

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího
 bakalářské práce
- posudek oponenta
 diplomové práce

Autor/ka: Bc. Aleš Flandera
Název práce: Geometry of isolated horizons
Studijní program a obor: Fyzika
Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Martin Scholtz, Ph.D.
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky
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 vedoucího/oponenta:

Práce Aleše Flandery sestává z poměrně rozsáhlého úvodu do problematiky izolovaných horizontů v obecné teorii relativity a z části, kde autor odvozuje nové výsledky týkající se konstrukce netwistující, paralelně přenášené tetrády na pozadí Kerrový—Newmanovy černé díry.

Autor nejprve podrobně zavádí Newmannův—Penroseův formalismus a formulaci rovnic obecné relativity v tomto formalismu. Výklad je srozumitelný a doplněný o užitečný úvod do teorie 2-spinorů, která poskytuje i hlubší vhled do NP formalismu.

Po zavedení obecného formalismu autor definuje pojem neexpandujících a (slabě) izolovaných horizontů a věnuje se jejich základním vlastnostem. I když čerpá z existujících odborných článků, výklad doplňuje o technické detaily, které v odborné literatuře uvedeny nejsou a proto tento text určitě poslouží i jako didakticky vhodný studijní materiál pro další studenty.

Nakonec se autor dostává k hlavním cílům práce, které jsou dobře motivovány v rozsáhlém úvodu k práci. Základem pro autorovy výpočty jsou dvě existující práce (Krishnan 2012) a (Fletcher, Lun 2006). V první z nich byla zkoumána geometrie prostoročasů v okolí izolovaných horizontů v NP formalismu v souřadnicích analogických k Bondiho souřadnicím, jež se obvykle používají v kontextu asymptoticky plochých prostoročasů. V práci (Krishnan 2012) bylo ukázáno, jak v NP formalismu nalézt perturbativní řešení rovnic pole, byly diskutovány okrajové podmínky a kalibrační volnost ve volbě tetrády. Tato kalibrační volnost je fixována volbou tetrády, která je netwistující a zároveň kovariantně konstantní podél jednoho z vektorů tetrády. Z obecných vlastností izolovaných horizontů plyne, že takovou tetrádu lze vždy zkonstruovat, ale žádné explicitní příklady uvedeny nejsou. Z potenciálních aplikací formalismu je nejzajímavější nabitá rotující černá díra reprezentovaná Kerrovým—Newmanovým řešením.

Na druhé straně, v práci (Fletcher, Lun 2006) byly zavedeny zobecněné Bondiho souřadnice pro Kerrovo černou díru. Tato práce je ovšem nezávislá na formalismu izolovaných horizontů, autoři navíc používají Boyer-Lindquistovy souřadnice, které na horizontu nejsou definované.

Cílem diplomové práce bylo nalézt souřadnice a tetrádu požadované v (Krishnan 2012) pro Kerrovo řešení. Nalezení souřadnic bylo přímočarou modifikací (Fletcher, Lun 2006), ale nalezení netwistující a paralelně přenášené tetrády se ukázalo být značně složité. V diplomové práci autor prezentuje částečné řešení v podobě perturbativního rozvoje kolem horizontu, počítá spinové koeficienty i Weylovy skaláry. Pro praktické výpočty se zdá, že takové perturbativní řešení je nejužitečnější a proto má diplomová práce i reálné aplikace.

Zároveň se podařilo najít i neperturbativní řešení, tedy popis Kerrový černé díry ve formalismu vyhovujícím požadavkům (Krishnan 2012). Toto řešení se již nedostalo do diplomové práce, ale (spolu se zmíněnými perturbativními rozvoji) je náplní odborného článku, jehož publikace se očekává v blízké době v časopise Phys. Rev. D.

Aleš Flandera byl během řešení práce velmi aktivní a iniciativní, naprogramoval například poměrně komplikované skripty v prostředí Mathematica, pomocí nichž řešil perturbativní rozvoje. I přes značnou technickou náročnost výpočtů a matematickou náročnost teoretického pozadí byl schopen provádět vlastní výpočty a dopracovat se tak více-méně samostatně k řešení. Navíc se ukázal jako neobvykle spolehlivý student, který načas plní své závazky související jak s diplomovou prací, tak se studijními povinnostmi.

Proto práci jednoznačně **doporučuji** k obhajobě.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- Jak se fyzikálně liší geometrie izolovaných horizontů od geometrie *slabě* izolovaných horizontů? Hraje v rozvoji á la (Krishnan 2012) nějakou roli předpoklad, že horizont není silně izolovaný?

- Jak autor ukazuje, některé spinové koeficienty pro izolované horizonty závisí od času. To se zdá být v lehkém rozporu s tím, že černá díra má být v rovnováze s okolím (a tedy stacionární). Mohl by to autor vysvětlit?

- Budou spinové koeficienty časově závislé i v Kerrově prostoročasu? Jestli ano, proč, když je Kerrova geometrie explicitně stacionární? A jestli ne, jak k tomu dojde?

- Autor konstruuje netwistující nulovou kongruenci na kerrovském pozadí tak, že využívá známou separabilitu Hamilton-Jacobiho rovnice pro geodetiky v této geometrii. Nakolik je tato kongruence jednoznačná? Jaká je volnost v její výběru?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta: