

Posudek dizertační práce
autor: *Mgr. Jan Novák*

The mathematical theory of perturbations in cosmology

oponent: Mgr. Martin Scholtz, Ph.D. scholtz@utf.mff.cuni.cz

Ústav teoretické fyziky, MFF UK

Dizertační práce Mgr. Jana Nováka je opravenou verzí původní práce, která nebyla úspěšně obhájena. První dvě kapitoly tvoří teoretický úvod do problematiky perturbací kosmologických modelů ve standardní obecné relativitě, ve druhé kapitole se věnuje zobecnění obecné relativity do vyšších dimenzí. Ve třetí kapitole, která je věnovaná popisu perturbací v GHP formalismu prezentuje kromě standardních výsledků i některé původní výpočty.

Obsah kapitoly 4 je shodný s odborným článkem [2], kterého je pan Novák spoluautorem. Tato část práce se zabývá vesmírem v pozdější etapě vývoje, přičemž se zkoumají skalární perturbace na škálách menších než jsou buňky uniformity. Ve svém modelu uvažují nelineární $f(R)$ teorii. Protože vesmír je na uvedené škále značně nehomogenní, autoři argumentují, že jejich přístup, který nazývají “mechanic approach” je vhodnější, než obvyklejší “averaged hydrodynamic approach”. Za použití nutných zjednodušení (velká hmotnost skalaronového pole) a aproximací (kvasi-statická aproximace) pak numericky analyzují dynamiku velkoškálové struktury vesmíru v pozdních etapách vývoje. Tuto část práce považuji za velmi zajímavou, o čemž svědčí i její publikace v prestižním časopise (European Physical Journal C).

Jak jsem napsal již v minulém posudku, autor nepochybně prokázal, že má přehled v pokročilejších oblastech obecné relativity (spinory, NP-formalismus, GHP-formalismus) a v problematice kosmologických perturbací.

Práce od minulé verze doznala značných změn, a to hlavně po formální a jazykové stránce. Neexistující odkazy na literaturu a rovnice vymizely, práce již není psána tučným písmem, některé zkopírované texty již také nejsou součástí práce. Přehledněji též působí reference.

Musím však opět zdůraznit, že v textu jsou pořád doslovné citace nebo přímo zkopírované pasáže z jiných textů. Objevil jsem je opět náhodou, když jsem se chtěl podívat na spinorovou klasifikaci podle publikace [1], a zjistil, že v dizertační práci jsou nejen rovnice, ale často i celé věty a odstavce doslovným přepisem [1].

Některé věci ovšem zůstaly beze změny, například skutečnost, že hlavní původní výsledek doktorského studia pana Nováka, odborný článek [2], není součástí dizertační práce. Kapitola 4 je volným “převyprávěním” obsahu tohoto článku, přičemž jsou doplněny i některé detaily, ale nikde se explicitně nezdurazňuje, že celá kapitola 4 je vlastně původní výsledek. To je samozřejmě pouze detail, ale je škoda, že autor svůj nejdůležitější výsledek patřičně nezduraznil.

V práci také zůstaly některé zmatené a matoucí pasáže. Autor neustále zmiňuje kvantovou gravitaci, hovoří o teorii strun a D-brán na populární úrovni, aniž by byla jasná jakákoli souvislost těchto témat s náplní dizertační práce. Autor dále opakovaně hovoří o význačnosti 4-rozměrných prostoročasů a o argumentech, proč by měl být náš prostoročas 4-rozměrný, ale čtenář se těchto argumentů vlastně nedočká. Nějaké náznaky se objevují v kapitole 2.3 věnované spinorové Petrovově klasifikaci elektromagnetických a gravitačních polí. Jeho argumenty je však těžké sledovat, viz mé otázky níže. Podobně v kapitole o perturbacích v xGHP formalismu se objevují podezřelé rovnice.

Již v minulém posudku jsem ocenil, že práce je psána anglicky, vytkl jsem však autorovi množství chyb. Mnohé z těchto chyb byly odstraněny, některé formulace vylepšeny, celkově je však jazyková úroveň práce průměrná. Přesto se současná verze práce čte mnohem lépe, takže se čtenář může víc soustředit na obsah.

V předchozím posudku jsem napsal, že práci zachraňuje pouze publikace [2] a proto jsem ji doporučil k obhajobě. V současné verzi je práce mnohem lepší. Byť má stále určité nedostatky formální, jazykové i věcné, v současné podobě se blíží úrovni standardní doktorské práce. Práci tedy **doporučuji** k obhajobě.

Otázky

1. Mohl by autor podrobněji vysvětlit onu význačnost 4 dimenzí, o níž se v práci opakovaně zmiňuje? Jak zní fyzikální argument, o němž se v práci hovoří? Je všeobecně známé, že formalismus 2-spinorů má svou sílu pouze ve čtyřech dimenzích, ale v práci se tvrdí ještě něco víc. Co se myslí pod vložením E^5 do $E^3 \times E^3$ a jak to souvisí se spinory?
2. V kapitole 2.3.5. se argumentuje, že Weylovy skaláry v pěti dimenzích nemohou tvořit vektor. Přitom se používá 2-komponentní spinorový formalismus. Jak je to možné? Co je spinová báze l^A a n^A v této kapitole? A co značí proužek? Komplexní sdružení, jako obvykle? Protože pokud ano, nechápu, co je projekce $\Psi_{ABCD}\bar{l}^D$. Proč se charakter indexů při komplexním sdružení nemění ($D \mapsto D'$)? Mohl by to autor vysvětlit?
3. Na stránce 26 je zmínka, že Kundtovy prostoročasy jsou zajímavé i z hlediska supergravitace. Proč? Lze nějak jednoduše vyložit (pro laika v supergravitaci), čím jsou tyto prostoročasy zajímavé?
4. V kapitole 3 je trochu matoucí značení, kdy nelze dost dobře poznat, co jsou perturbace a co hodnoty NP veličin v podkladovém prostoročase. Zcela jasné však je, že v podkladovém prostoročase jsou Weylovy skaláry nulové a tedy Ψ_i musejí být perturbace. Uvažuje se linearizovaná teorie, takže jak se může v rovnici (3.22) objevit člen $\Psi_0 \Psi_2$? Proč není druhého řádu a tudíž zanedbán?
5. V kapitole 3 na straně 36 se píše, že autor může pomocí GHP formalismu zreprodukovat výsledky z článku [3], ale blíže postup odvození nekomentuje. V jakém smyslu platí tento výrok? Autor říká, že jeho přístup, na rozdíl od [3], umožňuje zahrnout i zdroje. Znamená to, že i za přítomnosti zdrojů platí výsledek pro Ψ_2 odvozený v [3]?
6. Je možné srovnat model a výsledky [2] s observačními údaji? Očekává se, že z takového srovnání vyplyne nějaké omezení na $f(R)$ -teorie? Plánuje to autor dále zkoumat?

Reference

- [1] Carmeli M, *Group theory and general relativity*, McGraw-Hill (1977)
- [2] Eingorn M, Novák J and Zhuk A, *f(r) gravity: scalar perturbations in the late Universe*, Eur. Phys. J. C **74** (2014)
- [3] Sharma S K and Khanal U, *Perturbation of FRW spacetime in NP formalism*, Int. J. Mod. Phys. D **23** (2013)