Prof. dr hab. Jerzy Lukierski
Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Wrocławski
Pl. M. Borna 9
50-204 Wrocław

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Michała Szcząchora p.t. "Gravity and Supergravity as a BF theory of MacDowell-Mansouri type"

Mgr Michał Szcząchor ma obecnie 33 lata. Jego pierwszym wyborem studiów wyższych była Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki, gdzie studiował w latach 2001-2005; pracę magisterską z teorii przekazywania sygnałów satelitarnych obronił w r. 2006. Równolegle, od r. 2003, mgr Szcząchor studiował na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego, wybierając sekcję fizyki teoretycznej. Ukończył studia na Uniwersytecie Wrocławskim w r. 2008 obroną pracy magisterskiej p.t. „*BRST Symmetry and Batalin-Vilkovisky formalism for BF theory with cosmological constant*" pod kierownictwem naukowym prof. dr. hab. Jerzego Kowalskiego-Glikmana. Następnie w latach 2007 – 2013 mgr Szcząchor studiował równolegle na dwóch studiach doktoranckich afiliowanych przy Instytucie Fizyki Teoretycznej UWr oraz przy Instytucie Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej. Uczestnictwo w studiach doktoranckich na Uniwersytecie było bardziej owocne, zakończyło się w pierwszej połowie 2014 r. złożeniem rozprawy doktorskiej, Należy dodać, że mgr Szcząchor od ponad roku pracuje we Wrocławiu, w firmie telekomunikacyjnej Nokia Poland.

W ramach studiów doktoranckich na Uniwersytecie Wrocławskim mgr Szcząchor kontynuował badania rozpoczęte w swojej pracy magisterskiej. Dotyczyły one metod opisu geometrycznego grawitacji i supergrawitacji oraz ich związku z modelami topologicznej teorii pola, w szczególności z tzw. modelem BF. Ważnym elementem jego pracy doktorskiej jest uwzględnienie dyskutowanych ostatnio symetrii Maxwella, rozszerzających relatywistyczne przekształcenia grupy Poincare o sześć tenzorowych parametrów związanych z wprowadzeniem w czasoprzestrzeni elektromagnetycznego natężenia pola o stałych wartościach, nie zależnych od punktów czasoprzestrzeni. Geometryczne konstrukcje, które zostały zastosowane do paru modeli omawianych w rozprawie, wywodzą się z prac McDowella-Mansouri (1977), Smolina i Starodubceva (2003) oraz Freidela i Starodubcewa (2005). Pierwsi dwaj autorzy wprowadzili działanie Einsteina z członem kosmologicznym w sposób geometryczny przez podanie działania biliniowego w krzywiznach zadanych na algebrze (anty) de-Sittera; następna para autorów zapisała ten model korzystając z pomocniczego pola topologicznego. Ten rezultat został uogólniony w rozprawie na przypadek grawitacji AdS-Maxwella (grawitacji Maxwella ze stałą kosmologiczna), z nowymi geometrycznymi polami cechowania związanymi z dodatkowymi parametrami tenzorowymi. W pracy zbadano także supersymetryczne uogólnienia rozważanych modeli, prowadzące do geometrycznego opisu supergrawitacji i supersymetrycznego rozszerzenia grawitacji AdS-Maxwella, poprzez korzystanie z odpowiednich rozszerzeń i deformacji standartowej algebry Maxwella. W ostatnim rozdziale pracy została podjęta próba nowego wyprowadzenia znanego geometrycznego działania Weyla opisującego grawitację konforemną, z Lagranżjanem zadanym przez kwadrat tenzora krzywizny Weyla będącego uogólnieniem Einsteinowskiego tensora krzywizny w teorii grawitacji z lokalną niezmienniczością konforemną.

Pracując nad tematem pracy doktorskiej mgr Szcząchor opublikował cztery prace naukowe (jedna praca w Phys.Rev.D, dwie w Mod.Phys.Lett.A, jedna w Journ.Geom.Meth.Mod. Phys.) oraz dwa nie opublikowane preprinty, umieszczone w sieci arXiv [hep-th]. Jedna z opublikowanych prac, dotycząca tzw. członu Holsta i jego supersymetrycznych uogólnień, jest jedno-autorska, natomiast pozostałe trzy zostały napisane z dr. R. Durką i prof. J. Kowalskim-Glikmanem.

Wymieniłbym następujące trzy oryginalne wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej:

1) Podanie N=8 rozszerzenia supersymetrycznego dla członu Holsta (w rozdz. 3) oraz analiza charakteru topologicznego takiego członu w obecności standartowo sprzężonych pól materii.
2) Wykazanie, że pola cechowania związane z nowymi generatorami rozszerzającymi symetrie relatywistyczne do symetrii AdS-Maxwella (bez supersymetrii w rozdz. 4-tym i z supersymetria w rozdz. 5-tym) wnoszą jedynie wkład o charakterze topologicznym do działania Einsteinowskiej grawitacji oraz N=1 supergrawitacji.
3) Powiązanie znanego działania dla teorii bi-grawitacji z klasą deformacji algebry Maxwella (została ona nazwana w pracy w wyszukany sposób jako „Double AdS-Maxwell algebra" a jest to po prostu suma dwóch algebr anty-de-Sittera) oraz z geometrycznymi polami cechowania z wartościami w tej nowej algebrze (rozdz.4-ty). Notabene wynik jest raczej oczywisty, co nie zostało w pracy odpowiednio skomentowane.

Głównym zarzutem wobec recenzowanej pracy jest duży brak elementarnej staranności w prezentowaniu rezultatów, który poza błędami językowymi i typograficznymi doprowadził do różnych skrótów i braku konsystencji w zapisie wzorów oraz niekompletnych, a nawet błędnych stwierdzeń w tekście. Oto raczej niekompletny spis przykładów:

1. Już w podziękowaniach na początku pracy promotor rozprawy to „Kolwaski-Glikman".
2. Na str. 3-ej we wzorze (1.11), opisującym podstawowe działanie dla rozprawy, pola są pozbawione wskaźników teoriogrupowych (O(3,2) lub O(4,1) w rozważanym przypadku) co nie pozwala zrozumieć skąd pochodzi później opisane łamanie symetrii AdS do symetrii Lorentza.

3. Autor często nie podaje zakresu indeksów, które są różnie oznaczane – np. na str. 4 we wzorze (1.14) tenzor F ma indeksy {ab} natomiast ten sam tenzor we wzorze (1.16) jest opatrzony indeksami {ij}. We wzorze (1.15) są podane wektory F^a, B^a, które wcześniej nie zostały zdefiniowane.
4. Stwierdzenie na str. 4 że „action (1.16) is a original Mc-Dowell-Mansouri action" nie jest prawdziwe, różnią się one o człon Holsta.
5. Na str. 29 podrozdział 4.1.2 zaczyna się: „The commutators (5.0.3)-(5.0.4) can be interpreted…" W następnym rozdziale cytowane wzory nie opisują komutatorów.
6. Na str. 30 w linijce powyżej wzoru (4.1.27) powinno być „Maxwell" zamiast „AdS-Maxwell".
7. W tekście są cytowane niektóre referencje oznaczone jako [?] lub [], których wogóle nie ma w bibliografii (np. na str. 30 powyżej wzoru (4.1.19), czy na str. 34 dwukrotnie w akapicie poniżej wzoru (4.2.36)). Ponadto w tekście występują oznaczenia (?) zamiast numeru wzoru lub podrozdziału (te oba przypadki spotykamy na str. 37)
8. Zdanie na str. 30-ej „The AdS-Maxwell algebra can be generalized to infinite isomorphic algebra [?]" jest niejasne podwójnie, z powodu nie podania referencji oraz niejednoznaczności dotyczącej tego czy chodzi o ilość algebr izomorficznych lub o wymiar algebry.
9. Na str. 32 jest użyte pojęcie „Maxwell rotations" – jest ono nieznane w literaturze.
10. We wzorze (4.2.32) na str. 34 są wprowadzone raczej niespotykane oznaczenia SU(2)^{+} x SU(2)^{-} na algebrę Lorentza (w każdym razie znak iloczynu „x" przy opisie sumy algebr jest błędny).
11. Na str. 35, wzór w pierwszym zdaniu podrozdziału 4.3 mający opisywać „Double AdS-Maxwell algebra" jest błędny.
12. Na str. 47, w formule (6.2.2), został „zgubiony" człon proporcjonalny do e_{(+)} – e_{(-)}.
13. Na str. 48, poniżej wzoru (6.3.4), czytamy „conformal algebra as well as AdS algebra is broken down to Lorentz type algebra but the conformal invariance is still preserved". Wydaje się, iż to zdanie zawiera stwierdzenie i jego zaprzeczenie.
14. Na str. 50 jest napisane nad wzorem (6.3.27) „solution of (6.3.23) becomes..". Wzór (6.3.27) nie jest rozwiązaniem relacji (6.3.23), lecz jej zapisaniem w innych zmiennych.
15. W spisie bibliografii referencja [28] nie została wpisana.
16. Autor często używa słów "geometric construction" bez podania jak rozumie on znaczenie tego wyrażenia. Dla przykładu: zdanie na str.28 „As well as Poincare algebra, thereof Maxwellian extension can not be used to construct the gauge theory by the geometric construction" wydaje się trudne do uzasadnienia.

W pracy są także podane twierdzenia i tezy, które nie zostały udowodnione. W szczególności:

1. Twierdzenie 3.1 na str. 25 zostało sformułowane jako prawdziwe dla wszystkich sprzężeń materii do N=1 supergrawitacji („valid for any supersymmetric matter coupled to N=1 SUGRA"). W celu udowodnienia tej tezy autor korzystał jednak tylko ze standartowych sprzężeń pól skalarnych czy pól cechowania nie zawierających

nieliniowych funkcji pól. Ponieważ w ogólnym działaniu, opisującym oddziaływanie N= 1 SUGRA z polami materii parzystość jest łamana, prawdziwość twierdzenia 3.1 przy zadeklarowanej przez autora ogólności jest problematyczna.

2. Ostatni, szósty rozdział pracy doktorskiej jest oparty na teorii pól cechowania o wartościach w algebrze konforemnej o(4,2), które służą do otrzymania tzw. Weylowskiej grawitacji konforemnej. W pierwszej części rozdziału została powtórzona konstrukcja geometryczna dla konforemnych pól cechowania, podana przez Kaku, Townsenda i van Nieuvenhuizena w r. 1977 (ref.45 w rozprawie), co w tym miejscu tekstu nie zostało udokumentowane cytowaniem. Autor proponuje powtórzenie rezultatu uzyskanego w ref. 45 przez skorzystanie ze sformułowania typu BF dla działania konforemnej grawitacji otrzymanego w ref. 45 uogólnioną metodą McDowella-Mansouri. Niestety, propozycja ta nie została zrealizowana w pracy poprzez dowód rachunkowy – w szczególności w jawny sposób nie zostały podane człony topologiczne nie modyfikujące równań dynamicznych, których postać powinna opisywać różnicę wyników w rozprawie oraz w ref. 45. Nie znalazłem dyskusji więzów, które w ref. 45 zerowały krzywizny związane z translacjami (brak torsji) oraz z translacjami konforemnymi (brak „torsji konforemnej") jako warunki lokalnej konforemnej niezmienniczości. Należy zauważyć, że problem lokalnej konforemnej niezmienniczości jest złożony w związku z obecnością stałego dwu-tensora w wyjściowym działaniu (6.3.4), łamiącego konforemne symetrie (notabene przy przejściu z formuły (6.3.4) do (6.3.5) autor po prostu „gubi" zależność od tego tenzora). Rozdział szósty przeto na razie to nie uporządkowany szkic wyprowadzenia działania dla grawitacji konforemnej przy użyciu metody geometrycznej stosowanej w rozprawie, zawierający istotne luki.

Resumując, chciałbym stwierdzić, ze autor recenzowanej rozprawy w ostatnim pięcioleciu opublikował w dobrych czasopismach interesujące wyniki naukowe, w zasadzie wystarczające do uzyskania stopnia naukowego doktora, lecz sposób ich opisania w rozprawie jest poniżej dopuszczalnych kryteriów. Chcę tutaj dodać, że rola promotora w finalnym etapie przygotowywania rozprawy, a także komisji d/s stopnia naukowego dla mgr. Szcząchora mogłaby być bardziej wyrazista i pomocna. Przyjmując jednak ostatecznie tezę, ze treść merytoryczna rozprawy, która daje się w dużej mierze obronić, jest ważniejsza od formy jej przedstawienia, w konkluzji proponuje dopuszczenie mgr. M. Szcząchora do obrony jego pracy doktorskiej.

J. Lukierski

Wrocław, 27.10.2014 Jerzy Lukierski