Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

☐ posudek vedoucího ☒ posudek oponenta
☒ bakalářské práce ☐ diplomové práce

Autor/ka: Filip Nicek
Název práce: Kundtova třída prostoročasů v Einsteinově-Gaussově-Bonnetově teorii gravitace
Studijní program a obor: Fyzika/Obecná Fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího/oponenta: Mgr. Alena Pravdová, Ph.D.
Pracoviště: Matematický ústav AV ČR
Kontaktní e-mail: pravdova@math.cas.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:

Námětem práce je systematicky studovat Kundtova řešení v rámci Einsteinovy-Gaussovy-Bonnetovy teorie gravitace.

Po úvodní kapitole 1 se autor v kapitole 2 rešeršního charakteru zabývá shrnutím vlastností Kundtových prostoročasů v různých dimenzích v kontextu Einsteinovy gravitace. Za tímto účelem též zavádí pojmy jako optické skaláry a algebraická klasifikace prostoročasů.

V krátké kapitole 3 autor shrnuje základní informace o Gaussově-Bonnetově teorii gravitace.

Původní výsledky práce jsou obsaženy v kapitole 4. Jsou zde odvozeny všechny komponenty Gaussových-Bonnetových rovnic pro Kundtovu třídu prostoročasů v libovolné dimenzi. Při řešení jednotlivých polních rovnic se ukazuje, že třída přesných Kundtových řešení Einsteinovy-Gaussovy-Bonnetovy gravitace se rozpadá na celou řadu jednotlivých podtříd, které jsou v textu pečlivě diskutovány. Některé z těchto podtříd obsahují i einsteinovská řešení, zatímco jiné případy v Einsteinově teorii nemohou nastat. V této kapitole je též diskutována souvislost s významnými podtřídami Kundtových prostoročasů, jako jsou pp-vlny a VSI/CSI prostoročasy.

Práce je vynikající úrovně a obsahuje celou řadu původních výsledků. Bude jistě základem budoucího článku v mezinárodním vědeckém časopise.

Práci ráda doporučuji uznat jako práci bakalářskou.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

K práci mám následující dotazy a drobné připomínky:

- Zkoumali jste, zda jsou nějaká omezení na algebraické typy Weylova a Ricciho tenzoru v EGB gravitaci?

- V souvislosti se zavedením Kundtovy třídy ve vyšších dimenzích by bylo vhodné v kapitole 2.3 ocitovat článek z roku 2003 [4], kde je v rovnici (13) patrně poprvé uvedena obecná Kundtova metrika v libovolné dimenzi, a dále dva články z roku 2006, kde je tato metrika podrobně rozebrána zejména v kontextu VSI a CSI prostoročasů:
  [Coley A, Hervik S and Pelavas N, Class. Quantum Grav. 23 3053–74, 2006]
  [Coley A, Fuster A, Hervik S and Pelavas N, Class. Quantum Grav. 23 7431–44, 2006]

- V kapitole 4.3 jsou diskutovány významné podtřídy EGB Kundtových prostoročasů (pp-vlny a VSI/CSI prostoročasy). Bylo by též vhodné uvést univerzální prostoročasy – tyto Kundtovy prostoročasy jsou automaticky i řešením EGB gravitace. Příkladem Kundtova řešení EGB gravitace Weylova typu II jsou např. i 0-univerzální řešení nalezená v článku

[S Hervik, T Málek, V Pravda and A Pravdová, Class. Quantum Grav. 32, 2015] (viz např. Corollary 7.5).

- Na str. 3 kap. 1, odstavec pod vzorcem (1.2) je chybně uvedeno, že složky afinní konexe vymizí, pokud je prostoročas plochý. To je pravda jen v některých souřadnicích, obecně i v plochém prostoročase mohou být nenulové.

Drobné připomínky:

- Ve vzorci (1.3) - má být "V^\lambda", ne "V^\mu".

- Ve vzorci (1.9) je nestandardní definice vektoru m, jiná než v [11], [29], bylo by dobré uvést zdroj, ze kterého autor čerpal. Vztahy (1.11) a (1.12) by měly být přizpůsobeny této definici.

- V poslední rovnici v (2.3) by před závorkou na prvním řádku této rovnice mělo být “–“ a na posledním řádku u koeficientu ρ by měl být vektor l, ne k.

- V kap. 2.1 v zavedení optických skalárů pod vztahem (2.4) se nesprávně uvedeno, že se jedná o prostorupodobné paprsky.

- Na začátku kapitoly 2.3 je definice Kuntovy třídy prostoročasů jako prostoročasů připouštějících bezšírovou, netwistující a neexpandující kongruenci, ale veličiny twist, expanze a shear jsou definovány v kap. 2.1 jen pro 4dimenzionální prostoročas.

- Ve vzorci (2.10) chybí na konci dζ, d bar ζ.

- Ve vzorci (2.75) je p opravdu p konstanta?

- Ve vzorci (3.2) má být α R^2, podobně ve vzorci (4.36).

- Pokud by byly souřadnice u, r jako 0. a 1., potom by pod vzorcem (4.3) mělo být i,j= 2,..., D-1, to samé pod vzorcem (4.4). Pokud by byly číslovány jako 1., 2., potom by mělo být i,j= 3,..., D.

- V bodě 2. nad vzorcem (4.87) by mělo být "Q....=0".

- Všimla jsem si ještě drobných překlepů (nelepší, chybějící znaménko =, Riemmanova, Christoffellovy, kosologickou, gauss-bonnetovské, chybějící závorka).

Práci
☒ doporučuji
❑ nedoporučuji
uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:
☒ výborně ❑ velmi dobře ❑ dobře ❑ neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta: