

## Bakalářská práce Filipa Moučky

# Geodetiky v poli černých děr v obecné teorii relativity

## Oponentský posudek

Úkolem studenta bylo studovat geodetiky vybraného prostoročasu s důrazem na světelné geodetiky. Kandidát si vybral geodetiky v okolí černých děr a to jak světelné tak časupodobné. Standartním nástrojem k popisu geodetik je diferenciální geometrie, v jejímž jazyce jsou formulovány jejich pohybové rovnice. Jejich integrály pohybu a symetrie lze pak využít pro hledání geodetik.

Kandidát se daného úkolu zhostil velmi důkladně, včetně definic a vlastností základních pojmů diferenciální geometrie a zákonů obecné relativity. Pro Schwarzschildovu a Reissner-Nordstromovu černou díru odvodil efektivní potenciály pro radiální souřadnici a podrobnou a pečlivou diskusi jejich tvaru odvodil různé tvary geodetik. Bakalářskou práci považuji za velmi zdařilou, přesto k ní mám několik dotazů a poznámek.

### Dotazy:

Jaké fyzikální jednotky jsou v práci použity, tj. jaký rozměr mají proměnné  $t, r, \dots$  a konstanty  $m, M, E, \dots$

Pojem *reper* je opakovaně používán (poprvé na straně 17), aniž by byl definován. Můžete jej vysvětlit?

Na straně 19 je zmíněno že „Libovolnou geodetiku lze vždy přeparametrizovat tak, aby byla afinní.“ Otázka zní, jak technicky složité je nalézt příslušnou reparametrizaci?

Str.20: Co značí písmeno  $C$  ve vzorci (12)?

Důkaz rovinnosti geodetik na straně 37 se mi zdá podezřelý. Nulovost první a druhé derivace funkce  $\Theta$  v bodě nula implikuje, že tato funkce je konstantní?

Argumentace kapitoly 5.2.2 vypadá rovněž podezřele, neboť vzbuzuje dojem, že díky dvěma integrálům pohybu  $E, L$  plynoucích z Killingů  $W, Z$  se soustava čtyř diferenciálních rovnic druhého řádu „...zjednoduší na soustavu 3 diferenciálních rovnic 1. řádu“. Prosím o vysvětlení.

Přeformulování efektivního potenciálu (83) nevychází. Zřejmě něco chybí v (82).

Všechny obrázky geodetik byly obdrženy numericky. Existují nějaké dodatečné předpoklady, za kterých je možno rovnice geodetiky v okolí černých děr řešit analyticky?

### Drobné poznámky:

Vzhledem k tomu, že jak řečeno již v Kap. 1.1, předpokládá se „metrika“ s indefinitní signaturou, bylo asi vhodnější používat termín *pseudoriemanovská* varieta. Poněkud zkreslující jsou v tomto případě rovněž pojmy jako délka křivky či úhel .

Středník ve vzorci (13) a dále není definován stejně jako čárky v indexech.

Roztomilý překlep na straně 47: Počáteční poloha ...je znázorněna **zelnými** body...

**Po řádné obhajobě navrhuji známku A - výborně.**

Praha 9.8.2020

L. Hlavatý