



Ondřej Kopáček
Astronomický ústav
Akademie věd České republiky
Boční II 1401/1a
141 00 Praha

Email: kopacek@ig.cas.cz

V Praze, 2. 9. 2015

doc. RNDr. Oldřich Semerák, DSc.
Ústav teoretické fyziky
Matematicko-fyzikální fakulta
V Holešovičkách 2
180 00 Praha

Posudek diplomové práce: „**Vojtěch Witzany: *Chaos in Deformed Black Hole Fields***“

Téma práce

Předložená diplomová práce se podrobně zabývá několika různými aspekty dynamiky testovacích částic v silných gravitačních polích generovaných deformovanými černými dírami. Především je zde zkoumán pohyb hmoty (a okrajově i fotonů) v astrofyzikálně motivovaných statických prostoročasech vzniklých superpozicí centrální černé díry s koncentrickým tenkým diskem nebo prstencem. V systému je zachována axiální symetrie, ale vlivem těchto „přídavných“ gravitačních zdrojů ztrácí dynamický systém integrabilitu, což vede k výskytu deterministického chaosu. Míra chaotičtosti systému je obecně určena silou neintegrabilní perturbace, která je v daném případě definována hmotností disku (prstence), ale závisí rovněž netriviálně na dalších parametrech systému (vnitřním poloměru disku, energii částic atd.). V tomto kontextu je kladena otázka, jak významný vliv na diskusi dynamických vlastností systému vůči zmíněným parametrům bude mít nahrazení přesného relativistického popisu pseudo-Newtonovským přiblížením.

Výsledky práce

Hlavním výsledkem práce je detailní porovnání dynamiky částic v systému černé díry s diskem (či prstencem) pro různé popisy tohoto systému. Konkrétně je srovnáván plně relativistický popis využívající přesné řešení Einsteinových rovnic s pseudo-Newtonovským přístupem, který gravitační pole Schwarzschildovy černé díry aproximuje pomocí vhodně zvoleného pseudo-Newtonovského potenciálu. Kromě zavedených potenciálů (např. Paczyňsky-Wiita) zde autor do srovnání zahrnuje i nově navržený logaritmický potenciál a ukazuje, že dynamiku v relativistickém systému dokáže napodobit zcela srovnatelně a v některých ohledech dokonce věrněji než obvykle používaný Paczyňsky-Wiita. Dynamika částic ve fázovém prostoru je zkoumána a porovnávána především pomocí Poincarého řezů. Kromě toho jsou pro analýzu trajektorií použity i některé statistické metody jako například rekurenční analýza. Numerické modelování neintegrabilního Hamiltonovského systému klade specifické nároky na použité integrační schéma, což autora vede k návrhu vlastního *geometrického* integrátoru, který je v práci stručně popsán. Dalším významným výsledkem je odvození obecné pseudo-Newtonovské limity, kterou lze použít pro přibližný popis dynamiky v širší třídě relativistických systémů (autor použití ilustruje na fotonových orbitách v poli Weyl-Bachova prstence).

Zpracování

Diplomová práce je pečlivě zpracována a přehledným způsobem prezentuje získané výsledky. V textu je jen minimální množství překlepů. Jak sám autor v úvodu připouští, nemá práce charakter jednolitého textu a některé kapitoly spíše představují samostatné tématické odbočky, takže jako celek působí mírně nesourodě. Nicméně se typicky jedná o autorsky původní a vědecky relevantní rozvinutí některých dílčích konceptů, které proto do diplomové práce bezpochyby náleží. Rozsah práce (zhruba 100 stran) je nadprůměrný a text doplňuje velké množství propracovaných ilustrací.

Dotazy a připomínky

V práci není blíže komentován vztah mezi obecnou pseudo-Newtonovskou limitou, kterou zde autor odvodil pro popis dynamiky částic s energií blízkou klidové, a pseudo-Newtonovskými potenciály navrženými pro přibližný popis Schwarzschildova prostoročasu, které jsou použity v dalších částech práce. Spadají tyto potenciály nějakým způsobem do obecného rámce určeného pseudo-Newtonovskou limitou? Jakým způsobem byl odvozen logaritmický potenciál, který je autorem navržen pro porovnání s ostatními pseudo-Newtonovskými potenciály?

Závěr

Posuzovaná diplomová práce systematicky a s velkou pečlivostí pojednává zajímavou a v rámci současné teoretické astrofyziky vysoce aktuální problematiku. Autor zjevně vykonal velké množství analytických i numerických výpočtů vedoucích k původním vědeckým výsledkům, které v předkládané práci jasným a přehledným způsobem prezentuje a které zčásti již jako hlavní autor publikoval v prestižním časopise MNRAS. Bc. Vojtěch Witzany tak jednoznačně prokázal schopnost samostatné vědecké činnosti. Předloženou diplomovou práci proto **doporučuji přijmout k obhajobě s hodnocením výborně.**



Mgr. Ondřej Kopáček, Ph.D.