

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

posudek vedoucího
 bakalářské práce

posudek oponenta
 diplomové práce

Autor: Martin Žlábek

Název práce: Electromagnetic field of non-aligned current loops around the Kerr black hole
Elektromagnetické pole skloněné proudové smyčky na pozadí Kerrovy černé díry

Studijní program a obor: Fyzika, Teoretická fyzika (FTFP)

Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta: prof. Vladimír Karas, DrSc.

Pracoviště: Astronomický ústav AV ČR

Kontaktní e-mail: vladimir.karas@asu.cas.cz

Odborná úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

Diplomová práce studuje vlastnosti vakuových řešení Maxwellových rovnic pro elektromagnetické pole generované proudovými smyčkami v zakřiveném prostoročase rotující (Kerrový) černé díry. Formulace problému a postup řešení navazují na tradici výzkumu v oblasti klasické teorie relativity, která je dlouhodobě rozvíjena na Ústavu teoretické fyziky MFF UK, kde byla práce sepsána v průběhu r. 2023–2024 a nyní podána k obhajobě.

Zvolený matematický formalismus a jeho prezentaci autorem práce považuji za správné a adekvátní zadané úloze. Úvodní přehledová část prokazuje velmi dobrou orientaci autora v daném oboru. V diplomové práci jsem nezaznamenal matematické chyby. Základní literatura relevantní pro studované téma včetně článků publikovaných v odborných časopisech je citována obvyklým, avšak spíše minimalistickým způsobem.

Práce je členěna do sedmi kapitol plus dvou dodatků v celkovém rozsahu cca 60 stran. Sepsána je v anglickém jazyce, což považuji vzhledem k oboru za velmi pozitivní aspekt. Oproti dosavadním pracím přidává Zlábkův text nově velmi zajímavý rozbor elektromagnetického pole generovaného skloněnou proudovou smyčkou. Matematická formulace a popis problému se mně z odborného hlediska jeví zcela odpovídající a odpovídá očekávanému stylu diplomové práce. Povšiml jsem si však četných drobných překlepů i větších gramatických či stylistických nedokonalostí, které působí rušivě a ztěžují porozumění textu. Níže zmiňuji některé z mého pohledu problematické formulace.

Osobně bych se přiklonil k přesnějšímu určení obsahu práce již v abstraktu, např. „Electromagnetic field ... *in vacuum*“, aby se zaměření práce jasněji odlišilo o velmi častých magnetohydrodynamických studií. V Úvodu (na str. 2) bych očekával odstavec upřesňující strukturu jednotlivých kapitol a explicitní vyjádření, které z nich obsahují přehledové shrnutí předchozích výsledků jiných autorů a kde lze již očekávat vlastní nové výsledky. Z dalšího čtení je patrné, že kap. 1–5 obsahují především rešerši (GR Preliminaries; Tetrad Formalism; Maxwell equations; Solving the Maxwell equations; Fields lines and visualization). Mimochodem, zkratka „GR“ není zavedena (ačkolí jistě si lze dovodit její význam) a použití velkých resp. malých písmen v názvech kapitol je náhodné.

Zavedení Doranovy tetrády v kap. 2 a její následné využití v diskuzi Meissnerova efektu je velmi podnětné a v literatuře jsem ho dosud neviděl. Protože není na rozdíl od ZAMO tetrády tolik obvyklá, bylo by přínosné věnovat jejímu popisu více prostoru. Standardně známému čtenáři by bylo nápomocné vysvětlit, proč se „Doran observers move at constant ϕ “, když padají z nekonečna a pociťují vliv kerrovského strhávání. Jaká je zde definice ϕ ? Také by bylo zajímavé vidět porovnání popisu Doranovou tetrádou s někdy používanou tetrádou spojenou s pozorovateli volně padajícími z poslední stabilní kruhové orbity (u nás tyto tetrády používali např. Dovčiak, Kopáček, ...).

Rozsah přehledové části se mně jeví přiměřený a výběr citované literatury v souhrnu reprezentativní, i když zdaleka ne kompletní. Přesto se domnívám, že by odkazy na původní odvození důležitých vztahů měly být častěji upřesněny, případně zopakovány. Na některých místech není z formulací typu „we derive...“, „we get the relation...“ atp. zřejmé, zda se jedná o převzatý výsledek (většinou asi ano) nebo o vlastní odvození či přeformulování. Např. uvedení souhrnného odkazu [15] v první větě kapitoly 4 (na str. 18, a pak už dlouho nic) se mě nezdá být dostatečné.

V kap. 4.2 (str. 24) by tvrzení „black hole has zero charge“ mohlo upřesnit, zda se hovoří o magnetickém nebo elektrickém náboji. Dále pak v rov. (4.50), (4.51) a na dalších místech je nejasný význam vnějšího součinu. Za rovnicí (4.51) je konstatováno, že „product rule for limits does not hold“, ale bylo by užitečné toto tvrzení blíže okomentovat. Následující podkapitoly „History“ a „Relevance“ jsou příliš stručné na to, aby mohly být čtenáři užitečné; k tomu by byla potřeba podrobnější diskuze. V popisku pod obr. 4.1 je mnoho zřejmých překlepů, ale zřejmý mně

není význam termínu „lower horizon“. Také odstavec o skloněných polích na str. 32 je příliš stručný; informace o tom, že „Meissner effect is completely gone“ a „For the Doran observer the field lines can ... continue past the black hole“ by si vyžadovaly upřesnění.

Vlastní výsledky jsou obsahem kap. 6 a 7. Považuji je za netriviální a velmi zajímavé. Taktéž jejich grafické znázornění je provedeno velmi pěkně a je patrné, že těmto kapitolám věnoval autor mnohem více času a pozornosti než úvodním partiím.

V kap. 6 bych uvítal některá další upřesnění: vysvětlit význam tvrzení „the field becomes null...“ (str. 37); vysvětlit normalizační faktor v rov. (6.2); doplnit původní odkazy na některé vztahy, pokud jsou převzaté; více rozvést odvození rov. (6.27) a následné řešení rov. (6.24), které je podle autora „easily solved“. Komentář by si zasloužilo tvrzení (na str. 45), že „Meissner effect holds“, přestože se v této části diskutuje obecně neaxiální orientace pole; není chyba v popisku osy na obr. 6.6?

Podobné připomínky lze vznést i ke kap. 7: povšechný odkaz [10] v první větě kapitoly se mi nezdá být dostatečný, nicméně originální odvození úhlu beta v rov. (7.13) dává velmi pěkný, nový výsledek.

Primárním výstupem předložené diplomové práce je netriviální rozbor vlastností skloněných polí. Přesto se domnívám, že se nedá pominout neobvykle velká koncentrace gramatických neduhů, které vcelku stručný text obsahuje. Kromě evidentních překlepů, jichž je v práci pozhnaně, používá autor zvláštní konstrukci, když značně rušivým způsobem dělí souvětí na samostatné věty způsobem, který není správný. Podobných nedopatření je celá řada a recenze by byla neúměrně rozsáhlá, pokud bych je měl všechny vyjmenovat. Mnohé jsem proto vyznačil rukou do vytištěného textu, který rovněž příkládám.

Jednotlivé citace v seznamu literatury (str. 55–56) jsou mnohdy neúplné. Je to zcela zbytečný nedostatek, protože by podle mého názoru stačilo převzít bibliografické odkazy běžně uváděné v databázi NASA ADS, kde jsou zpravidla bezchybné.

Lze shrnout, že odborné výsledky a provedené výpočty jsou zajímavé a naplňují očekávání dle zadání diplomové práce. Stylistické nedostatky se mně však jeví příliš četné, abych mohl navrhnout její výborné hodnocení.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Předpokládám, že o některých z výše uvedených připomínek bude možné diskutovat během obhajoby, a proto nemám dalších konkrétních otázek. Nicméně jako námět do další diskuze by mohl autor práce okomentovat realističnost skloněné proudové smyčky jako astrofyzikálního zdroje, zejména pak s ohledem na vliv strhávání inerciálních systémů a relativistické precese v blízkosti rotující černé díry. Je možné realizovat takový zdroj v ergosféře?

Práci

doporučuji
 nedoporučuji
uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Ue Karas

Místo, datum a podpis oponenta:

Praha, 17. května 2024