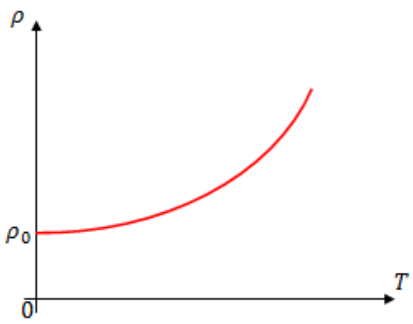
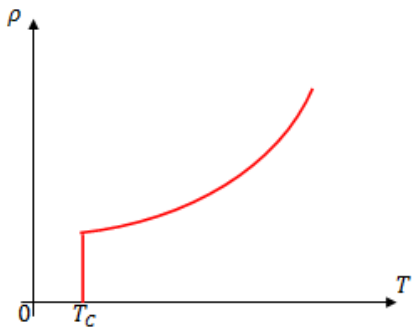
Суперпроводници

Обични метали имају отпор који зависи од температуре, како се снижава температура тако и отпор опада. На основу квантне теорије електричне проводљивости, хлађењем проводника опада енергија фонона а самим тим се и смањују расијања електрона на чворовима кристалне решетке (отпор је мањи). На јако малим температурама електрични отпор обичних метала има сталну вриједност која се назива резидуални отпор, као што је приказано на графику.





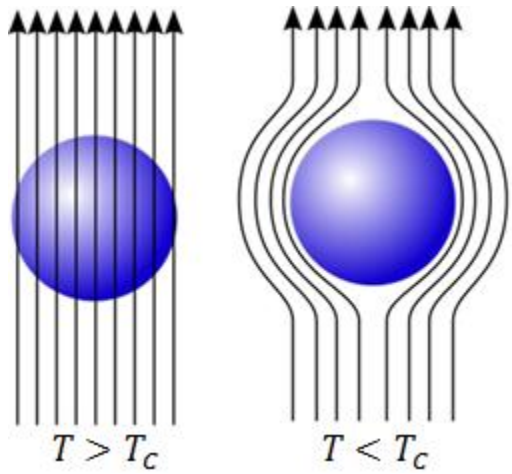
Холандски физичар Камерлинг Онес ($Kammerlingh\ Onnes$) је 1911. године изучавајући електрична својства живе на јако малим температурама примијетио неочекивану ствар- електрични отпор живе на температури $4{,}2K$ нагло опада на нулу. Касније су откривени још неки материјали који имају такву особину и они се једним именом називају **суперпроводници**. Температура на којој њихова отпорност опада на нулу назива се **критична температура** (T_C).

Међутим, особину суперпроводљивости није могла да објасни ни квантна теорија електричне проводљивости. Према тој теорији, електрични отпор мора постојати на температурама изнад апсолутне нуле јер се електрони не могу несметано кретати кроз метал.

Тек 1957. године појавила се теорија која је успјела да објасни суперпроводљивост. Та теорија се назива BCS теорија, по својим ауторима: Бардину ($John\ Bardeen$), Куперу ($Leon\ Cooper$) и Шриферу ($John\ Schrieffer$).

Према тој теорији на температурама нижим од критичне између слободних електрона се јавља доминантна привлачна сила, па се електрони супротних спинова удружују у парове. Такви парови се називају **куперовски парови**, и они су бозони јер је њихов спин нула! Пошто за њих не важи Паулијев принцип, они се сви смјештају на најнижи енергетски ниво. Тада енергија фонона није довољна да их пребаци на први слободни ниво, па између куперовских парова и кристалне решетке не долази до интеракције и због тога је отпор једнак нули. Повећањем температуре изнад критичне енергија фонона је довољна да ступи у интеракцију са куперовским паровима.

Њемачки физичар Мајснер ($Fritz\ Meissner$) открио је још једно занимљиво својство суперпроводника. Наиме, када се суперпроводник на температури изнад критичне нађе у магнетном пољу он се понаша сасвим нормално- магнетно поље улази у унутрашњост проводника. Међутим, када се охлади на температуру испод критичне, магнетно поље не пролази у његову унутрашњост. Та појава се назива **Мајснеров ефекат**.



Мајснеров ефекат се објашњава помоћу кружних струја на површини суперпроводника које индукује спољашње магнетно поље на температурама нижим од критичне. Те струје стварају сопствено унутрашње магнетно поље супротно усмјерено од спољашњег па се поништавају.

<u>Дакле, основне особине суперпроводника на температурама испод критичне су нулти отпор и Мајснеров ефекат</u>.

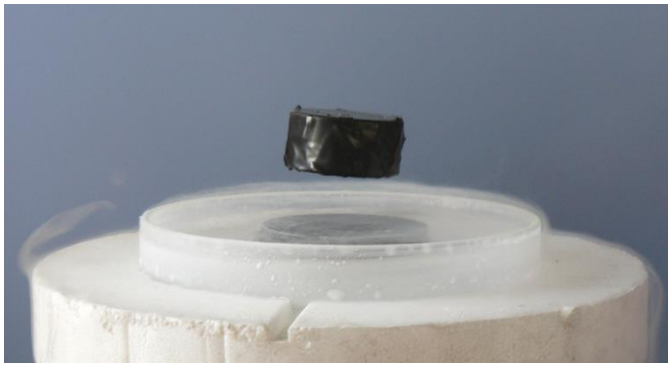
На томе се темељи њихова примјена!

- Електрична енергија би се могла помоћу суперпроводника преносити скоро без губитака.

- Рачунари са суперпроводницима би могли бити знатно бржи од данашњих.

- Техника прављења електромагнета би била подигнута на виши ниво помоћу суперпроводника јер би се могла створити јако моћна магнетна поља. Суперпроводни соленоиди се и данас користе код великих акцелекратора честица (велики хадронски сударач LHC у Церну).

- Магнетна левитација је особина суперпроводника која се и данас користи. Када се на расхлађен суперпроводни материјал постави стални магнет он ће лебдјети. То се дешава због стварања сопственог магнетног поља суперпроводника које је супротно усмјерено од магнетног поља сталног магнета. **Магнетна левитација** има разне примјене. Посебно су интересантни левитацијски возови изнад суперпроводних шина и левитацијски аутомобили изнад суперпроводних путева. Јапанци већ користе ту технологију (маглев технологију), они су постигли свјетски рекорд са левитацијским возом $2003.$ године који износи $581\frac{km}{h}$. Кинези су изградили Шангајску маглев пругу дужине $30km$ која повезује Шангај и нови шангајски аеродром у Пудонгу.



- Осјетљивост суперпроводника на магнетно поље се већ користи за израду осјетљивих магнетометара. То су тзв. $SQUID$ ($Superconducting\ Quantum\ Interference\ Detector$) детектори који мјере јако слаба магнетна поља као што је магнетно поље мозга, срца, а чак и мјерење протока јона кроз ћелијску мембрану. То би могло постати основа дијагностике у медицини.

- Заштита космонаута од космичког зрачења постаје све актуелнија. Основни елемент који се користи за заштиту је суперпроводник који ствара јако магнетно поље. Оно скреће наелектрисане честице космичког зрачења и на тај начин штити космонаута.

Основни проблем примјене суперпроводника јесте ниска критична температура. За хлађење суперпроводника на тако ниске температуре користи се течни хелијум који је јако скуп. Међутим, велики преокрет се десио 1986. године када је откривен суперпроводник са критичном температуром изнад $90K$, што је јако значајно јер се такве температуре могу постићи хлађењем течним азотом који је доста јефтинији.

Стремљење науке данас јесте да се открију суперпроводни материјали чија би критична температура била једнака собној. Материјали чија је критична температура изнад $30K$ називају се високотемпературни суперпроводници или хај-ти-си суперпроводници ($high - T_C$).