

Białystok, 11-01-2022

dr hab. Tomasz Karpiuk, prof. UwB
Wydział Fizyki
Uniwersytet w Białymstoku
ul. Ciołkowskiego 1L
15-245 Białystok

Recenzja osiągnięć naukowych dr. Krzysztofa Jachymskiego

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.) osoba ubiegająca się o stopień doktora habilitowanego powinna posiadać w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny. Takim znaczącym osiągnięciem, stanowiącym minimum w ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego, może być jeden cykl połączonych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach ujętych w odpowiednich wykazach ministerialnych. W przypadku dr. Krzysztofa Jachymskiego jest to cykl dziesięciu artykułów naukowych zatytułowany „Inżynieria kwantowa złożonych ultrazimnych układów atomowych”. Prace były opublikowane w latach 2016-2021 w bardzo dobrych czasopismach punktowanych w dyscyplinie nauki fizyczne. Należy tu podkreślić, że dwie z tych prac ukazały się w prestiżowym *Physical Review Letters*. W dwóch innych pracach dr Krzysztof Jachymski jest jedynym autorem, a w trzech pierwszym autorem. Na podstawie tego, że kandydat jest jedynym autorem dwóch publikacji i na podstawie oświadczeń współautorów pozostałych publikacji nie ma wątpliwości, że wkład dr. Krzysztofa Jachymskiego jest dominujący w powstanie omawianego cyklu prac.

Recenzja znaczącego osiągnięcia

Tytuł cyklu prac odnosi się do inżynierii kwantowej i ultrazimnych atomów. Inżynieria kwantowa to tworzenie nowych technologii, które bezpośrednio używają praw mechaniki kwantowej, czyli tworzenie technologii kwantowych. Mówi się tu zwykle o metrologii, informatyce kwantowej czy symulatorach kwantowych. Jednym z narzędzi, które mogą służyć realizacji tych technologii są ultrazimne układy atomowe. Mamy tu na myśli układy złożone z atomów i jonów, które są schłodzone do bardzo niskich temperatur. W tych warunkach istotne stają się ich kwantowe własności. Aby powiązać jedno z drugim (możliwa była inżynieria za pomocą atomów) potrzebna jest bardzo dokładna kontrola oddziaływań pomiędzy składnikami układu.

W pracy H.10, której dr Krzysztof Jachymski jest jedynym autorem, pokazano jak obliczyć spektrum energii w przypadku gdy mamy do czynienia z kilkoma przekrywającymi się rezonansami. Zbadano też jaki wpływ na to spektrum ma siła i kształt potencjału pułapki i kiedy standardowe dwukanałowe podejście się załamuje. Obliczeń dokonano na przykładzie pułapki anharmonicznej. W celu obliczeń opracowano efektywny wielokanałowy model, który można zastosować do dowolnej pułapki. W pracy H.6 zastosowano ten model do podwójnej studni. To

powoduje sprzężenie ruchu względnego atomów z ruchem środka masy. W wyniku spektrum energii staje się bardziej skomplikowane. Pojawienie się dodatkowych rezonansów związanych ze sprzężaniem się ruchu względnego i środka masy pozwalana na zmierzenie siły rezonansu i zależności energetycznej przesunięcia fazowego. Jako, że dokładna kontrola oddziaływań jest niezbędnym elementem inżynierii kwantowej z użyciem atomów artykuły te bardzo dobrze wpisują się w temat cyklu. Należy tu podkreślić, że praca H.6 jest również autorską pracą dr. Krzysztofa Jachymskiego.

W kolejnym artykule H.9, której dr Krzysztof Jachymski jest współautorem (drugim autorem jest Rafał Ołdziejewski) zajęto się wyliczeniem amplitudy rozpraszania wychodząc poza przybliżenie Borna w przypadku atomów pochodzących z grupy lantanowców. Dla przykładu może to być dysproz. Jest on interesujący ponieważ charakteryzuje się dużym magnetycznym momentem dipolowym. W tym wypadku oddziaływanie jest długozasięgowe i wykazuje anizotropię zależną od kąta pomiędzy orientacją dipoli i wektora, który je łączy. Ze względu na to, w obliczeniach amplitudy rozpraszania, nie można się ograniczyć do najniższej fali parcjalej. Użycie przybliżenia Borna też nie jest wystarczające. W pracy obliczono pełną amplitudę rozpraszania co pozwoliło wprowadzić efektywną długość dipolową. Zastępuje ona standardową długość dipolową w standardowym wzorze na amplitudę rozpraszania pochodzącym z przybliżenia Borna. Pozwala to na poprawę zgodności pomiędzy doświadczeniem i teorią co do stabilności kropli dipolowych odkrytych przez grupę prof. Tilmana Pfaua (Nature, 530(7589):194–197, 2016). Omawiana praca w pierwszej części dotyczy precyzyjnego wyznaczenia oddziaływań pomiędzy atomami co dobrze wpisuje się w temat cyklu. Jak można wnioskować z oświadczenia autora i współautora dr Krzysztof Jachymski był pomysłodawcą projektu, wykonał obliczenia amplitudy rozpraszania, nadzorował pozostałe prace i miał wiodący wkład w pisanie artykułu.

W dwóch kolejnych pracach H.8 i H.7 zaproponowano by za pomocą informacji o zderzeniach cząstek wywnioskować jaka jest wartość pola magnetycznego. Inaczej mówiąc zaproponowano budowę sensora pola magnetycznego. Pokazano, że za pomocą zaproponowanego sensora pola magnetycznego teoretycznie można osiągnąć dokładność poniżej jednej nanotesli przy rozdzielczości poniżej mikrometra dla statycznych pól. Bez wątpliwości obie te prace znakomicie wpisują się w temat cyklu prac, jako że bezpośrednio proponują budowę sensora opartego o technologię kwantową. W odniesieniu do tych dwóch artykułów pojawiają się pewne niezgodności co do roli współautorów. Zarówno dr Krzysztof Jachymski jak i prof. dr Tommaso Calarco uważają się za pomysłodawców. To, że pomysłodawcą jest prof. dr Tommaso Calarco potwierdza również w swoim oświadczeniu dr Antonio Negretti. Jednym z współautorów pracy H.8 jest Zbigniew Idziaszek, którego oświadczenia brakuje we wniosku. Pomimo tych nieścisłości niewątpliwym jest, że dr Krzysztof Jachymski brał udział w omawianiu koncepcji projektu, wykonał obliczenia rozproszeniowe, przeprowadził analizę implementacji sensora, przeprowadził analizę oczekiwanej precyzji pomiarów i miał wkład w pisanie obu publikacji. Reasumując jego wkład w obie publikacje był znaczący.

Artykuł H.5 poświęcony był teoretycznemu opisowi nieelastycznych zderzeń pomiędzy jonami molekularnymi, a atomami. Pokazano, że dla procesów nieelastycznych można zamiast rozwiązywania wielokanałowego problemu użyć metody przybliżonej do oszacowania szybkości tych procesów. Użyto przybliżenia Borna ze zniekształconą falą. Znaleziono szybkości zderzeń

użyto do interpretacji wyników doświadczenia opisanego w pracy H.3. Habilitant był pomysłodawcą projektu, wykonał wszystkie obliczenia i miał wiodącą rolę w pisaniu pracy.

Model z pracy H.5 został wykorzystany do opisu części wyników artykułu H.3 w którym mierzono, między innymi, frakcję jonów molekularnych Rb_2^+ , która uległa dysocjacji w funkcji energii wiązania. W kolejnej pracy H.2 mierzono czas dotarcia jonu Rb^+ do detektora. Jon początkowo był przepychany przez gaz atomów za pomocą słabego pola elektrycznego, a potem wypychany w stronę detektora za pomocą silnego impulsu. W obydwu doświadczalnych pracach dr Krzysztof Jachymski był odpowiedzialny obliczenia zderzeniowe, dostarczył przekrojów czynnych do symulacji i analizował wyniki doświadczenia.

Praca H.1 poświęcona była teoretycznym badaniom jonu zanurzonego w gazie atomów. W tej pracy badano nie dynamikę, a stan podstawowy takiego układu. Używano tu metody Monte Carlo i pokazano, że własności polaronu złożonego z jonu i atomów mogą być znacząco inne niż polaronu bazującego na obojętnej domieszce. Habilitant brał udział w formułowaniu celów projektu, miał wkład w dane wejściowe do symulacji Monte Carlo, uczestniczył w analizie wyników i pisaniu treści artykułu.

W ostatniej z opisywanych prac H.4 badano możliwość utworzenia symulatora kwantowego do badania modeli ciała stałego ze sprzężeniem pomiędzy elektronami i fononami. Jako składniki takiego symulatora wybrano jony w pułapce zanurzone jednocześnie w ultrazimnym gazie atomowym. Pokazano, że za pomocą takiego układu można symulować rozszerzony model Hubbarda-Holsteina z istotnymi sprzężeniami pomiędzy polaronami i fononami. Co więcej pojawia się możliwość oddziaływania o długim zasięgu pomiędzy polaronami, które jest indukowane przez fonony. Praca ta jest więc teoretyczną propozycją symulatora kwantowego co świetnie wpisuje się w tematykę cyklu prac. Również wcześniej omawiane prace H.1, H.2, H.3 i H.5 dotyczące układu jon-atomy i kontroli tych układów stanowią kroki na drodze do realizacji takich symulatorów. Dr Krzysztof Jachymski w pracy H.4 był współtwórcą pomysłu, wykonał większość obliczeń analitycznych i numerycznych i miał wiodący wkład w pisanie tekstu pracy.

Recenzja innych istotnych osiągnięć naukowych

Omówiony cykl prac nie jest oczywiście jedynym osiągnięciem naukowym dr. Krzysztofa Jachymskiego. Poza pracami stanowiącymi cykl publikacji kandydat był współautorem innych 22 artykułów naukowych.

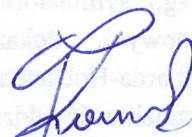
Na szczególną uwagę zasługuje tu przeglądowa publikacja B.2 opublikowana w 2019 w prestiżowym *Review of Modern Physics* dotycząca własności układów atom-jon, której dr Krzysztof Jachymski jest współautorem. W dniu pisania recenzji ilość cytowań to 80 (według *Web of Science*).

Pierwsze dwie prace powstały jeszcze podczas studiów magisterskich na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego pod kierownictwem dr hab. Zbigniewa Idziaszka. Były one poświęcone badaniu kąтового rozkładu światła rozpraszanego na sieci optycznej z nieporządkiem i pokazano, że w ten sposób można wykryć różne fazy kwantowe związane z nieporządkiem.

Do otrzymania stopnia doktora habilitant był współautorem kolejnych dziewięciu prac, a po uzyskaniu stopnia jedenastu prac, które nie weszły w skład głównego osiągnięcia. Artykuły te pokazują, że tematyka badań dr. Krzysztofa Jachymskiego jest znacznie szersza niż ta zaprezentowana w głównym osiągnięciu. Dla przykładu można tu wymienić prace B.1 i B.3, które dotyczą własności kropli kwantowych w gazie dipolowym w obecności silnego potencjału pułapki. Innym przykładem jest praca B.17 gdzie zaprojektowano protokół do obliczeń kwantowych.

Ocena

Moja ocena osiągnięć naukowych dr. Krzysztofa Jachymskiego jest bardzo wysoka i stwierdzam, że bez wątpliwości spełniają one wymogi art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.). Potwierdzeniem tego jest liczba cytowań (ponad 500 według Web of Science w dniu pisania recenzji). Świadczy to o tym, że działalność naukowa dr. Krzysztofa Jachymskiego jest zauważona przez środowisko i ma znaczący wkład w dyscyplinę nauki fizyczne. Zdecydowanie popieram wnioski o nadanie dr. Krzysztofowi Jachymskiemu stopnia doktora habilitowanego.



Tomasz Karpiuk