

Posudek školitele disertační práce

**„Laserem řízené zdroje elektronů a rentgenového záření v podkritickém plazmatu:  
Teorie a simulace“**

Autor práce: **Ing. Petr Valenta**

Školitel: **doc. Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.**

Školitel specialista: **prof. Sergei V. Bulanov**

Popis předkládané disertační práce a příspěvku autora:

Předkládaná disertační práce je výsledkem čtyřletého doktorského studia na katedře fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze a výzkumu v laserovém centru ELI Beamlines (FZÚ AV ČR, v.v.i.). V rámci tohoto výzkumu se autor zabýval interakcí velmi krátkých laserových impulsů o vysoké intenzitě s řídkými plynnými terči a soustředil se především na vytvoření plazmové vlny a její použití k urychlování elektronů a konverze laserového záření na rentgenové. Tento výzkum je v současné době velmi aktuální, věnuje se mu experimentálně i teoreticky mnoho významných laboratoří po celém světě a začínají se již objevovat i jeho aplikace v zobrazovacích metodách, radiolýze, radioterapii, attosekundové spektroskopii apod. Unikátní možnosti těchto laserem generovaných zdrojů energetických částic a záření jsou významné i pro oblast základního výzkumu, kde mohou přispět například k pochopení procesů kvantové elektrodynamiky.

Autor se ve své práci zaměřuje především na dva aspekty interakce laserového záření s řídkým plynným terčem. Jedná se o vytvoření brázdrové plazmové vlny a její použití k urychlování elektronů na relativistické rychlosti a na použití plazmové vlny jako zrcadla letícího s relativistickou rychlostí. V prvním případě autor studuje některé méně známé aspekty spojené s vlastnostmi vytvořené plazmové vlny a jejich vlivem na kvalitu svazku urychlovaných elektronů. Zde se jedná jednak o vytvoření sekundární plazmové vlny ve formě prstence okolo hlavní plazmové vlny, popis procesu, který tento jev způsobuje a jeho vliv na urychlování elektronového svazku a dále popis vývoje plazmové vlny v relativně hustém plazmatu, kde dochází ke změně polarizace této vlny, a tato změna může mít vliv na maximální energii elektronů dosažitelnou v procesu urychlování.

V případě relativistického plazmového zrcadla jsou studovány především jeho vlastnosti, jejich vývoj a jejich vliv na výslednou kvalitu odraženého svazku rentgenového záření. Jednou z hlavních motivací použití relativistického plazmového zrcadla je dosažení co nejvyšší intenzity laserového záření. Zde je plazmové zrcadlo ideálním nástrojem, neboť v principu umožňuje zkoncentrování energie odraženého záření do velmi malé prostorové oblasti pomocí konverze záření na vysoké frekvence a jeho současnou fokusační. Hlavní omezení pak představují především rychlost, odrazivost a kompaktnost zrcadla a jejich vztah k intenzitě odraženého laserového záření. Tímto tématem se rovněž zabývá předkládaná disertační práce. Práce také obsahuje návrh nového způsobu realizace relativistického plazmového zrcadla pomocí singularity vznikající na rozhraní dvou plazmových vln, který ovlivňuje spektrální vlastnosti odraženého záření.

Disertační práce je pojednána formou komentovaného souboru již publikovaných prací, kterých má autor v mezinárodních vědeckých časopisech již celkem deset (u tří z nich je i první a korespondenční autor). V úvodní kapitole autor práce shrnuje současný stav poznání studované problematiky a stanovuje cíle této práce. V další části je prezentován ucelený přehled současné teorie interakce laserového záření s řídkými plynnými terči se zaměřením na plazmové vlny, urychlování elektronů a použití plazmových vln jako relativistických zrcadel. Je zde také představena hlavní metoda výzkumu, numerická simulační metoda Particle-in-Cell. V dalších částech se pak autor již vyjadřuje k jednotlivým příloženým publikacím z hlediska jejich hlavního přínosu ke studované problematice a také z hlediska svého přínosu k danému tématu/publikaci. Na konci práce je stručné shrnutí a výhled do budoucna z hlediska pokračování započatého výzkumu.

Hlavní výsledky práce Ing. Petra Valenty jsou obsaženy v deseti publikacích, jejichž je spoluautorem, a které byly rovněž prezentovány na mnoha vědeckých konferencích ať již formou posteru nebo formou ústního příspěvku. Jeho prezentace na dvou konferencích „45th EPS Conference on Plasma Physics“ a “ELI Summer School 2021” byla také oceněna cenou za nejlepší poster. Publikované články Petra Valenty se již setkávají s ohlasem ve vědecké komunitě a v současné době se na jeho práce odkazuje již několik referencí od jiných autorů. Poslední článek Petra Valenty pak byl zahrnut do výběru editora časopisu Physics of Plasmas a obrázek z tohoto článku vyšel dokonce na titulní straně tohoto časopisu. Během svého studia Petr Valenta absolvoval také několik stáží v zahraničí, především v Leung Center for Cosmology and Particle Astrophysics, National Taiwan University in Taipei u prof. Chena a v Kansai Photon Science Institute, National Institutes for Quantum Science and Technology in Kyoto v Japonsku u Dr. Kawachi a Dr. Esirkepova.

Celkové hodnocení práce: Disertační práce Ing. Petra Valenty přinesla řadu významných vědeckých výsledků, které posouvají úroveň poznání a mají dopad na budoucí výzkum v oblasti urychlování elektronů v brázdové vlně doprovázející intenzivní laserový puls, který se šíří v řídkém plynném terči a také v oblasti relativistických plazmových zrcadel a jejich použití k vytváření intenzivních svazků rentgenového koherentního záření. Dokladem tohoto tvrzení je publikační činnost autora a ohlas vědecké komunity na ni.

Závěr: Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem hodnotím práci jako velmi zdařilou a doporučuji, aby bylo zahájeno řízení obhajoby disertační práce a aby po úspěšném obhájení byl Ing. Petru Valentovi udělen akademický titul „Ph.D.“. Rovněž navrhuji komisi ke zvážení podpoření návrhu této disertační práce na ocenění např. cenou rektora ČVUT.

V Praze, 10.2. 2022

doc. Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.