражены в монографии [25]. Как и в [24], мы подчеркивали в [25] выгоду использования квазидвумерных слоистых соединений, и это, как известно, подтвердилось. Другим важным результатом было выяснение, в известном приближении, условий стабильности металлов. Дело в том, что одна из основных, а быть может, и главная опасность при попытках повысить  $T_c$  состоит в том, что при этом решетка, а тем самым и сам материал (кристалл) не выдерживают и разваливаются. В [25] и указанных там статьях было показано, что большие значения  $T_c$ , вообще говоря, вполне совместимы со стабильностью решетки (несколько подробнее об этом сообщено и в недавно опубликованной в *УФН* лекции [14]; поэтому не буду здесь уточнять сказанное). Опасения, что большие значения параметра связи  $\lambda$  для электрон-фононного взаимодействия не осуществимы, также оказались неверными и случай так называемой сильной связи, когда

$$\lambda \gtrsim 1, \quad (6)$$

фактически имеет место, в частности, в купратах.

Кроме того, для купратов дебаевская температура  $\theta_D$  относительно велика. Формула (1) в случае сильной связи, конечно, непригодна, но уже из нее видно, что  $T_c$  растет с ростом  $\theta$  и  $\lambda$ . Поэтому значения  $T_c \lesssim 200$  К вполне могут быть получены и при электрон-фононном механизме (см. [19], а также статьи 6 и 7 в [2]). Другое дело, что  $T_c$  это, конечно, лишь одна из характеристик сверхпроводника. Для объяснения всех свойств ВТСП купратов учета только электрон-фононного взаимодействия недостаточно и, по-видимому, нужно учитывать также несферичность ферми-поверхности и, вообще, отличие спектра электронов проводимости в кристалле от спектра свободных электронов (в теории БКШ [22] электроны проводимости или, точнее, соответствующие квазичастицы, считались свободными, если не говорить об их взаимодействии с фононами). Роль электрон-фононного взаимодействия в случае ВТСП купратов часто считалась в прошлом незначительной, в частности, в связи с малостью изотопического эффекта (конкретно,  $T_c$  мало меняется при замене изотопа  $^{16}\text{O}$  на изотоп  $^{18}\text{O}$ ). Однако, например, при использовании фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES: angle-resolved photoemission spectroscopy)

в спектре возбуждений электронов изотопический эффект, обусловленный электрон-фононным взаимодействием в купратах, ярко выражен [26]. Для такого вывода имеются и другие основания, и в настоящее время нет никаких сомнений в том, что электрон-фононное взаимодействие играет в купратах большую и, вполне возможно, решающую роль.

Так или иначе, если не говорить о металлическом водороде (для него  $\theta_D \sim 2000 - 5000$  К), получение которого для практического использования в настоящее время совершенно нереально<sup>3</sup>, возможности использования электрон-фононного взаимодействия для получения больших, скажем, комнатных значений  $T_c$  (т.е. получения комнатотемпературных сверхпроводников КТСП: RTSP) явно представляются весьма ограниченными, ибо значения дебаевской температуры  $\theta_D$  в большинстве случаев меньше нескольких сотен градусов. То же относится и к спиновому взаимодействию, ибо температуры Кюри  $\theta_C$  и Нееля  $\theta_N$  также обычно меньше, скажем,  $10^3$  К (речь идет, конечно, о веществах при невысоких давлениях). Но все же достижение  $T_c \sim \theta_C$  или  $T_c \sim \theta_N$ , и тем самым создание КТСП на основе спинового взаимодействия не исключено. В то же время электрон-экситонное взаимодействие, как уже упоминалось, характеризуется температурой  $\theta_{ex} \lesssim \theta_F \lesssim 10^5$  К. Поэтому я думаю, что создание комнатотемпературных сверхпроводников (КТСП), если вообще возможно, то, скорее всего, только с использованием экситонного механизма.

Здесь, правда, нужно сделать существенную оговорку. Дело в том, что выше я опирался на теорию типа БКШ, в которой рассматривается образование "пар" в s-состоянии в результате того, что квазисвободные электроны проводимости обмениваются возбуждениями бозонного типа (фононами в случае электрон-фононного механизма и экситонами для экситонного механизма). Если же учитывать несферичность поверхности Ферми и, вообще, опираться на зонную теорию металлов, то возможно образование "пар" в p, d и даже других состояниях. Это хорошо известно на примере сверхтекучести  $^3\text{He}$  [15]. Характерная температура, определяющая энергию связи таких "пар", а тем самым и  $T_c$ , так же как для  $\theta_{ex}$ , меньше или порядка  $\theta_F$ . Поэтому даже если забыть о роли фононов и спиновом взаимодействии, достижение КТСП возможно, в принципе, не только в результате экситонного механизма.

Вообще, не подлежит сомнению, что к вопросу о создании КТСП нужно подходить непредвзято. Ясно, что в настоящее время создание КТСП — это типичная задача так называемой фундаментальной науки (в данном случае — физики), когда речь идет о достижении цели в принципе, по-видимому, возможным, но быть может и нереальном. Разумеется, потенциально, создание КТСП открывает блестящие перспективы их использования на практике. Однако такие возможности не следует переоценивать, как это было сделано в случае ВТСП — мы ведь помним, сколько было шума на этот счет (я лично в этом не повинен). Оказалось же, что ВТСП-материалы технологически трудны для использования, и их применение до сих пор весьма ограничено,

<sup>3</sup> Собственно, металлический водород не получен еще и в лаборатории. Вместе с тем следует указать на недавний прогресс в теоретическом изучении этого вещества [27, 28].

хотя определенные достижения уже налицо (см., например, [29])<sup>4</sup>.

Разумеется, думать сегодня о применениях КТСП еще преждевременно, но их создание — это, как я считаю, вполне ясная задача (если угодно, сверхзадача), стоящая перед физикой твердого тела.

Как ее решить? Это, конечно, неизвестно. Могу здесь лишь сообщить, как я сам производил бы поиски, если бы имел на это возможность. Остаюсь приверженным старым идеям [24, 25]. Именно, искал бы или, скорее, создавал квазидвумерные слоистые материалы, в которых чередуются на атомном уровне хорошо проводящие (металлические) плоскости-слои с диэлектрическими или, во всяком случае, плохо проводящими слоями. Такими соединениями являются ВТСП-купраты и искусственно создаваемые слоистые материалы [31]. При этом нужно стремиться к тому, чтобы в системе существовал как можно более богатый спектр электронных экситонов. Они-то и должны, повторяю, заменить фононы, виртуальный обмен которыми в случае электрон-фононного взаимодействия обеспечивает притяжение между электронами проводимости и их "спаривание". Конечно, сказано весьма расплывчато и недостаточно конкретно. К сожалению, я занимался теорией экситонов уже давно [32], и с тех пор не слежу за этой областью. Знаю, однако, что в ней достигнуто немало нового. Необходимо мобилизовать соответствующую информацию и использовать ее при попытках создать материалы, о которых идет речь. При этом нужно, конечно, иметь в виду и некоторые известные, установленные на опыте закономерности, связывающие критическую температуру  $T_c$  с другими измеримыми параметрами, характеризующими сверхпроводники (см. в особенности [33]).

Как уже было сказано, создание КТСП — это осознанная очень важная задача в физике твердого тела. Далеко не всегда этим (наличием таких задач) могут похвастаться многие другие области физики. Позволю себе в заключение заметить, что у нас в России пристальное внимание к проблеме КТСП сейчас было бы особенно оправдано. Такой вывод обоснован, во-первых, учитывая уже упоминавшиеся в начале настоящей заметки традиции активной работы в области сверхпроводимости в СССР. Во-вторых,

соответствующие исследования, даже на самом современном уровне, требуют затрат в десятки миллионов долларов, а не в миллиарды долларов, необходимых для создания современных установок типа ITER, LHC или ILC [30]. Хотелось бы надеяться на то, что сказанное выше не останется незамеченным.

В заключение пользуюсь возможностью поблагодарить Ю.В. Копаева и Е.Г. Максимова за обсуждение.

## Список литературы

1. Гинзбург В Л *Сверхпроводимость: физика, химия, техника* 5 1 (1992)
2. Гинзбург В Л *О науке, о себе и о других* 3-е изд. (М.: Физматлит, 2003, 2004)
3. de Nobel J *Phys. Today* 49 (9) 40 (1996)
4. Kamerlingh Onnes H *Commun. Phys. Lab. Univ. Leiden* 124c (1911)<sup>5</sup>
5. Храмов Ю А *Физики (биографический справочник)* (Под ред. А И Ахиезера) 2-е изд. (М.: Наука, 1983)
6. *Сверхпроводимость. Библиографический указатель. 1911–1970* (Под ред. В Р Карасика) (М.: Наука, 1975)
7. Гинзбург В Л *Сверхпроводимость* (М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946)
8. Kapitza P L *Nature* 141 74 (1938)
9. Allen F, Missner A D *Nature* 141 75 (1938); *Proc. R. Soc. London Ser. A* 172 467 (1939)
10. Капица П Л *ЖЭТФ* 11 581 (1941); Kapitza P L *J. Phys. USSR* 4 181; 5 59 (1941)
11. Кеезом В *Гелий* (М.: ИЛ, 1949)
12. Ландау Л Д *ЖЭТФ* 11 592 (1941); Landau L D *J. Phys. USSR* 5 71 (1941)
13. Абрикосов А А *УФН* 174 1234 (2004)
14. Гинзбург В Л *УФН* 174 1240 (2004)
15. Леггетт Э Дж *УФН* 174 1256 (2004)
16. Гинзбург В Л "Несколько замечаний о Нобелевских премиях" *Универсум* (3) 40 (2004)
17. Bednorz J G, Müller K A *Z. Phys. B* 64 189 (1986)
18. Wu M K et al. *Phys. Rev. Lett.* 58 908 (1987)
19. Максимов Е Г *УФН* 170 1033 (2000); 174 1026 (2004)
20. Белявский В И, Копаев Ю В *УФН* 174 457 (2004)
21. Белявский В И, Копаев Ю В *УФН* 175 191 (2005)
22. Bardeen J, Cooper L N, Schrieffer J R *Phys. Rev.* 108 1175 (1957)
23. Little W A *Phys. Rev.* 134 A1416 (1964)
24. Гинзбург В Л *ЖЭТФ* 47 2318 (1964); Ginzburg V L *Phys. Lett.* 13 101 (1964)
25. *Проблема высокотемпературной сверхпроводимости* (Под ред. В Л Гинзбурга, Д А Киржница) (М.: Наука, 1977)
26. Gweon G-H et al. *Nature* 430 187 (2004)
27. Babaev E, Sudbø A, Ashcroft N W *Nature* 431 666 (2004)
28. Bonev S A et al. *Nature* 431 669 (2004)
29. Campbell A M *Phys. World* 17 (8) 37 (2004)
30. Feder T *Phys. Today* 57 (10) 34 (2004)
31. Bozovic I, Eckstein J K, in *Physical Properties of High Temperature Superconductors V* (Ed. D M Ginsberg) (Singapore: World Scientific, 1996); Bozovic I *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 11 2686 (2001); Bozovic I et al. *Phys. Rev. Lett.* 89 107001 (2002); Bozovic I et al. *Nature* 422 873 (2003)
32. Агранович В М, Гинзбург В Л *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов* 2-е изд. (М.: Наука, 1979)
33. Homes C C et al. *Nature* 430 539 (2004); Zaanen J 430 512 (2004)

<sup>5</sup> Это сообщение помещено также в виде приложения в статье [1].

<sup>4</sup> После предполагаемого в 2007 г. запуска LHC — Большого адронного ускорителя (коллайдера) в ЦЕРНе уже намечено построить Международный линейный коллайдер (International Linear Collider-ILC) [30] с длиной, большей 30 км. Эта машина, которую начнут, вероятно, строить в 2009 г., будет стоить 5–7 миллиардов долларов, речь идет о двух встречных пучках электронов или позитронов с энергией по 500 ГэВ в каждом. Пишу об этом здесь потому, что в принятом проекте [30] предполагается, что будут использоваться сверхпроводящие магниты при температуре 2 К, т.е. применены обычные сверхпроводники, а не ВТСП. Таким образом, последние еще не могут в данном случае конкурировать с обычными (низкотемпературными) сверхпроводниками, несмотря на то, что охлаждать гигантскую машину жидким гелием несравненно дороже, чем жидким азотом.

## A few comments on superconductivity research

V.L. Ginzburg

*P.N. Lebedev Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Leninskii prosp. 53, 119991 Moscow, Russian Federation*  
Tel./Fax (7-095) 135-85 70. Fax (7-095) 135-85 33. E-mail: ginzburg@lpi.ru

The content of this note was presented at the opening, on 18 October 2004, of the Fundamental Problems in High-Temperature Superconductivity conference near Moscow. For a coverage of the conference issues see a paper by В И Белявский and Ю В Копаев next below.

PACS numbers: 01.10.Fv, 01.65.+g, 67.40.-w, 74.20.-z, 74.72.-h  
Bibliography — 33 references  
*Uspekhi Fizicheskikh Nauk* 175 (2) 187–190 (2005)

Received 18 November 2004  
*Physics—Uspekhi* 48 (2) (2005)