

Posudek vedoucího na diplomovou práci Bc. Milana Šrámka

Self-konzistentní vyšetření chování rozlehlého tělesa je jedním z tradičních a obtížných problémů jakékoliv teorie gravitace. V obecné relativitě je problém dále *velmi* znesnadněn tím, že teorie je nelineární, takže působení jednotlivých elementů tělesa se jen jednoduše nesčítají. Aby byla úloha uchopitelná, předpokládá se obvykle, že těleso (i) samo nebudí gravitační pole, tedy pohybuje se v *zadaném* prostoročasovém pozadí, a že (ii) je o mnoho menší než charakteristický poloměr křivosti pozadí (a tedy křivost není provázána s „mikrofyzičnou“ vnitřku tělesa). I po těchto (velmi netriviálních) zjednodušeních je úloha obtížná a řeší se standardně tak, že se těleso nahradí určitou *konečnou* sadou multipólů, pro které se integrací momentů získaných ze zákonů zachování najdou vývojové rovnice. Během historie této oblasti, která začíná již ve 30. letech 20. století, byly navrženy dva základní postupy (M. Mathissona a A. Papapetroua), které se liší definicí momentů, a které však nakonec vedou na ekvivalentní popis.

Praktické studium úlohy se omezuje na případ, kdy se zanedbají všechny multipóly až na monopól (hmotnost tělesa) a dipól (rotační moment hybnosti, „spin“); hovoří se pak o tzv. pól-dipólové aproximaci, těleso se označuje jako „rotující částice“. Ačkoli je tato aproximace velmi často problematická (zejména nezahrnuje vliv kvadrupólu, který bývá srovnatelný s vlivem dipólu), jen v ní je možná důkladnější (analytická) diskuse alespoň speciálních typů pohybu, a jen v jejím rámci byly zatím (numericky) získány konkrétní příklady trajektorií obecného typu. V případě pól-dipólového přiblížení je problém popsán Mathissonovými-Papapetrouovými (-Dixonovými) rovnicemi, které je dále nutno doplnit tzv. dodatečnou spinovou podmínkou, specifikující význam hybnosti částice a bivektoru jejího „spinu“.

Cílem diplomové práce „Částice se spinem v algebraicky speciálních prostoročasech“ bylo prostudovat, jak se MPD soustava chová v závislosti na algebraickém typu prostoročasové křivosti. Úkolem diplomanta bylo seznámit se s Newmanovým-Penroseovým formalismem a s klasifikací prostoročasů pomocí algebraického typu Riemannova/Weylova tenzoru, na základě přechodu do vhodné tetrády přepsat klíčový člen MPD rovnic, popisující interakci mezi spinem a křivostí, v řeči průmětů Riemannova/Weylova tenzoru, a poté diskutovat jeho tvar v závislosti na algebraickém typu křivosti a na zvolené dodatečné spinové podmínce. Tato úloha byla zatím v literatuře řešena jen pro nehmotné částice, kdy má však speciální vlastnosti a nedá se přímočaře zobecnit na částice s nenulovou klidovou hmotností.

Milan Šrámek záměry práce splnil. Probral tři nejčastěji používané spinové podmínky a prozkoumal, jak se při jejich aplikaci první sada MPD rovnic chová v závislosti na algebraickém typu prostoročasu. Uvažoval vesměs vakuové prostoročasy a soustředil se na algebraické typy N, III a D. Ukázal, jakého tvaru v těchto případech nabývá člen popisující interakci spin-křivost (tedy síla působící na částici) a jaký má směr. Zvláště si všiml případů, kdy interakce spin-křivost vymizí, tedy kdy je řešením MPD systému *geodetický* pohyb, a dále speciálního typu pohybů, kdy jsou Piraniho a Tulczyjewova dodatečná podmínka ekvivalentní. Pro pole typů N a D navrhl přirozenou interpretaci působící síly v analogii s fyzikálním a geometrickým významem rovnice geodetické deviace. Stručně zmínil také případ Einsteinových prostorů, kdy Ricciho tenzor není nulový.

Diplomová práce je vypracována pečlivě a doplnil bych, že již rané fáze textu Milan sepsal i stylisticky a jazykově zdařile, posléze i s minimem překlepů. Určitým handicapem je vysoká vyjadřovací „hutnost“ – někdy i pasáže, které obsahují sled myšlenek a ve fyzikální literatuře by byly pravděpodobně vyloženy postupně na několika stranách, autor koncentruje do jednoho úsporného odstavce. V důsledku toho je práce také poměrně krátká. Skutečným oříškem je však

pro čtenáře použitý matematický zápis (alespoň pro čtenáře z okruhu relativistické fyziky – ale právě pro ty by práce měla být určena...). Tento styl zápisu je obvyklý v moderní diferenciální geometrii a částečně se užívá i v matematictější pojatých monografiích z oblasti obecné relativity; u jednodušších tenzorových operací je někdy schopen čistěji vystihnout jejich geometrický význam, ale jakmile do hry vstoupí křivost nebo jiná složitější vlastnost prostoročasu, navíc v interakci s jinými tenzorovými veličinami, je i pro poučeného čtenáře velmi obtížné rovnice dešifrovat. Nicméně Milan musel především veškeré vztahy do bezindexového jazyka sám přepsat, což samo o sobě vyžaduje nezanedbatelné porozumění a „nadšení“, takže jsem ho nakonec nenutil do pro mě srozumitelnější formy a důvěřoval mu.

Myslím každopádně, že téma stojí za zpracování a že analýza provedená v diplomové práci poslouží – po překladu do obvyklejší notace – jako dobrý základ publikace i dalšího studia. Hlavní věci, kterou bude třeba doplnit (poněvadž v práci je zestručněna na minimum), je přístupnější, systematictější a širší diskuse získaných závěrů.

Přes zmíněné připomínky závěrem konstatuji, že Milan Šrámek na svém diplomovém úkolu pracoval solidně a se zájmem; naučil se základům Newmanova-Penroseova formalismu a dokázal je aplikovat na netriviální fyzikální problém, o němž ze zkušenosti vím, že stále vyvolává diskuse a rozdílná pojetí i mezi zkušenými kolegy. Kromě sledování diplomového úkolu Milan přišel i s vlastními myšlenkami, např. s interpretací závěrů na základě analogie s rovnicí geodetické deviace. Doporučuji proto, aby jím předložená práce byla uznána jako diplomová a navrhuji klasifikovat ji známkou *výborně*.

doc. RNDr. Oldřich Semerák, DSc.
Ústav teoretické fyziky MFF UK
vedoucí práce