

Frustrovaný magnetismus jako cesta ke kvantovým výpočtům

Každý z nás zná permanentní magnety, jejichž magnetické chování je určeno uspořádáním magnetických momentů uvnitř materiálu. Zdrojem těchto magnetických momentů jsou elektronové obaly atomů, které nemají zcela zaplněnou valenční slupku. Jakým způsobem se magnetické momenty uspořádají, je pak předmětem interakcí mezi nimi a dost často se na této interakci podílejí elektronové slupky ostatních atomů. Proti těmto interakcím působí tepelný pohyb částic. Jak ale teplota klesá, magnetické interakce dominují a vedou k vytvoření uspořádané magnetické struktury, jako například u výše zmíněných permanentních magnetů.

Musí tomu tak být ale vždy? Co když existuje materiál, který má silné interakce mezi magnetickými momenty, ale přesto se magneticky neuspořádá, a to až do nejnižších teplot. Důvodem takového neuspořádání je nemožnost splnit najednou všechny interakce s okolními magnetickými momenty, a takový stav označujeme jako magnetickou frustraci. Magnetický moment tak vyhoví části z nich, ale druhá část interakcí požaduje opačnou orientaci, v důsledku čehož mohou začít magnetické momenty fluktuovat. Jsou-li magnetické momenty malé, může navíc docházet k jejich kvantovému provázání. Takové materiály se označují jako **kvantové spinové kapaliny**. Excitované stavy v těchto materiálech pak vedou ke vzniku exotických kvazičástic.

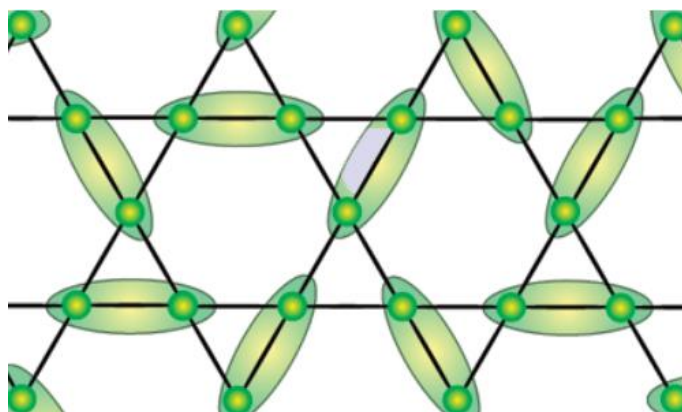
A jak s tím souvisí kvantové výpočty? Jednoduše: pomocí těchto kvazičástic, například anyonů, lze teoreticky realizovat qubit – základní výpočetní jednotku pro kvantové počítače. To je také důvod, proč je toto téma v současnosti předmětem intenzivního výzkumu.

Má to háček? Má, a velký! Zatím nebyl nalezen materiál, který bychom mohli označit za kvantovou spinovou kapalinu, existují však materiály, které jsou tomuto stavu velmi blízko, a právě tyto materiály a jejich vlastnosti jsou předmětem našeho výzkumu a také velkou výzvou.

Co je náplní tohoto projektu? Optimalizace růstu monokrystalů sloučenin $\text{Zn}_x\text{Cu}_{3-x}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ a $\text{Zn}_x\text{Cu}_{3-x}(\text{OH})_6\text{FBr}$ a jiných magneticky frustrovaných materiálů, které pak budou sloužit ke studiu jejich magnetických vlastností. Tyto materiály patří mezi slibné kandidáty, v nichž by se mohl realizovat stav kvantové spinové kapaliny.

Školitel projektu: Petr Doležal

petr.dolezal@matfyz.cuni.cz



Courtesy L. Clark/University of Edinburgh