Prof. dr hab. Wiktor Zipper
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski

Katowice, 29.04. 2022

Ocena
dorobku naukowego , dydaktycznego i organizacyjnego dr Kacpra Topolnickiego w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne, prowadzonym na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej , Uniwersytetu Jagiellońskiego.

1. Podstawowe dane doktora Kacpra Topolnickiego.

Dyplom magistra fizyki dr Kacper Topolnicki uzyskał w 2009 roku na Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej (WFAIS), Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Specjalizacja fizyka teoretyczna, tytuł pracy: *"Modele sieciowe ciekłokrystalicznych stanów chiralnych w symulacjach Monte Carlo,,,* Opiekun prof. Lech Longa.

Stopień doktora habilitant uzyskał w 2014 roku na Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Specjalizacja teoretyczna fizyka jądrowa, tytuł rozprawy doktorskiej: *„The two -nucleon and three-nucleon systems in three dimensions"*. Promotor prof. Jacek Golak.

2. Ogólna charakterystyka dorobku naukowego.

Dotychczasowa aktywność naukowa dr Kacpra Topolnickiego była skoncentrowana na zagadnieniach opisu teoretycznego oraz obliczeniach numerycznych układów kilku nukleonów we współpracy z grupą krakowską kierowaną przez prof. H. Witałę. Zasadniczym zadaniem podczas tej

współpracy był rozwój formalizmu „trójwymiarowego" do obliczeń własności stanów związanych i rozproszeniowych dla kilku nukleonów.
Jego dorobek naukowy udokumentowany jest w postaci 44 prac opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach naukowych, w tym 37 prac po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. W tych publikacjach dr Kacper Topolnicki został 11 razy wymieniony wśród kilku autorów na pierwszym miejscu, a w 3 publikacjach jest jedynym autorem. Te prace były opublikowane w Phys. Rev. C, (18 razy), Eur. Phys. J .A., (7 razy), Few-Body Syst., (7 razy), J. Phys. G-Nucl. Part. Phys. (3 razy), Acta Phys. Pol. B, (5 razy), Phys. Rev. Lett., (2 razy), Phys. Lett.,(1 raz), Nuovo Cim.,(1 raz).
Poza tymi publikacjami jest współautorem w 26 pracach opublikowanych w czasopismach naukowych i specjalistycznych materiałach konferencyjnych. Na 5 konferencjach prezentował swoje wyniki, w tym w jednej na zaproszenie. Te wszystkie opublikowane prace były cytowane 298 razy i 229 razy bez autocytowań (według bazy *Web of Science*), a Indeks Hirscha wynosi 13.

3. Informacja o zatrudnieniach w jednostkach naukowych.

Przez cały okres studiów i pracy zawodowej był związany z Instytutem Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, najpierw (2009-2014) jako doktorant na Studiach Doktoranckich na WFAIS, a następnie od 2014 jako nieetatowy pracownik naukowy kierujący prestiżowym grantem NCN PPRELUDIUM 6. (ID projektu: 2013/11/N/ST2/03733). W 2017 roku obejmuje stanowisko asystenta naukowego w Instytucie Fizyki UJ i kieruje grantem NCN SONATA 11.(ID projektu: 2016/21/D/ST2/01120).
W 2020 roku zostaje zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

4. Informacja o odbytych stażach naukowych i pracy w zagranicznych instytutach naukowych.

Na przełomie 2011/2012 roku odbył półroczny staż naukowy w Instytucie Fizyki Centrum Badawczego Julich w Niemczech.

W 2015 roku pracował przez ok. 6 miesięcy w Texas A&M University Commerce w Stanach Zjednoczonych jako post-doc.

5. Ocena działalności naukowo-badawczej

Działalność naukowa dr Kacpra Topolnickjego zapoczątkowana została jeszcze podczas Studiów Doktoranckich i jest nadal ściśle związana z teoretyczną grupą badawczą prof. Henryka Witały, prof. Jacka Golaka oraz prof. Romana Skibińskiego. Ten zespół, do którego został wciągnięty dr Kacper Topolnicki, zajmuję się opisem teoretycznym oraz obliczeniami numerycznymi związanymi z układami kilku nukleonów. Krakowska Grupa Badawcza jest członkiem międzynarodowej kolaboracji *Low Energy Nuclear Physics International Collaboration* (LENPIC) i jest dobrze znana nie tylko w Polsce, a jaj prace są ważnym wkładem w procesy testowania i kalibracji nowych modeli efektywnych sił jądrowych bazujących na Chiralnej Efektywnej Teorii Pola.

W grupie tej dr K. Topolnicki znalazł swoją istotną tematykę współpracy. Jego głównym tematem jest rozwój tzw. „formalizmu trójwymiarowego", który jest z powodzeniem wykorzystywany do obliczania stanów związanych i rozproszeniowych układów kilku nukleonów. Obliczenia w ramach formalizmu trójnukleonowego wymagają znajomości zaawansowanych metod numerycznych i korzystania z komputerów o dużej mocy obliczeniowej.

Dr Kacper Topolnicki korzystając z nowoczesnych klastrów obliczeniowych w Centrum Badawczym w Julich, stworzył niezależną implementację obliczeń dla stanu związanego trytonu. Skonstruowana przez dr K. Topolnickiego „trójwymiarowa" baza obliczeniowa pozwoliła na stworzenie programu rozwiązującego równanie Lippmanna-Schwingera dla ogólnej postaci potencjału dwunukleonowego. Program dr K. Topolnickiego wykorzystano również w obliczeniach obserwabli związanych z indukowaną elektronem dezintegracją deuteronu.

Poza pracami związanymi z „trójwymiarowymi" obliczeniami przy pomocy własnych programów, habilitant prowadził badania naukowe związane również z rachunkami analitycznymi w ramach mechaniki kwantowej układu kilku ciał. Rachunki te zawierały zawiłe wyrażenia, wymagające wprowadzenia do obliczeń tzw. pakietów symbolicznych. Dr K. Topolnicki opracował własne narzędzia wykorzystujące procedurę Wolfram Language pakietu Mathematica do automatycznej produkcji ścisłego kodu numerycznego dla skomplikowanych wyrażeń analitycznych. Ta procedura

pozwoliła na realizację rachunków „trójwymiarowych„ dla stanu własnego i macierzy przejścia dla układów dwóch nukleonów oraz trzech nukleonów.

Na realizację prac związanych z rozwojem technik wykorzystujących trójwymiarową reprezentację trójnukleonowych stopni swobody do obliczeń kilku-nukleonowych stanów związanych i rozproszeniowych, dr. Topolnicki otrzyma grant Narodowego Centrum Nauki (NCN) PRELUDIUM 6.
W kierowanym przez niego grancie powstało kilka oryginalnych publikacji. które łącznie z wcześniejszymi pracami pozwoliły na przedstawienie tez swojego doktoratu. Obrona doktoratu pt. *„The two-nukleon and three-nukleon systems in thre dimensions"*, przygotowana pod opieka prof. Jacka Golaka odbyła się 23 września 2014 roku w Instytucie Fizyki WFAIS. Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Po doktoracie dr K. Topolnicki nadal zajmuje się rozszerzeniem rachunków do opisu procesów rozpraszania trójnukleonowego. Dalsze badania prowadzi jako kierownik, w ramach grantu NCN SONATA 11 *„Rozwój analitycznych i numerycznych technik obliczeniowych związanych z układami kilku nukleonów"*.
Dużym osiągnięciem pracy dr K. Topolnickiego było policzenie obserwabli dla procesu rozpraszania neutron-deuteron z wykorzystaniem trój-nukleonowego równania Faddeeva. Prace numeryczne prowadzone przez niego prowadziły do rozwiązań wielowymiarowego problemu dużej liczby równań liniowych lub problemu własnego, co sprowadzało się niestety do znacznego zwiększenia kosztów obliczeń numerycznych. Problemy te, zostały rozwiązane przez znalezienie nowych efektywnych metod numerycznych, pozwalających sprowadzić wielowymiarowy układ liniowy do postaci macierzowej o niewielkim rozmiarze. Powstało wtedy wiele prac opublikowanych przez grupę krakowska (J, Golak, R. Skibiński, K. Topolnicki, H. Witała), w których dr K. Topolnicki odgrywał znacząca rolę.

6. Ocena osiągnięcia naukowego zgłoszonego jako osiągnięcia w postępowaniu habilitacyjnym.

Do oceny osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, pan dr Kacper Topolnicki podał Cykl 7 powiązanych tematycznie, opublikowanych artykułów naukowych, Niestety nie znalazłem w przekazanych mi

materiałach tytułu wiążącego tematycznie te prace. Poniżej przedstawiam cykl publikacji **(1H-7H)** zgłoszonych przez habilitanta, jako osiągnięcie habilitacyjne:

1H. „First-order neutron-deuteron scattering in a three-dimensional approach" Topolnicki. K, Golak, J.,Skibiński, R.,Witała, H.,Bertulani C.A. Eur. Phys. J. A, 51, 10: 132, (2015), 14 pages.

2H. „Orthogonal polynomial approach to calculate the two-nucleon transition operator in three dimensions" Topolnicki, K.; Golak, J.; Skibiński, R.; Witała, H. Eur. Phys. J. A, 52, 2: 22, (2016), 6 pages.

3H. „The general operator form for the total-momentum-dependent nucleon-nucleon potential" Topolnicki, K.; Golak, J.; Skibiński, R.; Witała, H. Eur. Phys. J. A, 52, 7: 188, (2016), 7 pages.

4H. „Operator form of the three-nucleon scattering amplitude" Topolnicki, K.; Golak, J.; Skibiński, R.; Witała, H. Phys. Rev. C, 96, (1): 014611, (2017).

5H. „General operator form of the non-local three-nucleon force" Topolnicki, K. Eur. Phys. J. A, 53, 9: 181, (2017).

6H. „H-3 and He-3 bound state calculations without angular momentum decomposition" Topolnicki, K. Phys. Rev. C, 99, 4: 044004, (2019).

7H. „Three Nucleon Scattering Using a „Threedimensional" Approach-Challenges" Topolnicki, K. Acta Phys. Pol. B, 52, 5: 391, (2021).

W czterech publikacjach **(1H-4H)** dr K. Topolnicki jest pierwszym autorem poza porządkiem alfabetycznym z listy współautorów , a w trzech pozostałych **(5H-7H)** jest jedynym autorem, co łącznie z oświadczeniami współautorów wskazuje, że dr K. Topolnicki był niewątpliwie liderem naukowym tych badań. Tematem wiążącym badania prezentowane w publikacjach **(1H-7H)** jest rozwój obliczeń analitycznych i numerycznych stanów związanych i rozproszeniowych układu kilku nukleonów z wykorzystaniem „formalizmu trójwymiarowego".

W publikacji **1H** przedstawiono obliczenia obserwabli dla procesu rozpraszania neutron-deuteron w formaliźmie trój-wymiarowym z wykorzystaniem równania Faddeeva. Uzyskane wyniki porównano z wynikami wykorzystującymi tradycyjne obliczenia metodą fal parcjalnych, dla której są problemy z uzyskaniem zbieżności.

W publikacji **2H**, dr K.Topolnicki wprowadził nowe efektywne metody numeryczne wykorzystujące tzw. „przestrzeń Kryłowa", pozwalające na sprowadzenie wielowymiarowego problem liniowego do postaci macierzowej o niewielkim rozmiarze . Zaproponowano zapisać równania w bazie związanej z wielomianami ortogonalnymi. To nowe podejście habilitant zbadał i przedstawił dla rozpraszania nukleon-nukleon.

Dr K. Topolnicki w publikacji **3H** opracował i przedstawił niezwykle pomocny algorytm pozwalający na konstrukcję potencjału nie tylko trzech nukleonów, ale ogólną postać potencjału dla kilku nukleonów, spełniającą określone symetrie. W tak skonstruowanym potencjale można było uwzględnić poprawki relatywistyczne.

Tą samą procedurę zastosowano do znalezienia ogólnej postaci operatorowej nie-lokalnej siły trój-nukleonowej, która została opisana w publikacji **4H,** oraz do znalezienia postaci operatorowej amplitudy rozpraszania opisanej w **5H.** Oceniam to bardzo wysoko.

W publikacji **6H** porównano opis stanu związanego trzech nukleonów (3N) otrzymanego na podstawie trój-wymiarowego formalizmu (3D), z tradycyjnymi rachunkami wykorzystującymi rozkład na fale parcjalne. Okazuje się, że włączenie do obliczeń oddziaływania Coulomba jest w rachunkach formalizmu „trójwymiarowego" znacznie prostsze. Po raz pierwszy w tej pracy, rezultaty obliczeń (3D) dla stanu związanego He-3 z włączeniem potencjału ekranowania Coulomba, porównano z obliczeniami dla H-3. Pozwoliło to na wykorzystanie „trójwymiarowych" obliczeń stanu związanego trytonu H-3, do opisu stanu związanego He-3. Obliczenia dla He-3, były możliwe dzięki wdrożeniu, nowej i szybszej metody zastosowania sił (3N) do obliczeń (3D).

W publikacji **7H** dr K. Topolnicki podsumował zadania, które mogą być prowadzone nadal, stosując formalizm „trójwymiarowy"(3D) w opisie elastycznego rozpraszania nukleon-deuteron i reakcji breakup w oddziaływaniu nukleon-deuteron.

Przedstawione w publikacjach 1H-7H rezultaty badań stanowią znaczący wkład w poznanie opisu układów kilku nukleonów i testowanie nowych modeli efektywnych sil jądrowych. Prace dr K. Topolnickiego związane są z rozwojem formalizmu trójwymiarowego do opisu stanów związanych i rozproszeniowych układu kilku nukleonów.

7. Działalność dydaktyczna i organizacyjna.

Swoją działalność dydaktyczną dr. K. Topolnicki rozpoczął jeszcze w czasie Studiów Doktoranckich na WFAIS UJ w Krakowie, prowadząc zajęcia dla studentów na I Pracowni Fizycznej. W latach 2014-20116, kierował grantem Narodowego Centrum Nauki (NCN) PRELUDIUM 6. W 2016 kierował grantem (NCN) SONATA 11. Jest członkiem międzynarodowej kolaboracji LENPIC. W 2020 rozpoczął pracę na stanowisku adiunkta i prowadził ćwiczenia do kursów „metody statystyczne" oraz *„advanced statistics"*, ćwiczeniz z przedmiotu „Narzędzia Obliczeniowe z Fizyki" , oraz ćwiczenia z przedmiotu „ Algorytmy i struktury danych". Prowadził zajęcia do wykładu z matematyki "Algebra i geometria".
Był promotorem pracy magisterskiej „ *A solution to present real world objects using physical based rendering"*. Prowadził także zajęcia z doktorantami , gdzie uczył programowania w *Wolfram Language* pakietu *Mathematica.* Jest autorem narzędzia *cam_board* , pozwalającego na wykorzystanie kamery internetowej komputera przenośnego w charakterze tablicy, co ułatwiało pracę ze studentami podczas pandemii.

Podsumowanie

Stwierdzam że, zarówno bardzo wysoki poziom naukowy, kierowanie grantami naukowymi, działalność dydaktyczna i organizacyjna dr Kacpra Topolnickiego wskazują, że będzie on dobrym samodzielnym pracownikiem naukowo-dydaktycznym. Przedstawiony cykl 7 artykułów naukowych spełnia znakomicie wymogi osiągnięcia habilitacyjnego.

Z całym przekonaniem popieram wniosek o nadanie Panu dr Kacprowi Topolnickiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr K. Topolnickiego do kolejnych etapów przewodu , zmierzającego do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Prof. dr hab. Wiktor Zipper