

Oponentský posudek disertační práce  
**Study of probe diagnostics of tokamak edge plasma via computer simulation**

Mgr. Aleše Podolníka

Práce se zabývá problematikou sondových měření ve vysokoteplotním plazmatu s využitím částicových modelů typu particle-in-cell. Výsledkem práce je jednak rozšíření stávajícího modelu SPICE v kapitole 5 a jednak aplikace modelu na studium reálných fyzikálních problémů v kapitolách 6 a 7. Téma práce je vysoce aktuální, neboť její výsledky mají přímou návaznost na probíhající experimentální výzkum termojaderné fúze a jistě najdou uplatnění ve stávajících i v nově konstruovaných zařízeních. Práce je založená na použití standardní metody particle-in-cell, avšak rozšiřuje ji o model vedení tepla v materiálu vloženém do plazmatu a zabývá se paralelizací modelu za účelem řešení problémů ve 3D a ve 2D s vysokým prostorovým rozlišením. Práce tedy používá pokročilé metody v souladu s moderními poznatky v oblasti částicového modelování plazmatu.

Konkrétně v kapitole 5 jsou kromě rekapitulace techniky particle-in-cell prezentovány také testy několika volně dostupných řešičů pro řešení 2D a 3D Poissonovy rovnice na výpočetním clusteru, což je jistě hodnotná informace pro budoucí autory paralelních výpočetních programů. Kapitola dále prezentuje rozšíření modelu o řešič rovnice vedení tepla. Výsledky tohoto modelu byly publikovány například v práci [AP.6]. Ocenil bych však podrobnější shrnutí výsledků získaných tímto modelem přímo v práci.

Kapitola 6 prezentuje systematickou studii různých metod pro analýzu měření z flush-mounted sondy s využitím 2D i 3D modelu. Je vyhodnocena přesnost vyhodnocení různých parametrů plazmatu v závislosti na experimentální konfiguraci a výsledky této kapitoly tak mohou, mimo jiné, sloužit jako vodítko pro experimentátory při volbě vhodného způsobu interpretace měřených dat.

Konečně kapitola 7 prezentuje 3D model válcové sondy, který umožňuje lepší pochopení měřených sondových charakteristik v horkém plazmatu tokamaku. V rámci práce byl také odvozen přibližný analytický vztah pro efektivní plochu sondy. Model je detailně zdokumentován a je ověřena i kvalitativní shoda s experimentem.

Výše zmíněné výsledky práce lze považovat za nové vědecké výsledky, což potvrzuje i fakt, že již byly publikovány, nebo jsou zaslány k publikaci v recenzovaném časopise.

Formálně a graficky je práce na vysoké úrovni. Množství překlepů a drobných nepřesností je přiměřené rozsahu práce. Jde například o následující:

- Strana 19, rovnice (2.4): na pravé straně má být  $\rho$  namísto  $\alpha$
- Strana 20: z popisu Boltzmannovy rovnice by čtenář mohl nabýt dojmu, že člen s polohovým gradientem zodpovídá za difúzi, což není úplně pravda.
- Strana 20: Podmínka na délku volné dráhy pro zanedbání srážek je obráceně
- Strana 21, rovnice (2.10): v první podrovnici chybí operátor divergence na pravé straně
- Strana 79: chybí jednotky barevné škály
- Strana 100, 101, obrázky 7.8 a 7.9: jsou zřejmě nesprávné jednotky koncentrace v levém horním panelu.

Tyto chyby zásadním způsobem nesnižují kvalitu předkládané práce. Konstatuji také, že práce nenese žádné známky plagiátorství. Dle mého názoru předkládaná disertační práce jednoznačně prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci a doporučuji ji k obhajobě.

K práci mám následující dotazy / náměty k diskusi:

- 1) V kapitole 5.3 je prezentována metoda řešení rovnice vedení tepla (5.28). Existuje nějaký specifický důvod, proč je rovnice řešena implicitní metodou prvního řádu v čase, když je možné s prakticky stejnými výpočetními nároky implementovat například Crank Nicolsonovu metodu 2.řádu? Je to proto, že časová závislost není tak důležitá? Obdobný dotaz by platil také k implementaci tepelného toku v rovnici (5.30).
- 2) Prosím autora o podrobnější diskusi validace modelu v kapitole 6. Bylo ověřeno, že volba parametrů modelu, nemá vliv na výsledky? Není při malých úhlech magnetického pole výpočet ovlivněn přítomností periodicky rozmístěných sond? Z obrázků 6.15 a 6.16 se zdá, že velká část pozorované závislosti je způsobena použitím nefyzikální relativní hmotnosti elektronu. Jaký má tento fakt vliv na závěry kapitoly 6.

V Praze, dne 17. 6. 2019  
RNDr. Štěpán Roučka, Ph.D.