

Prof. dr hab. Marek Rogatko
Katedra Fizyki Teoretycznej
Grupa Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Lublin, 02.12.25

Recenzja pracy doktorskiej Bartłomieja Bąka pt.
“Theory of Gravity as Theory of Local Inertial Frames ”.

Praca doktorska mgr. Bartłomieja Bąka ma formę rozprawy napisanej w języku angielskim. Składa się z czterech rozdziałów, podsumowania, trzech dodatków opisujących klasyczną elektrodynamikę, teorię Proca oraz teorię Fierza-Lanczosa. Dysertacja doktorska liczy 140 stron druku.

W **rozdziale I**, stanowiącym wstęp do dysertacji, autor przedstawił motywację dotyczącą tematu pracy doktorskiej, zaprezentował konwencję i notację użytą w pracy oraz cechy głównych obiektów geometrycznych, które będą wykorzystane w dalszej dyskusji. Między innymi są to tensor opisujący niemetryczność i jego własności, tensor krzywizny, rozłożenie tensora krzywizny na część metryczną i niemetryczną, rozkład tensora Riemanna. Autor opisał także historyczne tło usiłowań prowadzących do stworzenia teorii stanowiących uogólnienie równań Einsteina.

W **rozdziale II** doktorant przeprowadza szczegółową dyskusję rachunku wariacyjnego w zastosowaniu do problemów teorii pola. Omawia zależność koneksji afinicznej i inercjalnego układu odniesienia, a także wariacyjny rachunek w metrycznej geometrii. Przedstawia wariacyjne wyprowadzenie równań Einsteina, cianych za pomocą gęstości Lagranżjanu typu Hilberta, dla równań próżniowych oraz ze stałą kosmologiczną. Następnie opisuje metody wariacyjnie w afinicznej geometrii. Szczegółowe obliczenia dotyczą wyprowadzenia równań ruchu z gęstości Lagranżjanu danego za pomocą tzw. krzywizny Kijowskiego.

W dalszej części zaprezentowana została ogólna struktura afinicznego Lagranżjanu zbudowanego jako pierwiastek z czterech poddanych kontrakcji tensorów Riemanna z dwoma całkowicie antysymetrycznymi symbolami Leviego-Civity. W celu znalezienia równań typu Einsteina autor używa metody perturbacyjnej, przedstawiając symetryczną krzywiznę w postaci krzywizny niepertubowanego rozwiązania plus dwa człony zawierające poprawki pierwszego i drugiego rzędu zawierające antysymetryczną część tensora Ricciego i jego bezśladową część.

W następnym **III rozdziale**, doktorant stosuje wprowadzony w poprzednich rozdziałach formalizm do obliczeń związanych z czterema konkretnymi gęstościami Lagranżjanów. Dla najprostszej jego formy danej przez tensor Ricciego otrzymuje odpowiednik teorii Borna-Infelda. Autor rozpatruje dalej dwie różne teorie z pełnym tensorem Riemanna, oraz ze wszystkimi nieredukowalnymi częściami tego tensora, gdzie algebraiczna bezśladowa część $W^\mu_{\alpha\beta\gamma}$ jest traktowana jako ustalone tło. Komplikacja obliczeń sprawia, że autor zastosował pakiet do obliczeń symbolicznych.

W **rozdziale IV** przedstawia skomplikowane obliczenia pozwalające na opis metryczny formalizmu afinicznego. Przejście od obrazu afinicznego do metrycznego, dla badanej przez autora klasy Lagranżjanów, pokazuje że niemetryczność w obrazie afinicznym ma w obrazie metrycznym interpretację jako pola materii. Obraz metryczny teorii otrzymany został poprzez zastosowanie transformacji Legendre'a z obrazu afinicznego. Struktury otrzymanych teorii odpowiadają teoriom Einsteina-Maxwella ze stałą kosmologiczną, Einsteina-Proca czy Borna-Infelda (w której stała kosmologiczna odgrywa rolę stałej sprzężenia).

W ostatnim rozdziale mgr B. Bąk zamieścił podsumowanie osiągniętych rezultatów oraz opisał potencjalne kierunki dalszych badań.

Podsumowując stwierdzam, że mgr Bartłomiej Bąk wykazał się dobrą znajomością geometrii afinicznej, różniczkowej oraz zaawansowanych metod algebry symbolicznej, którą stosował do rozwiązywania problemów geometrycznych. Autor uzyskał ciekawe rezultaty związane z interpretacją obiektów geometrycznych jako dodatkowe składniki uzupełniające teorię Einsteina w postaci stałych lub pól.

Treści i wyprowadzenia wzorów przedstawione w rozprawie doktorskiej mgr. Bartłomieja Bąka odnoszą się częściowo do oryginalnych rezultatów badań doktoranta oraz wyników uzyskanych we współpracy ze swoim promotorem prof. Jerzym Kijowskim.

Zostały one opublikowane w Acta Physica Polonica i Journal of Mathematical Physics. Dok-

torant jest autorem i współautorem dwóch prac opublikowanych, w tym jednej która ukazała się w renomowanym czasopiśmie z dziedziny matematycznej fizyki.

Moja pozytywna ocena pracy doktorskiej mgr. Bartłomieja Bąka ma również swoje potwierdzenie w opiniach specjalistów redakcyjnych przyjmujących prace do druku.

Reasumując, uzyskane przez doktoranta, oryginalne wyniki zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie oraz skrupulatny, klarowny sposób ich prezentacji wskazujący na dobrą znajomość tematyki związanej z afiniczną teorią grawitacji i geometrią różniczkową. Rozprawa spełnia formalne, ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę zatem o dopuszczenie pana mgr. Bartłomieja Bąka do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.

