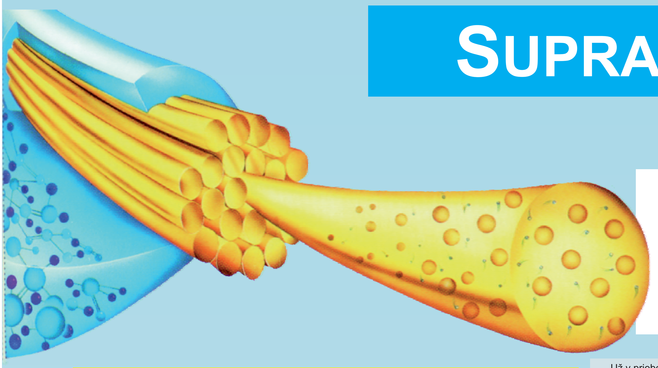
Európsky **sociálny** fond

SUPRAVODIVOSŤ



Látky schopné viesť elektrický prúd sa nazývajú **vodiče**. Typický predstavitelia sú kovy, pričom medzi dobré vodiče patria meď, hliník, striebro, či zlato. Zlými vodičmi prúdu sú nikelin, či konštantán.

Ostatné látky sú buď **izolanty** alebo **polovodiče**. Istými osobitnými vlastnosťami z hľadiska vodivosti elektrického prúdu sa vyznačujú ešte elektrolyty.

Odpor vodiča

Vodiče veľmi dobre vedú elektrický prúd. Využíva sa pritom schopnosť elektrónov voľne sa pohybovať medzi atómami kovovej mriežky.

Elektróny sú v kryštalickej mriežke viazané na svoje atómy relatívne slabou väzbou. Preto sa môžu voľne presúvať, preskakovať medzi jednotlivými atómami. Ak však na vodič naložíme elektrické napätie, každý elektrón je elektrickou silou trochu posunutý k susednému atómu. A tak hoci sa každý elektrón pohne len v malom priestore k susedovi, vo výsledku medzi koncami vodiča tečie rýchly tok elektrických častíc - elektrický prúd. Rýchlosť akou sa šíri je väčšia ako polovica rýchlosti svetla.

Každý vodič pri izbovej teplote predsa len kladie toku prúdu odpor.

Schopnosť pohybu elektrónov v mriežke je totiž ovplyvnená jej hustotou, nečistotami ako aj **prirodzeným kmitaním mriežky závislým od teploty**. Zároveň čím je väčší prierez vodiča (S) viac elektrónov „vedľa seba" je schopných viesť prúd, odpor vodiča sa preto s veľkosťou jeho prierezu znižuje. Naopak, čím je vodič dlhší (l), tým viac prekážok vplýva na pohyb elektrónu mriežkou. Dĺžka vodiča tak jeho odpor zvyšuje.

Tieto závislosti popisuje rovnica

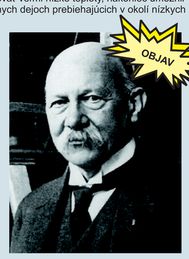
$$R = \rho \, l / S$$

Už v priebehu 19. storočia bolo známe, že so znižujúcou sa teplotou klesá aj elektrický odpor kovov. Až rozvoj kryogénnej techniky umožňujúcej dosahovať veľmi nízke teploty, nakoniec umožnil experimentálne overiť rôzne špekulatívne úvahy o fyzikálnych dejoch prebiehajúcich v okolí nízkych teplôt blízkych k absolútnej nule (0 Kelvinov = - 273°C).

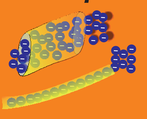
Holanďan Heike Kamerlingh Onnes v roku 1911, tri roky po tom, ako sa mu podarilo skvapalniť hélium, meral elektrický odpor rôznych kovov pri nízkej teplote. Pri experimentoch s ortuťou zistil, že pri teplote blízkej absolutnej nule 4,22 K odpor náhle klesol na nemerateľne malú hodnotu. Za objav tohoto fyzikálneho javu, nazvaného supravodivosť, dostal v roku 1913 Nobelovu cenu.

Druhý dôležitý objav urobili v roku 1933 Walter Meissner a R. Ochsenfeld, keď zistili, že supravodiče sa zároveň pod kritickou teplotou stávajú diamagnetikami. Teda látkami, ktoré reagujú na vonkajšie magnetické pole tak, že ho vo svojom vnútri zoslabujú.

Supravodiče svoje vlastnosti strácajú a vracajú sa do normálneho stavu nielen zvyšovaním teploty ale aj naložením vysokého magnetického poľa, ktoré „pretlačí" ich diamagnetizmus.



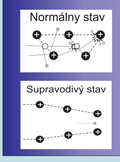
$$R = \rho \, l / S$$



Závislosť odporu od vlastností vodiča sa dá pripodobniť pohybu žiakov na školskej chodbe. Ak zazvoní a je možnosť ísť domov, je to dôvod - „hýbať", ktorý ovplyvní pohyb každého žiaka. Obdobne ako priloženie napätia na vodič.

Čím je chodba užšia a dlhšia, tým dlhšie trvá, pokiaľ sa žiaci dostanú von na „slobodu". Množstvo nečistôt v podobe rôzneho nábytku , či iných prekážok na chodbe tiež tento pohyb spomaľuje . Vplyv tepla už nie je taký intuitívny, môžeme si však predstaviť, že ak by boli steny chodby, či nábytok horúcejšie museli by sme sa ako žiaci pohybovať opatrnejšie, aby sme sa ich nedotkli a nepopálili. S teplotou by náš pohyb, tak ako pohyb elektrónov v mriežke, bol pomalší. Odpor sa tým zvyšuje.

Čo sa však stane
ak sa teplota vodiča bude znižovať?
Bude sa odpor znižovať tiež?
Môže aj vymizнúť? Môže byť odpor nulový?
V zásade ÁNO.
Voláme to supravodivosť.



Teóriu popisujúcu supravodivosť vytvorili J.Bardeen, L.Cooper a J.R.Schrieffer, preto sa nazýva aj podľa ich mien **BCS teória**. V roku 1972 za ňu získali Nobelovu cenu za fyziku.

BCS teória hovorí, že v dôsledku interakcie medzi elektrónmi a kmitmi kryštálovej mriežky (tiež volané fonóny) môže dôjsť k spárovaniu dvoch elektrónov. Jeden elektrón pri pohybe kryštálovou mriežkou vytvára v nej oblasti, ktoré samy priťahujú druhý elektrón a odpor sa teda znižuje. Oba elektróny nazývame Cooperovský pár. Podstatou supravodivosti je, že všetky Cooperovské páry v supravodiči sa správajú vzájomne závislo, koherentne.

Pokiaľ v normálnom stave pri vysokej teplote sú zrážky elektrónov s mriežkou (či fonónmi) chaotické, v supravodiči sú to len interakcie bez strát energie a tieto sú vzájomne podmienené a viazané. A keďže je odstránená prekážka toku elektrónov, odpor klesá na nulu.

Supravodivosť

Nulový odpor vodičov sa nazýva supravodivosť. Ide o **schopnosť viesť elektrický prúd bez strát**.

Supravodivý stav sa v supravodičoch vyskytuje len ak je splnená podmienka, že **teplota supravodiča je nižšia ako kritická teplota.** Jej hodnota závisí od štruktúry supravodiča, a preto ju môžeme ovplyvňovať štruktúrnym zložením materiálu: jeho čistotou, ale aj jeho hrúbkou, či tlakom.

Pomerne vysokú a teda dosiahnuteľnú kritickú teplotu u ortuti dosiahol H. K. Onnes jej opakovaným čistením a destiláciou. Jej hodnota je 4,22Kelvinov (-269°C). U dobrých vodičov, ako je zlato či platina nebola supravodivosť zistená ani pri teplote 40 μK. Supravodivosť Onnes objaviť aj u olova a cínu a niobu.

Nízke teploty sa dosahujú v chladiacich zariadeniach pomocou skvapalnených plynov. Veľmi nízke teploty, héliové teploty (od 0,2 do 4,2 K) sa získavajú kvapalným héliom. Jeho nevýhodou je, že je drahý.

Preto sa supravodivosť bežne okolo nás nevyskytuje a je potrebné veľké úsilie aby sme ju dosiahli.

V rokoch 1986-1987 nastal vo vývoji supravodičov kvalitatívny skok objavením tzv. **vysokoteplotných supravodičov**.

Podarilo sa nájsť látky, u ktorých kritická teplota je takmer 120 K. Zároveň sa objavilo, že supravodivosť môže existovať aj u oxidov keramickej povahy, ktoré sú inak izolantmi.

To umožnilo chladenie skvapalneným héliom nahradiť lacnejším a dostupnejším kvapalným dusíkom. Otvoril sa priestor pre prvé priemyselné nasadenie supravodičov.

Aj keď je teplota vysokoteplotnej supravodivosti (cca od -153 °C) je pre supravodiče naozaj vysoká, pre bežné využitie v praxi je stále veľmi nízka. A tak je táto technológia pre širšie komerčné využitie zatiaľ dosť nepraktická a kvôli chladeniu aj energetický náročná.

To sú dôvody pre skúmanie nových materiálov a prácu na nových typoch supravodičoch, ktoré by mali supravodivé vlastnosti už pri bežných vonkajších teplotách.

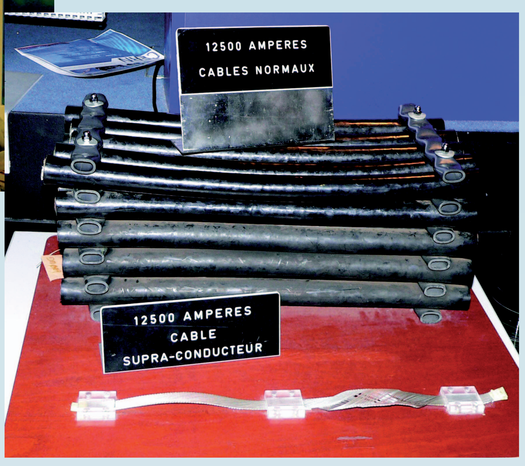
Príklady využívania supravodičov

Prvé a doteraz hlavné využitie supravodičov je v cievkach na tvorbu silných magnetických polí. Za pomoci nich sa vyrábajú omnoho menšie a efektívnejšie supravodivé magnety

S nasadením supravodivých magnetov sa môžme stretnúť v medicíne pri magnetickej rezonancii mozku. Merajú sa nimi aj veľmi slabé magnetické polia. Vo vesmírnej technike slúžia na stabilizáciu polôh družíc.

Supravodiče sa už využívajú aj ako prúdové poistky v elektrárňach, či ako vysokoprúdové transformátory.

Ich použitie by malo veľmi veľký dopad v prípade použitia pri prenose elektrickej energie supravodivým vedením. Straty energie u vysokonapäťového vedenia sú stále veľmi vysoké. Prvý 50 metrový rozvod elektrickej energie použitím vysokoteplotných supravodičov už bol testovaný.



Skúmaním supravodivosti sa venujú aj fyzici na Katedre experimentálnej fyziky na Fakulte Matematiky, Fyziky a Informatiky Univerzity Komenského v Bratislave.

Pre ich prínos v tejto oblasti sú uznávaní aj v zahraničí.