

Výzkum antiferomagnetů na Masarykově univerzitě se může stát milníkem v moderní experimentální fyzice kondenzovaných látek

25.7.2024 - | Masarykova univerzita

Fyzici se dlouhodobě zabývají antiferomagnety, tedy materiály, které na první pohled působí jako nemagnetické. Magnetické momenty v takových materiálech jsou vykompenzované, vzájemné síly se vyrovnávají a celkový magnetický moment je nulový.

„My jsme se zaměřili na vlastnosti určité třídy antiferomagnetů, na dvoudimenzionální magnetické materiály. Ty si můžeme představit jako ultratenkou vrstvu o tloušťce jednoho atomu. Jedním z příkladů takového materiálu je nemagnetický materiál grafén, za jehož objev byla udělena Nobelova cena za fyziku v roce 2010. My jsme pracovali s vrstvou lantanito-železitého oxidu,“ vysvětlil Adam Dubroka z Ústavu fyziky kondenzovaných látek Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity.

Tým vědců Masarykovy univerzity pozoroval změnu chování magnetických momentů v antiferomagnetu ve speciálně vytvořených vzorcích jednoatomární vrstvy lantanito-železitého oxidu. Fluktuující, neboli proměnlivé, magnetické momenty v těchto typech materiálů by mohly být základem pro nové magnetické stavy nebo vysokoteplotní supravodivost. Principy magnetismu jsou obvykle využívány při výrobě elektroniky, především datových uložení. Speciální magnetické vlastnosti zkoumaných antiferomagnetů však mohou být základem pro vytváření nových materiálů, např. vysokoteplotních supravodičů, které by mohly mít v budoucnu významné využití např. u špičkových diagnostických zařízení používaných v medicíně.

Podle tzv. Merminova-Wagnerova teorému publikovaného v 60. letech nemůže jistá třída dvoudimenzionálních magnetických materiálů vykazovat magnetické uspořádání, protože je termálními fluktuacemi zničeno. Tato předpověď se ale týkala jen nekonečně velkých vzorků. Jak se ale chovají vzorky laboratorních velikostí, je od té doby předmětem vědeckých debat. „My jsme prováděli měření na sadě vlastních vzorků. Svým výzkumem jsme se tak zapojili do vášnivé diskuze fyziků, jestli teorém dobře předpovídá vlastnosti i u vzorků laboratorních velikostí. My jsme ukázali, že ano,“ shrnul výsledky výzkumu Dubroka. „S pomocí vzorků ultratenkých vrstev, tzv. supermřížek, několika málo (jedné, dvou nebo tří) atomárních vrstev antiferomagnetu lantanito-železitého oxidu (LaFeO_3) jsme ukázali, že právě vzorek s jednou monovrstvou vykazuje fluktuace předpovězené před více než padesáti lety D. Merminem a H. Wagnerem, i když zmíněné nedávné teoretické předpovědi navrhuji opak,“ dodal.

První zásadní část výzkumu spočívala ve vytvoření samotných vzorků. To se podařilo Michalu Kiabovi, studentovi doktorského studijního programu z Ústavu fyziky kondenzovaných látek Masarykovy univerzity, který vzorky antiferomagnetu ve vrstvách s různou tloušťkou vytvořil pomocí pulsního laseru, ve vakuu, s přesností na jednotlivé atomy. Použitá depoziční aparatura pracuje s elektronovým dělem, které může během 'růstu' materiálu jednotlivé vrstvy monitorovat, a umožňuje tak počet vrstev kontrolovat. Tato část výzkumu se uskutečnila ve výzkumné infrastruktuře CEITEC Nano, což je špičkové sdílené pracoviště Masarykovy univerzity a Vysokého učení technického v Brně.

Následné měření připravených vzorků proběhlo ve speciálním spektrometru, unikátním zařízení využívajícím rozpadu mionů s nízkou energií v Institutu Paula Scherera ve Švýcarsku. Miony jsou

malé nestabilní částice, přibližně 200krát těžší než elektrony, s poločasem rozpadu 2 miliontiny sekundy. Právě rozpad mionů se při těchto měřeních využívá ke studiu vlastností magnetických momentů. Důležitým parametrem experimentů je teplota prostředí, která dosahovala až téměř k absolutní nule. Výzkumníci provedli sekvence tří měření v průběhu dvou let.

Význam výzkumu fyziků z Masarykovy univerzity ocenil mj. významný experimentální fyzik, profesor Christian Bernhard z univerzity ve Fribourgu, v posudku k disertační práci Michala Kiaby: „Mám dojem, že tento výzkum se pravděpodobně stane milníkem v moderní experimentální fyzice kondenzovaných látek. Získaný výsledek má nejen velký fundamentální význam, ale je také mistrovskou ukázkou kombinace růstu vysoce kvalitních heterostruktur s kontrolou na atomární škále s využitím celosvětově unikátní techniky rozpadu mionů s nízkou energií k testování dlouholetého teoretického tvrzení, které je klíčové pro fyziku nízkorozměrných magnetických a supravodivých materiálů.“

<https://www.muni.cz/pro-media/tiskove-zpravy/vyzkum-antiferomagnetu-na-masarykove-univerzite-se-muze-stat-milnikem-v-moderni-experimentalni-fyzice-kondenzovanych-latek>