

Generace vysoce energetických elektronů z relativistické interakce laseru s plazmatem

Typ práce: BP, VÚ, DP

Abstrakt

Laserový systém L4 Aton na ELI Beamlines je navržen ke generaci pulzů s bezprecedentním špičkovým výkonem 10 petawattů. Důsledkem nelineární relativistické interakce takového laseru s plazmatem je široká škála urychlených částic a vysoce energetického záření. Tato práce se zaměří na pochopení těchto interakcí se záměrem teoreticky navrhnout a případně experimentálně zrealizovat plazmový urychlovač buzený 10 PW laserem, jenž by byl schopen urychlit částice na gigaelektronvoltové energie. Při výkonech, kterých dosahuje laser L4, jsou však konvenční optické prvky nákladné a náročné na výrobu a zároveň velmi náchylné k laserovému poškození. Součástí práce bude tedy také návrh plazmového fokusačního zrcadla, které je ze své podstaty odolné vůči takovému poškození.

Detaily projektu:

Laserový systém L4 Aton je navržen ke generaci extrémně vysokého špičkového výkonu 10 petawattů (PW) o délce pulzu kolem 150 femtosekund (fs). S takto krátkými laserovými pulzy je možné vyvinout nové techniky a nástroje pro základní výzkum. Jednou z hlavních aplikací těchto systémů s vysokým výkonem 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 přesahující 100 MeV/mm. S lasery o výkonu ~PW bylo již experimentálně dosaženo energie elektronu větší než 8 GeV.

Teoretické i experimentální výsledky nasvědčují tomu, že je možné s 10 PW laserem urychlit elektrony na desítky GeV. K tomu je nezbytné dlouhá propagace laserového pulzu v plazmatu. Toho je možné docílit s pomocí fokusační optiky s velice dlouhou ohniskovou vzdáleností. Bohužel však výroba takové optiky je příliš nákladná. Kromě teoretického popisu a návrhu urychlovače samotného, řešitel v rámci tohoto projektu navrhne fokusační plazmové zrcadlo, které by umožnilo dosáhnout potřebné vlastnosti fokusovaného svazku.

Možné úkoly studentské práce:

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

- Seznámení se s laserovým urychlováním částic a generací vysokofrekvenčního záření v plazmatu
- Návrh elektronového urychlovače založeného na interakci 10 PW laserového pulzu s plazmovým terčem pomocí analytické teorie a pokročilých numerických simulací
- Návrh a optimalizace elipsoidického plazmového zrcadla pro fokusaci intenzivních laserových pulzů a zhodnocení využitelnosti takto fokusovaného svazku pro laser-plazmové interakce.

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D. (Jaroslav.Nejdl@fjfi.cvut.cz)

Konzultant: Mgr. Marcel Lamač (lamacm@fzu.cz)