

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Andrej Liška
Název práce: The cosmological constant on the non-cosmological scales
Studijní program a obor: Astronomie a astrofyzika (FA)
Rok odevzdání: 2021

Jméno a tituly oponenta: Mgr. David Kofroň, PhD.
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky, MFF UK
Kontaktní e-mail: d.kofron@gmail.com

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:

Tématem práce byla analýza možných efektů zahrnutí kosmologické konstanty (v její současné uznávané hodnotě) do Einsteinových rovnic na škálách Sluneční soustavy, případně galaktických škálách. Tohoto cíle mělo být dosaženo numerickým zkoumáním Newtonovské limity Einsteinových rovnic, i.e. studiem modifikované Poissonovy rovnice.

V první kapitole je zbytečně detailně rozebrána historie kosmologické konstanty (mohl by být okomentován nezvyklý tvar Einsteinových rovnic (1.1)), v druhé je diskuse kosmologické konstanty v plně relativistickém kontextu. Obsahem třetí kapitoly je zopakování standardního učebnicového odvození Newtonovské limity Einsteinových rovnic pole. (V této kapitole jsou časté značné chyby v indexech tenzorů.)

V kapitole čtvrté je předvedena diskretizace Laplaceova operátoru v kartézské soustavě souřadné, později též ve sférické a cylindrické (zde již za předpokladu patřičných symetrií). Rce (4.19) a (4.20) nejsou konzistentní. Dtto. (4.38) a (4.39).

V kapitole páté jsou prezentovány numerické výsledky, bohužel však naprosto chybí fyzikální popis systému a jeho motivace. Newtonovský potenciál v Sluneční soustavě by mohl např. obsahovat bodový zdroj (Slunce). Toto sice není pro diferenciaci potenciálů nutné diskutovat, ovšem jaksi se tím vytrácí fyzika.

Jsou tedy prezentována řešení Poissonovy rce (3.37) s kosmologickou konstantou a statickým prachem s různými rozloženími hustoty

$$\rho \sim 0, \text{ const, } r, \frac{1}{r}.$$

Opět chybí motivace pro volbu těchto hustotních profilů. Student řeší danou úlohu ve sférických souřadnicích a cylindrických souřadnicích; explicitně tvrdí, že nepozoruje zásadní rozdíly řešení při jiné volbě souřadnic; a jakoby mu unikalo, že tím ovšem řeší i jiný problém (jiné rozložení hustoty hmoty, jednou se sférickou, podruhé s cylindrickou symetrií). Není diskutováno, jak jsou voleny okrajové podmínky pro potenciál (ač si to čtenář může dovodit z obrázků). Není diskutována velikost kroku ani způsob numerického řešení (napsal student vlastní kód, použil existující balíčky, etc.).

Nadto nikde není uvedena absolutní hodnota hustoty hmoty, vždy jen úměrnost $\rho \sim \frac{1}{r}$ a podobně. Dále není diskutována platnost řešení, neboť z linearizace víme, že potenciál má splňovat podmínku $|\phi| \ll 1$. V grafech přesto ovšem nabývá hodnot až 10^{50} (vizte graf 5.7). Další nejasností je určení chyby — v grafu 5.7 jsou hodnoty řádu 10^{50} a rozdíl hodnot řádu 10^{-12} .

Výsledkem práce tedy je sada obrázků numerických řešení zobecněné Poissonovy rovnice (redukované symetriemi na ODR 2. řádu) bez popisu jejich fyzikální motivace, fyzikální interpretace, matematické konzistence a způsobu volby konstant. To není dostatečné pro diplomovou práci na MFF UK.

Text neprošel jazykovou úpravou, angličtina je na podprůměrné úrovni.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- Jaká je fyzikální motivace pro různé profily?
- Jaké numerické hodnoty hustoty prachu byly zvoleny pro simulace?
- Jak jsou voleny okrajové podmínky?
- Je pozorovaná přesnost/chyba u grafu 5.7 a podobných správná. Skutečně je relativní odchylka řádu 10^{-62} ?
- Proč dané rovnice řešíte numericky, když mají analytická řešení?

Práci:

- doporučuji
 nedoporučuji
uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta:

Praha, 1. září 2021