

Rámcové Téma (BP, VÚ, DP)

Pokročilé numerické metody v modelování HHG

Generace vysokých harmonických frekvencí¹ je silně nelineární proces probíhající při interakci terče s intenzivním laserovým polem. Tento mechanismus umožňuje vytvořit koherentní světlo v XUV oblasti. Navíc tento mechanismus umožňuje velmi zkrátit generované XUV impulzy (v řádu attosekund, 10^{-18} s).

Zaměříme se na 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. Naším cílem bude se zaměřit na pokročilé numerické metody použitelné pro modelování vznikajícího XUV záření, spojení makroskopického a mikroskopického přístupu a aplikací pro návrh pokročilých schémat pro HHG. Součástí práce bude spolupráce s experimentátory a porovnání teoretických výsledků s experimenty. S tím je spojena i nutnost vyhodnocení dat, které může být samo pokročilou matematickou úlohou.

Cíle studentské práce:

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

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

Vedoucí práce:

Ing. Jan Vábek

Jan.Vabek@eli-beams.eu

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc.

jiri.limpouch@jfifi.cvut.cz

¹ Používá se zkratka HHG z anglického High-order harmonic generation.

Detaily projektu

V rámci našeho výzkumu se zabýváme generací sekundárního XUV záření při interakce řídicího laserového pulsu s plynným médiem. Z teoretického popisu je nutno obsáhnout 3 vzájemně provázané procesy: 1) změnu řídicího 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.

V tomto projektu se budeme snažit postihnout všechny tyto aspekty. Naší snahou je použít modulární přístup a možnost modelovat jednotlivé body s různou mírou komplexnosti.

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 řídicí 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 skupinky v ELI-Beamlines (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**