

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího  posudek oponenta  
 bakalářské práce  diplomové práce

Autor: **Tomáš Trachta**

Název práce: **Structure of a boundary layer between a star and an accretion disk: analytical models**

Studijní program a obor: Physics, General Physics

Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly oponenta: prof. RNDr. Vladimír Karas, DrSc.

Pracoviště: Astronomický ústav AV ČR

## 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 oponenta:

Celkové hodnocení navrhuji známkou **výborně**.

Tomáš Trachta předkládá bakalářskou práci na téma "Structure of a boundary layer between a star and an accretion disk: analytical models". Zvolené téma umožnilo studentovi obeznámit se s velmi zajímavým astrofyzikálním konceptem a zároveň prostudovat netriviální perturbační metody používané v teoretické fyzice. Práce je sepsána velmi pečlivě v anglickém jazyce s použitím vhodného typografického systému pro sazbu matematického textu (TeX) a s profesionální kvalitou ilustrací a grafů. Rozsah práce (50 str.) odpovídá očekávanému formátu bakalářských prací; vzhledem k matematicky náročnému a poměrně koncentrovanému obsahu se mně předložená práce jeví jako naprůměrná.

Text se po stručném úvodu člení do tří kapitol: 1. Preliminaries; 2. Outer disk solution; a 3. Boundary layer solutions. Stručný závěr a seznam použité literatury práci uzavírají.

Úvodní část podává stručné a zároveň přehledné shrnutí práce Kluzniak & Kita [2000], jejíž předpoklady a výsledky se pak využívají v dalších kapitolách. Tento úvod se mně jeví velmi užitečný a zároveň matematicky bezchybný. Překvapilo mě, jak poměrně náročné partie zvládl autor bakalářské práce nastudovat a dále na nich kreativně vystavět navazující partie. Tím spíše se tento komentář týká 2. kapitoly, která rozvíjí perturbační přístup k popisu struktury akrečního disku. Kapitola však začíná slovy "...We start with the outer disk...", aniž by autor definoval, co přesně tímto pojmem míní (termín "vnější řešení" může mít různé významy).

Mnohé z nabytých znalostí využije student v pozdějších ročnících teoretické fyziky. Mám však otázku, co vlastně vedlo autora vybrat si řešení podle Kluzniaka a Kity jako základ dalšího studia přechodové vrstvy. Ta se přirozeně nachází na vnitřním okraji akrečního disku, takže bych zde jako základ očekával řešení odpovídající lépe vnitřní (zářením dominované) části akrečního disku. Je důvodem volby výchozího profilu skutečnost, že není k dispozici vhodnější analogie pro zářením dominovanou vnitřní oblast?

Vlastní výpočty jsou předmětem 3. kapitoly a jeví se mi velmi netriviální. Pěkný dojem na mě učinil popis hledání řešení a postupného překonávání obtíží na cestě k nalezení vhodné aproximace. Diskuze nakonec dospěje k obyčejné diferenciální rov. (3.69), jejíž řešení již vyžaduje numerický přístup. Pokusil se však autor ověřit, zda není v literatuře známo analytické řešení této (nelineární) rovnice resp. zda by nebylo možné pokročit ještě o kus dále s pomocí počítačových symbolických manipulací?

V závěru bych se ještě rád zeptal, zda v názvu práce nemohlo být zvoleno přiléhavější označení typu hvězdy. Zdá se mi, že jakýkoli zářivý výkon hvězdy samotné, či hvězdný vítr jsou zde a priori zanedbávány, ačkoli v případě "klasických" hvězd (např. kataklyzmické proměnné hvězdy) lze očekávat jejich důležitý vliv na blízké okolní prostředí. Tato práce se však patrně omezuje "pouze" na případ chladné neutronové hvězdy?

Pokud jde o seznam literatury, domívám se, že je kompletní, pokud jde o model popisovaný v předložené bakalářské práci. V úvodu či závěru by však mohly být zmíněny i některé novější a více observační výsledky týkající se pozorování přechodové vrstvy (např. Popham & Sunyaev 2001). Jak známo, mnohé neutronové hvězdy mohou mít velmi silné magnetické pole, což patrně ovlivní strukturu přechodové vrstvy nebo dokonce zcela zamezí jejímu vzniku. Bylo by možné alepoň odhadnout intenzitu magnetického pole, pro kterou je použitý popis ještě adekvátní?

Naopak analogie vyvozovaná z nových pozorování centrální oblasti v galaxii M87 se mně jeví tématu této práce poměrně vzdálená, protože v případě černé díry nevstupuje do hry žádná přechodová vrstva.

Drobné nekonzistence:

Str. 2 - "...these values were taken from Kato et al. [2008]..." Pokud se nemýlím, předcházející text a vlastně i celá další práce používají výhradně Newtonovu teorii pro popis gravitace hvězdy. Argumenty odkazující se na Einsteinovu teorii včetně občasného uvedení vzorců pro Schwarzschildův poloměr, poloměr nejmenší stabilní orbity atp. se mně v textu jeví poněkud "z nebe spadlé", bez předchozího zavedení a lepšího objasnění souvislostí. Proč není veškerá diskuze vedena pouze v newtonovské limitě, tak jako vlastní výpočty? V kontextu dnes známých stavových rovnic popisujících hmotu neutronové hvězdy, je vůbec realistické očekávat natolik kompaktní těleso, že by se mohly projevit efekty obecné relativity na strukturu přechodové vrstvy?

Též ještě na str. 2 - "...The first experimental evidence of neutron stars can be back traced to the 1960s" ... "...predicted 30 years prior by Baade and Zwicky" ... "...radii on the order of 10 kilometers"

Str. 17 - "...We have yet to rescale our constant of integration obtained in Section 1.3,... Using our scalings obtained in Section 1.4..." Pro čtenáře by bylo užitečnější, kdyby odkazy směřovaly přímo na konkrétní vztahy, aby je bylo možné v textu identifikovat snáze.

Str. 33 - "...alpha has to be less than one in order for the turbulence to be subsonic" Toto je spíše má neznalost než výtko, nicméně z jakého důvodu je nutné omezovat se při studiu přechodové vrstvy na pozdvukový režim?

Povšiml jsem si též drobných překlepů nebo mírně neobratných výrazů, avšak jejich počet není nijak vysoký. Např.:

Str. 33 - "...This finding server us"

V souhrnu mohu potvrdit, že předložená práce Tomáše Trachty se mně jeví jako velmi zdařilá a pečlivě sepsaná, s nadprůměrným množstvím vlastních netriviálních výsledků. Jako takovou ji doporučuji k přijetí za bakalářskou práci na MFF UK.

Vladimír Karas, v Praze dne 19. května 2023