



Doc. RNDr. Petr Hadrava, DrSc.
ASTRONOMICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY, v.v.i.
Boční II 1401
141 31 Praha 4
Telefon: 226 258 421
Fax: 226 258 499
E-mail: had@asu.cas.cz

Oponentský posudek habilitační práce
RNDr. Pavla Bakaly, PhD.
“Computer Methods in Relativistic Astrophysics”

Předloženou habilitační práci dr. Pavla Bakaly tvoří soubor vybraných jednatřiceti prací převážně publikovaných v mezinárodních recenzovaných časopisech, jako jsou *Astronomy and Astrophysics*, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, *Astrophysical Journal*, *Classical and Quantum Gravity* aj., a v několika sbornících. Soubor je uveden přehledovou statí, jejíž první kapitola charakterizuje význam relativistické astrofyziky a problémy, jimž se v jejím rámci autor věnuje. V dalších dvou kapitolách se podrobně zabývá vysvětlením svých počítačových programů *LSDCODE+* a *PRTRAJECTORIES* určených k modelování šíření elektromagnetického záření a pohybu hmoty v Kerrově metrice se započtením její interakce se zářením.

Oba tyto okruhy problémů se vzájemně doplňují a jejich společným cílem je umožnit ověřování teoretických představ o fyzice kompaktních objektů (černých děr nebo neutronových hvězd) porovnáním syntetických modelů záření těchto objektů s pozorovanými vlastnostmi příslušných, většinou vysoce energetických vesmírných zdrojů, které jsou kompaktními objekty vysvětlovány. Tento úkol je velmi náročný a rozsáhlý a ve světě se jím zabývá řada skupin, protože je dnes velmi aktuální jak díky rostoucím možnostem pozorovací i výpočetní techniky, tak z hlediska principiálních otázek teoretické fyziky, které leží v jeho základu. Numerické modely samotných objektů i jejich záření usnadňují vzhled do jinak značně abstraktní a matematicky komplikované teorie jejich struktury.

Výpočetní programy, které jsou dosavadními výsledky práce dr. Bakaly, jsou nadějným základem pro další rozvoj modelů relativistických astrofyzikálních zdrojů. Publikace, které tvoří předložený soubor prací, podávají většinou teoretický výklad jejich principu nebo dílčí výsledky dosažené s jejich pomocí. Úvodní stať disertace je proto velmi cenným přídatkem, který umožňuje podrobnější výklad struktury a způsobu užívání programů.

Práce je sepsána přehledně a nemám k ní zásadní připomínky. Obsahuje jen nevelký počet překlepů a jiných formálních nedostatků, některé však mohou poněkud znesnadňovat využití textu jako manuálu k budoucímu užívání popsaných programů. Proto bych doporučoval text dále zdokonalit i po jeho úspěšné obhajobě. Např. v tab. 2.2 chybí vysvětlení $MODE=10$. Matoucí jsou překlepy “anizotrophy” (str. 10) a “polytrophic” (str. 51) nebo čárka v čitateli rov. (2.6) vpravo. V rov. (3.1) chybí vysvětlení veličiny Φ a podstatnější by bylo uvést vztah $k^\alpha k_\alpha = 0$, z něhož pak druhá rovnice vyplývá. Podobně chybí vysvětlení parametru $\mathcal{K}$ na str. 65, dále pak Δ před r_{bin} na str. 63. V textu k obr. 3.2 má být patrně odkaz na obr. 2.9 a nikoliv 2.2.3 – mimochodem, užitečnější by byl opačný odkaz, protože teprve obr. 3.2 odhaluje význam prázdných políček v obr. 2.9. Vysvětlení by si zasloužil čitatel rovnice (2.9), v němž by měl být součin $(pu)_{obs}$, který může být různý pro různé pozorovatele uvedené např. v tab. 2.1 na str. 34.

Zavádějící je formulace “Angular magnification increases with the order of relativistic images” na str. 41, protože v tom případě by součet toků záření nekonečného počtu obrazů divergoval. Zajímavá otázka by byla, zda lze pro Kerrovu metriku zobecnit naši asymptotickou aproximaci exponenciálního poklesu zářivého toku v obrazech vysokého řádu ve Schwarzschildově metrice (viz ApJ 435, 55/1994).

Obecnější problém, který navrhuji jako námět do diskuse, je užitá aproximace (3.1) koherentního svazku fotonů vyzářených pouze kolmo z centrálního zdroje. Ve skutečnosti rozměr neutronové hvězdy nebo korony černé díry nemusí být zanedbatelný vůči rozměru PR-oblasti. Do disku také proniká vnější záření, včetně CMB, jak je zmíněno na str. 21, a to se odrazem či rozptylem zesiluje (viz Proc. 18th Stel. Conf., Opava 1995, str. 11 a ApJ 480, 324). Vlastní záření disku tak může podstatně zvýšit odčerpávání jeho momentu hybnosti. K modelování tohoto efektu by však bylo třeba hledat selfkonzistentní řešení zářivé hydrodynamiky disku. Je také otázka, zda bude udržitelný model studeného režimu disku.

Tyto připomínky však nezpochybňují kvalitu předložené habilitační práce a uvádím je spíše jako námět pro další pokračování výzkumu.

Předložená práce svědčí o vysoké odborné úrovni vědecké práce dr. Pavla Bakaly, a to jak v oboru relativistické astrofyziky, tak výpočetních metod a programování. Spolupráce se studenty na některých z předložených publikací i využití výsledků pro popularizaci vědy zároveň prokazují pedagogické schopnosti dr. Bakaly. Doporučuji proto, aby tato práce byla uznána jako habilitační.



V Praze dne 13. 5. 2018

Doc. RNDr. Petr Hadrava, DrSc.