

dr hab. Piotr Żuchowski  
Instytut Fizyki im. Aleksandra Jabłońskiego  
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
11/05/15

## Ocena wniosku habilitacyjnego doktora Tomasza Sowińskiego

### Sylwetka Kandydata

Doktor Tomasz Sowiński ukończył studia magisterskie z fizyki w roku 2005 na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie przygotował pracę dyplomową pod kierunkiem prof. Iwo Białynickiego-Biruli. Również pod kierunkiem prof. Białynickiego-Biruli uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w roku 2008 za rozprawę *“Oddziaływanie układów dwupoziomowych z kwantowym polem elektromagnetycznym”* w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Po uzyskaniu stopnia doktora, pan Tomasz Sowiński pracował jako adiunkt na Wydziale Biologii i Nauk o Środowisku UKSW w Warszawie do roku 2012. Po uzyskaniu stopnia doktora dr Sowiński zmienił znacznie obszar swoich zainteresowań i rozpoczął badania ultrazimnych gazów w sieciach i pułapkach optycznych.

W latach 2012-2013 Habilitant odbył 9-miesięczny staż podoktorski w instytucie ICFO w Barcelonie, w grupie profesora Lewensteina (łącznie około jednego roku wliczając 3-miesięczne stypendium wyjazdowe w 2011 roku). Warto zauważyć, że doktorant sam zdobył środki na ten cel w ramach prestiżowego stypendium FNP Kolumb. Nie był to bardzo długi staż, ale doktor Sowiński osiągnął w nim to co najważniejsze: nawiązał kontakty z wybitnymi uczonym o uznanej reputacji w dziedzinie, a dynamika jego kariery naukowej znacząco przyspieszyła. Po powrocie habilitant kontynuuje swoją karierę w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN.

### Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem przedstawionym Komisji jest cykl monotematyczny 6 prac zatytułowany *“Modelowanie zjawisk fizycznych zachodzących w układach ultrazimnych bozonów przetrzymywanych w sieciach optycznych”*. Cykl ten tworzy istotnie spójną całość. Kandydat w autoreferacie dodatkowo wyjaśnia powody włączenia nadesłanego zestawu prac do “osiągnięcia habilitacyjnego”. Warto w tym miejscu podkreślić, że autoreferat napisany jest znakomicie, dość szczegółowo, ale w mojej opinii przystępnie dla ogólnego odbiorcy.

Obszar badań Kandydata stanowią ultrazimne gazy atomowe, bezspinowe bozony w sieciach optycznych, periodycznych potencjałach wytworzonych przez stojącą falę lasera. W ostatnich 10-15 latach tematyka ta jest jednym z najbardziej obecnych tematów w fizyce. Jest to bardzo silnie interdyscyplinarny obszar badań, łączy w sobie elementy fizyki atomowej, fizyki wielu ciał, optyki, oraz fizyki materii skondensowanej. Jednym z najbardziej istotnych potencjalnych zastosowań sieci optycznych są właśnie symulacje kwantowe zjawisk fizyki materii skondensowanej z uwagi na podobne własności hamiltonianu atomów w sieci optycznej do hamiltonianu elektronów w sieci krystalicznej.

Osiągnięcie naukowe dr. Sowińskiego wpisuje się w nurt rozszerzania modelu Hubbarda w zastosowaniu do atomów w sieciach optycznych i proponowaniu realizacji eksperymentalnych tych rozszerzeń. Habilitant biegle opanował warsztat badawczy we wszystkich pracach włączonych do cyklu bazuje na rozwiązaniach numerycznych: w większości prac z cyklu wykorzystuje metodę dokładnej diagonalizacji (diagonalizację hamiltonianu "brut force"), przypadku pracy [H4]- metodę DMRG (grupy renormalizacji macierzy gęstości). Wszystkie publikacje włączone do cyklu zostały opublikowane w czasopiśmie z listy filadelfijskiej, przeszły proces *peer review*, który np. w przypadku czasopiśm wydawnictwa APS (*Physical Review Letters* i *Physical Review A*) jest bardzo rygorystyczny.

I tak praca [H1] zawiera nowatorski pomysł przenoszenia atomów do wyższych pasm sieci optycznej przy pomocy zjawiska rezonansu parametrycznego. Analizując dokładnie hamiltonian atomów w sieci dr. Sowiński dostrzegł, że pewne człony tego hamiltonianu, które zazwyczaj są pomijane, w sytuacjach "dynamicznych", gdy np. jedna z amplitud potencjału periodycznego zależy od zasługują na szczególną uwagę, mogą bowiem sprzęgać wybrane stany wielociałowe. Można zatem wykorzystać je do tworzenia stanów orbitalnych w kontrolowalny sposób. Kandydat rozważa zaproponowane zjawisko dla bardzo konkretnego układu fizycznego (atomy chromu w sieci optycznej o długości fali rzędu 500 nm), co świadczy o jego doskonałym rozeznaniu w eksperymentach prowadzonych na świecie. Podaje on konkretne częstotliwości amplitud sieci przy których następuje transfer do pasma wzbudzonego oraz czas po którym następuje całkowity transfer. Odkrycie dr. Sowińskiego zostało przedstawione na łamach *Physical Review Letters*, dodatkowo trzeba podkreślić, że jest on jedynym autorem publikacji.

Publikacja [H2] jest wieloautorska, ale z oświadczeń autorów jednoznacznie wynika, że wiodącą rolę w jej przygotowaniu pełnił Habilitant. W pracy tej pokazano, że anharmoniczność potencjału sieci prowadzi do jakościowo różnych zmian w diagramie fazowym układu, zaś samo założenie harmonicznego zachowania minimum sieci optycznej jest zbyt daleko idącym uproszczeniem. Pokazano, że w przypadku sieci prostokątnej można uzyskać degenerację wyższych energii orbitalnych dla odpowiednich parametrów sieci. Degeneracja ta jest zniesiona przez anharmoniczność potencjału sieci. Bardzo pięknym odkryciem przedstawionym w tej pracy jest pokazanie, że taką degenerację można odtworzyć w pewnym zakresie tunelowań. Ten efekt nie istnieje

w przybliżeniu harmonicznym. Praca bazuje na obliczeniach ścisłej diagonalizacji i poparta jest komplementarnymi obliczeniami metodą DMRG wykonanymi przez grupę prof. Zakrzewskiego. Doczekała się ona również wyróżnienia przez kierownictwo Instytutu Fizyki PAN za najlepszą publikację w roku 2013.

W autoreferacie Habilitanta publikacje [H3]-[H5] omówione są razem, bowiem są bardzo blisko powiązane. Wszystkie trzy dotyczą badań hamiltonianu Bose-Hubbarda z członem trójciałowym. I tak w pracy [H3] wykorzystano metodę ścisłej diagonalizacji do zbadania jednowymiarowego modelu dla parametrów bliskim krytycznym, dla gęstości 1 i 2. W pracy tej podanych jest wiele szczegółów technicznych opisujących jak posługiwać się tą metodą, stanowi ona dobry materiał odniesienia dla ludzi pracujących nad własną implementacją. Wykorzystując tą metodę Kandydat otrzymał diagramy fazowe dla ujemnych i dodatnich parametrów oddziaływania trójciałowego. Okazało się, że dla wyższej gęstości wypełnienia faza izolatora jest bardzo wrażliwa na obecność oddziaływania trójciałowego. Przedyskutowano stabilność fazy względem wartości parametrów tunelowania dla których faza izolatora traci stabilność. W pracy [H4] dr Sowiński poszedł krok dalej i starał się odpowiedzieć co się stanie w sytuacji gdy oddziaływania trójciałowe będą dużo większe niż dwuciałowe, tj. hamiltonian układu zawiera tylko tunelowanie i człon trójciałowy. Z racji dużych rozmiarów sieci tym razem posłużono się metodą DMRG z której to wyniki ekstrapolowano do granicy nieskończonego  $L$ . W pracy [H4] znaleziono również położenie parametru krytycznego inną metodą, poprzez analizę entropii splątania którą można bezpośrednio uzyskać z macierzy gęstości uzyskanych z metody DMRG. Ostatnia z prac poświęconych oddziaływaniom trójciałowym w modelu Bose-Hubbarda [H5] przedstawia badania własności tego modelu w przybliżeniu pola średniego dla gazu bozonów o odpychającym oddziaływaniu dwuciałowym. Porównane zostają wyniki perturbacyjnej metody pola średniego i metody wariacyjnej ansatzu Guzwillera na granicy fazy nadciekłej i izolatora. Model Guzwillera wykorzystany jest również do zbadania pełnego diagramu fazowego układu.

W publikacji [H6] Kandydat bada przejścia fazowe w płytkiej sieci optycznej jednowymiarowej. Stara się wyodrębnić wiodące poprawki do standardowego hamiltonianu Bosego-Hubbarda ważne dla tego typu układu i sprawdza swoją hipotezę numerycznie. Taką poprawką okazuje się tunelowanie do następnych sąsiadów, natomiast okazuje się, że inne poprawki, jak wpływ pasm wzbudzonych nie są istotne (co jest dość zaskakujące). Tak więc by opisać układ bozonów w płytkiej sieci optycznej wystarczy jeden dodatkowy parametr: tunelowanie do następnych sąsiadów. Stosunek tunelowań do pierwszych i następnych sąsiadów zależy tylko od głębokości sieci. Kandydat wykazał, że stosunek parametru tunelowania do oddziaływania dla którego następuje przejście fazowe jest dla płytkiej sieci istotnie różny. Wyniki z tej pracy mogą być wykorzystane w eksperymentach, w których precyzyjnie wyznacza się parametry przejścia fazowego (na przykład eksperymenty na atomach Cs w sieci

optycznej prowadzone w grupie H. C. Nagerla w Innsbrucku).

Podsumowując, osiągnięcie naukowe przedstawione przez dr. Tomasz Sowińskiego jako cykl prac *“Modelowanie zjawisk fizycznych zachodzących w układach ultrazimnych bozonów przetrzymywanych w sieciach optycznych”* zasługuje na najwyższą ocenę: publikacje, w których zostały one przedstawione ukazały się na łamach najlepszych czasopism fizycznych. Większość publikacji dr Sowińskiego w cyklu przedstawionym komisji to prace monoautorskie, a oświadczenia współautorów prac [H2] i [H5] nie pozostawiają cienia wątpliwości, o wiodącej roli dr. Sowińskiego w tych pracach (który nb. jest ich pierwszym autorem). Szczególnie należy wyróżnić prace [H1,H2,H3,H6], które bardzo wybijają się.

### **Ocena innej istotnej aktywności naukowej**

Pozwolę odnieść się tylko do aktywności Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora. Najbardziej wartościowymi w mojej opinii osiągnięciami naukowymi których Kandydat nie włączył do osiągnięcia habilitacyjnego są:

1) Badania przejść fazowych gazu kwantowego dipoli elektrycznych (ultrazimnych molekuł) w sieciach optycznych i wyznaczenie parametrów kształtu sieci i oddziaływania dipolowego (kontrolowanego elektrycznym polem zewnętrznym), dla których następuje przejście układu do fazy nadciężkich par. Z uwagi na ogromne zainteresowanie środowiska ultrazimnymi molekułami w niedalekiej przyszłości można spodziewać się wykorzystania wyników tych badań do realizacji eksperymentalnej. Badania te zaowocowały publikacją w czasopiśmie *Physical Review Letters* [P15], zaś dr Sowiński był pierwszym autorem tej pracy. Praca ta jest dotychczas najlepiej cytowaną pracą Habilitanta.

2) Badania układów kilku oddziałujących fermionów o spinie  $\frac{1}{2}$  w pułapce harmoniczej opublikowane w pracach [P3] i [P9], motywowane najnowszymi eksperymentami na atomach fermionowych (Li) w sieciach optycznych w grupie Selima Jochima w Heidelbergu. Badania układów kilku fermionów są kluczowe ze względu na np. zrozumienie tworzenia się par Coopera w układach wielu fermionów. W szczególności w pracy [P3] zbadano zachowanie układu kilku fermionów o ujemnej długości rozpraszania i wykazano formowanie się frakcji skorelowanych par o przeciwnych spinach w tego typu układach. Warto zauważyć, że Kandydat rozwija tą tematykę w ramach grantu Iuventus. Prace poświęcone układom kilku fermionów również bardzo szybko zyskały duże uznanie środowiska o czym świadczy spora liczba cytowań prac [P3] i [P9].

3) Praca [P1] dotycząca rozszerzeń modelu Hubbarda w dziedzinie sieci optycznych, która jest wieloautorską pracą przeglądową. Obecność dr. Tomasza Sowińskiego wśród na liście autorów świadczy o ugruntowanej pozycji Kandydata w dziedzinie fizyki ultrazimnej materii.

## **Wskaźniki bibliometryczne**

Pozwoliłem sobie uaktualnić dostarczone przez Kandydata zestawienie bibliometryczne.

Wg. Web of Science dr Sowiński opublikował do tej pory 26 publikacji, które były do tej pory cytowane 168 razy, 130 razy jeśli odliczyć autocytywania. Jego indeks Hirsha wynosi 8. Te liczby nie są jeszcze wysokie dla kandydata na stopień doktora habilitowanego. Tym niemniej, analiza cytowań prac kandydata w poszczególnych latach świadczy o gwałtownej tendencji wzrostowej w ostatnich trzech latach (wzrost liczby cytowań o kilkadziesiąt procent rok do roku). Współautorstwo doskonałej pracy przeglądowej w czasopiśmie Reports on Progress in Physics zapewne również znacząco poprawi cytawalność i rozpoznawalność autora. Jestem pewien, że w następnych 2-3 latach wskaźniki bibliometryczne znacząco wzrosną.

## **Ocena działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej**

Pan Tomasz Sowiński był dotychczas opiekunem (jako współpromotor) jednego doktoratu (pani Joanny Pietraszewicz) oraz promotorem dwóch prac licencjackich. Nie jest to duże doświadczenie, ale należy wziąć pod uwagę, że jednostką macierzystą pana Sowińskiego jest instytut PAN, który jest w trudniejszej pozycji do pozyskiwania studentów gotowych podjąć tak trudne wyzwanie jakim jest fizyka teoretyczna. W latach 2005- 2012 pan Sowiński prowadził szereg zajęć na studiach I-go stopnia na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie. Były to głównie ćwiczenia do wykładów kursowych z takich przedmiotów jak matematyka, podstawy fizyki, fizyka jądra i cząstek elementarnych. Łączna liczba godzin pracy ze studentami w ciągu całej kariery przekracza 700. Do tej pory Kandydat nie prowadził zajęć jako główny prowadzący.

Przy ocenie zdolności Kandydata do samodzielnego nauczania należy również zwrócić uwagę na jego niezwykle osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki. I tak, na przykład, Pan Tomasz Sowiński może poszczycić się tytułem "Mistrza Popularyzacji Nauki" za rok 2008 (nagroda Prezesa PAN). Był też zaangażowany w prowadzenie wykładów w ramach Festiwal Nauki w Warszawie zdobywając nawet nagrodę za najlepszy wykład popularnonaukowy (w roku 2009). Wykłady popularyzacyjne prowadził też w ramach Uniwersytetu Dzieci, w Centrum Nauki "Kopernik" w Warszawie, i kilku innych miejscach. Oprócz tego jest autorem wielu publikacji popularnonaukowych, w tym 57 artykułów w czasopiśmie "Młody Technik", materiałów uzupełniających do książki prof. Białynickiego-Biruli "Modelowanie rzeczywistości", materiałów dydaktycznych dla uczniów szkół

średnich i nauczycieli. Opublikował również kilka filmów krótkometrażowych na portalu YouTube demonstrujących kilka zagadnień z fizyki i matematyki.

### **Granty i działalność organizacyjna**

Oceniając działalność organizacyjną doktora Tomasza Sowińskiego należy przede wszystkim zwrócić uwagę na jego doświadczenie w prowadzeniu grantów badawczych jako "Principal Investigator". Dotychczas zdążył zdobyć już dwa granty (na sumę ok 400 tysięcy złotych) w ramach konkursów "Sonata" NCN oraz "Iuventus Plus" MNiSW. Ponadto, pozyskał sam wyjazdowe stypendium podoktorskie "Kolumb" Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Habilitant posiada więc bardzo duże doświadczenie w zdobywaniu środków zewnętrznych na badania oraz zarządzania nimi. Ponadto doktor Sowiński zdobył doświadczenie przy organizacji międzynarodowej, cyklicznej konferencji o dużej renomie "Quantum Technologies" (jako sekretarz konferencji) oraz sympozjum "From Geometry and Chaos to Quantum Information and Neurobiology". Ponadto doktor Sowiński działał przez szereg lat w Komitecie Głównym Olimpiady Fizycznej. Działalność organizacyjna Kandydata jest zatem bardzo urozmaicona.

### **Podsumowanie**

Przedstawione przez doktora Tomasza Sowińskiego osiągnięcie bez wątpienia wnosi bardzo duży wkład do fizyki ultrazimnych gazów atomowych. Autor jest uznanym na świecie specjalistą w zakresie badania ultrazimnych atomów w sieciach optycznych. Przedstawiony jako osiągnięcie habilitacyjny cykl jest istotnie cyklem monotematycznym, skupionym wokół badań bozonów w sieciach optycznych i niedyskutowanych do tej pory rozszerzeniach modelu Hubbarda. W jego zaprezentowanym jako osiągnięcie habilitacyjne cyklu prac znajdują się doskonałe prace, głównie monoautorskie, w najlepszych czasopismach fizycznych, które w ostatnich 2-3 latach zdążyły zyskać dużo cytowań. Ponadto autor nie koncentrował się w ostatnich latach tylko na jednym zagadnieniu, ale posiada szereg innych, znakomitych osiągnięć, jak na przykład badania ukadów kilku fermionów w pułapkach harmonicznym, czy ultrazimnego gazu molekularnego w sieciach optycznych. Podsumowaniem jego dotychczasowej pracy badawczej jest współautorstwo znakomitej pracy przeglądowej w prestiżowym czasopiśmie *Reports on Progress in Physics*. Moim zdaniem rozpoznawalność Habilitanta mogłaby jeszcze bardziej zyskać, gdyby wykazał zwiększył swoją aktywność w prezentowaniu wyników swoich badań na konferencjach, sympozjach i w innych ośrodkach naukowych (szczególnie zaś poza Polską). Doktor Sowiński bardzo dobrze sobie radzi jako organizator prac badawczych, o czym świadczy przede wszystkim jego kierownictwo w dwóch projektach

badawczych fundowanych przez NCN i MNiSW oraz zdobyte stypendium wyjazdowe FNP "Kolumb". Dorobek dydaktyczny Kandydata jest również duży, choć doświadczenie Habilitanta w kierowaniu pracami dyplomowymi jest raczej skromne. Z kolei dorobek popularyzatorski doktora Sowińskiego jest ponadprzeciętny i znakomity, zasługuje na szczególne słowa uznania i dopełnia jego dorobek dydaktyczny.

Mając na uwadze powyższe osiągnięcia stwierdzam, że zgodnie z kryteriami Rozporządzenia MNiSW z 1.09.2011 roku dr Tomasz Sowiński całkowicie spełnia wymagania Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym, w związku z czym rekomenduję Komisji wydanie pozytywnej opinii w sprawie nadania mu stopnia doktora habilitowanego.



Piotr Żuchowski