

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: David Miškovský
Název práce: Parametrizace Kerrova řešení
Studijní program a obor: Fyzika, Teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2019

Jméno a tituly oponenta: Mgr. Martin Scholtz, Ph.D.
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky, MFF UK
Kontaktní e-mail: scholtz@utf.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, komentáře a připomínky oponenta:

Kerrovo řešení představuje standardní model rotující černé díry a ačkoli bylo odvozeno za několika zjednodušujících předpokladů (stacionarita, absence hmoty, algebraický typ D, asymptotická plochost), má velkou cenu pro astrofyzikální aplikace. Přestože vlastnosti Kerrova řešení jsou dnes již dobře pochopeny, objevují se nové kontexty vyžadující zápis Kerrovy metriky v nových souřadnicových systémech. Význačným rysem Kerrova prostoročasu je nenulový twist jeho hlavních nulových směrů a standardní Kinnersleyho nulová tetřada je na tyto twistující směry adaptována, přičemž v této tetřadě nabývá Kerrovo řešení svého nejjednoduššího tvaru. Takzvané izolované horizonty představují obecnější černé díry, které připouštějí i přítomnost hmoty či záření, nevyžadují asymptotickou plochost ani stacionaritu celého prostoročasu. Pro tuto třídu černých děr je však přirozenější jiná volba souřadnic a tetřady, která není na twistující nulové směry adaptována. Proto byla Kerrova metrika nedávno zapsaná ve tvaru vhodném pro formalismus izolovaných horizontů. Souřadnice jsou v tomto případě založené na dvojité foliaci nulovými nadplochami.

V předkládané bakalářské práci je studován poněkud opačný přístup. Vychází se z obecné metriky prostoročasu foliovaného jednoparametrickou třídou nulových nadploch a hledají se podmínky, které by takový obecný prostoročas zredukovaly na Kerrovo řešení.

Po historicko-filozofickém úvodu do obecné teorie relativity se student v první kapitole věnuje rychlému přehledu vlastností Kerrova řešení a různým standardním souřadnicovým systémům, vlastnostem horizontu a ergosféry a charakterizaci Kerrova řešení pomocí skalárních invariantů. Výklad je doplněn velmi názornými obrázky vytvořenými v Mathematice. Zde trochu chybí diskuse prstencové křivostní singularity, ale pro zbytek práce to není podstatné. Ve druhé kapitole se student zabývá netwistujícími prostoročasy, odvozuje obecnou metriku připouštějící netwistující nulovou geodetickou kongruenci, zavádí optické skaláry v prostoročasu obecné dimenze a provádí dekompozici metriky a křivostních tenzorů. I když mnohé z uváděných vztahů jsou již známé (zejména zásluhou studentova školitele), studentův vklad zde spočívá v kompaktnějším přepisu těchto vztahů pomocí kovariantních derivací.

Třetí kapitola je pak věnována hlavnímu tématu práce, tedy zápisu Kerrovy metriky v netwistujících souřadnicích. Je zde uvedený tvar metriky v neafinní parametrizaci nulové kongruence, jak byl odvozen v našem dřívějším článku v kontextu izolovaných horizontů a diskutuje se vhodná souřadnicová transformace, jež by vedla k parametrizaci afinní. Taková transformace, byť v principu proveditelná, však naráží na problém, že příslušné integrály nejsou elementární funkce – vedou na hypergeometrické funkce parametrizované kořeny polynomů vysokých stupňů a tak je tato cesta vhodná pouze pro numerickou integraci. Dále se diskutuje možnost přechodu od obecné netwistující geometrie ke Kerrově metrice naložením vhodných podmínek (vakuum, nulová kosmologická konstanta, invariantní charakterizace Kerrova řešení). Všechny naznačené cesty jsou ovšem technicky a výpočetně velmi náročné, tudíž cíle práce nejsou zcela splněné. Předkládaná bakalářská práce však představuje solidní základ pro další výpočty. Je napsána srozumitelně a prakticky bez chyb, student získal rutinu v práci se složitými výrazy, důkladně se seznámil s příslušnou teorií a další práce na problému má velkou šanci na úspěch.

Závěr. Předkládaná bakalářská práce je na velmi dobré odborné, grafické i tiskové úrovni. Zabývá se aktuálním a zajímavým problémem přepisu Kerrova prostoročasu v netwistujících souřadnicích a ačkoli cíle práce nebyly dovedeny do konce, student prokázal schopnost samostatného studia a porozumění problematice. Proto práci **doporučuji** uznat jako bakalářskou práci.

Práci:

- doporučuji
- nedoporučuji

uznat jako bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta:

Martin Scholtz, Praha, 10. června 2019