

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

posudek vedoucího
 bakalářské práce

posudek oponenta
 diplomové práce

Autor/ka: Jan Feireisl
Název práce: Homoclinic orbits in black-hole fields
Studijní program a obor: Fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Vojtěch Witzany, Dr. rer. nat.
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky
Kontaktní e-mail: vojtech.witzany@matfyz.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Bakalářská práce Jana Feireisla se zabývá pohybem testovacích částic v gravitačních polích černých děr obklopených hmotnými disky a prstenci. Konkrétně se zaměřuje na takzvané homoklinické orbity v poli

černé díry obklopené tenkým hmotným diskem, a pak v poli extrémálně nabitě černé díry obklopené stejně tak extrémálně nabitým hmotným prstencem.

Práce sestává ze tří kapitol. První uvádí téma dynamických systémů a chaosu, a jakou roli v tomto oboru hrají homoklinické orbity. Druhá kapitola uvádí takzvané Weylovy prostoročasy, což jsou statická a axiálně symetrická pole, do jejichž třídy spadají i pole zkoumaná v bakalářské práci. Ve druhé kapitole je taktéž uvedena obecná analýza homoklinických orbit v ekvatoriální rovině ve Weylově třídě prostoročasů. Poslední kapitola se pak zabývá metrikami invertovaného Kuzminova-Toomreova disku, Majumdarova-Papapetrouova extrémálně nabitého prstence, a jejich superpozicemi s černými děrami. V poslední kapitole jsou také prezentovány grafy s homoklinickými orbitami v těchto polích.

These je obecně vypracována na vysoké formální úrovni. Všechny grafy, rovnice, i text jsou až na jednotlivé výjimky a drobné překlepy připraveny bezchybně. Seznam literatury je pro bakalářskou práci adekvátní, nicméně lze mu vytknout citaci online edice encyklopedie Britannica jako jediný zdroj pro jednu z ústředních motivací této odborné práce (akreční disky). Drobnou výtku k formální stránce lze mít i k abstraktu, kde česká verze působí lehce neohrabaně, i když by se mělo jednat o vizitku práce.

Všechny tři kapitoly jsou napsány stručně a výstižně až na druhou polovinu sekce 1.3.1. V této sekci je uveden klasický dynamický systém známý jako Smaleova podkova (Smale's horseshoe), ale jeho propojení s homoklinickými varietami a jejich perturbacemi je popsáno zmateně a nejasně.

Zkoumané prostoročasy a pohyb v nich představují netriviální pokročilé téma v teorii relativity, které pan Feireisl zjevně pečlivě nastudoval a efektivně shrnul s použitím řady existujících zdrojů. V tomto ohledu lze jistě hodnotit práci na výbornou. Co se týče originálních výsledků, lze je shrnout šesti grafy v obrázku 3.4. V tomto ohledu by jistě bylo možné práci prohloubit, například rozšířením analýzy mimo ekvatoriální rovinu, výstižnou kvantifikací chování homoklinických orbit pro širší rozsah parametrů, či porovnáním s Newtonovskou dynamikou (jak vyplývá ze zadání práce). Z tohoto důvodu navrhuji práci známku 1-2.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- 1) Neperturovaný Schwarzschildův prostoročas má také homoklinickou orbitu, dokonce i celou varietu takovýchto orbit. V sekci 1.3.1 je argumentováno, že homoklinické variety jsou spojené s chaosem. Platí to tak ve Schwarzschildově prostoročase? Proč ano či ne, a v jakém slova smyslu? Za jakých podmínek dochází k homoklinické spleti (homoclinic tangle) a dynamice obdobné Smaleově podkově?
- 2) V sekci 3.1.2 je řečeno, že samotný invertovaný Kuzminův-Toomreův disk nemá nestabilní kruhové orbity. Mnoho diskových struktur však má nestabilní kruhové orbity „vně“ disků. Lze takovéto orbity skutečně vyloučit i v celé třídě těchto disků?
- 3) Bylo by možné analýzu rozšířit i mimo ekvatoriální rovinu? Jakým technickým výzvám by musel člověk při výpočtech čelit, a jak by k nim bylo možné přistupovat?

Práci

- doporučuji
 nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

15. 8. 2023, Vojtěch Witzany