

"Gravity and Supergravity as a BF theory of MacDowell-Mansouri type."—Michał Szczańchor-

Niniejsza praca doktorska prezentuje różne próby opisu grawitacji jako teorii cechowania zbudowanej poprzez konstrukcję geometryczną. Grupa Poincaré jako grupa symetrii oddziaływań grawitacyjnych nie daje możliwości dokonania takiej konstrukcji. Działanie jest postulowane a priori. Przeprowadzono zatem badanie różnych innych algebr cechowania, których algebra Poincaré jest podalgebrą, a które poprzez cechowanie dają koneksje. Taka koneksja jest elementem składowym całej teorii. Jako mechanizm konstrukcji przyjęto teorię MacDowell-Mansouri. Wybrano jej nowocześniejsze sformułowanie jako „zaburzenie” teorii topologicznej BF. Taki wybór pozwala na uzyskanie stopni swobody grawitonu jako złamanie symetrii teorii topologicznej, poprzez wprowadzenie członu jawnie łamiącego symetrię (większą symetrię czasoprzestrzeni) do symetrii lorentzowskiej. Zatem można rozpatrywać grawitację jako niewielkie zaburzenie wokół teorii topologicznej. Przykład takiej perturbacji wokół „topologicznej próżni” jest aktualnie intensywnie badany (1), a sama konstrukcja daje nadzieje na zaproponowanie teorii kwantowej, bazującej na takim mechanizmie.

W ramach pracy wybrano algebry de Sittera i anti de Sittera jako przykład takich algebr oraz jej rozszerzenia do algebr AdS-maxwell, Double AdS-Maxwell i algebry konforemnej. Zbadano także, ich supersymetryzację jako naturalne rozszerzenie o ładunki fermionowe (za wyjątkiem algebr Double AdS-Maxwell i konforemnej, dla których konstrukcja supersymetryczna nie została przeprowadzona). Dodatkowo pracę poszerzono o analizę członu Holsta (który się pojawia w grawitacyjnej teorii cechowania, kiedy grupa cechowania jest grupą rzeczywistą), na przypadek supersymetryczny $N=1,2,4,8$ oraz przypadek sprzężenia materii z zachwianiem niezmienności względem supersymetrii $N=1$. Sformułowaną ogólną teorię jak taki człon konstruować i wykazano, że nie wpływa on na teorię klasyczną. Przeprowadzono również dyskusję nad interpretacją członu brzegowego w teorii AdS-Maxwell jako członu pozwalającego opisać sprzężenie samodulanego sektora pola Yanga-Millsa do teorii grawitacyjnej.

W rozdziale pierwszym omówiono definicje teorii topologicznych na przykładzie teorii BF. Przedstawiono różne jej modyfikacje, transformacje symetrii cechowania oraz sposób łamania symetrii translacyjnych jako sedno konstrukcji zaproponowanej przez S. W. MacDowella i F. Mansouri. Przedstawiona w tym rozdziale konstrukcja bazuje na algebrach cechowania de Sittera i anti de Sittera.

Kolejna część pracy generalizuje konstrukcje MacDowell-Mansouri dla algebr de Sittera i anti de Sittera na przypadek supersymetrycznego dopełnienia $N=1$. Wyniki uzyskane odpowiadają super grawitacji $N=1$ wraz z niezmiennikami topologicznymi, które również posiadają swoje supersymetryczne dopełnienie. Zauważono, że parametr Immirzi, jako artefakt użycia rzeczywistej grupy cechowania, nie wpływa na klasyczne równania ruchu. W czasie prowadzenia rachunków było to kwestią kontrowersyjną wśród społeczności naukowej.

W istotnej części pracy zbadano dokładnie naturę parametru Immirzi oraz stworzono teorię

umożliwiająca konstrukcję uzupełnienia Holsta (działania grawitacyjnego z dodatkowym członem nie wpływającym na równania ruchu, a bezpośrednio wpływającym na kwantowe obserwacje, które po kwantowaniu można uzyskać) do działania dla dowolnej dodatkowej materii w teorii, która zachowuje symetrie teorii wyjściowej. Na przykładzie supersymetrycznych teorii $N=1,2,4,8$ oraz na przykładzie sprzężenia materii, która jest nieimiennicza względem symetrii jakie rządzą supergrawitacją $N=1$, udowodniono twierdzenie, że dowolna powyższa modyfikacja nie ma wpływu na równania ruchu.

W rozdziale czwartym i piątym przeprowadzono geometryczną konstrukcję odpowiednio grawitacji i super grawitacji w oparciu o rozszerzoną algebrę AdS-Mawell i supersymetryzowaną algebrę AdS-Maxwell. Algebra AdS-Maxwell z jednej strony może być postrzegana jako rozszerzenie algebry Maxwell, a z drugiej strony jako rozszerzenie algebry Anty de Sittera. Uzyskane wyniki odtworzyły klasyczną teorię grawitacji z dokładnością do zmodyfikowanych członów topologicznych, których naturę starano się zrozumieć. Przykładową interpretacją jest model grawitacji z sprzężonym samodualnym sektorem Yanga-Millsa. Wprowadzono także dodatkowy ładunek translacyjny do algebry poprzez rozszerzenie jej do algebry double AdS-Maxwell. Takie sformułowanie pozwoliło na konstrukcję teorii bi-grawitacyjnej - jako teorii cechowania.

W ostatnim rozdziale omówione zostały konstrukcje grawitacji konforemnej w oparciu o mechanizm teorii BF typu MacDwoell-Mansouri. Odtworzono w ten sposób grawitacje Weyla z poszerzonymi członami topologicznymi o symetrie konforemne. Jako że człony topologiczne, są członami opisującymi brzeg rozmaitości, autor ma nadzieję, że niniejsze rozważania pomogą w aktualnie prowadzonych badaniach nad teorią korespondencji AdS-CFT.