

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Bc. Adam Vrátný
Název práce: Spacetimes with accelerating sources

Studijní program a obor: Fyzika – Teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2018

Jméno a tituly vedoucího: prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc., DSc.
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky MFF UK
Kontaktní e-mail: podolsky@mbox.troja.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 a komentáře vedoucího práce:

Cílem práce bylo zkoumat a pochopit geometrické a fyzikální vlastnosti přesných řešení Einsteinových rovnic představující urychlené izolované zdroje, konkrétně rozsáhlou Plebaňského-Demiaňského rodinu černých děr se zrychlením a jejich porovnání s nedávno nalezeným řešením zrychlující černé díry s NUT parametrem.

Práce je členěna do dvou částí. V části A je uveden stručný, ale rozsahem zcela adekvátní přehled hlavních prostoročasů se zrychlenými zdroji. Jedná se o vhodný úvod do problematiky, který současně zavádí notaci použitou v diplomové práci. Původní výsledky diplomanta jsou pak obsaženy v části B, která se dále člení na tři navzájem propojené kapitoly.

V prvních z nich student prozkoumal klíčovou patologii Taub-NUT metriky, jíž je přítomnost „rotující osy“, která prostoročasu dodává nenulový twist odlišný od Kerrovy rotace. Díky tomu v okolí osy vznikají oblasti s uzavřenými časovými trajektoriemi. Student ukázal, že ve skutečnosti nejde o dvě poloosy, jak by se zdálo na první pohled, ale o dvě odlišné osy procházející „hrdlem“ s největší konečnou křivostí, připomínající Einsteinův-Rosenův most. Student dále našel hranici patologických oblastí s uzavřenými časovými křivkami a vizualizoval je na obrázcích 3.3-3.5 užitím vhodných (hyperbolických) souřadnic. Kromě toho dokázal, že daleko od černé díry mají tyto osy v bezprostředním okolí charakter dobře známé rotující kosmické struny v Minkowského či Schwarzschildově prostoročase.

Druhá původní kapitola obsahuje výsledky týkající se prostoročasu představujícího zrychlující černou díru s NUT parametrem. Je nutno zdůraznit, že toto komplikované řešení nebylo v odborné literatuře dosud vůbec zkoumáno. Adam Vrátný ve své předchozí bakalářské práci poměrně náročným způsobem ověřil, že se opravdu jedná o vakuové řešení Einsteinových rovnic. Dále spočítal všechny složky Weylova tenzoru v NP-formalizmu a z nich určil algebraický typ: jedná se o algebraicky obecný prostoročas, tedy řešení nemůže patřit do Plebaňského-Demiaňského třídy, která je typu D. Navíc se mu podařilo přepsat metriku do mnohem lepšího tvaru (4.10), který explicitně obsahuje parametr hmotnosti černé díry, parametr zrychlení a NUT parametr. Při jejich vypnutí metrika okamžitě přechází na známé tvary Taub-NUT metriky, C-metriky a Schwarzschildovy černé díry.

Adam Vrátný nyní prozkoumal další vlastnosti zmíněného řešení. Velkou výhodou nového tvaru metriky je, že poloha čtyř horizontů je přímo vyjádřena pomocí parametrů řešení. Totéž platí pro hranici patologických oblastí s uzavřenými časovými křivkami v okolí rotujících os. Jejich charakter byl v rozsáhlém parametrickém prostoru důkladně prozkoumán a vizualizován pro různé konfigurace os na obrázcích 4.2-4.31, z nichž mnohé mají překvapivě složitý charakter.

Třetí původní kapitola uvádí souvislost mezi tímto řešením pro zrychlující černou díru s NUT parametrem a rozsáhlou černočernou třídou Plebaňského-Demiaňského. Jak bylo dokázáno, jedná se o disjunktní prostoročasy. O to důležitější je pochopit jejich vzájemné vztahy. Klíčovým úkolem je přepsat je do co nejbližší podoby. Diplomantovi se podařilo najít mnohem vhodnější tvar Plebaňského-Demiaňského třídy. Nová metrika (5.45) má faktorizované všechny metrické funkce a navíc umožňuje zvolit volný twistový parametr ω pro libovolné hodnoty Kerrova parametru a NUT parametru předpisem (5.63), což dříve nebylo možné. Při této volbě je evidentní, že nulový Kerrův rotační parametr neumožňuje zachovat nenulový parametr zrychlení, čímž je vysvětlena anomálie v Plebaňského-Demiaňského třídě.

Z uvedeného výčtu je zřejmé, že práce obsahuje množství nových netriviálních výsledků, které tvoří solidní východisko pro odbornou publikaci v prestižním časopise. Kvalita a rozsah práce však mohly být ještě lepší, kdyby její závěrečná podoba nevznikala na poslední chvíli v časové tísní. Proto příprava zmíněné vědecké publikace zůstává hlavním výzkumným úkolem Adama Vrátného pro první ročník jeho následného doktorského studia.

Bez váhání doporučuji uznat předloženou práci za diplomovou.

Celkově navrhuji hodnotit ji nejvyšším možným stupněm.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:
žádné

Práci

- doporučuji
 nedoporučuji uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího:

v Praze dne 11. 8. 2018