

Kraków, 19 września 2022 r.

dr hab., prof. UJ Sebastian Szybka
Zakład Astrofizyki Relatywistycznej i Kosmologii
Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytet Jagielloński

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Tomasza Smółki
„Geometric and topological aspects of non-trivial solutions of
Maxwell and Einstein equations”**

Praca doktorska Pana mgr Tomasz Smółki została napisana w języku angielskim. Rozprawa składa się ze wstępu, trzech kolejnych rozdziałów zawierających zasadniczą część pracy, pięciu dodatkowych sekcji w których przedstawiono szczegóły techniczne wraz z notacją, oraz bibliografii. Rozprawa dotyczy trzech powiązanych ze sobą zagadnień z zakresu bezźródłowej teorii Maxwella oraz próżniowych równań Einsteina. Każde z zagadnień zostało przedstawione w osobnym rozdziale (rozdziały: 2, 3, 4).

Rozdział pierwszy to krótkie wprowadzenie w tematykę pracy. W rozdziale drugim autor pokazuje w jaki sposób zredukować równania Maxwella na uogólnionej czarnej dziurze Plebańskiego–Demiańskiego do cząstkowego równania różniczkowego drugiego rzędu (równanie typu Kleina-Gordona) na zespolone pole skalarne. Zaproponowana konstrukcja uogólnia wyniki Fackerella i Ipsera z czarnej dziury Kerra na szerszą klasę rozwiązań. Moim zdaniem jest to najważniejszy wynik uzyskany samodzielnie przez magistra Smółkę. Podobnie, jak miało to miejsce w przypadku równania Fackerella–Ipsera, również równanie Pana Smółki może okazać się bardzo użyteczne. Zaproponowana konstrukcja posiłkuje się konforemnymi dwu-formami Yano-Killinga (dwu-formy CYK) stąd autor zdecydował się na zawarcie w rozdziale drugim szeregu twierdzeń i wyników dotyczących tych dwu-form. Ta część wyników opiera się na pracach promotora, wynikach uzyskanych wspólnie, oraz publikacjach innych autorów.

Rozdział trzeci dotyczy nietrywialnych topologicznych rozwiązań bezźródłowych równań Maxwella oraz ich grawitacyjnych odpowiedników w kontekście zlinearyzowanych próżniowych równań Einsteina. W szczególności,

autora interesują topologiczne struktury powiązane z odwzorowaniem Hopfa (zwanym rozwłóknieniem Hopfa). Rozwiązania tego typu określa się mianem hopfionów. Magister Smółka wykorzystał schemat zaproponowany przez promotora do uogólnienia elektromagnetycznych hopfionów. Przebadane zostały właściwości ładunku topologicznego — skrętności. W rozdziale tym zaproponowano również odpowiednik skrętności dla słabych pól grawitacyjnych.

Rozdział czwarty dotyczy tzw. magicznych hopfionów i ich właściwości. Słowo „magiczny” nawiązuje do tzw. „magicznego pola”, które podobnie jak magiczne hopfiony można uzyskać z innych rozwiązań za pomocą zespolonego „przesunięcia” rozwiązania. Przeważająca część tego rozdziału opiera się o wyniki uzyskane bezpośrednio przez autora. Autor wprowadza formalizm Newmana–Penrose’a (moim zdaniem ten fragment rozdziału można było umieścić w dodatku) z wykorzystaniem którego znajduje postać tensora elektromagnetycznego dla magicznych hopfionów. W rozdziale tym przebadano również właściwości magicznych hopfionów.

Wyniki przedstawione w pracy zostały opublikowane w postaci dwóch artykułów w *Classical and Quantum Gravity*. Obie prace zostały napisane wspólnie z promotorem. Magister Smółka jest pierwszym autorem jednej z nich. Magister Smółka jest również współautorem trzech innych publikacji (opublikowanych w *General Relativity and Gravitation*, *The European Physical Journal C*, *Physical Review D*) niezwiązanych bezpośrednio z tematem pracy doktorskiej (bez uwzględniania materiałów konferencyjnych). Dwie z tych prac zostały napisane we współpracy międzynarodowej.

Poniżej wymieniam kilka uwag krytycznych, które nie wpływają negatywnie na moją pozytywną ocenę pracy.

Rozprawa składa się z szeregu wyników, które są powiązane ze sobą w dosyć luźny sposób. Sprawia to, iż praca zawiera wiele pomocniczych twierdzeń i definicji. W ich natłoku, trudno zorientować się, co stanowi oryginalny wkład samego autora. Wrażenie to złagodzone jest przez rozdział 1.2. W rozdziale tym magister Smółka wyjaśnia, które wyniki zostały uzyskane bezpośrednio przez niego, które należą do innych autorów, a które były uzyskane we współpracy z promotorem.

Kompozycja pracy (ta uwaga nie dotyczy zawartości merytorycznej) jest dosyć chaotyczna, ale być może trudno było uniknąć takiego wrażenia, jeśli weźmie się pod uwagę szeroki zakres poruszanych tematów.

Drobne usterki typograficzne, literówki, zgubione rodzajniki, pojawiają się dosyć rzadko i nie obniżają czytelności pracy (nazwa „Hopfions” pisana jest raz z wielkiej a raz z małej litery).

Moim zdaniem rozprawa doktorska Pana Smółki dowodzi, iż posiada on szeroką wiedzę z zakresu fizyki teoretycznej w tym elektrodynamiki Maxwella i teorii Einsteina. Magister Smółka biegle posługuje się zaawansowanym for-

malizmem matematycznym. W swojej pracy, wykazał umiejętność samodzielnego rozwiązywania oryginalnych problemów naukowych (np. wyprowadzenie zredukowanych równań Maxwella na czarnej dziurze Plebańskiego–Demiańskiego).

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr Tomasza Smółki spełnia ustawowe, formalne i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim z dziedziny fizyki teoretycznej. **Wnoszę o dopuszczenie mgr Smółki do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a final horizontal stroke.

dr hab., prof. UJ Sebastian Szybka