

УСЛОВИЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ



Камерлин-Оннес (1911)¹
Магнитно-вихревая теория

Родоначальники ВТСП.

Лауреаты Нобелевской премии
Алекс Мюллер и Георг Беднорц

Когда сверхпроводник
попадает в магнитное поле, это
проникает в него в виде тонких
потоков, называемых вихрями.

Вокруг каждого такого вихря возникают электрические токи. Эти вихри тиражируют себя и рассеиваются, когда температура материала возрастает. Поскольку вихри имеют тенденцию прикрепляться к длинным тонким отверстиям в материале, называемым призматическими дефектами, исследователи предположили, что вихри будут вести себя иначе при наличии таких дефектов. И они выяснили: когда вихрей больше, чем отверстий, вихри начинают рассеиваться в два этапа вместо одного, так как температура повышается.

Если удастся задержать процесс рассеивания вихревых потоков, то будет возможно добиться эффекта сверхпроводимости при более высоких температурах.

Выяснение природы металлической связи физической природы электропроводности позволило продвинуться в объяснении такого явления как сверхпроводимость.

В настоящее время (2010 г.), согласно Википедии, для объяснения явления сверхпроводимости используются две теории: магнитно-вихревая и квантово-механическая.
Первооткрыватель **сверхпроводимости**



поле

¹ Источник информации www.superconductors.org

Квантово-механическая теория



Авторы наиболее популярной модели сверхпроводимости (БКШ) – Джон Бардин, Леон Куппер, Джон Шриффер (1957) ¹

Квантово-механическая теория сверхпроводимости (теория БКШ) рассматривает это явление как сверхтекучесть бозе-эйнштейновского конденсата куперовских пар электронов в металле с присущим сверхтекучести отсутствием трения. Электроны проводимости движутся в сверхпроводнике беспрепятственно – без «трения» о неоднородности кристаллической решетки. Основная особенность сверхпроводников заключается в том, что в них возникает взаимное притяжение электронов с образованием электронных пар (так называемые куперовские пары). Причиной этого притяжения является дополнительное к кулоновскому отталкиванию взаимодействие между электронами, осуществляемое под воздействием кристаллической решетки и приводящее к притяжению электронов.

В квантовой теории металлов притяжение между электронами (обмен фононами) связывается с возникновением элементарных возбуждений кристаллической решетки. Электрон, движущийся в кристалле и взаимодействующий с другим электроном посредством решетки, переводит ее в возбужденное состояние. При переходе решетки в основное состояние излучается квант энергии звуковой частоты – фонон, который поглощается другим электроном. Притяжение между электронами можно представить как обмен электронов фононами, причем притяжение наиболее эффективно, если импульсы взаимодействующих электронов противоположно направлены.

Возникновение сверхпроводящего состояния вещества связано с возможностью образования в металле связанных пар электронов (куперовских пар). Оценка показывает, что электроны, образующие пару, находятся друг от

¹ Источник информации www.superconductors.org

друга на расстояниях порядка ста периодов кристаллической решетки. Вся электронная система сверхпроводника представляет собой сплоченное образование, простирающееся на громадные по атомным масштабам расстояния.

Если при сколь угодно низких температурах кулоновское отталкивание между электронами преобладает над притяжением, образующим пары, то вещество (металл или сплав) сохраняет обычные свойства. Если же при температуре T_c силы притяжения преобладают над силами отталкивания, то вещество переходит в сверхпроводящее состояние. Более подробно эта позиция представлена в Википедии.

Мы имеем отличное от этого объяснение явления сверхпроводимости, которое представляется нам более понятным, чем приведенные выше.

В статьях «Теория электропроводности» и «Полуколичественное моделирование электропроводности в металлах и неметаллах» было показано, что разница в электропроводности металлов и неметаллов обусловлена различием природы химической связи в металлах и неметаллах. В металлах эта связь одноэлектронная и динамическая, а в неметаллах – двухэлектронная и статическая. Энергия связи в неметаллах в 70 раз превышает энергию связи в металлах. Электрический ток в металле – это движение валентных электронов вдоль связей под действием поля. Разработанная нами математическая модель позволяет рассчитать изменение энергии электронов при их движении вдоль химической связи (для двух случаев – двух- и трехъядерная модели). Определена зависимость энергии электрона от потенциала ионизации связываемых атомов и от степени замораживания системы, при этом степень замораживания определялась как изменение соотношения скоростей перемещения ядер и электронов при снижении температуры. Модель демонстрирует, что наименьшее изменение энергии системы наблюдается, когда потенциалы ионизации связанных атомов близки к 8 эВ и степень замороженности составляет около 30 % (см. Приложение В, рис. 13).

Согласно экспериментальным данным¹ сверхпроводящие сплавы, открытые с 1910 по 1993 г., включают следующие металлы: ниобий (6.88)², алюминий (5.98), олово (7.34), бериллий (9.32), лантан (5.61), барий (8.3), медь (7.72), таллий (7.88), кобальт (7.86), ртуть (10.43), германий (7.88) и кальций (6.11). Эти цифры позволяют утверждать, что экспериментальные данные и расчеты по модели не противоречат друг другу.

¹ Schon J. H., Kloc Ch., Batlogg B. Bell Laboratories.

² В скобках указан потенциал ионизации этих металлов в электрон-вольтах.