

Posudek dizertační práce *Exact Spacetimes and Their Physical Properties*

Dizertace je výsledkem mé spolupráce s panem Veselým v uplynulých pěti letech, během nichž jsme se věnovali tématu statických, cylindricky symetrických prostoročasů s kosmologickou konstantou a magnetickým polem. Cílem bylo nalézt a prozkoumat self-konzistentní řešení Einsteinových-Maxwellových rovnic za předpokladu, že magnetické pole, které budí výsledné gravitační pole, vykazuje stejnou symetrii jako prostoročas.

Autor nejprve podává definici cylindrické symetrie prostoročasu v obecné relativitě, uvádí metody zkoumání pohybu nabitých testovacích částic, shrnuje postup při hledání nesingulárních slupkových zdrojů prostoročasu a zavádí Penroseovy diagramy vystihující kauzální strukturu prostoročasů. Další oddíl práce je přehledem nejznámějších cylindricky symetrických řešení, speciálně Bonnorova-Melvinova řešení, jehož různá zobecnění jsou předmětem dizertační práce.

V následující – hlavní – kapitole uvádí autor konkrétní tvar metriky a Maxwellova tenzoru vyhovující předpokladům na symetrii a konečně i Einsteinovy a Maxwellovy rovnice, které z nich prostřednictvím tenzoru energie-hybnosti magnetického pole plynou. Pro různé možné orientace magnetického pole se problém dělí na axiální, radiální a azimutální magnetická pole. Všechny tyto možnosti autor dále podrobně zkoumá a uvádí řešení příslušných polních rovnic buď za předpokladu homogenity, nebo dodatečné symetrie, protože obecné řešení není známo. U jednotlivých prostoročasů práce dále představuje jejich kauzální strukturu, případně příslušný Penroseův diagram pokud je zajímavý, singularitu řešení, pohyb nabitých testovacích částic a možné slupkové zdroje gravitačního pole. Autor se věnuje také otázce chaosu v drahách testovacích částic, který se objevuje v B-M řešení s radiálním magnetickým polem, a uvádí příslušné Poincarého řezy fázovým prostorem. Jelikož není známo zcela obecné řešení zde studovaných Einsteinových-Maxwellových rovnic, věnuje se autor v poslední kapitole i numerickému zkoumání příslušného systému rovnic. Výsledky nenaznačují, že by existovala například nějaká velká třída řešení bez singularit.

Hlavní přínos dizertace spočívá v systematickém pohledu na možná zobecnění B-M řešení za přítomnosti kosmologické konstanty a jejich fyzikální charakteristiku. Některé z diskutovaných prostoročasů jsou obsaženy v určitých třídách prostoročasů uváděných v literatuře již dříve, ale jejich fyzikální vlastnosti nebyly dosud podrobně a takto systematicky studovány. Jde o velmi kvalitní práci, která přehledně shrnuje zkoumanou oblast a jejíž součástí jsou také dva články na dané téma, které vyšly v odborném mezinárodním časopisu (Veselý J and Žofka M *Cosmological magnetic field: The boost-symmetric case* PRD 100:044059, 2019. A Veselý J and Žofka M *Cylindrical spacetimes due to radial magnetic fields* PRD 103(2):024048, 2021.). Text je psán vynikající angličtinou.

Pan Veselý nepochybně prokázal, že tématu práce rozumí z fyzikálního hlediska a je zručný a inovativní při řešení příslušných matematických úloh. Během naší společné práce iniciativně přicházel nejen s řešením problémů, které jsme studovali, ale otevíral také nové otázky a témata do budoucna. Na základě těchto skutečností doporučuji posuzovanou práci uznat za dizertační práci.

V Praze dne 18.11.2022

Martin Žofka, ÚTF MFF UK