

dr hab. Łukasz Cywiński, prof. IF PAN
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
Al. Lotników 32/46
02-668 Warszawa

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku Pani dr Emilii Witkowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Sylwetka naukowa habilitantki i ogólne omówienie osiągnięcia naukowego oraz udokumentowania wkładu habilitantki w prace składające się na osiągnięcie

Dr Emilia Witkowska jest absolwentką Uniwersytetu w Białymstoku. Stopień doktora uzyskała w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w 2007 roku. Pracę doktorską na temat metody pól klasycznych stosowanej do opisu gazu bozonów napisał pod opieką prof. dr. hab. Mariusza Gajdy. Od stycznia 2008 roku jest zatrudniona jako adiunkt w IF PAN. W tym okresie odbyła również kilka dłuższych (powyżej miesiąca) wizyt w laboratorium Kastler-Brossel École Normale Supérieure w Paryżu. Głównym tematem badań dr Witkowskiej jest fizyka kondensatów Bosego-Einsteina. Zajmowała się ona również innymi zagadnieniami z szerszej dziedziny badań nad kondensatami ultrazimnych atomów, n.p. solitonami w zdegenerowanej gazie Fermiego, rezonansami Feshbacha, oraz kondensacją polarytonów.

Po uzyskaniu doktoratu dr Witkowska nawiązała współpracę z wieloma naukowcami z kraju i z zagranicy. Najbardziej dotąd owocne były badania przeprowadzone wspólnie z prof. A. Sinatra i Y. Castinem z Francji i z dr. hab. M. Matuszewskim z IF PAN. Opublikowała dotąd 22 prace (4 artykuły przed otrzymaniem doktoratu, 17 artykułów i jeden rozdział w książce po otrzymaniu), które były cytowane 173 razy do lipca 2016 r. (a już 189 razy do połowy grudnia 2016 r.). Warto zauważyć, iż uważniejsze spojrzenie na zależność liczby cytowań od czasu pokazuje rosnące zainteresowanie pracami dr Witkowskiej – artykuły wchodzące w skład jej osiągnięcia naukowego były cytowane już 88 razy, w tym 27 razy w tym roku (dane uzyskałem z Web of Science w grudniu 2016 r), co świadczy o szerokim zainteresowaniu wynikami opisanymi w tych pracach. Współczynnik samouwielbienia (stosunek liczby autocytowań do całkowitej liczby cytowań) wynosi 0.2 dla wszystkich prac dr Witkowskiej, co jest wynikiem nie wzbudzającym niepokoju. Należy zaznaczyć, iż jakość tychże cytowań jest wysoka: wiele z cytujących prac opublikowano w szanowanych czasopiśmie, a prace dotyczące mechanizmu Kibble'a-Żurka cytowane były wielokrotnie przez czołowych naukowców zajmujących się tym tematem (np. przez Wojciecha Żurka).

W ciągu ostatnich sześciu lat dr Witkowska wykorzystwała swoją wiedzę dotyczącą półklasycznych symulacji dynamiki kondensatów Bosego-Einsteina do badań nad kilkoma problemami dotyczącymi nierównowagowej dynamiki kondensatów wywoływanej przez zewnętrzną manipulację parametrami układu, lub przez przygotowanie początkowo nierównowagowego stanu układu. W skład jej osiągnięcia naukowego wchodzi cztery prace [h1-h4] poświęcone powstawaniu defektów parametru porządku podczas nieadiabaticznych klasycznych [h1] i kwantowych [h3-h4] przejść fazowych w kondensatach (tzn. mechanizmowi Kibble'a-Żurka), oraz pięć prac [h5-h9] poświęconych teorii dynamicznego wytwarzania stanów ściśniętych spinowo w kondensatach. W tej drugiej grupie trzy prace, poświęcone wpływowi fluktuacji termicznych na dynamikę ściskania w kondensatach

dwuskładnikowych, powstały we współpracy z prof. A. Sinatrą i innymi naukowcami z laboratorium Kastler-Brossel École Normale Supérieure w Paryżu, a dwie najnowsze, poświęcone wpływowi oddziaływań dipolowych na dynamikę ściskania w kondensatach spinorowych, powstały w całości w Instytucie Fizyki PAN (jedynym współautorem jest w nich student, mgr. Dariusz Kajtoch). Trzy prace zostały opublikowane w Physical Review Letters, trzy w Phys. Rev. A, a po jednej ukazało się w Phys. Rev. B, Europhysics Letters, oraz European Physics Journal Special Topics.

Podjęcie badań teoretycznych opisanych w tych pracach było dobrze umotywowane przez niedawne osiągnięcia doświadczalne. Celem wielu z przedstawionych prac było stworzenie realistycznego opisu zjawisk, które we wcześniejszych artykułach innych autorów były modelowane w przybliżony sposób. Dzięki tym cechom cykl artykułów składających się na osiągnięcie naukowe stanowi znaczący przyczynek do aktualnie prowadzonych na świecie badań nad dynamiką kondensatów Bosego-Einsteina. Jedyne, czego mi brakuje w cyklu, to artykuł przeglądowy, w którym habilitantka byłaby jedyną lub przynajmniej pierwszą autorką. Nie jest to oczywiście wada w żaden sposób dyskwalifikująca. Mam nadzieję, iż taki artykuł powstanie w najbliższej przyszłości.

Na podstawie oświadczeń dr Witkowskiej oraz współautorów prac składających się na osiągnięcie naukowe mogę stwierdzić, że dr Emilia Witkowska miała jednoznacznie wiodący wkład w powstanie prac [h1], [h4], [h8] i [h9]. Prace [h2] i [h3] powstały w bliskiej współpracy kilkorga naukowców, i dr Witkowska była jedną z dwóch lub trzech osób mający mniej więcej równoważny wkład w te prace. Tworzą one spójny cykl razem z pracą [h4], co pokazuje, iż dr Witkowska była w stanie wnieść ważny wkład w zbiorową pracę naukową, a następnie samodzielnie rozwinąć badania nad daną tematyką. W pracach [h5-h7] dr Witkowska miała dobrze wyodrębniony wkład: wykonała ona wszystkie symulacje numeryczne, bez których przedstawione w tych pracach przybliżone wyniki nie byłyby przekonujące (oczywiście miała również wkład w analizę wyników i pisanie manuskryptów). Prace [h8] i [h9] dotyczą podobnej tematyki (wytwarzania stanów ściśniętych spinowo w kondensatach) co prace [h5-h7], ale zagadnienia poruszane w nich znacząco różnią się od tych badanych w [h5-h7]. Ponownie pokazuje to umiejętność współpracy z naukowcami posiadającymi inne doświadczenie i podejście do danego problemu, a następnie zdolność do samodzielnej kontynuacji i znaczącego rozszerzenia badań. W całym cyklu prac składających się na osiągnięcie naukowe widać intelektualną trajektorię dojrzałego i samodzielnego naukowca, czerpiącego z współpracy z innymi badaczami, rozwijającego kilka tematów badań, a w ostatnich latach wciągającego studentów do pracy nad ważnymi i ciekawymi zagadnieniami.

2. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego

Praca [h1] dotyczy klasycznego nieadiabaticznego przejścia fazowego podczas kondensacji Bosego-Einsteina w kwazi-jednowymiarowym przypadku. W stosunku do wcześniejszych pracy teoretycznych na ten temat główną różnicą jest uwzględnienie w [h1] ostatniego etapu wytwarzania kondensatu, tzn. chłodzenia przez odparowanie, oraz skończonego rozmiaru układu (tzn. wykonanie symulacji w przypadku odległym od granicy termodynamicznej). Uwzględnienie tych efektów zbliża teoretyczny model układu do

rzeczywistej sytuacji doświadczalnej. W pracy tej pokazano, iż w takiej sytuacji powstawanie ciemnych solitonów w czasie kondensacji może być opisane (przynajmniej w pewnym zakresie parametrów układu) teorią Kibble'a-Żurka. Wysiłek związany ze stworzeniem bardziej realistycznego opisu układu został doceniony: praca [h1] została zacytowana w artykule doświadczalnym opublikowanym w Nature Physics w 2013 roku.

Prace [h2-h4] stanowią spójny cykl dotyczący mechanizmu Kibble'a-Żurka w antyferromagnetycznym kondensacie spinorowym (atomów o spinach $S=1$), w którym zachodzi kwantowe przejście fazowe wywoływane przez zmienne w czasie pole magnetyczne. Podczas nieadiabaticznej zmiany tego pola, przy przejściu przez jego wartość krytyczną odpowiadającą przejściu pomiędzy fazą antyferromagnetyczną (w której wszystkie atomy znajdują się w stanach opisanych liczbami kwantowymi $m_f=\pm 1$) a fazą w której atomy znajdują się we wszystkich możliwych stanach $m_f=0, \pm 1$, zachodzi spontaniczna separacja przestrzenna układu na fazę antyferromagnetyczną oraz fazę zawierającą wyłącznie atomy o $m_f=0$. Głównym zjawiskiem przewidzianym w [h2] jest silna modyfikacja tego mechanizmu wywołana przez istnienie dodatkowej stałej zachowania (magnetyzacji kondensatu): o ile liczba zarodków domen fazy z $m_f=0$ powstających w momencie przechodzenia przez punkt krytyczny zachowuje się zgodnie z przewidywaniami teorii K-Ż, to liczba domen w końcowym stanie skaluje się w zauważalnie inny sposób z prędkością przejścia przez punkt krytyczny niż wynikałoby z tej teorii. Wynika to z procesu (nazwanego „postselekcją” w [h2]) który następuje po zakończeniu działania standardowego mechanizmu K-Ż, czyli po wytworzeniu defektów parametru porządku podczas nieadiabaticznego przejścia przez punkt krytyczny. Zaobserwowany on został w symulacjach przeprowadzonych metodą obciętej funkcji Wignera, a następnie jakościowo wytłumaczony poprzez uważne rozważenie warunków współistnienia dwóch faz, oraz więzów nakładanych na te warunki przez zachowanie magnetyzacji [h2]. W pracy [h3] przedstawiono więcej wyników symulacji, oraz bardziej szczegółową analizę analityczną zachodzących zjawisk, a w pracy [h4] zastosowano metodę pól klasycznych do pokazania, iż przewidywane zjawisko powinno być zauważalne w skończonej temperaturze.

Prace [h5-h9] dotyczą dynamiki i wytwarzania stanów ściśniętych spinowo w kondensatach Bosego-Einsteina. Motywacją dla nich były doświadczenia przeprowadzone nad dwuskładnikowymi kondensatami w 2010 roku (obie prace doświadczalne opublikowane w Nature – wspominał o tym aby podkreślić związek badań habilitantki z najnowszymi osiągnięciami doświadczalnych badań nad kondensatami). W [h5-h7] uwzględniono wpływ skończonej temperatury (i wynikającej z niej wielomodowej dynamiki) na maksymalny poziom ściśnięcia możliwy do uzyskania w przeprowadzanych na świecie doświadczeniach. Głównym wynikiem [h5] jest pokazanie, że w przestrzennie jednorodnym układzie parametr ściśnięcia w skończonej temperaturze osiąga skończoną (niezerową) wartość w granicy dużej liczby atomów w kondensacie (w zerowej temperaturze parametr ten powinien dążyć do zera wraz ze wzrostem liczby atomów). Jest to wynik o dużym znaczeniu poznawczym i praktycznym. Praca [h6] rozszerza wyniki z [h5], zaś [h7] domyka cykl artykułów przez przeprowadzenie analogicznych rozważań dla układu przestrzennie niejednorodnego (pułapki harmoniczej).

Prace [h8] i [h9] łączą dwa nurty zainteresowań dr Witkowskiej: dynamikę kondensatów spinorowych oraz dynamikę stanów ściśniętych. W pracy [h8] przedstawione są

wyniki dotyczące dynamiki ściskania spinowego stanu koherentnego zespołu spinów $\frac{1}{2}$, które poddane są działaniu tzw. dwuosiowego Hamiltonianu kontrskracającego (two-axis countertwisting Hamiltonian), którego implementacja jest proponowana w celu uzyskania większego poziomu ściśnięcia w porównaniu z opanowaną eksperymentalnie implementacją Hamiltonianu jednoosiowo skręcającego (one-axis twisting). Nowe ciekawe teoretyczne elementy pojawiają się na skutek rozważania atomów o spinie 1: opis wymaga teraz języka algebry $su(3)$, co znacząco wzbogaca i komplikuje rozważanie ściskania spinowego. Konieczne jest również uwzględnienie obecności oddziaływań dipolowych, i zrozumienie ich wpływu na maksymalny poziom ściśnięcia było głównym tematem pracy [h9]. Należy wspomnieć, iż motywacją dla tych wszystkich badań jest perspektywa wykorzystania stanów ściśniętych spinowo do kwantowej metrologii, tzn. do wykorzystania kwantowych korelacji wielu atomów w celu zwiększenia precyzji zegarów atomowych i magnetometrów. Często teoretyczne wyniki dotyczące kwantowej metrologii uzyskane przez rozważanie wyidealizowanych modeli sugerują możliwość ogromnego zwiększenia precyzji, która znika po uwzględnieniu bardziej realistycznego modelu danego układu. Ważne są więc badania, w których konkretne układy (kondensaty Bosego-Einsteina różnych typów w przypadku prac dr Witkowskiej) są analizowane przy wzięciu pod uwagę takich „niewygodnych” teoretycznych cech jak skończona temperatura, rozmiar, czy istnienie dodatkowych oddziaływań.

3. Ocena pozostałej działalności naukowej

Tematyka badań dr Witkowskiej jest silnie skoncentrowana na kondensatach Bosego-Einsteina, ale pracowała ona nad różnymi aspektami ich fizyki (oprócz zagadnień omówionych powyżej w dorobku są m.in. prace dotyczące solitonów w zdegenerowanych gazach kwantowych, rezonansów Feshbacha, dynamiki spójności fazowej kondensatów, oraz kondensacji w nierównowagowym układzie ekscytonowych polarytonów). Całkowity dorobek jest bardzo dobry: liczba prac jest jak najbardziej przyzwoita, a podkreślić należy fakt iż wszystkie ukazały się w dobrych i bardzo dobrych czasopismach.

Dr Witkowska posiada doświadczenie w pozyskiwaniu środków na badania naukowe i w kierowaniu projektami badawczymi: była kierowniczką dwóch projektów NCN (SONATA w latach 2012-2016, SONATA BIS uzyskana w 2016), oraz koordynowała kilku polsko-francuskich projektów badawczych na podstawie umowy o współpracy międzynarodowej między PAN i CNRS.

Wygłosiła ona siedem zaproszonych referatów na międzynarodowych konferencjach tematycznych, w tym trzy z nich na konferencjach odbywających się poza granicami Polski.

Otrzymała Nagrody Naukową Dyrektora Instytutu Fizyki PAN za najlepsze publikacje w latach 2013 (za pracę [h2] stanowiącą część omawianego tu osiągnięcia) i 2011-2013 (za pracę [h1]).

Dr Witkowska nie uczestniczyła w programach europejskich, komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych, konsorcjach, komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism. Prowadziła za to działalność dydaktyczną na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie (matematyka, fizyka statystyczna, fizyka atomu i cząsteczki, programowanie). Sprawowała również opiekę nad stażami naukowymi czterech studentów (z dwoma powstały artykuły).

Zauważyć należy też działalność recenzencką, dotyczącą zarówno grantów, jak i artykułów dla bardzo dobrych czasopism (Phys. Rev. Lett, Phys. Rev. A oraz B, New Journal of Physics).

Dr Witkowska prowadziła (i prowadzi) szeroko zakrojoną współpracę w wieloma naukowcami z kraju (z IF PAN, CFT PAN, Uniwersytetu Warszawskiego) i z zagranicy (oprócz grupy z laboratorium Kastler-Brossel należy wspomnieć grupę prof. K. Burnetta z Oksfordu).

W mojej ocenie wyżej opisana działalność z nawiązką spełnia ustawowe wymagania dotyczące habilitacji.

4. Podsumowanie

Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę habilitacji dr Emilii Witkowskiej oraz jej pozostałe dokonania naukowe wypełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania. Z pełnym przekonaniem popieram wniosek o nadanie dr Emilii Witkowskiej stopnia doktora habilitowanego.

WARSZAWA 18 XII 2016

dr hab. Łukasz Cywiński, prof. IF PAN

Łukasz Cywiński