ELI Beamlines Facility
The Extreme Light Infrastructure ERIC
Za Radnicí 835, 252 41 Dolní Břežany, Czech Republic
www.eli-laser.eu|www.eli-beams.eu

Rámcové Téma (BP, VÚ, DP)

Pokročilé numerické metody pro modelování generace vysokých harmonických frekvencí

Generace vysokých harmonických frekvencí (HHG)[1] je silně nelineární proces probíhající při interakci terče s intenzivním laserovým polem. Tento mechanismus umožňuje vytvořit koherentní záření v extrémní XUV oblasti. Toto záření je navíc velmi dobře kontrolované a je možné zkrátit generované XUV impulzy (až do řádu attosekund, 10^{-18} s).

V závislosti na konkrétní studovaném problému v rámci HHG se zaměříme na vhodný numerický nástroj. K dispozici máme multiškálový popis problému: výsledné pole v laboratorních podmínkách je nevyhnutelně silně ovlivněno jak jednoatomovou odezvou, tak makroskopickým přístupem získaným součtem všech generujících bodů v médiu. Cílem práce tak může být zaměřit se na zmíněný multiškálový popis, případně pouze na nějakou z jeho částí. Součástí práce může být spolupráce s experimentátory a porovnání teoretických výsledků s experimenty.

Cíle studentské práce:

Následuje přehled možných směrů práce. Finální cíle budou upraveny dle preferencí studenta

- Kvantový model generace vysokých harmonických frekvencí.
- Model pole řídícího laseru.
- Charakterizace vygenerovaného pole (polarizace, intenzita, časový průběh).
- Charakterizace jednoatomové odezvy

Vedoucí práce:

Ing. Jan Vábek, PhD. Jan.Vabek@eli-beams.eu

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc. jiri.limpouch@fjfi.cvut.cz

[1] Z anglického High-order harmonic generation.

ELI Beamlines Facility
The Extreme Light Infrastructure ERIC
Za Radnicí 835, 252 41 Dolní Břežany, Czech Republic
www.eli-laser.eu|www.eli-beams.eu

Detaily projektu

V rámci našeho výzkumu se zabýváme generací sekundárního XUV záření při interakce řídícího laserového pulsu s plynným médiem. Z teoretického popisu je nutno obsáhnout 3 vzájemně provázané procesy: 1) změnu řídícího pulsu v důsledku šíření v nelineárním médiu, 2) proces generace sekundárního záření, tj. interakce s polem na atomární úrovni, 3) přechod do laboratorní škály s vygenerovaným zářením.

Přesné modely interakce vychází z kvantové mechaniky. Ústředním problémem je atom v externím elektromagnetickém poli. V tomto popisu je třeba jít nad rámec klasické poruchové teorie a řešit kvantové pohybové rovnice (Schrödingerova rovnice). Ke studiu tohoto problému máme připraveny modely od semi-fenomenologického přístupu po plné *ab-initio* řešení Schrödingerovy rovnice.

Pro výpočet šíření pole kombinujeme plně numerické řešení pro řídící pulz se zahrnutím nelinearit média. Šíření vygenerovaného XUV pole řešíme pomocí difrakce v cylindrické symetrii.

Samostatnou úlohou je zpracování výsledků, které samo o sobě poskytuje také potenciální prostor pro aplikaci pokročilejších metod (od strojového zpracování po možnost vytvoření optimalizačních procedur založených např. na genetických algoritmech či strojovém učení).

Cílem projektu je porovnat a případně rozšířit jednotlivé modely, které máme k dispozici. Součástí je dále spolupráce s experimentátory, která umožňuje porovnat numerické simulace s naměřenými daty.

Úkolem řešitele bude porozumět výše popsané fyzice a aplikovat ji pro konkrétní případ (BP/VÚ). V případě předchozí znalosti problému nebo rychlého postupu bude možné se zapojit do konkrétních projektů HHG skupiny v ELI ERIC (BP/VÚ/DP). Konkrétní zadání bude specifikováno dle preferencí studenta a zapojení do řešení aktuálních projektů.

Souvislost s předměty

- **základní kurz fyziky, kvantová mechanika, nelineární optika**
- **úvod do programování/numerických metod**