

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

posudek oponenta na magisterskou diplomovou práci

Autor: Václav Mikeska

Název práce: GHP a Weylův formalismus pro gravitační perturbace

Studijní program a obor: fyzika - teoretická fyzika

Rok odevzdání: 2022

Jméno a tituly oponenta: doc. Oldřich Semerák

Pracoviště: Ústav teoretické fyziky

Kontaktní e-mail: oldrich.semerak@mff.cuni.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

## Shrnutí:

Práce Václava Mikesky pojednává o perturbacích stacionárních a axiálně symetrických prostoročasů typu D. Vysvětluje problém kalibrační invariance perturbací a poté odvozuje a porovnává výsledek získaný přímo perturbací Kerrovy metriky v určitých souřadnicích s výsledkem odvozeným z Debyeova potenciálu. Hlavním přínosem práce - kromě pedagogicky cenného shrnutí přípravných kapitol v geometrickém duchu - je ověření, že obě perturbační metody jsou (v oblasti použitelnosti druhé z nich, tedy ve vakuovém případě) fyzikálně ekvivalentní, totiž že jejich výsledky lze navzájem ztotožnit pomocí souřadnicové transformace.

Práce je náročná, zajímavá a pěkně a stručně zpracovaná. Překlepy či pravopisné nedostatky se vyskytují jen zřídka, takže čtení textu je hladké (jen občas odborně trochu “husté”). Níže uvádím několik didaktických poznámek a dotazů. Nemám pochyb o tom, že práce je na úrovni magisterské diplomové práce, a navrhuji hodnocení stupněm “výborně”.

### **Poznámky:**

Úvod je poněkud “namátkový” a neshrnuje motivace moc dobře. Nezdá se mi na místě zdůrazňovat (už od jeho druhé věty) gravitační vlny, když se práce soustředí na perturbace v rámci stacionárních a axiálně symetrických prostoročasů - patřičnější by bylo uvést práci trochu důkladnějším přehledem literatury o *stacionárních* perturbacích (zejména černých děr). V sekci 1.1 bych nehovořil o “tenzorovém” vs. “skalárním” formalismu, spíš o “souřadnicovém” vs. “tetrádovém” formalismu (o tenzory se jedná každopádně). Sekce 3.3 obsahuje netriviální výpočty, je pěkně zpracovaná, jen by bylo dobré zmínit, proč jsou  $\Psi_0$  a  $\Psi_4$  “zářivými” komponentami Weylova tenzoru. V kapitole 5.1 je dost obtížná věta “... na prostoročasech typu D je ve spinorovém formalismu Hertzův potenciál  $\chi$  úplně degenerovaný a lze ho zapsat ve tvaru ..., kde  $iA$  a  $oB$  tvoří spinorovou bázi adaptovanou na symetrie Weylova spinoru.” Čtenář vybavený kursem geometrických metod ví, co jsou spinory, ale pojem Hertzův potenciál nejspíš nezná (na tomto místě se pojem vyskytuje poprvé, navíc ani později není vysvětlen - srovnej např. stručné, ale dostatečné pojednání o NP formalismu v 1. kapitole). V kapitole 6 bych uvítal úvod typu “V této kapitole porovnáme perturbaci provedenou přímo na úrovni metriky s výsledkem odvozeným z řešení Teukolského/Debyeovy rovnice pro Debyeův potenciál. Konkrétně ukážeme, že lze vždy najít souřadnicovou transformaci, která perturbaci odvozenou z Debyeova potenciálu převede na tvar získaný přímou perturbací metriky v Boyerových-Lindquistových souřadnicích (podmínkou integrability transformace je sama Debyeova rovnice).” Nakonec obecnější poznámka: bylo by dobré uvést, co jsou přejaté výsledky (a odkud) a co jsou původní příspěvky autora.

### **Dotazy:**

1. Na začátku 2. odstavce na str. 34 autor píše: “... lineární perturbace lze sčítat, *a proto* [zvýrazňuji já] uvažujme perturbaci danou součtem perturbace dané Debyeovými potenciály  $\chi_{\text{hat}}$  a  $\chi_{\text{v}}$  ...” -Šlo by však jistě uvažovat i součet jinak získaných perturbací - čím je užitá volba významná? (A propos, proč nevzít jen jednu ze zmíněných perturbací?)
2. Proč se vztah (6.9) složitě odvozuje, když se jedná čistě o standardní definici Lieovy derivace?
3. K rovnicím (6.10) a dále: (6.15) je jistě přirozenou volbou kalibračního vektoru, ale nemohly by rovnice (6.10) zůstat nezávislé na  $t$  a  $\phi$  i např. tehdy, pokud by  $v^t$  záviselo lineárně na  $t$  (a na  $\phi$  nezáviselo), zatímco  $v^\phi$  by záviselo lineárně na  $\phi$  (a na  $t$  nezáviselo)?
4. Debyeův potenciál do pojednání “naskočil” z rychlé odbočky ke spinorům. Lze ho nějak identifikovat také v tenzorovém podání teorie?
5. K poslední větě práce: je-li známa původní i perturbovaná metrika, lze spočítat původní i perturbovaný Weylův tenzor. Co je hlavním problémem na cestě k Debyeovu potenciálu?

### **Práci**

doporučuji uznat jako diplomovou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Praha, 24.01.2023