

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Vojtěch Witzany  
Název práce: Chaos in Perturbed Black-Hole Fields  
Studijní program a obor: Fyzika, Obecná fyzika  
Rok odevzdání: 2013

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. David Heyrovský, PhD  
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky MFF UK  
Kontaktní e-mail: heyrovsky@utf.mff.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/oponenta:**

Studium charakteru orbit v blízkosti černé díry obklopené hmotným diskem či prstencem je důležité pro pochopení procesů probíhajících v centru naší Galaxie i v dalších astrofyzikálních systémech. Vzhledem k tomu, že rigorózní obecně relativistické výpočty jsou velice náročné, naskytá se otázka, jestli by kvalitativně podobné výsledky bylo možné získat integrací nerelativistických pohybových rovnic s využitím pseudo-newtonovského potenciálu k popisu gravitačního pole černé díry. Zkoumání této otázky je hlavním úkolem předložené bakalářské práce. Pan Witzany k úspěšnému řešení nastudoval partie z obecné relativity, teorie dynamických systémů, chaotické dynamiky a symplektických integrátorů, sestavil programy na integraci orbit a výpočet Poincarého řezů, předložil vzorové výsledky demonstrující zastoupení regulárních a chaotických oblastí ve fázovém prostoru a porovnal je s výsledky plně relativistických výpočtů z prací Sukové a Semeráka (2009-2013). Celkově jde o vynikající práci, rozsahem i náročností spíš blízkou práci diplomové. Drobné, většinou formální nedostatky uvedené níže jsou pravděpodobně důsledkem časové náročnosti zpracování.

Ve výsledcích by bylo pro ilustraci vhodné alespoň v jednom či dvou případech namísto čistě slovního porovnání přidat z literatury i příslušný Poincarého řez získaný z plně relativistických výpočtů. Při sledování změn řezů v závislosti na různých parametrech by bylo vhodné parametry měnit na obě strany od nějaké základní referenční sady. Pro další pokračování v práci bude důležité odstranit občasně artefakty: překračování křivky nulové z-ové rychlosti (např. Fig. 4.6); zdánlivý překryv dvou řezů (Fig. 4.10); „ustřelující“ trajektorie (např. 4.12).

V matematickém popisu nejsou vždy vysvětleny všechny použité symboly či značení (např. v Def. 1.3 či 1.5). Místo abstraktního popisu aparátu dynamických systémů ve formě definic a vět by k lepšímu pochopení místy lépe posloužil slovní výklad doplněný ilustrativním příkladem.

V literatuře by měly být citovány originály prací namísto nových republikací (Weyl 2012 ?); u Oseledce odkaz na původní práci z 60. let namísto příspěvku do Scholarpedie 2008; u odkazů na preprinty nutno uvést číslo; chybí plné citace Hairer (2006) a Palmer (2009).

Angličtina je na velice dobré úrovni, pouze občas se objevují obskurní či nepoužívané výrazy (např. shunless místo inevitable, errorfull, erroneity); místo it's má být všude its; výrazy typu riemannian nebo hamilton's s velkými písmeny. Mimo rámec angličtiny, Paczyński coby Polák má -i na konci.

## **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Zaznamenával jste průchody trajektorie nadplochou v jednom nebo v obou směrech? Jaký by byl vliv volby na příslušné řezy?

Jak jste volil počáteční podmínky trajektorií na řezech – podél vodorovné osy s nulovou radiální rychlostí?

Na daném řezu, odpovídá křivka nulové z-ové rychlosti jediné trajektorii ležící v rovině  $z=0$  ?

Např. na Fig.4.6, jde o dvě oblasti s periodou 1 a 2, nebo jednu oblast s periodou 3? Lze to poznat z řezu?

Na Fig.4.30 nahoře jsou dvě různé části chaotické oblasti, jedna hustě a druhá řídko navštěvovaná. Pokud nejde o numerický artefakt, jsou tyto oblasti disjunktní, navštěvované různými trajektoriemi? Pokud ano, jsou nějak od sebe oddělené (např. řetízkem ostrůvků regularity)?

**Práci** doporučuji nedoporučujiuznat jako ~~diplomovou~~/bakalářskou.**Navrhuji hodnocení stupněm:** výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/aMísto, datum a podpis ~~vedoucího~~/oponenta: Praha, 4.9.2013

David Heyrovský