

## *Disertační práce Davida Kofroně*

### The boost--rotation symmetric spacetimes and their classical limits

#### *posudek školitele*

Předložená disertace se týká (obecně) relativistických prostoročasů s tzv. boostovou a rotační symetrií. Tyto prostoročasy, reprezentující „rovnoměrně zrychlené“ objekty (částice nebo černé díry), jsou jedinými dosud nalezenými explicitními přesnými řešeními Einsteinových rovnic pole, které popisují pohybující se objekty a obsahují gravitační, případně i elektromagnetické záření. Byly využity v řadě problémů v obecné relativitě, například v charakteristice gravitačního záření, jako „zkušební (testovací)“ řešení v numerické relativitě či i v kvantově-mechanickém problému kreace částic. Jejich základní vlastnosti jsou shrnuty v 2. kapitole disertace.

Přestože byla těmto prostoročasům věnována velká pozornost, mj. i v naší skupině, teprve nedávno byla poprvé v práci Lazkozové a Valiente-Kroona publikované v Proceedings of the Royal Society (London) zkoumána jejich newtonovská limita. Ačkoliv uvedená práce neobsahuje žádné matematické nedostatky, je z principiálního hlediska nevyhovující a nevedla proto k fyzikálně plausibilním výsledkům. Hlavní příčinou byla skutečnost, že cesta od obecné relativity k newtonovské limitě není jednoznačná a autoři se zaměřili na část prostoročasu, v němž nejsou přítomny částice, které pak po limitě nekonečné rychlosti světla jsou zcela „vytlačeny“ z prostoročasu. David Kofroň dokázal zvolit jiný, sofistikovanější limitní proces, při němž jsou stále částice přítomny. Nejprve v rámci rigorózní (Ehlersovy) teorie newtonovské limity prostoročasů vyšetřoval na obecné úrovni prostoročasy s boostovou a rotační symetrií a poté na konkrétních explicitních příkladech těchto prostoročasů (jako například Bonnorových-Swaminarayanových řešeních, na tzv. C-metrice a na několika dalších) ukázal, že odpovídající klasické limity obsahují rovnoměrně urychlené objekty a jim odpovídající gravitační pole v klasické Newtonově teorii. Tímto výsledkem výrazně vzrostl fyzikální i matematický význam uvedených řešení Einsteinových rovnic (a to nejen C-metriky, jak by mohl naznačovat „skromný“ název 5. kapitoly).

V další kapitole 6 je analyzována klasická limita nabitě C-metriky, kdy bylo třeba speciální pozornost věnovat elektromagnetickému poli (v Apendixu jsou pak pro extrémní případ této metriky zavedeny kanonické souřadnice, dosud známé pouze ve vakuových případech bez elektromagnetického pole).

3. kapitola představuje původní přínos k nejobecnějšímu případu C-metriky, která reprezentuje dvě urychlené černé díry jak s rotací tak s nábojem. V pracích z konce 70. let Ernst ukázal, že „strunové“ lineární singularity (representované konicitou), které jsou zdrojem zrychlení, lze odstranit, když se zdroj zrychlení „odsune“ do nekonečna---například se tak vytvoří v nekonečnu homogenní pole. Ernst však dokázal tuto myšlenku realizovat technicky pouze za jistých omezení a za předpokladu, že černá díra nerotuje. D. Kofroň jednak ukázal, že velmi plausibilní „newtonovský“ vztah mezi hmotou, zrychlením, nábojem a velikostí elektrického pole platí pouze v první aproximaci a nadto dokázal zahrnout rotaci.

Rotující a nabitá C-metrika je využita v kapitole 4 k nalezení urychleného tzv. „magického elektromagnetického pole“. (Pole má mnoho vlastností pole elektronu.) Vlastnosti pole i jeho zdroje ve formě rotujícího urychleného disku jsou vhodně ilustrovány graficky a některé vlastnosti rozebírány analyticky. (Vlastnosti pole jsou tak bližší ke klasické verzi pole urychleného elektronu než známé Bornovo řešení, protože magické pole odpovídá i spinu.) Tato kapitola tedy opět představuje klasickou limitu boost-rotačně symetrických prostoročasů— nyní nikoliv v newtonovské, ale ve speciálně relativistické („minkowského“) limitě.

Kapitoly 5 a 4 vyšly jako dvě publikace v základním relativistickém mezinárodním časopise General Relativity and Gravitation vydávaného nakladatelstvím Springer pro International Society for General Relativity and Gravitation. Další dvě publikace budou odeslány do tisku v nejbližší době.

David Kofroň prokázal nejen schopnost systematické vědecké práce, ale i originalitu, znalosti i matematickou a fyzikální intuici a značnou zručnost jak v algebraických manipulacích tak ve vytváření hodnotných ilustrací na počítači. Je velmi příjemné s ním interagovat, bylo radostí jeho disertační práci vést. Rád ji doporučuji k obhajobě.

V Praze, 27. 6. 2009

