

Oponentský posudek bakalářské práce

Autor práce: **Natálie Slivková**
Název práce: **Generace plazmové vlny ultrakrátkými laserovými impulzy**
(anglicky: Plasma wave driven by ultrashort laser pulses)
Vedoucí práce: **Ing. Dominika Mašlářová**
Konzultant: **doc. Ing. Jan Pšikal, PhD.**

Popis předkládané práce: Předkládaná práce se zabývá vznikem brázdové plazmové vlny za ultrakrátkým laserovým pulsem, resp. dvěma pulsy. Ke studiu tohoto procesu je používán simulační kód SMILEI založený na metodě Particle-in-Cell a složitější simulace jsou prováděny na výpočetních prostředcích virtuální organizace Metacentrum. Z hlediska studia brázdové vlny se práce věnuje především vlivu dodatečného laserového pulsu opožděného za hlavním laserovým pulsem na amplitudu této vlny. Text je přehledně rozdělen do čtyř kapitol doplněných o krátký úvod a závěr. Druhá kapitola obsahuje definice základních pojmů a popis některých relevantních jevů v laserovém plazmatu. Ve třetí kapitole následuje přehled různých metod urychlování nabitých částic v plazmatu. Čtvrtá kapitola pak obsahuje popis simulační metody a použitého numerického kódu. Samotné výsledky práce jsou představeny a popsány v kapitole páté. Popis výsledků je dostatečný, ale trochu chybí nějaké hlubší zamyšlení nad jejich použitím a vyvození nějakých konkrétních závěrů z hlediska pokračování tohoto výzkumu. Práce má celkem 57 stran (42 bez úvodních formálních, seznamu obrázků a použité literatury) a obsahuje 58 odkazů na použitou literaturu. O kvalitě a vhodnosti některých použitých zdrojů nejsem zcela přesvědčen (některé výhrady jsem napsal do přílohy tohoto posudku, který dávám k dispozici autorce). Obsahově je práce dostatečně rozsáhlá, přehledně uspořádaná, ale obsahuje poměrně velké množství různých chyb včetně faktických (viz. připomínky k obsahu práce). Výsledky prezentované v práci jsou původní a relativně kvalitně zpracované a prezentované.

Splnění stanovených cílů: Hlavním úkolem práce bylo studium plazmové vlny generované jedním nebo více ultrakrátkými laserovými pulsy v plazmatu. Tento cíl byl naplněn v kapitole 5 předkládané práce, kde jsem prezentovány výsledky 2D kinetických simulací provedených s pomocí kódu SMILEI na výpočetních prostředcích Metacentra. I jednotlivé dílčí cíle stanovené v zadání práce byly naplněny, a to v kapitolách číslo 3 a 4.

Připomínky k obsahu práce:

V této části shrnuji své připomínky k obsahu práce. Jedná se především o závažnější chyby a nepřesnosti např. v terminologii a v uvedených rovnicích, nikoliv však překlepy. Drobnější chyby včetně gramatických, nevhodných formulací, překlepů apod., kterých jsem objevil několik desítek, uvádím zvlášť v příloze, kterou dávám k dispozici autorce práce. Autorce dále doporučuji příště věnovat větší pozornost kontrole textu.

- 1.) Odkazy na citace jsou v textu uvedeny pomocí čísel. Zdá se mi nevhodný a dosti neobvyklý způsob psaní těchto odkazů až za konec věty („za tečku“) i když tento způsob pravděpodobně není v rozporu s normou. Na druhou stranu norma pro odkazování na citace pomocí čísel uvádí: “Číslem v kulatých závorkách, hranatých závorkách nebo horním indexu odkazujeme v textu na citované zdroje v pořadí, v

jakém jsou citovány poprvé.“ Číslování odkazů v práci toto pravidlo na více místech nedodržuje, např. již v úvodu na straně číslo 5 je odkaz s číslem 54 a předchozí odkaz má přitom číslo 6.

- 2.) Ve vztahu (14) na straně číslo 12 není „ w_0 “ ohnisková vzdálenost, jak je uvedeno v textu na konci této stránky. Jedná se o pološířku svazku v ohnisku.
- 3.) V celém odvození ponderomotorické síly v kapitole 2.5 (konkrétně vztahy 42, 45, 46, 51 a 52) je místo symbolu pro gradient použit symbol pro Laplaceův operátor. Vzhledem k tomu, že se nejedná jen o jeden vztah, ale konzistentní používání chybného operátoru v celém odvození včetně závěrečného vztahu, je pravděpodobné, že autorka odvození úplně nerozumí a chybně ho převzala z citované literatury.
- 4.) Vztah (53) není disperzním vztahem elektronových plazmových vln, jak je uvedeno v textu, ale jedná se o disperzní vztah elektromagnetických vln. V disperzním vztahu elektronových plazmových vln nevystupuje rychlost světla, ale tepelná rychlost elektronů. Dále je ještě v disperzním vztahu elektronových vln numerický koeficient 3. Rovněž použití indexu „L“ pro plazmové vlny by v tomto případě nebylo vhodné, neboť ten je v textu konzistentně používám pro elektromagnetickou vlnu laserovou.
- 5.) Na straně číslo 23 je uvedeno, že pole wakefieldu můžeme „zkoumat pomocí fluidních rovnic jako je Poissonova rovnice či rovnice kontinuity“. Poissonova rovnice se nepoužívá k popisu proudění tekutiny, a nepatří tedy mezi fluidní rovnice.
- 6.) Ve vztahu (57) chybí nějaká funkce definující vlnu, např. funkce „sin“.

Doplňující otázky:

Z práce není zcela zřejmé, zda jsou prezentované výsledky perspektivní z hlediska dalšího výzkumu nebo ne. Je zřejmé, že použití druhého laserového pulsu posunutého o jednu délku plazmové vlny nevede ke zlepšení vlastností této vlny z hlediska urychlování elektronů. Zdá se ale, že posunutí druhého pulsu o polovinu délky plazmové vlny nebo o něco málo více než jednu délku plazmové vlny zvyšuje amplitudu pole této vlny významně. Nabízí se tedy otázka, zda jsou tyto výsledky perspektivní.

- 1.) Prosím autorku práce o diskusi, zda spatřuje výhody v použití druhého laserového pulsu posunutého o polovinu délky plazmové vlny nebo o něco málo více než o délku plazmové vlny z hlediska urychlování elektronů nebo generace betatronového záření, v které periodě plazmové vlny by se o urychlování elektronů uvažovalo a zda by toto urychlování neovlivňovala i přítomnost dodatečného laserového pulsu.
- 2.) Vzhledem k tomu, že se dodatečným laserovým pulsem podařilo zvýšit amplitudu plazmové vlny, nabízí se otázka, zda by použití jednoho laserového pulsu s dvojnásobnou energií (intenzitou) nevedlo ke srovnatelným nebo lepším výsledkům. Prosím o komentář k této otázce. Nemusí se jednat o další simulaci, ale je možné použít například nějaké přibližné teorie.
- 3.) Z hlediska citlivost brázdrové vlny na přesné posunutí druhého laserového pulsu považují za určující to, s jakou částí již vytvořené plazmové vlny dodatečný laserový puls interaguje. Prosím, zda může autorka provést dodatečnou analýzu výsledků z tohoto hlediska (např. porovnáním tvarů první periody plazmové vlny – bubliny, kde znázorní zároveň polohu druhého laserového pulsu) a výsledky komentovat.

Celkové hodnocení práce: Práci považují po formální stránce za spíše průměrnou s relativně velkým množstvím různých chyb. Téma práce je poměrně aktuální. Cíle práce byly splněny,

ale diskuse výsledků by si zasloužila hlubší zamyšlení nad pozorovanými jevy a jejich vlivem na budoucí výzkum.

Závěr: Bakalářskou práci doporučuji k obhajobě a navrhuji klasifikovat známkou

dobře (C).

V Praze, 21.1. 2022

doc. Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.