

Prof. dr hab. Zygmunt Lalak
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Instytut Fizyki Teoretycznej

Dziekanat Wydziału
Fizyki UW

Wpłynęło dn. 3.12.2019
SL

Recenzja dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej
doktora Piotra Sułkowskiego

1. Rozprawa habilitacyjna

Doktor Piotr Sułkowski przedstawił jako rozprawę habilitacyjną osiągnięcie naukowe „Kwantyzacja i deformacje powierzchni Riemanna w kwantowych teoriach pola i teorii strun” w formie cyklu 14tu artykułów opublikowanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. W skład cyklu wchodzi 6 artykułów napisanych całkowicie samodzielnie, 2 napisane wraz z jednym współautorem, 3 napisane z dwoma współautorami oraz 3 napisane wspólnie z trzema współautorami. Prace wchodzące w skład rozprawy oznaczone są w autoreferacie symbolami H1-H14. Spośród prac wchodzących w skład rozprawy tylko 3 opublikowane zostały w czasopismach z czynnikiem wpływu (Impact Factor) $IF < 2$, pozostałe czasopisma mają $IF > 4.5$, zaś w przypadku dwu prac $IF > 6$. Wszystkie te prace powstały po uzyskaniu doktoratu i dotyczą nowej tematyki. Autor zadeklarował swój udział w pracach wieloautorskich na poziomie od 25% do 80%, co daje średnią 50%, a deklaracje te, w tym opis udziału Autora, są zgodne z oświadczeniami nadesłanymi przez współautorów. W sumie prace wchodzące w skład rozprawy cytowane są wg bazy Web of Science 129 razy.

Oprócz 14 prac tworzących rozprawę dr Piotr Sułkowski opublikował po doktoracie jeszcze 3 prace z dziedziny fizyki matematycznej, jeden artykuł przeglądowy, którego dr P. Sułkowski jest współautorem został przyjęty do druku w serii Lecture Notes in Mathematics wydawnictwa Springer. Przed uzyskaniem doktoratu Autor opublikował 3 artykuły, wszystkie z dziedziny fizyki matematycznej i fizyki wysokich energii.

Tematyka rozprawy dotyczy bardzo ciekawej i aktywnie rozwijanej w ostatnich latach problematyki poszukiwania fundamentalnych struktur matematycznych opisujących i w pewnym sensie uogólniających budowane przez fizyków kwantowe teorie oddziaływań i zjawisk fizycznych. Działalność zmierzająca do zgeometryzowania fizyki czy też sformułowania w pełni satysfakcjonującego matematycznie formalizmu mechaniki kwantowej jest stałym motywem fizyki matematycznej od wielu dziesięcioleci. Choć w ostatnich latach sukces w budowaniu kwantowej teorii oddziaływań elektroslabych i silnych zwieńczony odkryciem cząstki Higgsa osiągnięto na innej drodze, czerpiąc inspirację z fenomenologii, to identyfikacja podstawowych abstrakcyjnych struktur charakterystycznych dla fizyki kwantowej jest programem w sposób logiczny i ścisły porządkującym i uzupełniającym poznanie oparte na bezpośrednim uogólnieniu wyników badań doświadczalnych. W tym nurcie mieszczą się badania dra P. Sułkowskiego, którego rozprawa habilitacyjna

poświęcona jest badaniu ściśle rozwiązywalnych teorii związanych z fizyką teoretyczną wysokich energii – 3-wymiarowych i 4-wymiarowych kwantowych teorii pola z rozszerzoną supersymetrią, teorii strun, oraz teorii Cherna-Simonsa, a także analizie nowych struktur matematycznych pojawiających się w takich teoriach.

Centralnym obiektem badanym przez autora są powierzchnie Riemanna, zwane też w rozprawie krzywymi algebraicznymi, które mogą być definiowane za pomocą zespolonych równań algebraicznych. Do niedawna znane były przykłady niezwiązanych z sobą powierzchni Riemanna odgrywających ważną rolę w kilku ściśle rozwiązywalnych teoriach fizycznych. Wśród takich (klasycznych) powierzchni wymienić trzeba krzywe Seiberga-Wittena, pojawiające się w rozwiązaniu tzw. teorii Seiberga-Wittena, oraz tzw. wielomiany A i krzywe spektralne pojawiające się w teorii macierzy losowych, które opisują rozkład wartości własnych modeli macierzowych. W pewnych przypadkach takie modele macierzowe można interpretować jako uproszczone modele kwantowej teorii pola.

W swojej rozprawie habilitacyjnej dr P. Sułkowski wykazał, że dla wszystkich tych oraz wielu innych powierzchni istnieją kwantowe odpowiedniki (zwane kwantowymi powierzchniami Riemanna), a także sformułował uniwersalną procedurę kwantyzacji związaną z formalizmem tzw. topologicznych rekurencji. Procedura ta pozwala na skuteczne wyznaczenie powierzchni kwantowych. Co ważne, Autor pokazał także, jak różne parametry pojawiające się w teoriach fizycznych reprezentowane są przez deformacje klasycznych i kwantowych powierzchni Riemanna.

Warto zauważyć, że w pracy Autora pojawia się wiele nowych przykładów klasycznych i kwantowych powierzchni Riemanna w różnych teoriach fizycznych. Pośród takich wyników znaleźć można nową klasę powierzchni opisujących tzw. zjawiska wall-crossing (w pracach H5-H8), zdeformowane powierzchnie Seiberga-Wittena i krzywe lustrzane (H5,H6,H9), nową interpretację krzywych Seiberga-Wittena oraz krzywych lustrzanych, jako krzywych spektralnych nowej klasy modeli macierzowych (H9,H11,H12), nowe interpretacje powierzchni Riemanna w różnych innych teoriach fizycznych (np. w tzw. modelu $c = 1$, modelach minimalnych konformnej teorii pola, wielomianów A) jako krzywych spektralnych (H4). Ważnym wynikiem uzyskanym przez dra P. Sułkowskiego jest znalezienie ciekawej klasy klasycznych oraz kwantowych powierzchni, którym zostało nadane miano „superwielomianów A” (H1,H2,H3), które są uogólnieniami wielomianu A i opisują homologiczne niezmienniki węzłów oraz 3-wymiarowe supersymetryczne kwantowe teorie pola typu $N = 2$. W pracach (H1,H2,H3) wyznaczono superwielomiany A dla wielu węzłów, w szczególności dla nieskończonych rodzin węzłów torycznych oraz węzłów skręconych (twist knots). Wydaje się, że znalezienie superwielomianów A jest najważniejszym i najbardziej oryginalnym wynikiem przedstawionym w rozprawie. Podstawowe idee kwantowych powierzchni Riemanna przedstawione zostały w pracach (H4,H13,H14), natomiast ich deformacje rozważane są szczegółowo we wszystkich publikacjach wchodzących w skład rozprawy (H1-H14).

Wymieniając najbardziej istotne wyniki zawarte w rozprawie warto podkreślić, że wyprowadzona w pracy H4 procedura kwantyzacji działa uniwersalnie dla wielu różnych ściśle rozwiązywalnych teorii związanych z supersymetrią oraz teorią strun. Autor sformułował i przekonująco uzasadnił tezę, że używając tego uniwersalnego formalizmu związanego z tzw. topologicznymi rekurencjami, można w jednoznaczny sposób wyznaczyć kwantowe powierzchnie Riemanna w różnych ściśle rozwiązywalnych supersymetrycznych teoriach pola i teoriach strun znając odpowiednie klasyczne powierzchnie Riemanna.

Wybór ciekawej i ważnej oraz zaawansowanej matematycznie tematyki oraz duża samodzielność prowadzenia badań to mocne strony recenzowanej rozprawy.

Rozprawa zawiera nowe i oryginalne wyniki, definiuje również interesującą perspektywę dalszych badań. Choć w tej chwili widać tylko odległy związek otrzymanych wyników z fenomenologią fizyki oddziaływań fundamentalnych, to można mieć nadzieję na znaczący postęp w prowadzonych przez Autora badaniach i na zastosowanie wyników do bardziej realistycznych modeli teoriopólowych.

2. Ocena dorobku naukowego

Doktor Piotr Sułkowski ma dziś 35 lat. Stopień magistra fizyki uzyskał, z wyróżnieniem, w roku 2002 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, zaś pracę doktorską obronił w roku 2007. Praca doktorska dotyczyła teorii strun i powstała pod kierunkiem dwu promotorów: prof. Jacka Pawelczyka z Uniwersytetu Warszawskiego i prof. Robberta Dijkgraafa w tamtym czasie pracującego na Uniwersytecie w Amsterdamie. W latach 2007-2009 dr P. Sułkowski odbył staż podoktorski na Uniwersytecie w Bonn, zaś w latach 2009-2012 odbył staż w California Institute of Technology. W roku 2012 przebywał na rocznym stażu na Uniwersytecie w Amsterdamie. Oprócz tego dr P. Sułkowski odbył kilkumiesięczne staże podoktorskie na Uniwersytecie Harvarda i na University of California w San Diego. Wszystkie te instytucje są znakomitymi ośrodkami fizyki matematycznej i teorii strun. Dr P. Sułkowski uzyskał znakomite wykształcenie i duże doświadczenie badawcze w tej dziedzinie fizyki.

Na dorobek naukowy doktora Piotra Sułkowskiego w dziedzinie fizyki matematycznej i fizyki wysokich energii składają się 22 regularne prace badawcze opublikowane w czasopismach o międzynarodowym zasięgu oraz 1 przyjęta do druku praca przeglądowa, a także 27 referatów przedstawionych na międzynarodowych konferencjach.

Oprócz tego dr Piotr Sułkowski jest współautorem 6 prac z zakresu biofizyki. Jedna z tych prac opublikowana została w czasopiśmie z czynnikiem wpływu $IF=3.7$, a 5 pozostałych w czasopismach z $IF > 7$. Swój wkład w czterech z tych prac habilitant ocenił na 20% (w pozostałych dwu na co najmniej 10%). Ta część dorobku nie

dotyczy bezpośrednio tematu habilitacji. Uznanie budzi jednak zaprezentowana przez habilitanta umiejętność stosowania poznanych przezeń technik matematycznych w odległych od siebie kontekstach.

Całkowita liczba cytowań publikacji dra Piotra Sułkowskiego wg bazy WoS równa jest 256 zaś indeks Hirscha wg tej samej bazy $h=9$. Według powszechnie używanej w dziedzinie fizyki wysokich energii bazy Inspire całkowita liczba cytowań równa jest ok. 450 ($h=14$).

Biorąc pod uwagę okres 6 lat, które upłynęły od uzyskania przez habilitanta doktoratu, wynik ten trzeba uznać za bardzo dobry.

Dr P. Sułkowski otrzymał kilka nagród za swoją działalność naukową, między innymi stypendia fundacji Humboldta i Fulbrighta oraz trzy stypendia FNP. Jednak z pewnością najbardziej znaczącym wyróżnieniem jest ERC Starting Grant „Quantum fields and knot homologies” realizowany obecnie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Z całą pewnością na podstawie przedstawionej rozprawy i całego dorobku naukowego można uznać doktora Piotra Sułkowskiego za dojrzałego specjalistę w dziedzinie metod matematycznych kwantowej teorii pola i teorii strun.

3. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr P. Sułkowski prowadził ćwiczenia ze studentami Wydziału Fizyki UW w latach 2002-2006 oraz 2011-2013, z takich przedmiotów jak Analiza matematyczna I, II, III, Analiza dla kierunków „Inżynieria nanostruktur” oraz „Energetyka i chemia jądrowa”, Matematyka dla kierunku „Optyka okularowa” i Elektrodynamika. Dr P. Sułkowski prowadził regularne śródroczne seminaria z fizyki wysokich energii na Uniwersytecie w Bonn, w latach 2008-2009 i w California Institute of Technology w latach 2010-2012. Obecnie współprowadzi regularne seminarium poświęcone fizyce matematycznej na Wydziale Fizyki UW. Habilitant sprawuje opiekę nad jednym licencjuszem i jednym magistrantem oraz jednym doktorantem.

Moim zdaniem dorobek doktora P. Sułkowskiego w zakresie dydaktyki jest satysfakcjonujący.

W zakresie dorobku organizacyjnego wymienić należy realizację w roli kierownika 6 projektów badawczych. Najważniejszym z tych przedsięwzięć jest wspomniany wcześniej grant ERC (z budżetem w wysokości 1 345 080 Euro).

Dr P. Sułkowski był członkiem komitetu organizacyjnego bardzo dużej konferencji GR20 and Amaldi10, która odbyła się w Warszawie w roku 2013 oraz uczestniczył w Komitecie organizacyjnym konferencji stringtheory.pl/2013 (UJ Kraków 2013).

Osiągnięcia te na obecnym etapie kariery dra P. Sułkowskiego, zwłaszcza biorąc pod uwagę jego aktywność naukową, uważam za wystarczające.

4. Uwagi końcowe

Doktor Piotr Sułkowski przedstawił bardzo ciekawą i nowatorską rozprawę habilitacyjną dotyczącą trudnej lecz obiecującej dziedziny fizyki matematycznej związanej z kwantową teorią pola i teorią strun fundamentalnych.

Stwierdzam, że w świetle uwag wypowiedzianych w tej opinii osiągnięcia naukowe wnioskodawcy spełniają kryteria określone w art. 16. ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym i wnoszę o dopuszczenie doktora Piotra Sułkowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Z. Labała