

## Rámcové Téma (BP, DP)

# Generace Rentgenových Pulzů z Relativistické Interakce Laseru s Plazmatem

### Abstrakt

Generace vysokoenergetických částic i elektromagnetického záření je běžná v okolí astrofyzikálních objektů, jako jsou například rotující neutronové hvězdy nebo černé díry. Interakcí vysoce výkonných petawattových laserů s plazmatem jsme schopni takové prostředí vytvořit v laboratorních podmínkách a zkrotit nelineární relativistické interakce které uvnitř probíhají ke generaci ultrakrátkých pulzů rentgenového záření. Takové záření nachází využití např. při zkoumání materiálů na časové úrovni pohybu jednotlivých atomů nebo v lékařském nebo průmyslovém rentgenovém zobrazování. Náplní této práce bude experimentální realizace těchto relativistických zdrojů záření a jejich teoretické zkoumání pomocí pokročilých numerických simulací s cílem zvýšit jas rentgenového zdroje, jeho energetickou laditelnost a stabilitu.

### Možné úkoly studentské práce (BP/DP):

Toto je seznam možných cílů. Dle preferencí studenta a zájmu o tematiku je možné úkoly pozměnit

- Seznámení se s laserovým urychlováním částic a s generací ultrakrátkých rentgenových pulzů v plazmatu
- Seznámit se a navázat na známé metody zlepšující vlastnosti těchto zdrojů rentgenových pulzů pomocí pokročilých numerických simulací a analytické teorie.
- Experimentální realizace zdroje rentgenových pulzů založeného na relativistické interakci laseru s plazmatem

### Vedoucí práce:

Ing. Jaroslav Nejdrl, Ph.D.

[Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu](mailto:Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu)

### Konzultant:

Mgr. Marcel Lamač  
Dr. Uddhab Chaulagain

[lamacm@fzu.cz](mailto:lamacm@fzu.cz)  
[Uddhab.Chaulagain@eli-beams.eu](mailto:Uddhab.Chaulagain@eli-beams.eu)

## Detaily projektu

Laserový systém L3 HAPLS je navržen ke generaci extrémně vysokého špičkového výkonu 1 petawatt (PW) v délce pulzu kolem 30 femtosekund (fs). S takto krátkými laserovými pulzy je možné vyvinout nové techniky a nástroje pro základní výzkum. Jednou z hlavních aplikací těchto systémů je kompaktní elektronový urychlovač založený na interakci laseru s plazmatem. Základní myšlenka laserového urychlování elektronů (laser wakefield acceleration – LWFA) je založena na generaci brázdové vlny v plazmatu. Tato brázdová vlna má obrovské elektrické pole, které pro elektrony zachycené v této vlně vytváří urychlující gradient větší než 100 MeV/mm. S lasery o výkonu  $\sim$ PW bylo již experimentálně dosaženo energie elektronu větší než 8 GeV.

Urychlující se nabitá částice vyzařuje elektromagnetické záření. V průběhu urychlování na brázdové vlně elektrony oscilují kolem osy šíření laseru. Tyto příčné oscilace jsou zodpovědné za generaci širokospektrálních ultrakrátkých pulzů elektromagnetického záření v tvrdé rentgenové oblasti, kterému se říká tzv. Betatronové záření. Generace ještě tvrdšího záření je možné docílit zvětšením oscilační frekvence elektronů, což může nastat pokud proti nim například pošleme jiný laserový pulz, jehož vlnová délka je z referenčního rámce elektronů relativisticky kontrahovaná, což vyústí v mnohem rychlejší oscilaci, která je příčinou generace gamma záření.

Cílem tohoto projektu bude seznámení s těmito zdroji, zlepšování jejich charakteristik pomocí pokročilých numerických simulací a jejich případná experimentální realizace.

