

Posudek na doktorskou disertační práci Mgr. Martina Maška „Eulerova Vlasovova metoda pro laserové plazma“

Disertační práce se zabývá teoretickým a zvláště numerickým studiem stimulovaného Ramanova rozptylu v laserovém plazmatu. Uvažované parametry laserového záření a plazmatu autor vybírá s ohledem na experimenty na laseru PALS. Autor používá přesného kinetického popisu plazmatu pomocí Vlasovovy rovnice. Přitom se soustřeďuje na metodu řešení Vlasovovy rovnice pomocí Fourier-Hermiteova rozvoje.

Přestože je stimulovaný Ramanův rozptyl v laserovém plazmatu studován téměř 40 let, dosavadní poznatky stále nejsou zdaleka úplné. I v současné době jde nepochybně o aktuální problematiku, která je studována zejména s ohledem na transport laserových svazků uvnitř dutiny terčů pro nepřímo hnanou fúzi a dále z hlediska možnosti časové komprese krátkých laserových pulsů v plazmatu.

Práce je rozdělena do 7 kapitol. Úvodní kapitola podává dle mého názoru velmi zdařilý přehled současného stavu studované problematiky, a to jak z hlediska metod popisu a modelování laserového plazmatu, tak z hlediska fyziky stimulovaného Ramanova rozptylu. V poslední části této kapitoly je sumarizován přínos předkládané práce. Druhá kapitola velmi stručně shrnuje fyziku interakce laserového záření s podkritickou plazmou, podrobněji jsou popsány parametrické nestability a interakce podélných vln s částicemi. Třetí kapitola je úvodem do studia stimulovaného Ramanova rozptylu. Je zde prezentován fyzikální princip jevu, zjednodušený popis pomocí dvoukapalinové hydrodynamiky a jsou odvozeny rovnice pro amplitudy jednotlivých vln („obálkové rovnice“).

Jádrum práce jsou 4. až 6. kapitola. Ve čtvrté kapitole je prezentována metoda Fourier-Hermiteovy transformace pro řešení rovnic popisujících stimulovaný Ramanův rozptyl v bezsrážkovém kinetickém přiblížení pro elektrony. Jsou definovány počáteční podmínky pro řešenou úlohu a je popsán autorem vyvinutý program pro numerické řešení úlohy. V páté kapitole je zaveden Fokker-Planckův srážkový člen, který stabilizuje řešení Vlasovovy rovnice. Tento autorův příspěvek považuji za velmi cenný, protože platnost bezsrážkového popisu plazmatu je vždy časově omezena. V práci autor dále ukazuje, že ke stabilizaci řešení stačí uvažovat realistickou srážkovou frekvenci a vlastně tedy místo Vlasovova popisu užívá přesnější srážkový Vlasov-Fokker-Planckův popis. Z tohoto faktu možná mohl autor vytěžit více a posoudit, do jaké míry je ovlivněn stimulovaný Ramanův rozptyl srážkami elektronů s ionty v podmínkách typických pro experimenty na laseru PALS.

V šesté kapitole jsou prezentovány výsledky autorových simulací. Zajímavé jsou autorovy výsledky v oblasti deformace rozdělovací funkce elektronů. Cenné je zjištění, že zpětný Ramanova rozptyl může být zmenšen v důsledku nestability vybuzených vln (Ramanovy kaskády). Zajímavé je i studium nestability zachycených částic, vedoucí k vývoji postranních módů a k rozšíření spektra plazmové vlny. Důležité je srovnání výsledků s řešením obálkových rovnic. Tak je ukázán vliv jevů, které popis pomocí obálkových rovnic neobsahuje. Výsledky práce jsou pak shrnuty v závěrečné kapitole.

Podle mého názoru je určitou nevýhodou použitého přístupu omezení na studium vývoje prostorově homogenní nestability. V realitě má studovaná úloha vždy okraj, daný dopadem laserového záření na plazma a stimulovaný Ramanův rozptyl se vyvíjí v čase i v prostoru. Zajímalo by mě, do jaké míry lze autorovy závěry aplikovat i na tuto úlohu.

Práce obsahuje i některé drobné nepřesnosti:

1. Str. 12 dole až str. 13 – Při popisu mechanismů přenosu energie od kritické plochy do terče je zcela opominut přenos energie měkkým rentgenovým zářením.
2. Str. 14 vzorec (2.5) - Lokální vlnová délka elektromagnetického záření v kritické ploše je nekonečná, proto ve vzorci by spíše měla být vlnová délka záření ve vakuu. Výklad významu koeficientu f omezení tepelného toku je nepřesný.
3. Str. 18 třetí odstavec v oddíle 2.3.1 - Popis fyzikálního mechanismu vzniku ponderomotorické síly je zavádějící. Tato síla nijak nesouvisí s tím, že ionty nestačí sledovat pohyb elektronů v poli elektromagnetické síly.

V práci jsou i některé terminologické nepřesnosti. Dvoukapalinový hydrodynamický popis vysokofrekvenčních jevů je nazýván magnetohydrodynamickým, tento termín je však obvykle vyhrazen pro jednodukapalinový popis nízkofrekvenčních dějů. Na str. 5 je anglický termín „mode-locking“ přeložen jako „režim závěrky“, ačkoli správný český termín je „režim synchronizace módů“.

Přes uvedené drobné nedostatky lze jednoznačně říci, že posuzovaná práce splňuje všechny nároky kladené na doktorskou disertační práci. Autor se dokázal orientovat v nelehké problematice, formuloval a vyřešil složitou úlohu, získal vlastní původní výsledky a dokázal je správně fyzikálně interpretovat. Autor tím jasně prokázal svoji schopnost vědecké práce. Doporučuji proto předloženou práci k obhajobě a navrhuji, aby byl autorovi po úspěšné obhajobě udělen titul PhD.

Stará Paka, 11. července 2006

