

Posudek doktorské disertační práce:

Autor: Ing. Martina Greplová Žáková

Název: Laser Ion Acceleration: Theory and Simulation

Téma a jeho aktuálnost

Interakce femtosekundových laserových pulzů s terčí různých tvarů má řadu aplikací, ať medicínských, astrofyzikálních či využití v nových technologiích, a je předmětem současného výzkumu na mnoha špičkových pracovištích, ELI Beamlines, kde disertační práce vznikala, nevyjímaje. Práce Ing. Martiny Greplové Žákové je vysoce aktuální a zabývá se výzkumem v přední linii současné fyziky.

Grafická úprava, sazba a jazyk práce

Práce je napsána v anglickém jazyce, je zpracována velmi přehledně a obrázky jsou dobře čitelné. Množství překlepů je zcela minimální. Sazba vztahů je rámcově řešena v rámci závazné normy, jen nejsou zkratky a funkce sázeny základním řezem písma, čímž dochází k některým nejednoznačnostem, například Eulerovo číslo e vysázené šikmým řezem se na mnoha místech plete s elementárním nábojem e (např. formulace „decreases in magnitude by $1/e$ “). Občas chybí šipky nad vektory, např. ve vztahu 1.34, takže je na jedné straně rovnosti skalár a na druhé vektor. Většinou je ale z kontextu možné rozpoznat smysl výrazů. Pro lepší orientaci v práci by napomohl seznam zkratek, nicméně všechny zkratky jsou při prvním použití vysvětleny. Celkově lze konstatovat, že práce je připravena velmi pečlivě a lze se v ní dobře orientovat.

Struktura práce

Práce je členěna do pěti kapitol. V první kapitole se autorka věnuje základním pojmům z fyziky plazmatu a různým mechanismům urychlování iontů a protonů laserovými impulzy. Diskutován je i významný vliv elektronů. Úvodní část pokračuje v následující kapitole, která je věnována fyzikálním jevům souvisícím s laserem řízeným urychlováním iontů – relativistické fokusaci, roli předpulzu a předplazmatu, genezi magnetického pole, průchodu elektromagnetického signálu plazmatem a dalším jevům. Obě úvodní kapitoly jsou cenným souhrnem autorkou studované problematiky, který by mohl fungovat i jako samostatný učební text. Třetí kapitola je věnována popisu numerické metody Particle in Cell (PIC). Pro práci je stěžejní (a také nejrozsáhlejší) čtvrtá kapitola, v níž autorka popisuje jí prováděné simulace a jejich výsledky. Poslední, pátá kapitola, je věnována možným aplikacím laserem řízených a urychlovaných iontových svazků.

Metody zpracování a výsledky práce

Autorka prováděla 2D numerické PIC simulace interakce femtosekundových laserových pulzů s extrémním výkonem s terčí různých tvarů za pomoci numerického balíku EPOCH. Sledovala zejména vliv parametrů pulzu a terče na výslednou rozbíhavost svazku, jeho homogenitu, vliv podélného pole na urychlení částic a příčného pole na jejich fokusaci, v numerických simulacích sledovala energetické spektrum, profil hustoty, vliv předpulzu a předplazmatu na parametry svazku, genezi magnetického pole, zastoupení jednotlivých členů multiplového rozvoje magnetického pole atd. Jde o komplexní a rozsáhlé simulace. Je dobře patrné, že jim Ing. Martina Greplová Žáková věnovala mnoho času a prováděla je

s mimořádnou precizností. Práce přináší celou řadu velmi zajímavých výsledků, například, že rovný terč s kuželovitým kanálem slouží jako kolimátor, který potlačí protony s nízkou energií; že rovný terč s válcovým kanálem sníží rozbíhavost svazku a jen málo sníží maximální energii protonů atd. Ukázalo se také, že zakřivené fólie generují silné magnetické pole s maximem lokalizovaným v centru křivosti. Velmi si cením toho, že veškeré výsledky, kterých je celá řada, jsou v práci kvantifikovány, tedy nejde o pouhý popis výsledků numerických simulací. Zamýšlí se také nad aplikačními možnostmi, od hadronové terapie v medicíně, která se nabízí na první pohled, přes vytváření extrémních stavů hmoty, pochopení astrofyzikálních jevů ve výtryscích z kompaktních objektů, radiolýzu vody až po nedestruktivní analýzu historických artefaktů.

Dotazy k práci

- 1) Jaká metoda váhování je implementována ve využívaném balíku EPOCH? Nevhodné váhování může vést ke vzniku řady nefyzikálních numerických jevů. Je toto v prostředí EPOCH eliminováno?
- 2) Zabýval se někdo terči parabolického tvaru? Mohly by mít nějaký význam i terče složitějších než simulovaných tvarů?

Závěr

Autorka předložené práce prokázala schopnost samostatné tvůrčí činnosti, zvolila adekvátní metody ke zpracování a dosáhla velmi zajímavých původních výsledků. Práci považuji za velmi kvalitní a konstatuji, že splňuje veškeré zákonem stanovené podmínky pro doktorskou disertační práci, a proto ji doporučuji přijmout k obhajobě.

Praha, 25. října 2021

Prof. RNDr. Petr Kulháněk, CSc.,
katedra fyziky FEL ČVUT v Praze,
Technická 2
166 27 Praha 6