

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> posudek vedoucího | <input checked="" type="checkbox"/> posudek oponenta |
| <input type="checkbox"/> bakalářské práce  | <input checked="" type="checkbox"/> diplomové práce  |

Autor: Ivan Kolář

Název práce: Symetrie systémů v prostorech příbuzných prostoročasu  
vícedimenzionální černé díry

Studijní program a obor: Teoretická fyzika

Rok odevzdání: 2014

Jméno a tituly oponenta: Mgr. David Kubizňák, Ph.D.

Pracoviště: Perimeter Institute for Theoretical Physics/Waterloo University

## 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

## Použité metody:

- nestandardní  standardní  obojí

## Aplikovatelnost:

- přínos pro teorii  přínos pro praxi  bez přínosu  nedovedu posoudit

## 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:

Práce pojednává o klasických pozorovatelných geodetického pohybu a pohybu nabitých částic v testovacím elektromagnetickém poli a jejich operátorových analogiích v prostoročase vícerozměrné obecně rotující černé díry a prostoročasech „příbuzných“.

V kapitolách 1-3 jsou hledány obecné podmínky komutativity kvadratických v hybnostech pozorovatelných na fázovém prostoru klasické částice a jsou nalezeny dodatečné podmínky na vlastnosti elektromagnetického pole v případě nabitého pohybu a tak zvané „anomální podmínky“ v případě operátorů. Tato část práce je velmi zdařilou kompilací a „přečítáním“ poznatků z literatury.

V kapitole 4 je představen Kerr-NUT-AdS prostoročas popisující vícerozměrnou obecně rotující vakuovou (s kosmologickou konstantou) černou díru a jsou popsány příslušné skryté symetrie reprezentované sadou Killingových tenzorů. Dále jsou zde definovány „příbuzné metriky“, dané maticovou inverzí těchto Killingových tenzorů. Z definice plyne, že takovéto metriky mají „stejnou sadu symetrií“ jako původní Kerr-NUT-AdS. Ve zbytku kapitoly je napočítána křivost a Ricciho tenzor těchto metrik; je ukázáno že na rozdíl od Kerr-NUT-AdS tyto metriky nespĺňují vakuové Einsteinovy rovnice. Výpočty této kapitoly jsou původní a technicky komplikované.

V poslední 5. Kapitole je prezentována řada nových vlastností příbuzných metrik: je zde nalezeno nejobecnější elektromagnetické pole zachovávající integrabilitu pohybu nabitě částice, je zde studována separabilita nabitě Hamilton-Jacobiho a Klein-Gordonovy rovnice a je zde ukázáno, že příslušné anomální podmínky jsou splněny pouze v případě Kerr-NUT-AdS. Tato kapitola obsahuje celou řadu originálních netriviálních výsledků které by dle mého soudu měly být připraveny k publikaci.

Práce je velmi vysoké kvality, s minimem chyb a překlepů, a řadou původních netriviálních výsledků. Snad jen překladu abstraktu do anglického jazyka mohla být věnována větší pozornost. Doporučuji uznat tuto práci jako diplomovou s hodnocením *výborně*.

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

K práci mám následující otázky:

- 1) Jak co nejsnadněji „uvidět“ že příbuzné metriky mají „stejnou sadu symetrií“ jako původní Kerr-NUT-AdS?
- 2) Autor v práci hojně užívá Schouten-Nijenhuisových závorek pro symetrické tenzory. Věděl by i definici těchto závorek na formách?
- 3) Jaké jsou podmínky pro existenci úplně integrabilního systému a co tyto podmínky znamenají? Plyne z existence kompletní integrability i fakt že příslušnou Hamilton-Jacobiho rovnici lze separovat?
- 4) Je známa obdoba vakuového řešení Maxwellových rovnic (5.18) i pro  $i$  různé od nuly?
- 5) Ve čtyřech dimenzích a po vypnutí NUTa je klasická pozorovatelná geodetického pohybu, odpovídající Killingově tenzoru, známa jako Carterova konstanta. Jaký je fyzikální význam této konstanty v limitě nulové rotace? Jaký je „analog“ této konstanty v případě klasického Keplerovského pohybu?

Mám i návrh na případné rozšíření této práce. Je pravděpodobné, že v příbuzných metrikách existuje přirozená torzní 3-forma a že existenci příslušné sady Killingových tenzorů lze odvodit z existence zobecněného hlavního Killing-Yanova tenozoru s torzí, jako je tomu v případě černé díry minimální supergravitace (arXiv:0905.0722). Pokud ano, je možné že ačkoliv příbuzné metriky neřeší vakuové Einsteinovy rovnice, mohou splňovat vakuové torzní rovnice. Přikládám příslušné dvě základní reference tímto směrem.

[1] Killing tensors and a new geometric duality, R.H. Rietdijk, J.W. van Holten, Nucl.Phys. B472 (1996) 427-446; hep-th/9511166.

[2] SUSY in the sky, G.W. Gibbons, R.H. Rietdijk, J.W. van Holten, Nucl.Phys. B404 (1993) 42-64; hep-th/9303112.

**Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis oponenta:

V Praze 5.9. 2014

Mgr. David Kubizňák, Ph.D.