

Opinia dotycząca wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. Michałowi Ecksteinowi

Dr Michał Eckstein uzyskał stopień doktora na podstawie rozprawy “Spectral action — beyond the almost commutative geometry” na Uniwersytecie Jagiellońskim. W okresie 10.2014 – 09.2017 był zatrudniony jako asystent badawczy w Zakładzie Teorii Pola, Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński. W okresie 10.2017 – 09.2020 był zatrudniony jako adiunkt badawczy w Instytucie Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Gdański. W okresie 10.2020 – teraz, jest zatrudniony jako asystent badawczy w Zakładzie Optyki Atomowej, Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński.

Główne osiągnięcie naukowe habilitanta nosi tytuł “Przyczynowość w teorii kwantowej i jej uogólnieniach” i składa się z cyklu dziewięciu artykułów opublikowanych w bardzo dobrych i dobrych czasopismach naukowych. W pracy [H1] pokazano, że struktura trójki spektralnej składającej się z pewnej algebry, przestrzeni Krejna i operatora określonego na tej przestrzeni indukuje strukturę przyczynową na nieprzemiennej czasoprzestrzeni. Wyniki te udało się odnieść do otwartego problemu. Wykazano, że pewne uogólnienie odległości Connesa spełnia wszystkie własności odległości lorentzowskiej i stanowi górne ograniczenie dla standardowej odległości lorentzowskiej na pewnych rozmaitościach. W pracy [H2] pokazano, jak skonstruować prawie przemiennej lorentzowską trójkę spektralną mając daną czasoprzestrzeń globalnie hiperboliczną o parzystym wymiarze i skończoną trójkę. Zbadano i scharakteryzowano własności struktury przyczynowej prawie przemiennej czasoprzestrzeni (Twierdzenia 4-6 w autoreferacie). W pracy [H3] przeanalizowano z kolei strukturę przyczynową dwupłatowej

czasoprzestrzeni opartej na dwu lub czterowymiarowej globalnie hiperbolicznej czasoprzestrzeni oraz skończonej trójce spektralnej. Autor podał warunki dla relacji przyczynowej pomiędzy dwoma stanami oraz zbadał wpływ fluktuacji geometrii na strukturę przyczynową. Wyniki w pracy [H1] zostały zastosowane przez innych autorów do badania płaszczyzn Moyala oraz pewnych kwantowych czasoprzestrzeni Minkowskiego i ogólnej teorii przyczynowości.

W pracy [H4] zastosowano strukturę przyczynowej czasoprzestrzeni dwupłatowej do opisu "Zitterbewegung", które występuje w rozwiązaniach równania Diraca. Zaproponowano obraz fermionu, w którym "Zitterbewegung" nie jest ruchem w przestrzeni, a jest oscylacją chiralną. Moim zdaniem obraz ten jest bardzo ciekawy. Wyniki zawarte w pracach [H3] i [H4] zostały zastosowane do badania związków dyspersyjnych i semiriemanowskiej geometrii nieprzemiennej w fizyce cząstek.

W pracy [H5] zasugerowano, że kwantowe teorie pola z cechowanie powinny być konstruowane na prawie przemiennych czasoprzestrzeniach. Niestety opis w autoreferacie dotyczący tych teorii pól wydaje mi się bardzo skromny.

W pracy [H6] zbadano miary probabilistyczne i pokazano ich związek z teorią transportu. Najlepiej oddaje go stwierdzenie autora "Każda infinitezymalna część rozkładu prawdopodobieństwa musi przemieszczać się po skierowanej w przyszłość krzywej przyczynowej.". Trudno mi jednak zgodzić się ze stwierdzeniem autora, że jest to odkrycie głębokiego związku pomiędzy geometrią czasoprzestrzeni a teorią optymalnego transportu. Myślę, że większość fizyków spodziewałaby się dokładnie takiej relacji. W pracy [H9] formalizm z tej pracy został rozszerzony na przypadek wielu cząstek. W szczególności pokazano dwie rzeczy - wielofotonowa funkcja falowa spełnia równanie ciągłości; jeżeli wielofermionowa funkcja falowa spełnia równanie Schrodingera, to ewolucja odpowiednich miar probabilistycznych jest przyczynowa (Jest to właściwie równanie Diraca, które autor nazywa w autoreferacie równaniem Schrodingera.).

W pracy [H7] zbadano ewolucję pakietów falowych z relatywistycznym Hamiltonianem postaci $H = \sqrt{p^2 + m^2}$ w 1+1 wymiarowej czasoprzestrzeni Minkowskiego. Skupiono się na łamaniu przyczynowości polegającym na zbyt szybkim rozlewaniu się pakietu falowego. Wyniki przedstawiono w serii punktów na stronach 39-40 autoreferatu. Moim zdaniem najciekawsza jest obserwacja, że maksymalne łamanie przyczynowości jest około 3000 razy mniejsze niż w przypadku nierelatywistycznym.

W pracy [H8] zaproponowano aksjomaty, które pozwalają nadać zasadzie dynamicznego no-signalingu sensu operacyjnego. Wyniki pokazują, w jaki sposób

złamanie zasady dynamicznego no-signalingu prowadzi do konstrukcji protokołów nadświatłowej komunikacji, co moim zdaniem bardzo ładnie łączy wspomnianą zasadę z faktyczną komunikacją nadświatłową. Warto dodać, że zaproponowany formalizm zastosowano do ewolucji pakietów falowych. Wyniki z prac [H6-H9] zostały użyte do badania nisko-regularnej geometrii czasoprzestrzeni.

Prace habilitanta zawierają wiele ważnych wyników dotyczących przyczynowości. Najlepiej świadczy o tym wspomniany fakt, że wpłynęły one na badania innych autorów. Z oświadczeń współautorów i opisu w autoreferacie wynika, że Dr Eckstein wniósł znaczny i indywidualny wkład w powstanie prac stanowiących osiągnięcie habilitacyjne. Habilitant z pewnością potrafi formułować problemy badawcze, a następnie je rozwiązywać. Wyniki przedstawione są na ogół w postaci ścisłych twierdzeń matematycznych, co pozwala na wysunięcie wniosku, że habilitant bardzo dobrze opanował zaawansowane metody matematyczne.

Poza pracami wchodzącymi w skład osiągnięcia habilitacyjnego autor opublikował jedną monografię, 15 innych artykułów w bardzo dobrych i dobrych czasopismach naukowych i dwa rozdziały książkowe i jeden artykuł w materiałach prokonferencyjnych. Cztery kolejne artykuły czekają na publikację albo są w recenzji. Jego prace dotyczyły m.in. śladów operatorów ciepła działania i wymiaru spektralnego, krzywizny nieprzemiennych przestrzeni, kwantowych czarnych dziur, testów mechaniki kwantowej w fizyce cząstek, optymalnego kwantowego transportu i filozoficznych podstaw fizyki. Prace kandydata były cytowane (bez autocytowań) 254 razy wg Google Scholar i 125 razy wg Web of Science. Habilitant wygłosił 34 referaty na międzynarodowych konferencjach naukowych w tym 16 na zaproszenie. Ponadto odbył 8 staży naukowych w zagranicznych instytucjach naukowych. Moim zdaniem są to bardzo dobre parametry (z wyjątkiem liczby cytowań, którą uważam za dobrą), a tematyka prac świadczy o szerokich zainteresowaniach autora.

Dr Eckstein był promotorem pomocniczym jednego doktoratu. Ponadto bardzo aktywnie popularyzował naukę (m.in. jest autorem 22 artykułów popularnonaukowych). Niestety skromnie przedstawia się dorobek kandydata jako prowadzącego zajęcia dla studentów. Był wykładowcą zaledwie dwóch przedmiotów w dwóch latach akademickich.

Habilitant jest autorem kilkudziesięciu recenzji dla uznanych czasopism naukowych. Był też redaktorem wydania specjalnego i sekcji specjalnej czasopisma. Kandydat był kierownikiem dwóch projektów badawczych i brał udział w siedmiu innych projektach jako m.in. kierownik grupy, koordynator, wykonawca i stypendysta. Uważam, że działalność organizacyjna jest bardzo dobra.

Habilitant otrzymał następujące stypendia: Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia, 2010; Stypendium START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, 2016; Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców, 2022.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że dr. Michał Eckstein spełnia wszystkie ustawowe (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym) i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego i zdecydowanie popieram wniosek o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

Andrzej Gładki