

Posudek na diplomovou práci Norberta Požára

V každé polní teorii je přirozeně jedním z ústředních témat řešení rovnic pole. Rovnice se dají zkoumat několikerým způsobem, ale jen přesné analytické řešení může plně pojmut jejich bohatství a popsat model reality v potřebné obecnosti. Fyzikálně nejcennější bývají ta řešení, která jsou na této úrovni matematicky zvládnutelná, ale zároveň již adekvátně vystihují některé rysy skutečnosti. Obecná teorie relativity je teorií gravitace a vzájemná interakce hmoty a pole je v ní popsána Einsteinovými rovnicemi. Jedná se o nelineární parciální diferenciální rovnice, které lze přímočaře řešit jen ve speciálních situacích (typicky je-li prostoročas vysoce symetrický nebo má-li jednoduchou algebraickou strukturu). Jednou z cenných tříd jejich řešení jsou stacionární axiálně symetrické metriky, které mohou popisovat gravitační pole rovnovážných astrofyzikálních systémů (galaxií, hvězd, disků, prstenců). Ačkoliv je nepravděpodobné, že se podaří najít „jednoduché“ přesné řešení pro realistické rozlehlé rotující těleso, jsou známy prostoročasy rotujících černých děr – objektů extrémně silného pole, které hrají centrální úlohu v modelech galaktických jader a některých rentgenových dvojhvězd. Učebnicové partie o prostoročasech Kerrova typu, jakkoli samy o sobě zajímavé, ovšem popisují *izolované* černé díry, zatímco ve zmíněných astrofyzikálních situacích černé díry interagují s okolním prostředím, typicky zřejmě zformovaným do tvaru disku nebo toroidu. Bylo by tedy velmi žádoucí najít metriku, která by odpovídala „superpozici“ pole rotující černé díry s takovýmto zdrojem. Vzhledem k nelinearitě Einsteinových rovnic je to však velmi obtížný úkol.

Pro řešení stacionárních axisymetrických problémů obecné relativity bylo v posledních desetiletích vyvinuto několik „generačních technik“, pomocí nichž byly ze známých jednoduchých metrik „vygenerovány“ velmi široké třídy prostoročasů. Jen výjimečně se však výsledkům dostalo interpretace a naprostá většina z nich zřejmě nemá fyzikální význam. Problém spočívá v tom, že zmíněné nepřímé matematické postupy neumožňují průběžnou kontrolu nad vlastnostmi hledaného řešení. Jednou z cest, která by takovou kontrolu mohla do jisté míry dovolit, je převedení původní, nelineární úlohy na lineární (Laxův pár rovnic známý např. z metod inverzního rozptylu), její formulace v podobě tzv. Riemannova-Hilbertova problému a řešení pomocí theta-funkcí na Riemannových plochách. Tento postup se objevil v teorii evolučních (hyperbolických) fyzikálních rovnic a v posledním desetiletí začíná přinášet slibné výsledky i pro (eliptickou) Ernstovu rovnici, která je ve stacionárním axisymetrickém případě ekvivalentem Einsteinových rovnic.

Úkolem diplomové práce Norberta Požára bylo shrnout současný stav vědomostí ve zmíněném oboru, zamyslet se nad možnostmi fyzikální interpretace metrik zapsaných v řeči theta-funkcí a/nebo pokusit se sestavit program, který by umožnil jejich numerické vyhodnocení. Když jsem před upřesněním tématu kontaktoval jednoho z předních odborníků na Ernstovu rovnici a Riemannovy-Hilbertovy problémy, vyjádřil m.j. názor, že oblast je pro diplomovou práci příliš obtížná. Sám ji navíc sleduji spíše z povzdálí, takže jsem diplomanta mohl seznámit víceméně jen s fyzikální motivací a základní literaturou, dál musel pracovat samostatně. Přesto se navržených úkolů zhostil velmi úspěšně. Prostudoval do hloubky náročnou literaturu včetně nejnovějších prací (jež často sám vyhledal) a sepsal shrnutí jejich výsledků nejen s porozuměním, ale na několika místech navíc s vlastním podrobným rozmyšlením bodů, které byly v člancích probrány jen schematicky a které jsou zřejmě jen pro experta s delší zkušeností. Podařilo se mu sestavit a odladit i počítačový program, který generuje řešení Ernstovy rovnice na základě vyčíslení theta-funkcí definovaných na tzv. hypereliptických Riemannových plochách libovolného genu. Výstupy tohoto programu bude


zajímavé podrobněji porovnat s výstupy podobného kódu, který byl předtím oznámen v literatuře.

Norbert Požár prokázal při práci na své diplomové tezi schopnost samostatné orientace v literatuře, rychlého proniknutí do velmi obtížné problematiky, nezávislého úsudku v detailní argumentaci i zcela konkrétního, numerického uchopení složitých veličin. Jsem si jist, že pokud jeho zájem neopadne, bude zanedlouho (např. v rámci Ph.D. studia) schopen přispět k tématu i na úrovni mezinárodní odborné publikace, ať již směřované k obecně relativistickému problému Ernstovy rovnice, nebo k řešení jiného významného systému teoretické fyziky. (Dosud o svém diplomovém úkolu dvakrát zdařile referoval na Relativistickém semináři ÚTF.)

Dodávám ještě, že práce je sepsána velmi slušnou angličtinou, téměř bez překlepů a ve standardní grafické úpravě.

Vzhledem ke zmíněným skutečnostem rozhodně doporučuji, aby práce Norberta Požára byla uznána jako diplomová, a navrhuji ji po úspěšné obhajobě klasifikovat známkou „výborně“.

Praha, 19.5.2006



doc. Oldřich Semerák
ÚTF MFF UK
vedoucí práce