

Теория электропроводности. Сверхпроводимость

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

В настоящее время (2010 год) согласно Википедии для объяснения явления сверхпроводимости используются две теории магнитно-вихревая теория и квантово-механическая теория.



Первооткрыватель сверхпроводимости
Камерлинг-Оннес. (1911),

www.superconductors.org

Магнитно-вихревая теория



Родоначальники ВТСП. Лауреаты Нобелевской премии
Алекс Мюллер и Георг Беднорц,

www.superconductors.org

Когда сверхпроводник попадает в магнитное поле, это поле 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.

Квантово-механическая теория



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

www.superconductors.org

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 решётки и приводящее к притяжению электронов.

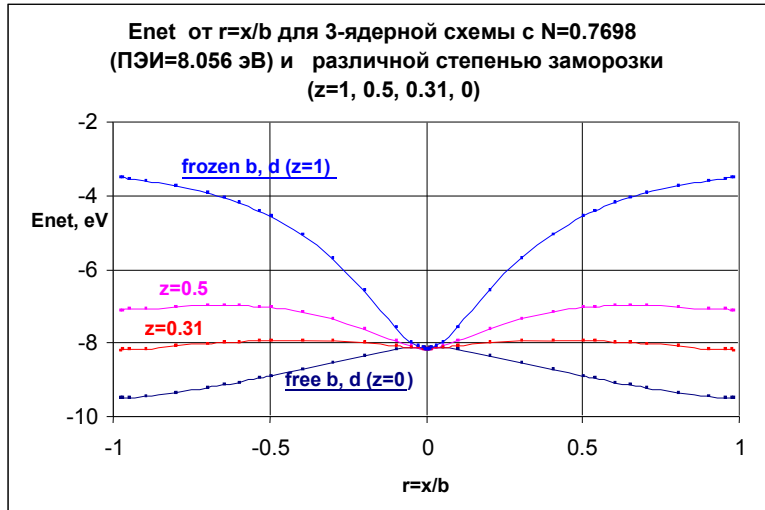
В квантовой теории металлов притяжение между электронами (обмен фононами) связывается с возникновением элементарных возбуждений кристаллической решётки. Электрон, движущийся в кристалле и взаимодействующий с другим электроном посредством решётки, переводит её в возбуждённое состояние. При переходе решётки в основное состояние излучается квант энергии звуковой частоты — [фонон](#), который поглощается другим электроном. Притяжение между электронами можно представить как обмен электронами фононами, причём 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 друга на расстояниях порядка ста периодов кристаллической решётки. Вся электронная система сверхпроводника представляет собой сплочённое 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 отличающееся объяснение явления сверхпроводимости, которое представляется нам более понятным, чем приведенные выше.

В статьях [«Теория электропроводности»](#) (авторы Ю. Ганкин, В. Ганкин) и [«Полуколичественное моделирование электропроводности в металлах и неметаллах»](#) (авторы Ю. Ганкин, В. Ганкин, А. Санин) было показано, что разница в электропроводности металлов и неметаллов обусловлено 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 определялся 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 замораживания составляет 30% .



Согласно экспериментальным данным¹ сверхпроводящие сплавы, открытые с 1910 по 1993 гг, 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), талий (7,88), кобальт (7,86), ртуть (10,43), германий (7,88) и кальций (6,11). Эти цифры позволяют говорить, что экспериментальные данные и расчеты по модели не противоречат друг другу.

14-04-2006

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

² в скобках указан потенциал ионизации этих металлов в электрон – вольтах