

## Rámcové Téma (BP, VÚ, DP)

# Speciální geometrie v generaci vysokých harmonických frekvencí

### Abstrakt

Generace vysokých harmonických frekvencí<sup>1</sup> je silně nelineární proces probíhající při interakci terče s intenzivním laserovým polem. Tento mechanismus umožňuje vytvořit koherentní světlo v extrémní XUV oblasti. Navíc tento mechanismus umožňuje zkrátit generované XUV impulzy (až do řádu attosekund,  $10^{-18}$  s).

V této práci se budeme zabývat mechanismy, které řídí generaci vysokých harmonických frekvencí v plynných médiích. Samotný proces generace vysokých harmonických frekvencí v sobě spojuje dva fyzikální světy: 1) interakci jediného atomu či molekuly s laserovým polem, 2) nelineární šíření budícího impulsu v médiu z pohledu laboratorní škály, která uvažuje médium jako kontinuum. Výsledné záření v sobě obsahuje zakódované efekty z obou těchto přístupů zároveň. Tento proces je velmi dobře prozkoumán v idealizovaném případě vycházejícím z analytického předpisu řídicího laserového monochromatického pole.

V bližším přiblížení je nutné nelineární šíření laserového impulsu numericky modelovat. Cílem tohoto projektu bude charakterizovat vývoj pole budícího laseru. Dalšími rozšiřujícími tématy jsou pokročilé geometrie laserového svazku (například Gauss-Besselovské svazky) a odhad jejich vlivu na generaci vysokých harmonických frekvencí.

### Cíle studentské práce:

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

- Seznámení se s numerickým modelem používaného pro výpočet propagace IR laseru v plynném médiu.
- Charakterizovat vliv nelineárních efektů na stabilitu a fokusaci svazku IR laseru, model pokročilých svazků.

### Vedoucí práce:

Ing. Jan Vábek

[Jan.Vabek@eli-beams.eu](mailto:Jan.Vabek@eli-beams.eu)

### Konzultant:

prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc.

[jiri.limpouch@jfifi.cvut.cz](mailto:jiri.limpouch@jfifi.cvut.cz)

---

<sup>1</sup> Používá se zkratka HHG z anglického High-order harmonic generation.

## Detaily projektu

V rámci našeho výzkumu se zabýváme generací sekundárního XUV záření při interakci intenzivního laserového impulsu s plynným prostředím. V teoretickém popisu je nutno obsáhnout 3 vzájemně provázané procesy: 1) změnu laserového impulsu v důsledku šíření v nelineárním médiu, 2) proces generace sekundárního záření, tj. interakce s polem na atomární úrovni, 3) převod vygenerovaného záření do laboratorní soustavy, tedy určení vlastností vygenerovaného svazku.

V tomto projektu se budeme věnovat především bodu 1). Porozumění vývoji pole je klíčové pro všechny ostatní procesy, protože je to *vstupní parametr* celého procesu. Čím lépe porozumíme tomuto jevu, tím snáze navrhne optimální parametry pro generaci sekundárního pole podle našich představ.

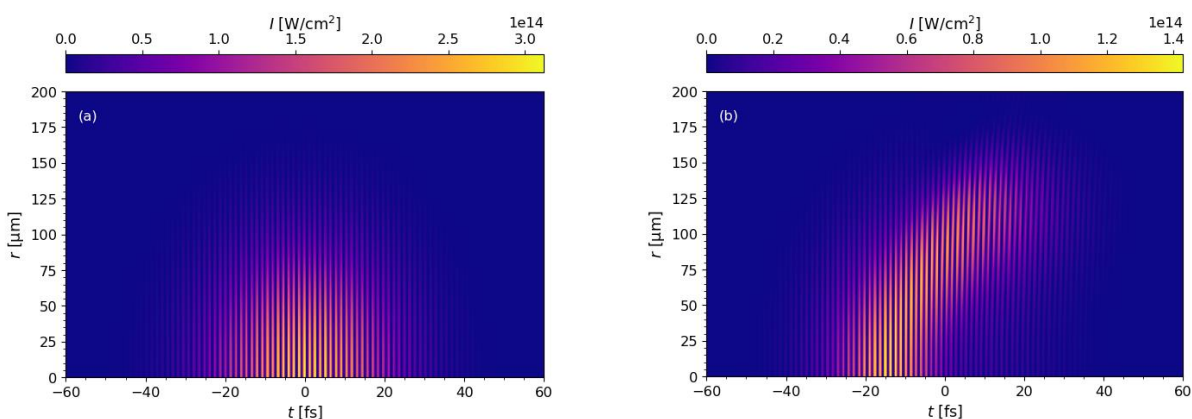
Fyzika, kterou se budete v tomto projektu zabývat rozšiřuje znalosti, které jste získali v kurzech o šíření elektromagnetického záření v látkách. Hlavním rozšířením je, že intenzivní pole budí nelineární odezvu, proto je třeba využít přístupů nelineární optiky. Ty jsou navíc doplněny tím, že samotné pole může svým průchodem ionizovat médium, ve kterém se šíří. Díky tomu může část na konci světelného impulsu „vidět“ jiné médium než část na začátku.

Vzhledem ke komplexnosti problému, je vhodné použít numerické metody. Stejně cenné je ale i ověřit platnost jednoduchých analytických modelů, které umožní vhléd do problému. Cílem projektu bude aplikovat a případně rozšířit modely, které máme k dispozici.

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 na ELI-Beamlines (BP/VÚ/DP).

## Souvislost s předměty

- **základní kurz fyziky + nelineární optika**
- **úvod do programování/numerických metod**



Příklad laserového impulsu po průchodu plynným médiem. Vlevo je Gaussovský pulz, vpravo pulz změněný nelineární propagací.