

## Posudek disertační práce RNDr. Pavla Bakaly

### K NĚKTERÝM ASPEKTŮM OPTICKÝCH EFEKTŮ V BLÍZKOSTI ČERNÝCH DĚR A NEUTRONOVÝCH HVĚZD

Pavel Bakala svoji doktorskou disertaci vypracoval v rámci doktorského studia oboru Teoretická fyzika a astrofyzika realizovaného v období říjen 2006 – červen 2010 na Ústavu fyziky FPF SU v Opavě. Práce byla k obhajobě předložena na jaře 2010 a je zaměřena na studium optických efektů v extrémně silných gravitačních polích kolem černých děr a neutronových hvězd. V práci jsou diskutovány optické efekty jak z hlediska pozorovatelů nacházejících se v těsné blízkosti horizontu černé díry, či povrchu neutronové, případně kvartové hvězdy, popisujících do značné míry observačně nerealizovatelné situace, jež jsou ovšem nesmírně důležité z hlediska intuitivního pochopení procesů probíhajících v extrémně silných gravitačních polích, tak z hlediska vzdálených pozorovatelů implikujících přímou vazbu na pozorování. Práce tak přináší relevantní příspěvky k několika vysoce aktuálním oblastem bouřlivě se rozvíjející relativistické fyziky.

V předkládané práci jsou vhodným způsobem kombinovány postupy standardní teoretické fyziky (především relativistické či částicové fyziky) aplikované na astrofyzikální procesy s elegantně zpracovanými počítačovými simulacemi těchto procesů i s počítačovým zpracováním a vyhodnocováním observačních dat. V práci je pozornost soustředěna na problematiku vysokofrekvenčních kvaziperiodických oscilací (QPOs) pozorovaných v rentgenovském spektru některých binárních systémů obsahujících černou díru nebo neutronovou hvězdu, především tzv. dvojitých oscilací s frekvenčním poměrem odpovídajícím poměru malých čísel naznačujícím relevanci rezonančních efektů. Významná je konfrontace datových výstupů s výstupy počítačových simulací umožňující zpětnou vazbu na použité teoretické modely. Zjištěné kvantitativní disproporce mezi observačními daty rentgenovských QPOs u systémů s neutronovými hvězdami a standardním relativistickým precesním modelem vysvětlujícím v obecných rysech správně frekvenční průběh těchto QPOs např. inspirovaly studii vlivu elektromagnetické interakce efektivního náboje akrečního disku s magnetickým polem neutronové hvězdy na charakter orbitálního pohybu akrečního disku a změn frekvence orbitálních a epicyklických oscilací, jež významně vylepšují soulad modelu s observačními daty.

Práce je koncipována jako komentovaný soubor článků. Presentovaný soubor článků je sestaven ze 7 prací publikovaných v impaktových časopisech a jedné práce v recenzovaném sborníku uváděném ve Web of Science. Pavel Bakala je prvním autorem ve třech těchto pracích. Jedna z těchto prací je věnována problematice optických efektů v blízkosti horizontu nerotující černé díry v prostoročasu s nenulovou kosmologickou konstantou., 6 prací je věnováno problematice datových fitů QPOs v poli neutronových hvězd. Poslední práce je zaměřena na vliv elektromagnetické interakce na orbitální a epicyklické frekvence oscilujících jemně nabitých akrečních disků. Toto rozdělení sleduje i úvodní část práce věnovaná třem oblastem výzkumů prezentovaných v předkládané práci. Ve vstupní části věnované optickým efektům v blízkosti horizontu černých děr i neutronových hvězd autor podrobně komentuje specifický software, jenž pro sledování optických jevů sám vytvořil a stručně uvádí i nové výsledky, jež dosud nebyly publikovány. Druhá část je věnována problematice QPOs, s důrazem zaměřeným na vyhodnocování a interpretaci observačních dat a jejich srovnání s teoretickými modely, přičemž je hlavní pozornost věnována v případě systémů s neutronovými hvězdami standardnímu modelu relativistické precese. Zdůrazněme,

že fitování pozorovaných dat QPOs umožňuje formulování relevantních omezení na stavové rovnice použitelné v modelech neutronových hvězd, jak je uváděno v jedné z nejzajímavějších prací, publikované v *Astrophysical Journal*. Ve třetí části je diskutován vliv magnetického pole na oscilace disku s malým efektivním nábojem. Autor prezentuje nové výsledky, jež rozšiřují výsledky dosažené v případě neutronové hvězdy charakterizované Schwarzschildovou metrikou na případ pomalu rotující neutronové hvězdy popsané Lenseho-Thirringovou metrikou.

Práce je sepsána velice pečlivě a má vynikající grafickou úroveň. V úvodní části komentující získané výsledky a prezentované v českém jazyce se ovšem objevují stylistické neobratnosti související s přílišným používáním anglismů. Práce přináší významné nové výsledky ve třech oblastech výzkumu, k nimž autor práce přispěl relevantním způsobem, a realizoval velice úspěšně zadání disertační práce. Pracoval velice aktivně ve všech třech oblastech výzkumu a projevil výrazný smysl pro kolektivní práci, především s souvislostí s modelováním QPOs, kde se význačným způsobem podílel na tvorbě fitovacích procedur pro srovnání observačních dat s teoretickými modely.

Pavel Bakala ve své práci přináší širokou škálu relevantních vědeckých výsledků a jednoznačně prokázal schopnost realizace velice kvalitní samostatné vědecké práce.

Doporučuji proto, aby byla předložená práce připuštěna k obhajobě a na základě úspěšné obhajoby udělení titulu PhD.

V Opavě 10. 6. 2010

Prof. RNDr Zdeněk Stuchlík, CSc.,  
vedoucí práce