

# ВИБРОНЫ И СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ *Вавуца* *Наука в Сибири 1987*

Недавно в Академгородке проходило Всесоюзное совещание по применению физических и математических методов в химии координационных соединений. В программу совещания помимо пленарных и стендовых докладов вошли несколько семинаров, один из которых был посвящен высокотемпературной сверхпроводимости (ВТС). Это — не дань моде, просто дело в том, что ВТС-проводники — типичные координационные соединения меди.

## Случайно ли открытие ВТС?

На этот вопрос ответил один из членов программного комитета совещания профессор И. Б. Берсукер. Оказывается уже в первой работе по ВТС, опубликованной в октябре 1986 г. в «Zeitschrift für Physik» есть прямое упоминание о том, что предметом поиска была сверхпроводимость в ян-теллеровских системах. Именно в таких системах реализуется так называемое вибронное взаимодействие, теория которого создана в Кишиневе еще в 1966 г. (Берсукер и Вехтер). Карл Алекс Мюллер, швейцарский физик, работающий в цюрихском отделении компании «ИБМ», пробивший своей работой «брешь» в стене ВТС, познакомился с вибронной теорией давно — на юбилейной конференции, посвященной 25-летию открытия ЭПР (Казань, 1969 г.). Обсуждение теории продолжалось и в последующем, при неоднократных посещениях им Кишинева (последний раз — в июне 1986 г.) и ответных визитах авторов вибронной теории на Цюрих-

ское и Нью-Йоркское отделения ИБМ. Несомненно, отметил докладчик, что открытие ВТС есть реализация идеи о вибронном механизме сверхпроводимости.

## Зачем ВТС нужны виброны?

Главное, что требуется для возникновения сверхпроводимости — устранить неравномерности в движении электронов. Это достигается за счет их взаимодействия с решеткой или, как говорят, с резервуаром виртуальных фононов. Решетка играет роль своеобразной системы амортизации, благодаря которой устраняются резкие колебания скорости нерелятивистских ( $\sim 10^7$  см/сек) электронов. В итоге импульс электрона становится квантовым числом, что дает возможность (и только это!) образования куперовских пар с последующей их Бозе-конденсацией.

Вибронное (или электронно-колебательное) взаимодействие по самой своей сути обеспечивает наиболее эффективную связь электронов с движениями ионов. Если говорить образно (языком автолюбителя), переход от фононов к использованию вибронных эффектов равносителен выбору более эффективной «системы подвески» и стабилизации равномерности движений электронов в кристалле. Это возможно в системах с кооперативным эффектом Яна-Теллера, в которых возбуждения имеют вид взаимосвязанных коллективных движений локализованных электронов и ионов, т. е. вибронов.

## Что доказывает правильность вибронной модели ВТС?

Выраженный изотопический

эффект при замещении изотопов меди. Температура перехода в ряде случаев растет при уменьшении массы изотопа, как и частота колебаний этого комплексообразующего иона. Температура перехода в некоторых системах растет также при увеличении давления и замещении лантана на более мелкие ионы иттрия, что впервые было обнаружено в опытах Чу (США). В последнее время обнаружено также, что и замещение кислорода на фтор ведет к росту температуры перехода. Наконец, прямое исследование эффекта Яна-Теллера методом ЭПР на структурах типа лантан — медь — кислород, выполненное в Казани профессором Яблоковым (пленарный доклад на конференции), показало микроскопический механизм вибронных эффектов.

## Другие модели ВТС

Наиболее шумевшая из них — модель «тяжелых фермионов», давно предложенная рядом физиков. Хотя пока ни одна из систем подобного рода (например, церий, сульфид самария и т. д.) ничего интересного в плане ВТС не дала, многим, знакомым с данной идеологией, показалось, что образцы Мюллера и Чу — это и есть «то самое». В этой связи была выдвинута новая для химии оксидов меди идея о их принадлежности к классу соединений с переменной валентностью (Си II и Си III), причем более сильная связь колебаний решетки с электронами проводимости осуществляется за счет их временных присоединений к ионам трехвалентной меди.

Результаты физических из-

мерений, обсуждавшиеся на семинаре, пока не являются однозначными. Например, профессор В. И. Нефедов из ИОНХА АН СССР отстаивал в дискуссии точку зрения, что признаки трехвалентной меди в ВТС-проводниках связаны с дефектами аппаратуры и несовершенствами методики измерений. Против идеи ВТС за счет тяжелых фермионов говорит также низкое значение эффективной массы носителей, полученное в ряде прямых экспериментов.

## Практические выводы

Для практической реализации идеи вибронного механизма ВТС понадобилось около 15 лет. Трудно сказать, во что вылились бы традиционные поиски, если бы не уверенность Мюллера в правильности идеи и не штат высококвалифицированных специалистов — синтетиков и материаловедов, которых Мюллер лично подбирал среди лучших выпускников университетов ФРГ. Конечно, первоходцам всегда трудно, но нельзя думать, что трудности позади и все задачи уже решены. Воспроизведение результата — это в некотором смысле тоже результат. Для получения же существенно новых нужны не отдельные гусары-одиночки, а хорошая организация исследований со своим банком идей и банком экспериментальных данных, их тщательной критической проработкой, оценкой всех сторон и этапов работы.

С. ГАБУДА,

доктор физико-математических наук, профессор.

НОВОСИБИРСК.