Posudek oponenta magisterské práce

Název práce: Study of cosmic ray generation in magnetized plasma jets in laboratory conditions

Studentka: Lenka Hronová, FJFI ČVUT v Praze

Obor: Experimentální jaderná a částicová fyzika

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Kozlová, Ph.D., Fyzikální ústav AV ČR

Konzultant: Ing. Miroslav Krůs, Ph.D., Ústav fyziky plazmatu AV ČR

Oponentka: MSci Kateřina Falk, D.Phil, Fyzikální ústav AV ČR

Magisterská práce má 56 stran vlastního textu s následujícím členěním:

Obsah, Seznam obrázků, Úvod, 4 Kapitoly, Závěr, Literatura (95).

Práce je psána v anglickém jazyce.

V *Úvodu* je stručně uvedena problematika urychlování částic v energetických astrofyzikálních procesech a potřeba pro jejich studium v laboratorních podmínkách. Dále je uvedena struktura celé práce.

Kapitola první – *Basic concepts* - je věnována rešerši literatury a popisu mechanismů urychlování částic v astrofyzikálních podmínkách a popisu energetických astrofyzikálních objektů a procesů, kde toto se urychlování děje. Velmi důležitá část této kapitoly hovoří o tzv. „scaling laws“, což je stěžejní koncept umožňující srovnání experimentů laboratorní astrofyziky s reálnými objekty a fyzikálními procesy ve vesmíru.

Kapitola druhá – *Plasma diagnostics* – obsahuje velmi stručný popis diagnostických metod plazmatu v laboratoři.

Kapitola třetí - *Interferometry* - pojednává o principu interference elektromagnetických vln, interferometrických metodách, typech interferometrů a způsobu vyhodnocování interferogramů. Jsou zde zmíněny i základní vlastnosti elektromagnetického záření, jako je polarizace, které jsou použity v následující kapitole. Kapitola také obsahuje detailní popis Mach-Zehnderova interferometru, který je použit v tomto experimentu.

Kapitola čtvrtá - *Zpracování dat a výsledky* - popisuje experimentální setup, diagnostiky, výsledky i jejich vyhodnocení. Je zde vysvětlen test konceptu „4-frame interferometry“. Až příliš stručně je zde popsán postup analýzy jednotlivých snímků. Je zde ukázáno několik příkladů změřených dat z experimentu. V některých případech je připojena i stručná diskuze těchto výsledků.

V Závěru, pak studentka pojí její výsledky a vypracovaný koncept experimentální platformy, kterou vyvinula v tomto projektu k verifikaci fyzikálních procesů v astrofyzice. Kapitolu uzavírá stručným výčtem hlavních výsledků, popisem dodatečného měření „shadowgraphy" a planu pro další vyhodnocování naměřených dat.

Hodnocení magisterské práce:

Na základě vypracování této práce posuzuji vysokou kvalitu experimentální práce, jelikož se jedná o vysoce komplexní experiment s komplikovaným setupem a unikátní diagnostikou, která sama o sobě je extrémně náročná na implementaci. Z pozice oponentky bych ráda studentce pogratulovala k velmi kvalitním vědeckým výsledkům, které jsou na úrovni publikace v peer-reviewed žurnálu. Takové experimentální výsledky vyžadují tvrdou práci a vynikající praktické dovednosti při práci v laboratoři. Bohužel samotné sepsání magisterské práce je poněkud nevyvážené. Studentka strávila mnoho energie na sepsání velmi detailní teoretické a úvodní části, ovšem samotná experimentální část, která tvoří esenci tohoto magisterského projektu sepsala s přehnanou stručností. V experimentální kapitole chybí detailní popis experimentu. Diskuze výsledků a jejich relevance pro astrofyziku je také nedostačující a takto kvalitní data by si zasloužila detailnější pojednání. Zcela chybí reference (pokud se jedná o standardní kód) či popis programu v Pythonu, který byl použit pro vyhodnocení interferometrogramů. Navzdory této kritice především písemné prezentace mohu však s radostí konstatovat, že se dle mého názoru jedná o velmi kvalitní magisterskou práci. Její formální úprava je přehledná a logicky sestavená. Z jazykového hlediska je práce velmi povedená a studentka prokázala vysoké schopnosti i odvahu tuto práci psát v angličtině. Občas se sice objevují menší chyby, či hovorové výrazy, ale celkově je práce velmi čtivá a přehledná. Nicméně v rámci tohoto hodnocení se očekávají i konkrétní komentáře:

- Teoretický úvod magisterské práce je velmi obsáhlý a zachází do poměrně velkého detailu. Toto je velmi úctyhodné a studentka si na tomto dala opravdu záležet a bylo to velké množství práce. Nicméně mohlo postačit trošku méně textu v této sekci v porovnání s experimentální částí. V sekci 1.4.1 pak paradoxně chybí plný výčet možných aplikací laseru v laboratorní astrofyzice, specificky bych tam očekávala také studium stavových rovnic niter planet a opacity hvězd. Přijde mi, že sekce 1.4.4 by se mohla lépe hodit do druhé kapitoly. Sekce 1.4.6 by mohla mít lepší název.
- Kapitola 2 je velmi stručná a zbytečná. Daleko lépe by fungovala jako úvod do kapitoly 3, se kterou by mohla být sjednocena. V sekci 2.1 se autorka pokouší o všeobecný popis všech druhů plazmových diagnostik, ale ve svém výčtu má dosti hrubé nedostatky. Zcela chybí zmínka Rentgenových diagnostik jako Thomsonův rozptyl, difrakce, spektroskopie, či „phase contrast imaging". Nejsou zmíněny ani částicové diagnostiky. Popis techniky „shadowgraphy" by měl také zmínit metodu „Schlieren imaging", ze které je tato metoda odvozena.
- V kapitole 3 je několik menších chyb v rovnicích. Obrázek 3.4 by byl názornější, kdyby v něm bylo také ukázáno studované plazma. Na straně 32, studentka popisuje implozi plazmatu, což je specifický příklad, který však není vůbec relevantní k projektu o astrofyzikálních jetech. Bylo by lepší, kdyby použila všeobecnější výraz jako „plasma evolution".
- Celkově mohla být vzhledem k množství provedené práce experimentální část daleko rozsáhlejší a detailnější výsledky i jejich diskuze by mohly být prezentovány, což by lépe korespondovalo se skutečně provedenou prací, která podle mého úsudku na základě komplexity diagnostiky, kterou studentka vyvinula a postavila a kvality získaných dat, musela být obrovská. Například popis terčíků zcela chybí. V úvodu experimentálního setupu vůbec není zmíněna překážka, se kterou plazma koliduje, ani její význam pro experiment a relevanci k astrofyzice. Vůbec není ukázáno schéma ani fotografie použité magnetické cívky.

- V mapách hustoty vypočítaných z interferomgramů jsou vidět jasné diskontinuity, které nasvědčují, že analytický kód nepracuje dobře s výpočtem fáze. Také tam mohou být problémy s asymetrií jetů při Abelově inverzi.
- Studentka píše český styl desetinné čárky, přičemž v angličtině se místo čárky používá tečka.
- Neuškodilo by přidat kód v Pythonu jako přílohu k magisterské práci, pokud se studentka podílela na jeho vývoji.

Otázky oponenta:

1) Vysvětlete jak byla použita Abelova inverze při vyhodnocení dat a proč jsou interferogramy děleny na dvě poloviny při jejich analýze?
2) Proč bylo v experimentu použito externí magnetické pole a jak toto souvisí s aplikací k astrofyzikálních výtrisků?
3) SOP je "streaked optical pyrometry", což by indikovalo, že se jedná o měření teploty, ovšem v experimentu je popsán výsledek této diagnostiky jinak, ale samotná diagnostika nebyla v textu uvedena ani graficky znázorněna. Vysvětlete jak tato diagnostika fungovala, co je jejím základem?

Závěrem mohu konstatovat, že dle mého názoru studentka úspěšně splnila všechny požadavky *Zadání*. Navrhuji tedy její magisterskou práci přijmout k obhajobě a hodnotit ji stupněm „B" – Velmi dobře. Jsem si ovšem jista, že kvalita sepsané práce nereflektuje úroveň experimentální práce provedené v laboratoři, která byla velmi kvalitní a svým obsahem i objemem daleko nad rámec očekávaní pro úroveň magistra.

V Drážďanech, dne 20.5.2022

MSci Kateřina Falk, D.Phil