



THEORETICAL GROUP, DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING
TECHNICKÁ 2, 166 27 PRAGUE 6, CZECH REPUBLIC

tel. +4202 2435 2332
fax: +4202 3333 7031
email: kulhanek@fel.cvut.cz
<http://www.aldebaran.cz>

V Praze, 4. 8. 2011

Posudek disertační práce

„Ondřej Kopáček: *Transition from regular to chaotic motion in black hole magnetospheres*“

Téma disertační práce

Předložená disertační práce se zabývá dvěma oblastmi. První je analytický výpočet a interpretace polí v okolí Kerrovy černé díry pro případ magnetického pole, jež limitně na plochém pozadí přechází v homogenní magnetické pole. Uvažován je obecný směr pole vzhledem k ose rotace černé díry zadaný dvěma parametry (polem ve směru osy a transversálním polem). Výpočet polí je prováděn i pro pohybující se černou díru. Autor se podrobně věnuje různým možnostem definice pole a výpočet provádí pro různé pozorovatele (inerciální pozorovatel volně padající z nekonečna, inerciální pozorovatel na Keplerově orbitě, pozorovatel s lokálně nulovým momentem hybnosti).

Druhá oblast se věnuje pohybům nabitých částic ve vypočtených polích, zejména s ohledem na přechod od regulárního pohybu k chaotickému pohybu pro nejrůznější parametry výpočtu. K vyhodnocení pohybu využívá disertant nestandardní metody rekurenční analýzy, která umožňuje prostřednictvím RP diagramů i pouhý vizuální (kvalitativní) odhad typu pohybu. Samozřejmě je možné i kvantitativní vyhodnocení. Je dobře, že vedle těchto diagramů autor uvádí i Poincarého řezy, na které je fyzikální komunita zvyklejší.

Forma a struktura práce

Práce je na první pohled pečlivě zpracována, je napsána vynikající angličtinou s minimálním množstvím překlepů, obrázky jsou přehledné a čitelné. Některé, z hlediska zkoumané problematiky okrajové pasáže, jsou přesunuty do doplňků (například geometrické jednotky a volba integrátoru). K zobrazení polí jsou využity dokonce tři metody, které se vzájemně doplňují – vykreslování magnetických indukčních čar v řezu, metoda LIC a stereometrická projekce. Sazba vzorců je přehledná, i když místy neodpovídá normě (například proměnné označené řeckými symboly jsou sázeny v základním a nikoli šikmém řezu písma). Množství „sirotků“ a „vdov“ v sazbě je značné (str. 52, 58, 87...). Text na straně 33 končí v půli věty, která pokračuje až na straně 36. Sazba samozřejmě nijak nesouvisí s vědeckou hodnotou předložené práce, ale místy lehce ztěžuje orientaci v předložené práci.

Výsledky práce

V předložené práci jsou zajímavé, většinou již publikované původní výsledky. V části týkající se výpočtu polí je podrobně zkoumána problematika závislosti Meissnerova jevu na volbě pozorovatele a na volbě způsobu výpočtu polí. Zaujalo mě, že v některých situacích, například na obr. 2.14 b, má elektrické pole zjevně helikální charakter (nenulovou helicitu $\mathbf{E} \cdot \text{rot } \mathbf{E}$). Zajímavým výsledkem je také existence nulových bodů magnetického i elektrického pole, které ale nejsou ve stejném místě. V části týkající se pohybů nabitých částic byly zjišťovány oblasti parametrů, při kterých přechází regulární pohyb v deterministický chaos. Variabilita možností je mimořádně široká a autor zmapoval nejdůležitější situace, zejména pohyb

částic v lalocích magnetosféry černé díry nacházejících se mimo rovníkovou oblast, kde se ve většině případů vyskytnul regulární pohyb nabitých částic.

Dotazy a připomínky k práci

- 1) Z práce je patrné, že většina výpočtů byla prováděna v prostředí Matlab, v dodatku B jsou dokonce porovnávány různé integrátory obyčejných diferenciálních rovnic. Nicméně jsem nikde nenalezl parametry počítače (možná jsem jen tuto informaci přehlédnul), na kterém probíhaly výpočty. Můžete tuto informaci při obhajobě uvést?
- 2) Z fyzikálního hlediska je samozřejmě velmi zajímavá situace v okolí nulových bodů magnetického pole, kde může za jistých okolností docházet k rekonexi magnetických indukčních čar. V této oblasti ovšem neplatí předpoklad, že samotná nabitá částice neovlivňuje strukturu pole. Uvažoval jste, zda by bylo únosné někdy v budoucnu počítat ovlivnění tvaru polí pohybujícími se částicemi – alespoň v blízkosti nulových bodů? Pak by totiž bylo možné numericky simulovat samotnou rekonexi a zjistit například index rekonekce (k tomu by se ovšem musel sledovat pohyb mnoha částic a úloha by nepochybně byla výrazně komplikovanější).
- 3) Podle obrázku C1 je grafické uživatelské prostředí vytvořeného programu česko-anglické. Do budoucna by jistě bylo prospěšné mít veškeré výstupy v anglickém jazyce. To je ale spíše jen poznámka na okraj, která s vlastní prací nesouvisí.

Závěr

Předložená disertační práce se zabývá vysoce aktuální problematikou, je zpracována velmi pečlivě a je zjevné, že autor vykonal mimořádně veliké množství analytických i numerických výpočtů. Ondřej Kopáček prokázal schopnost samostatné tvůrčí činnosti, zvolil adekvátní metody ke zpracování a dosáhl zajímavých původních výsledků.

Práce splňuje veškeré zákonem stanovené podmínky pro disertační práci, a proto ji doporučuji přijmout k obhajobě.



Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.,
katedra fyziky, FEL ČVUT,
Technická 2
166 27 Praha 6