

Úloha II.2 . . . hypervysokoteplotní supravodivost 3 body; (chybí statistiky)

Velké části látek, obvykle kovům, roste s vyšší teplotou odpor. Jsou ovšem látky, jako například grafit či polovodiče, kterým odpor s rostoucí teplotou klesá. Také jste již pravděpodobně slyšeli o supravodivosti, což je jev, který obvykle nastává za velmi nízkých teplot a jedná se o stav, ve kterém látka nevykazuje žádný elektrický odpor a dokonale vede elektrický proud. V současné době jsou nejvyšší teploty, ze kterých byla supravodivost pozorována, hluboko pod pokojovou teplotou. Co kdybychom ale uvažovali, že se odpor mění dle vzorečku $R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$, kde R_0 je odpor vodiče pro $20\text{ }^\circ\text{C}$, α je teplotní součinitel elektrického odporu a Δt teplotní rozdíl vůči původní teplotě $20\text{ }^\circ\text{C}$? Tak při hodnotách součinitelů pro grafit $\alpha_C = -0,5 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ a křemík $\alpha_{Si} = -75 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ dostáváme nulový odpor pro vysoké teploty. Pro jaké? A jak to, že to ve skutečnosti nefunguje a jak uhlík, tak křemík nejsou za vysokých teplot supravodivé?

Karel se inspiroval nekonstantními konstantami.

Výpočet je velice jednoduchý. Stačí si uvědomit, že potřebujeme, aby závorka byla nulová, tedy

$$0 = 1 + \alpha\Delta t \quad \Rightarrow \quad \Delta t = -\frac{1}{\alpha}.$$

Po dosazení vyjde $\Delta t_C \doteq 2000\text{ }^\circ\text{C}$ a $\Delta t_{Si} \doteq 13\text{ }^\circ\text{C}$. Tedy u křemíku by měla nastávat supravodivost již při $33\text{ }^\circ\text{C}$ a pro vyšší teploty by podle tohoto vzorečku měl být odpor dokonce záporný. Nicméně tak to nefunguje.

Obecným důvodem, proč toto nefunguje, je, že teplotní součinitel elektrického odporu závisí na teplotě. Tato závislost je silná zejména právě u polovodičů, jejichž příkladem je právě křemík. U polovodičů můžeme teplotní závislost odporu na teplotě popsat zhruba jako nepřímou úměrnost. Proč zhruba? Protože výrazně silnější vliv na celkový odpor polovodiče má při pokojové teplotě to, že se zvyšuje s rostoucí teplotou počet párů elektron-díra, ale pořád je zde přítomen i mechanismus, kterým se zvyšuje odpor i u vodičů (srážky vodivostních elektronů s atomy krystalové mřížky). Ten je ale výrazně slabší. Ale i kdyby najednou vymizel „odpor polovodiče“, stále našemu vzorku zůstane „odpor vodiče“ a proto nebude odpor nulový.

Pokud by někoho zajímala v současnosti nejvyšší teplota, při které lze dosáhnout reálné supravodivosti, tak zatím jde o teplotu $-135\text{ }^\circ\text{C}$ dle FzÚ AV ČR¹.

Karel Kolář
karel@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

¹<http://www.fzu.cz/popularizace/supravodivost-a-levitace>