

Oponentní posudek bakalářské práce

Název práce: ***Adiabatický transport atomů v optických mřížkách***

Autor práce: ***Miroslav Gajdacz***

Předložená práce se věnuje problematice manipulace s atomy zachycenými v optické mřížce tvořené kombinací několika laserových svazků. Změnou parametrů svazků je možné měnit průběh optického potenciálu a transportovat atom mezi jednotlivými potenciálovými jámami. Autor se zaměřuje na proces CTAP (coherent tunneling via adiabatic passage), který představuje prostorový analog procesu STIRAP. Jedná se o adiabatický transport mezi dvěma nesousedícími jámami, přičemž populace v intermediální jámě je po celou dobu transportu velmi nízká. Jedná se o zajímavou a vysoce aktuální tematiku. Možnost koherentní manipulace se stavy atomů zachycených v atomových mřížkách je nejen fundamentálně zajímavá, ale může najít i praktické uplatnění například v kvantovém zpracování informace nebo v metrologii.

Předložená práce sestává se sedmi kapitol (z toho poslední kapitolu tvoří Dodatky) a seznamu použité literatury. V první kapitole jsou stručně prezentovány cíle práce. Následně ve druhé kapitole je popsán princip adiabatického a neadiabatického transportu atomu v potenciálových jámách a jsou zrekapitulovány výsledky dosažené pro trojjámu s bariérami ve tvaru delta funkcí, což představuje východisko pro další práci. Třetí kapitola je věnována popisu jednodimenzionální optické mřížky a je ukázáno, jak pomocí tří dvojic laserových svazků vytvořit požadovaný potenciál ve tvaru (periodicky se opakující) trojjámy. Ve čtvrté kapitole je diskutován adiabatický transport atomu z hlediska stacionárního řešení Schrödingerovy rovnice. Jsou nalezeny podmínky pro CTAP a jsou diskutovány vlastnosti a parametry charakterizující studovaný transportní proces. V páté kapitole je proces CTAP analyzován pomocí numerického řešení časové Schrödingerovy rovnice. Jsou uvažovány tři režimy: velmi pomalý transfer, středně rychlý transfer a velmi rychlý transfer. V této kapitole je rovněž diskutována robustnost transferu vzhledem k šumu. Šestá kapitola obsahuje stručné shrnutí práce a nástin dalšího navazujícího výzkumu. V sedmé kapitole pak čtenář nalezne několik převážně matematických dodatků.

Práce je logicky strukturována a obsahuje řadu názorných grafů a obrázků. Autor prokázal schopnost samostatné analýzy a řešení netriviálního fyzikálního problému a úspěšně zvládl problematiku numerického řešení stacionární i časové Schrödingerovy rovnice. K předložené práci mám několik dotazů a připomínek:

- 1) Na straně 12 autor uvádí, že v aproximaci rotující vlny (RWA), můžeme nahradit rychle oscilující členy jedničkou. Ve skutečnosti ovšem v této aproximaci můžeme rychle oscilující členy zanedbat.
- 2) Na straně 9 autor v souvislosti s experimentální realizací STIRAPu cituje privátní sdělení [7]. Existuje ovšem řada publikací, které by bylo možné citovat, pro ilustraci uvádím práci skupiny profesora Rempeho: *M. Hennrich, T. Legero, A. Kuhn, and G. Rempe, Vacuum-Stimulated Raman Scattering Based on Adiabatic Passage in a High-Finesse Optical Cavity, Phys. Rev. Lett. 85, 4872–4875 (2000).*

- 3) Jaká je typická intenzita světelných svazků tvořících optickou mřížku? Nemůže mít interakce atomu s laserovými svazky tvořícími mřížku negativní vliv na transport atomu?
- 4) Jaká je typická doba života neutrálního atomu zachyceného v optické mřížce?
- 5) Na str. 26 a 27 je slovně popisována změna tvaru potenciálu při změně parametrů P_i . Tento popis by byl mnohem názornější, kdyby byl doprovázen grafy znázorňujícími změnu tvaru potenciálu. Takovýto graf je ovšem uveden až v následující kapitole na str. 31.
- 6) Lze nalezený časový průběh parametrů P_i realizujících proces CTAP experimentálně implementovat s požadovanou přesností? Který parametr se jeví jako nejkritičtější z hlediska přesnosti nastavení?
- 7) Z textu práce se zdá, že numerické řešení časové Schrödingerovy rovnice probíhalo na konečném prostorovém intervalu. Jak přesně byly voleny okrajové podmínky?
- 8) V sekci 5.6 je studován vliv šumu na robustnost transferu atomu a je uvažován specifický model šumu. Jaké je výkonové spektrum tohoto šumu? Proč byl zvolen daný model šumu? Nebylo by vhodnější uvažovat různé modely pro fluktuace fáze a fluktuace amplitudy laserových svazků tvořících optickou mřížku?

Na závěr mohu konstatovat, že práce splňuje a vysoce převyšuje požadavky kladené na bakalářskou práci. Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji ji hodnotit známkou **výborně**.

V Olomouci dne 4.6.2010

Doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.