

Posudek bakalářské práce

(posudek vedoucího práce)

Autor: Jan Hrubeš

Název: Rovnice struktury tenkých akrečních disků v obecné metrice

Studijní program a obor: Fyzika

Rok odevzdání: 2022

Vedoucí práce: Michal Bursa, Astronomický ústav AV ČR

Vypracovaná bakalářská práce se zabývá formulací rovnic radiální struktury tenkého relativistického akrečního disku (Shakura & Sunyaev 1973 a Novikov & Thorne 1973) formulovaných v obecné metrice, tak aby byly využitelné i při studiu vlastností disků (z hlediska pozorovatelných veličin) v prostoročasech popsaných různými metrikami, nejen běžně užívanou Kerrovou metrikou.

Dle zadání bylo cílem práce bylo zejména:

1. odvodit radiální rovnice struktury tenkých akrečních disků za použití obecných metrických funkcí (při zachování předpokladu stacionarity a axiální symetrie prostoročasu),
2. dosazením Kerrové metriky ověřit správnost nalezeného řešení,
3. porovnat změny ve struktuře disku dle možností v Kerrově a Johannson-Psaltis či Hartle-Thorne prostoročasu (pro různé volné parametry),
4. vyhodnotit vliv změn ve struktuře disku na pozorované spektra.

Práce je rozdělena na několik částí v nichž jsou postupně popsána motivace, základní východiska, obecné rovnice struktury, specifické rovnice pro Kerrovu a Kerrovu-Newmanovu metriku a závěrečné zhodnocení. Úvodní kapitola popisující stav poznání a motivaci je dosti stručná (1 strana textu) a mohla by být pojata širěji, zejména by mohla okomentovat konkrétní práce zabývající se odchylkami pozorovaných spekter nebo frekvencí za předpokladů různých alternativních metrik. Jinak ale text v zásadě dobře vystihuje problém a představuje cíl práce. V další části pak autor odvozuje rovnice popisující chování látky v akrečním disku okolo černé díry, přičemž se v souladu se zadáním drží obecné formulace pomocí metrických funkcí, aniž by dělal konkrétní předpoklady o metrice, kromě těch, které jsou uvedeny v části 1.1 - zde autor mlčky předpokládá užití metriky se souřadnicemi, které jsou sférické, to je ovšem vzhledem ke geometrii problému celkem zřejmá, nikoli však samozřejmá volba. V závěru první části jsou pak uvedeny dvě diferenciální rovnice, které určují strukturu disku, a jejich částečné řešení ve formě integrálního vztahu. Je zřejmé, že bez znalosti konkrétních metrických funkcí není integrál možné vypočítat, uvedený vztah je tedy maximem toho, kam se lze v obecnosti dopracovat. Lze pouze namítnout, že by bylo

vhodné v úvodu více viditelně uvést zavedení energie $E = -u_t$, úhlové rychlosti Ω a specifického momentu hybnosti $L = u_\phi$ a explicitně ukázat jak souvisí právě s metrickými funkcemi, resp. s funkcemi označenými kaligrafickými písmeny.

V druhé části je použita Kerrova metrika pro dosažení do předešlého výsledku k základní kontrole správnosti. Po dosažení všech metrických funkcí přichází autor ke vztahům (2.13) a (2.14), což jsou vskutku shodné rovnice z práce Page & Thorne 1974. Autor pak dále provádí integraci soustavy rovnic, aby ověřil, zda dostává správný profil zářivého toku disku.

V kapitole 3 jsou strukturní rovnice aplikovány na Kerrovu-Newmanovu metriku, což je nazajímavější část práce, neboť je inovativní v tom smyslu, že ukazuje, jaký je zářivý profil disku při použití jiné než Kerrovovy metriky a jak se k němu pomocí metrických funkcí dobrat. V úvodu kapitoly měl ovšem autor vysvětlit, proč se rozhodl odchýlit od zadání, v němž se hovoří o aplikaci na metriky Johannson-PSaltis či Hartle-Thorne. Důvod je patrný vzápětí, když i přes jen mírně větší zesložiténění metriky se již nelze obejít bez numerického přístupu, neboť získané rovnice jsou vzhledem ke složitosti jmenovatele zřejmě neintegrovatelné. Je to jen další potvrzení vyjímečnosti Kerrova řešení.

Závěrem lze konstatovat, že práce vyhovuje bezezbytku požadavkům kladeným na bakalářskou práci a bez pochyby splnila zadání a účel. Autorovi se svědomitým přístupem k úkolu i vhodně zvoleným postupem podařilo vyjádřit radiální strukturní rovnice tenkého relativistického akrečního disku tak, aby do nich mohla být dosazena zvolená metrika. Přínosem práce je tak především otevření možnosti aplikovat v literatuře používané ne-kerrovské metriky spolu s jim odpovídajícími akrečními disky. V tomto směru má práce publikační potenciál, tj. její závěry plánujeme publikovat v odborném časopise.

Formální náležitosti práce jako jsou čitelnost a úprava textu, číslování stránek a kapitol, popisky ilustrací a tabulek, začlenění obsahu a seznamu ilustrací a tabulek, výběr citačních zdrojů, rozsah práce i její jazyková úroveň jsou také splněny. Práce používá úsporný, avšak čtivý styl, veškeré kroky odvození jsou dostatečně popsány.

Odborná úroveň práce: vynikající

Věcné chyby: téměř žádné

Výsledky: originální

Rozsah práce: dostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň: velmi dobrá

Tiskové chyby: přiměřený počet

Celková úroveň práce: vynikající

V Praze dne 25. 8. 2022

Michal Bursa

Astronomický ústav AV ČR