

**Recenzja w postępowaniu w sprawie nadania dr. Michałowi Studzińskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego**

Pan dr Michał Studziński przedstawił jako osiągnięcie habilitacyjne cykl dziesięciu prac opublikowanych w latach 2017-2022. Ukazały się one w znakomitych czasopismach publikujących prace z fizyki matematycznej i teorii informacji kwantowej: *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (3 prace), *Quantum* (2 prace), *Journal of Mathematical Physics* (1 praca), *Physical Review Letters* (1 praca), *Scientific Reports* (1 praca), *New Journal of Physics* (1 praca) i *IEEE Transactions on Information Theory* (1 praca). Wszystkie prace są wieloautorskie. Oświadczenia współautorów dotyczące ich udziału w badaniach, które doprowadziły do publikacji prac i procesach ich powstawania nie pozostawiają wątpliwości co do decydującego lub co najmniej bardzo istotnego wkładu habilitanta.

Swoje osiągnięcie habilitacyjne pan dr Studziński zatytułował *Teoria reprezentacji grup i algebr jako narzędzie do opisu i konstrukcji nowych kwantowych protokołów przetwarzania informacji*. Tytuł ten, istotnie, bardzo dobrze określa obszar, którego praca dotyczy i zawartość samej pracy. Pan dr Studziński rozpoczął badania dotyczące zastosowań teorii grup i ich reprezentacji w informatyce kwantowej już w okresie pracy nad doktoratem. Teraz zakres jego zainteresowań w tym obszarze został znacznie powiększony zarówno pod względem wagi poruszanych problemów, jak i zaawansowania aparatu matematycznego wykorzystywanego w badaniach.

Już teraz chciałbym zdecydowanie podkreślić, że prezentowany cykl prac jest znakomitym przykładem sprawozdania z badań w obszarze fizyki matematycznej. Prawdziwa fizyka matematyczna, bowiem, polega nie tylko na stosowaniu wyrafinowanego aparatu matematycznego do rozwiązywania różnych interesujących problemów fizycznych, czy też wykorzystywaniu matematyki do ich precyzyjnego sformułowania, ale też na wykorzystywaniu problemów i inspiracji fizycznych do rozwijania samej matematyki i tworzenia nowych matematycznych metod stosowalnych w fizyce.

Przystąpmy więc do bardzo krótkiego podsumowania wagi najważniejszych problemów i wyników zaprezentowanych w pracach składających się na zgłoszone osiągnięcie.

Zgodnie z tytułem nadanym przez autora osiągnięciu, podstawą łączącą wszystkie prace wchodzące w jego skład jest teoria reprezentacji grup. W zaprezentowanych publikacjach wykorzystane zostały zaawansowane zarówno podstawowe jej metody (np. diagramy Younga), jak i jej bardziej skomplikowane rozdziały (algebry Brauera, ich podalgebry, tzw. Walled Brauer Algebras).

Najważniejsze wyniki w obszarze informatyki kwantowej i jej fizycznych implementacji dotyczą teleportacji kwantowej. W szczególności, na wyróżnienie zasługują:

1. Konstrukcja i analiza nowych protokołów teleportacji kwantowej (prace [H7] i [H8]).
2. Wyczerpująca analiza wszystkich odmian tzw. *port-based teleportation* – ważnego wariantu teleportacji kwantowej, dla dowolnej liczby portów i dowolnego wymiaru przestrzeni stanów (w tym analiza ich wydajności).

Z punktu widzenia samej matematyki za najciekawsze uważam:

1. Opracowanie w [H7] (też [H3] i [H10]) teorii reprezentacji algebry częściowo transponowanych operatorów permutacji (częściowa transpozycja dokonywana jest w  $k$  przestrzeniach spośród  $n$ , w których iloczynnie tensorowym reprezentowana jest grupa permutacji), co zarazem stanowi wkład w teorię reprezentacji Walled Brauer Algebras. Jest to bardzo ciekawy i nowy wkład w teorię reprezentacji
2. Rezultaty pracy [H10] (częściowo też [H1]), w której przedstawiono pełną charakterystykę odwzorowań liniowych na przestrzeniach operatorów liniowych w skończone wymiarowych przestrzeniach Hilberta kowariantnych względem unitarnej reprezentacji  $U$  skończonej grupy  $G$ , przy czym zakładamy, że nieprzywiedlna reprezentacja  $U$  ma tę własność, że jej iloczyn tensorowy z reprezentacją kontrgradientną  $U^c$  rozkłada się na reprezentacje nieprzywiedlne bez wielokrotności (multiplicity free). W pracy podano kryterium pozwalające na stwierdzenie czy odwzorowanie jest odwzorowaniem całkowicie dodatnim i, w wypadku gdy jest, skonstruowano explicite jego przedstawienie w postaci Stinespringa (Krausa).

W autoreferacie pan dr Studziński przedstawił w sposób obszerny i przejrzysty tematykę, metody i osiągnięcia poszczególnych prac. Nie sądzę, wbrew mniej lub bardziej explicite wyrażonym chęciom autora przedstawienia wszystkich tych zagadnień w sposób przystępnych dla niefachowców, można było przeczytać autoreferat bezproblemowo, jednak niewątpliwie zawiera on wszelkie potrzebne informacje i stanowi znakomity po składających się na rozprawę pracach (NB. zgodnie z szerzącym się ostatnio niezrozumiałym obyczajem niedołączonym do dokumentacji postępowania, co zmusza recenzenta do samodzielnego poszukiwania oryginałów w sieci). Polska wersja autoreferatu ma pewne mankamenty stylistyczne. O ile bowiem, w mowie potocznej, mało kto zwraca uwagę na odróżnianie „liczby” od „ilości”, o tyle w tekście matematycznym pisanie o „ilości diagramów Younga” nie przystoi.

W podpisie Rysunku 1 jest chyba błąd: diagram odpowiadający partycji oznaczonej  $\alpha=(4)$  i sama partycja nie spełniają warunku  $h(\alpha) \leq 2$ , ponadto takie oznaczenie nie jest konsekwentne w stosunku do oznaczeń pozostałych partycji (diagramów), (tak samo jest w oryginalnej pracy [H1], więc może czegoś nie zrozumiałem)

Oprócz wyników składających się na zgłoszone osiągnięcie naukowe mające być podstawą nadania stopnia, pan dr Studziński może pochwalić się innym poważnymi osiągnięciami naukowymi. Na taki miano zasługuje np. cykl prac poświęconemu innemu obszarowi informatyki kwantowej, tzn. kryptografii i związanym z tym zagadnieniom bezpieczeństwa przesyłania informacji kwantowej i destylacji klucza.

Chciałbym też wspomnieć o sprawach, które zgodnie z obecną interpretacją przepisów prawnych dotyczących habilitacji nie mają zbyt istotnego znaczenia w ocenie osiągnięć naukowych habilitanta, jednak moim zdaniem, nie przestają grać roli przy ocenie kandydata na stopień doktora habilitowanego co zwyczajowo łączył się z „pasowaniem” na samodzielnego pracownika nauki mogącego wyznaczać cele i programy badawcze i kierować grupami naukowymi.


Jak wspominałem na wstępie, przedstawione jako osiągnięcie prace są wieloautorskie. Współautorami są w większości bardzo doświadczeni i wybitni naukowcy, profesorowie Michał Horodecki i Marek Mozrzyk, ale także młody naukowiec, pan dr. Piotr Kopszak, którego promotorem pomocniczym był habilitant. Dobrze to rokuje przyszłym wynikom dr Studzińskiego jako samodzielnego pracownika naukowego kierującego pracą młodych naukowców, a do awansu na taką pozycję służy, między innymi, uzyskanie stopnia doktora habilitowanego. Również

dotychczas zdobyte doświadczenia dydaktyczne związane z pracą na uczelni są niepomijalne w ocenie perspektyw habilitanta jako kierownika prac badawczych.

W podsumowaniu chciałbym podkreślić walory przedstawionego osiągnięcia naukowego. Wszystkie zgłoszone prace prezentują poziom wybitny. Wymagały niebagatelnej poziomu wiedzy matematycznej i fizycznej i umiejętności wykorzystania matematyki do opisu i rozwiązania konkretnych problemów fizycznych. Osiągnięta wyniki mają dużą doniosłość dla obu tych obszarów wiedzy. Jak już napisałem na wstępie należą do prawdziwej fizyki matematycznej, gdzie matematyka i fizyka wzajemnie się inspirowały i wzajemnie z siebie czerpią.

Uważam, że przedstawione przez pana dr. Michała Studzińskiego osiągnięcia naukowe pt. *Teoria reprezentacji grup i algebr jako narzędzie do opisu i konstrukcji nowych kwantowych protokołów przetwarzania informacji* spełnia wszelkie kryteria wymagane w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego i popieram przejście do kolejnych jego etapów.

Warszawa, 14.09.2023

 Elektronicznie  
podpisany przez  
Marek Marcin Kuś  
Data: 2023.09.14  
18:03:40 +02'00'

prof. dr hab. Marek Kuś  
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN