Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- [ ] posudek vedoucího
- [x] posudek oponenta
- [ ] bakalářské práce
- [ ] diplomové práce

Autor/ka: Lukáš Polcar
Název práce: Geodetiky v poli porušené černé díry: kde vzniká chaos?
Studijní program a obor: Fyzika - Obecná fyzika
Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly ~~vedoucího~~/oponenta: RNDr. Petra Suková, Ph.D.
Pracoviště: Center for Theoretical Physics of the Polish Academy of Sciences
Kontaktní e-mail: psukova@cft.edu.pl

Odborná úroveň práce:
[x] vynikající [ ] velmi dobrá [ ] průměrná [ ] podprůměrná [ ] nevyhovující

Věcné chyby:
[x] téměř žádné [ ] vzhledem k rozsahu přiměřený počet [ ] méně podstatné četné [ ] závažné

Výsledky:
[ ] originální [x] původní i převzaté [ ] netriviální kompilace [ ] citované z literatury [ ] opsané

Rozsah práce:
[ ] veliký [x] standardní [ ] dostatečný [ ] nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:
[ ] vynikající [x] velmi dobrá [ ] průměrná [ ] podprůměrná [ ] nevyhovující

Tiskové chyby:
[x] téměř žádné [ ] vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet [ ] četné

Celková úroveň práce:
[ ] vynikající [x] velmi dobrá [ ] průměrná [ ] podprůměrná [ ] nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:
V předložené bakalářské práci autor studuje, jak je fenomén výskytu chaotického chování testovacích částic pohybujících se v okolí černé díry obklopené další hmotou spojen s vlastnostmi gravitačního pole generovaného těmito zdroji. Konkrétně se zabývá souvislostí mezi znaménky vlastních čísel Weylova tenzoru a existencí stochastických oblastí ve fázovém prostoru. Záměrem je konstruovat geometrické kritérium pro výskyt chaotického chování, jež pouze na základě znalosti lokální křivosti prostoročasu rozhodne o stupni chaosu v pohybu testovacích částic, aniž by bylo nutné pro ně řešit příslušné pohybové rovnice.
Práce se sestává ze čtyř kapitol, ve kterých jsou stručně shrnuty potřebné pojmy z teorie chaosu a geodetického pohybu ve Weylových prostoročasech, dále je představeno samotné geometrické kritérium a nakonec jsou prezentovány numerické výsledky získané pro několik konkrétních dodatečných zdrojů. Velikost průniku oblastí se dvěma kladnými vlastními čísly, ve kterých převažuje rozbíhání blízkých geodetik, s povolenými oblastmi pohybu testovací částice je porovnána s příslušnými Poincarého řezy pohybu částic, které jsou převzaty z článku Semerák & Suková (2010). Souvislost mezi velikostí tohoto průniku a výskytu chaotického chování je komentována jako hlavní opěrný bod geometrické metody. Autor ovšem v práci ukazuje, že tato souvislost je zřejmá pouze v případě prvního invertovaného disku Morgana a Morganové, zatímco u dalších zdrojů se ztrácí a v několika případech dokonce metoda dává protichůdné předpovědi. Je tedy zřejmé, že roli hrají také další faktory, na které uvedená metoda nebere zřetel a které mohou být hodné dalšího studia.
Autor v práci srozumitelně prezentuje souhrn potřebných pojmů a znalostí a také uvádí vlastní původní výsledky ve formě výpočtu vlastních čísel Weylova tenzoru a povolených oblastí ve značně netriviálních prostoročasech, které následně porovnává s již existujícími Poincarého řezy. Při prezentaci těchto výsledků jsou v textu místy drobné nejasnosti, celkově je ale práce dobře strukturovaná a napsaná.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:
1. Jedním z základních projevů chaotického chování je citlivá závislost na počátečních podmínkách. To je ovšem doprovázeno také představou o “natahování a smršťování” určitého fázového objemu během vývoje systému (známé “stretch and squeeze/fold” v anglicky psané literatuře), platného i v případě konzervativních systémů - dynamický tok se v některých směrech natahuje a v jiných smršťuje a překládá, viz např. známá chaotická mapa “Smaleova podkova”. Je tedy rozumné při konstrukci metody předpokládat, že chaotické chování je spojeno pouze s rozbíhavostí blízkých trajektorií?

2. Při porovnávání map s geometrickým kritériem s Poincarého řezy není v textu dostatečně zdůrazněno, že Poincarého řezy jsou zobrazeny v ekvatoriální rovině ve fázovém prostoru a jejich svislá osa značí radiální rychlost částic, zatímco mapy geometrického kritéria jsou vyneseny v prostorové ploše (ρ,z) kolmé k ekvatorialní rovině. V některých případech se tedy rozbíhavé oblasti nacházejí “pod” a “nad” příslušným Poincarého řezem. Autor může diskutovat, jak tato skutečnost může ovlivnit získané výsledky a zda by bylo prospěšné uvádět i jiná porovnání (např. srovnat s Poincarého řezem pro takové z, které přímo prochází rozbíhavou oblastí).

3. Na uvedených Poincarého řezech je vidět, že ve fázovém prostoru spolu na stejném poloměru koexistují regulární i chaotické trajektorie, které se liší rychlostí. Uvedená metoda však na rychlost částice není vůbec citlivá, což autor stručně diskutuje ve zhodnocení geometrické metody. Může se autor pokusit více popsat, jak různá velikost rychlosti může ovlivňovat popsané chování deviačního vektoru v rozbíhavé oblasti? Bylo by mozné zkonstruovat metodu, která by brala do úvahy kombinaci lokální křivosti a rychlosti částice tak, že by bylo možné vykreslit mapu analogickou příslušným Poincarého řezům?

Práci

☒ doporučuji

☐ nedoporučuji

uznat jako ~~diplomovou/~~bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

☒ výborně ☐ velmi dobře ☐ dobře ☐ neprospěl/a

Místo, datum a podpis ~~vedoucího~~/oponenta:

Varšava, 1.9.2016, Shuna