SUPERPREVODNOST

2009/2010

Predmet: Kemija s Tehnologijo Ljubljana, 25.3.2010

**Kaj je superprevodnost ?**

Superprevodnost je pojav, da pri nekaterih materialih preneha veljati ohmov zakon pri nizkih temperaturah. Specificni upor tedaj pade na nic.

Superprevodniki so materiali, ki imajo sposobnost prevajanja toka pri nizkih temperaturah brez električnega upora, saj se energija ne troši za segrevanje vodnika.

**Odkritje superprevodnosti**

Odkritje superprevodnosti je posledica tekmovanja znanstvenikov ob prehodu v [20. stoletje](http://sl.wikipedia.org/wiki/20._stoletje) pri doseganju vse nižjih [temperatur](http://sl.wikipedia.org/wiki/Temperatura). Enega za drugim so utekočinili [kisik](http://sl.wikipedia.org/wiki/Kisik), [dušik](http://sl.wikipedia.org/wiki/Du%C5%A1ik) in [vodik](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodik), toda šele leta [1908](http://sl.wikipedia.org/wiki/1908) je uspelo raziskovalni skupini [Heikeja Kamerlingh-Onnesa](http://sl.wikipedia.org/wiki/Heike_Kamerlingh_Onnes) na Univerzi v Leidnu utekočiniti [helij](http://sl.wikipedia.org/wiki/Helij), in sicer pri za tiste razmere neverjetno nizki temperaturi 4,2 [K](http://sl.wikipedia.org/wiki/Kelvin). Leta 1911 je Kamerlingh-Onnes uporabil svojo napravo za meritve električne upornosti [živega srebra](http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDivo_srebro). Ugotovil je, da pri temperaturi 5,15 K upornost skokovito pade pod mejo občutljivosti meritev. Kamerlingh-Onnes je imenoval pojav superprevodnost, točko prehoda pa temperatura skoka. Za to odkritje in za dosežke v tehniki nizkih temperatur je leta 1913 dobil [Nobelovo nagrado za fiziko](http://sl.wikipedia.org/wiki/Nobelova_nagrada_za_fiziko)

**Lastnosti superprevodnikov**

Kamerlingh-Onnes je s preskusi ugotovil le, da je upornost pod mejo občutljivosti njegovih meritev. Danes pa že vemo, da upornost superprevodnika dejansko pade na nič. Tok lahko teče tudi, če v superprevodniku ni električnega polja, v krožni superprevodni zanki teče [električni tok](http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_tok) tudi po več let brez zaznavne oslabitve.

Stanje superprevodnosti pa je zelo nestabilno. Po eni strani je zelo občutljivo na povišanje temperature nad temperaturo prehoda, po drugi strani pa zmoti supreprevodnost velika jakost električnega toka ali magnetnega polja. Z naraščanjem zunanjega magnetnega polja se torej znižuje temperatura prehoda. Razlikujemo dve vrsti superprevodnosti, in sicer glede na obnašanje pri temperaturi prehoda.

Superprevodniki prve vrste (večina čistih kovin - [Pb](http://sl.wikipedia.org/wiki/Pb), [Hg](http://sl.wikipedia.org/wiki/Hg), Al) popolnoma izrinejo magnetno polje iz svoje notranjosti. Tudi če magnetno polje vključimo pri visokih temperaturah v običajno

**Meissnerjev efekt**

Meissnerjev efekt oziroma izrivanje magnetnega polja lahko prikažemo z desno sliko, ki prikazuje tok silnic magnetnega polja okoli superprevodnika. Ko postavimo v magnetno polje prevodnik, se okoli njega vzpostavijo krožne sile, ki zaradi upora hitro ugasnejo.

Pri superprevodnikih ravno te sile preprečujejo vstop zunanjega magnetnega polja v material. Krožne sile ne ugasnejo, saj ni upora. Ker pri superprevodniku krožne sile tečejo trajno, vanj ne prodre magnetno polje, zato se v njem ne inducira napetost.

Meissnerjev efekt sta odkrila Meissner in Ochsenfeld leta 1932.
Če postavimo magnet nad superprevodnik, se magnet dvigne na magnetno blazino.

Na levi sliki je prikazan magnet, ki lebdi nad superprevodnikom. Tekočina na sliki je [tekoči dušik](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/zgodov.htm), potreben za hlajenje superprevodnika.

**Kritična temperatura**

Kritična temperatura je temperatura snovi, ki, po tem ko to temperaturo doseže, postane superprevodna.

**Kako ohlajamo superprevodnike ?**

Visokotemperaturne superprevodnike ohlajamo do kritične temperature s tem, da jih potapljamo v tekoči dušik, ki ga je zelo lahko dobiti, saj se rutinsko uporablja v medicini, prehrambeni in drugih industrijah. Velikokrat pa uporabljamo tudi mehanske hladilnike. Nizkotemperaturni hladilniki so komercialno dosegljivi, proizvaja jih več proizvodnikov, take hladilnike veliko uporabljajo tudi v vesoljski industriji. Glede na zahteve pa so taki hladilniki veliki kot sobna klima naprava, majhni pa celo kot pločevnika pijače. Delujejo lahko več let brez mehanskih okvar.

**Kritično magnetno polje**

Kritična temperatura materiala je odvisna tudi od magnetnega polja, v katerem se ta nahaja. Preveliko magnetno polje poruši superprevodnost. To vrednost gostote magnetnega polja imenujemo kritično magnetno polje.

Ob prevelikem toku skozi superprevodnik ta izgubi superprevodne lastnosti (kritični tok).

Tok, ki teče skozi superprevodnik, ustvarja lastno magnetno polje, ki skupaj z zunanjim magnetnim poljem ruši superprevodne lastnosti materialov.

4000A na kvadratni centimeter pri 77K v zunanjem polju 1T je najboljsi dosezek na svetu v prenasanju toka po superprevodniku. Brez zunanjega magnetnega polja stevilka zraste na 17000A na kvadratni centimeter.

**Cooperjevi pari**

Pri gibanju elektrona skozi kristalno mrezo privlacna sila med elektronom in pozitivno nabitimi gradniki privede do lokalne deformacije mreze in s tem do prebitka koncentracije pozitivnega naboja, kar se kaze v privlacnem medsebojnem delovanju z elektroni v neposredni okolici.

Elektron, ki izzove deformacijo kristalne mreze, deluje prek mreze posredno na bliznje elektrone. Nastane Cooperjev par, netrajna zveza dveh elektronov z nasprotnima gibalnima kolicinama.

**Josephsonov efekt**

Superprevodnost predstavlja makroskopsko demonstracijo kvantnih zakonitosti.

To je leta 1962 teoreticno dokazal B. Josephson s preucevanjem dogajanj pri dotiku dveh superprevodnikov.

Danes je trditev dokazana tudi prakticno.

**Super prevodniki II. vrste**

Superprevodniki druge vrste oziroma visokotemperaturni superprevodniki niso cisti elementi kot superprevodniki prve vrste, temvec zmesi vec elementov. Prve so sintetizirali [znanstveniki IBM-ovih laboratorijev](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/zgodov.htm).

Superprevodniki druge vrste imajo visjo [Tc](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/temperat.htm) (nekateri ze 170K) in prenasajo lahko vecji [tok](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/magnetno.htm).

Magnetno polje zacne prodirati v superprevodnik druge vrste pri polju, manjsem od [kriticnega magnetnega polja](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/magnetno.htm). Kjer cevi magnetnega toka prodirajo skozi superprevodnik, le-ta preide v normalno stanje. Izven tega obmocja material ostane superprevodnen. Z vecanjem gostote magnetnega polja material pocasi izgublja superprevodniske lastnosti. Vrednosti zgornjega kriticnega polja so znatno vecje od kriticnih polj superprevodnikov prve vrste.

**UPORABA SUPERPREVODNOSTI**

**Trenutni razvoj superprevodnikov**

Superprevodnike raziskujejo v drzavnih in komercialnih institutih, saj se ze sedaj kaze njihova uporabna vrednost.

Vsi raziskovalci tezijo k visji [Tc](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/temperat.htm), moznostih oblikovanja superprevodnikov v zice in druge strukture, pac k cim vecji uporabnosti.

**Transport**

Hitri vlaki z lahkoto nadomestijo letala. To dokazuje ze TGV, prototipi vlakov na magnetni blazini pa ze podirajo hitrostne rekorde, poleg tega je tovrsten prevoz znatno cenejsi.

Japonski superprevodni vlak iz 1979 dosega hitrost 517 km/h. Nima koles, pac pa plava na magnetni blazini, ki nastane z odbojem istih polov superprevodnih magnetov na tirih in na vlaku.

Trenja tako ni, kot pogon pa sluzi premikanje polja po tiru, kateremu sledi vlak.

Novejsi je nemski [TRANSRAPID](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/mst.htm), ki za prevoz enega potnika s hitrostjo 400 km/h porabi 40 Wh na kilometer poti. Za primerjavo, danasnji francoski TGV potrebuje pri hitrosti 300 km/h 42Wh in nemski ICE 51,9 Wh na potnika na kilometer poti.
Nemci nameravajo Transrapid zeleznico speljati med velikimi mesti ob avtocestah, prva je na vrsti povezava Berlin-Hamburg, ki naj bi bila s celotnim proracunom 7mrd DEM koncana leta 2003.

**Uporaba superprevodnikov v medicini**

Magnetoencefalografija je tehnika za merjenje magnetnih tokov mozgan. S to tehniko je mogoce dolociti tudi polozaj toka v mozganih.

Superprevodnik v aparatu na sliki je dovolj obcutljiv. Meri tokove, ki so reakcije na to, kar dekle zagleda v ogledalu.

**Uporaba superprevodnikov v računalništvu in elektrotehniki**

V racunalnistvu bodo superprevodniki uporabni predvsem za hitre povezave znotraj racunalnikov.

Grajenje cipov iz superprevodnih materialov se je zaenkrat izkazalo za neuspesno, saj pri grajenju majhnih elementov pride do medsebojnih vplivov gradnikov (nic ne dela).

Najbrz se bodo superprevodniki v elektronskih elementih uporabljali v povezavi s polprevodniki.

Slika kaze supeprevodniski senzor za merjenje magnetnega polja. Vijolicni del je superprvodnik (SQID). Vec ovojev sluzi za boljse ojacanje. Tovrsten senzor je najbolj obcutljiv do sedaj, uporablja se med drugim v medicini za merjenje [magnetnih valov](http://www2.arnes.si/~mvavpo/tr/medicina.htm) v mozganih.