

TISKOVÁ ZPRÁVA

Praha 1. srpna 2024

Akademie věd ČR
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1
www.avcr.cz

NANOČÁSTICE LEVITUJÍCÍ VE SVĚTELNÝCH SVAZCÍCH POODKRÝVAJÍ TAJE NELINEÁRNÍ DYNAMIKY OTEVŘENÝCH SYSTÉMŮ

Odborníci z Ústavu přístrojové techniky (ÚPT) AV ČR nabídli univerzální nástroj, který umožňuje dynamicky měnit povahu světelné interakce mezi nanočásticemi a sledovat tzv. nelineární chování otevřeného (nehermitovského) systému. Praktické pochopení těchto nanosystémů, které interagují s okolím, je klíčové i pro další technologický pokrok, např. v oblasti výměny energie, zvýšení citlivosti senzorů nebo rozvoje kvantových technologií.

Tým z ÚPT AV ČR již několik desetiletí systematicky využívá silové účinky světla pro praktické aplikace, např. jako kompaktní optické pinzety pro bezkontaktní manipulaci s mikroorganismy a nanoobjekty, světelný tažný svazek nebo světelnou třídičku mikroobjektů. V posledních letech optické síly tvoří vhodný nástroj i pro experimentální modelové systémy, které poskytují hlubší pochopení fyzikálních dějů v nanosvětě a na rozhraní klasické a kvantové fyziky.

„Práce publikovaná v časopise [Nature Physics](#) představuje experimentální systém se dvěma skleněnými nanočásticemi, které levitují ve světelných svazcích. Je unikátní v tom, že umožňuje „přepínat“ fyzikální povahu světelného působení mezi částicemi. Tato vlastnost upoutala i naše kolegy na Vídeňské univerzitě, kteří publikovali studii jiné geometrie ve stejném čísle,“ říká Oto Brzobohatý, vedoucí výzkumné skupiny Levitační fotoniky ÚPT AV ČR.

Proč je experimentální modelový systém zajímavý?

Fyzika často popisuje realitu pomocí zjednodušených modelů, které vysvětlují podstatu pozorovaných jevů a odhalují zákonitosti, jimiž se realita řídí. S rozvojem technologií lze pozorovat stále více detailů a nalézat hranice platnosti starých modelů, což vede k jejich revizi – např. newtonovská dynamika versus speciální teorie relativity, klasický popis atomu versus kvantový.

A právě zavedený kvantový popis se zaměřuje zejména na tzv. hermitovské systémy, které jsou izolované a neinteragují s okolím. Tato vlastnost zajistí, že jejich kvantově-matematický popis měřitelných veličin vždy poskytuje reálná čísla, která je možné naměřit.

Kontakt pro média: **Eliška Zvolánková**
Divize vnějších vztahů AV ČR
press@avcr.cz
+420 739 535 007

Pavla Schieblová
Ústav přístrojové techniky AV ČR
schieblova@isibrno.cz
+420 734 218 279

Na rozdíl od hermitovských systémů ty nehermitovské zahrnují i interakci s okolím, vykazují útlum nebo zesílení, a tak blíže popisují reálné systémy. V jejich případě matematický popis veličin pro vhodné kombinace parametrů může poskytnout rovněž hodnoty reálné, ale častěji poskytuje hodnoty s reálnou i imaginární složkou.

„Systém pak např. exponenciálně navyšuje svou výchylku a stává se nestabilním. Při velkých výchylkách se však již mění chování systému, přestává mít lineární odezvu na výchylku a projevuje se nelineární chování. Vhodná nelinearita může zastavit nárůst výchylek, systém se stabilizuje a vytvoří se tzv. limitní cyklus oscilující s výrazně vyšší výchylkou. Malá změna, např. jednoho parametru systému, pak vede k velké změně v chování systému, což vytváří ideální základ pro citlivý senzor,“ vysvětluje výhody nelineárního nehermitovského systému Pavel Zemánek, vedoucí oddělení Mikrofotoniky ÚPT AV ČR.

„Skleněné nanokuličky ve světle“ jako široce laditelný nehermitovský experimentální systém

V ÚPT AV ČR využili experimentální platformu s křemennými nanočásticemi, které byly zachycené ve vakuu v laserových svazcích. Interakce nanočástic s okolím se tak omezila pouze na dobře kontrolované silové působení fotonů dopadajících laserových svazků nebo fotonů rozptýlených od druhé nanočástice.

Nanočástice pak tvoří miniaturní oscilátory, které jsou vzájemně svázané rozptýlenými fotony a v prostoru periodicky kmitají jako malinkaté kuličky v okolí dna důlku nebo kyvadla hodin.

„Unikátní je možnost jedním parametrem laserového svazku změnit mezičásticovou interakci např. z reciproční, kdy je systém hermitovský a mezičásticové síly po vychýlení částice mají opačný směr (stejně jako např. gravitační nebo elektrostatická síla), na nerekiproční, kdy je systém nehermitovský a laserový svazek „tlačí“ obě částice stejným směrem. I v druhém případě nanočástice kmitají kolem svých rovnovážných poloh při určitých výkonech svazků, avšak při jejich rozvážení začnou navyšovat amplitudu kmitů až do okamžiku, kdy zasáhne nelinearita silové interakce a jejich pohyb se stabilizuje do tzv. limitního cyklu. V práci jsme studovali právě takový přechod nehermitovského systému a jeho vlastnosti,“ vysvětluje Oto Brzobohatý.

Budou levitující nanočástice součástí kvantových technologií?

I když jsou nanočástice stonásobně menší než průměr lidského vlasu, z pohledu kvantové fyziky jsou stále moc velké na to, aby vykazovaly kvantové chování.

„Zatím existuje jen několik experimentů, které naznačují, že levitující nanočástice již otevřely dveře do kvantového světa a chovají se jako kvantový oscilátor. Stále však chybí experiment, ve kterém by se prokázaly měřitelným kvantovým efektem, podobně jako např. laserem chlazené ionty. My prozatím zůstáváme s experimenty v klasické fyzice,“ říká Pavel Zemánek.

„Zvolená experimentální platforma nám umožňuje řádově navýšit počet interagujících nanočástic a navíc rozšířit experimenty i na interakci nanočástic s chladnými ionty v laboratořích našich kolegů v ÚPT AV ČR i na Univerzitě Palackého v Olomouci. Tím bychom se experimentálně přiblížili režimu vázaných hybridních kvantových oscilátorů, které jsou považovány za jeden ze stavebních kamenů budoucích kvantových technologií,“ uzavírá Pavel Zemánek.

Více informací:

prof. RNDr. Pavel Zemánek, Ph.D.

Ústav přístrojové techniky AV ČR

zemanek@isibrno.cz

+420 541 514 343

Mgr. Oto Brzobohatý, Ph.D.

Ústav přístrojové techniky AV ČR

otobrzo@isibrno.cz

+420 541 514 283