

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího
 bakalářské práce
- posudek oponenta
 diplomové práce

Autor/ka: Tereza-Marie Hájková
Název práce: Homoclinic Chaos in Black-hole Fields
Studijní program a obor: Fyzika, Obecná fyzika
Rok odevzdání: 2021

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: RNDr. Petra Suková, Ph.D.
Pracoviště: Astronomický ústav Akademie věd ČR
Kontaktní e-mail: petra.sukova@asu.cas.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/oponenta:

Cílem bakalářské práce bylo prozkoumat geodetický pohyb v cirkulárních prostoročasech a v prostoročase popisujícím superpozici Schwarzschildovy černé díry a dalšího statického osově symetrického zdroje gravitačního pole (hmotný prstenec). Konkrétně se studentka zaměřila na existenci a nalezení nestabilní kruhové orbity a k ní příslušející homoklinické orbity, která se v případě malé perturbace původně regulárního systému může rozštěpit a dát vzniknout vrstvě chaotického chování ve fázovém prostoru daného dynamického systému.

V první kapitole studentka shrnula základní pojmy z teorie chaosu potřebné pro představení pojmů homoklinické orbity a Melnikovovy metody zjišťování chaotického chování v okolí této orbity po aplikaci malé periodické poruchy ve druhé kapitole. Výklad často odkazuje na použitou literaturu, občas je trochu nesrozumitelný a pracuje s pojmy, které nejsou dříve definovány nebo alespoň slovně okomentovány. Některé podkapitoly jako např. o Smaleově podkově a jejím významu pro výskyt chaosu, případně o Melnikově metodě mohly být rozpracovány trochu více detailněji, aby byly lépe pochopitelné pro čtenáře.

Třetí kapitola pojednává o geodetickém pohybu v cirkulárních prostoročasech a metodě efektivního potenciálu pro zjednodušení analytického popisu systému v jistých speciálních případech. Studentka ukazuje rovnici pro složky čtyřrychlosti (3.10), kterou dále upravuje do tvaru (3.14), resp. (3.15). Při této úpravě ale nesprávně využívá vztahů (3.13), které platí pouze pro statické prostoročasy, kde komponenta metrického tenzoru $g_{t\phi} = 0$. Z rovnice (3.15) dále vychází při představování efektivního potenciálu, ovšem to už v případě statických prostoročasů, kde zmíněný vztah platí.

Kapitola 4 se pak zabývá podobnou formulací v případě pseudo-newtonovských potenciálů použitých k imitování vlastností obecně-relativistických systémů v rámci newtonovského popisu. Studentka srovnává homoklinické orbity nalezené pro plně relativistický systém a pro různé pseudo-newtonovské potenciály.

V páté kapitole studentka zjednodušuje geodetické rovnice pohybu v různých speciálních případech pohybu ve Weylových prostoročasech, ukazuje efektivní potenciál a nalézá parametry homoklinické orbity pro Schwarzschildův prostoročas a v obecném cirkulárním prostoročase.

Studentka v práci prozkoumává analyticky vlastnosti geodetického pohybu v některých vybraných prostoročasech, ukazuje použití metody efektivního potenciálu a využití pseudo-newtonovských potenciálu k popisu obecně-relativistických systémů. Uvádí zjednodušené a upravené tvary pohybových rovnic pro některé speciální případy a zabývá se nalezením nestabilní kruhové orbity a k ní příslušné homoklinické orbity. Nalezené vztahy pravděpodobně bude moci studentka využít v další práci, např. při aplikaci Melnikovovy metody. Při vypracovávání práce musela studentka samostatně nastudovat poměrně velké množství odborné literatury a získané znalosti správně využít v daných případech.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1) Uveďte správný tvar vztahů (3.13) v případě cirkulárních prostoročasů, tedy pokud $g_{t\phi}$ není nulové. Změní se tvar rovnice (3.14)? Má to nějaký vliv na další úvahy a vztahy uvedené v práci později?

2) Při formulování rovnice radiálního pohybu s využitím recipročního poloměru ve vztahu (3.22) je použita proměnná θ , která v textu práce značí souřadnici v izotropních sféroidálních souřadnicích. Zároveň se ovšem vychází ze vztahu (3.17), který byl odvozen pro pohyb v ekvatoriální rovině, tedy $\theta = \pi/2$. Můžete okomentovat tvar rovnice (3.22) a význam proměnné θ v tomto případě? Co má rovnice vyjadřovat? Ze kterého členu ve vztahu (3.23) pochází moment hybnosti l , vyskytující se na pravé straně? Proč v newtonovském případě je použita souřadnice ϕ a jak v tomto případě funguje uvedené srovnání?

3) Proč se v rovnici (5.10) vyskutekuje člen -2ν v exponentu exponenciály?

4) Na straně 38 uvádíte, že podmínka $u^{\rho} = 0$ platí pouze pro kruhové ekvatoriální geodetiky a zároveň, že se jedná o orbity, které protínají ekvatoriální rovinu kolmo. Můžete to okomentovat?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

V Praze dne 23. srpna 2021


RNDr. Petra Suková, Ph.D.