

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Łukasza Kłosowskiego

Pan dr inż. Łukasz Kłosowski występuje o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego z fizyki na podstawie osiągnięcia „Wybrane zjawiska zderzeniowe i rezonansowe w pułapkach jonowych” opisanego w cyklu pięciu publikacji, zgodnie z wymaganiami ustawy o szkolnictwie wyższym z dnia 2 lipca 2018 r.

Prace te powstały w latach 2014 – 2020 i dotyczą zagadnienia rezonansowych i zderzeniowych oddziaływań w zbiorach jonów uwięzionych w pułapkach jonowych. Fizyka jonów uwięzionych w odpowiednich pułapkach jest obecnie intensywnie badana a jej badaczy uhonorowano nagrodami Nobla z fizyki w 1989 i 2012 roku. Ma ona szczególne znaczenie dla badań podstawowych, zwłaszcza z zakresu metrologii i informacji kwantowej, ale także i dla zastosowań – n.p. w fizyce plazmy czy astrofizyce, a także w badaniach molekularnych.

Kluczową rolę dla powstania omawianego osiągnięcia naukowego pełni opublikowany w Nature artykuł Nr. 1. Jest to praca, jaką autor wykonał w ramach swego stażu naukowego na Uniwersytecie w Aarhus. Staż ten wprowadził dr Kłosowskiego w tematykę sputakowanych jonów, jedną z najszybciej się rozwijających dyscyplin współczesnej fizyki doświadczalnej – przede wszystkim ze względu na swoje znaczenie dla informacji i metrologii kwantowej (m.in. komputery i zegary atomowe).

Praca 1 jest pracą zbiorową (10 autorów), ale jak wynika z oświadczenia kierownika grupy Prof. Michaela Drewsena – dr Kłosowski odegrał ważną rolę w przeprowadzeniu doświadczenia, analizie danych, i pisaniu manuskryptu. W szczególności zaproponował metodę określenia temperatury rotacyjnej opartą na pomiarze populacji stanów podstawowych, wyprowadził związek między średnią energią zderzeń jon-atom, temperaturą gazu buforowego i geometrią kryształu jonowego oraz analitycznie opisał statystyczny rozkład prędkości w zderzeniach atomów z jonami.

Praca ta opisuje bardzo wyrafinowany wielostopniowy eksperyment, w którym połączono rozmaite techniki i metody. Zaczynano od kriogenicznego chłodzenia jonów atomowych Mg^+ , które chłodzono następnie przez oddziaływania elektrostatyczne, po czym związano je chemicznie z wodorem do MgH^+ , a następnie tak wytworzone jony molekularne doprowadzano do zderzeń z atomami He w celu kontrolowania rozkładów populacji ich stanów ro-wibracyjnych. W swoim czasie praca ta była jedną z pierwszych obserwacji skutecznego chłodzenia jonów molekularnych i została przyjęta z wielkim zainteresowaniem (67 cytowań w Nature).

Po zapoznaniu się z nową tematyką i powrocie ze stażu naukowego w Aarhus, dr Kłosowski poświęcił się rozwojowi własnego zaplecza badawczego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i w Krajowym Laboratorium Fizyki Atomowej Molekularnej i Optycznej (KL FAMO). Wymagało to sporo czasu, zapału i umiejętności oraz pokonania problemów zdrowotnych, które spowodowały dwuletnią przerwę w aktywności publikacyjnej autora.

Znam trudności, jakie zespół pułapki jonowej KL FAMO miał w osiągnięciu pełnych możliwości badawczych i wiem dobrze, jak trudnego zadania się podjął dr Kłosowski, gdy powierzono mu zadanie reaktywacji badań nad sputakowanymi jonami w KL FAMO. Tym bardziej szanuję jego odważną decyzję porzucenia swojej wcześniejszej, „bezpiecznej” tematyki elektronowych wzbudzeń atomów

i podjęcia ryzyka pracy budowania trudnego eksperymentu z małym zespołem. Ostatecznie decyzja okazała się słuszna – dr Kłosowski doprowadził swoją aparaturę do stanu, w którym zaczęła ona przenosić wartościowe wyniki (doceniły to też Władzę Uczelni przyznając zespołowi nagrodę Rektora UMK). Dzięki ogromnej pracy dr Kłosowskiego powstały kolejne publikacje, które stały się częściami 2-5 omawianego osiągnięcia naukowego.

I tak, praca 2 opisuje budowę układu doświadczalnego z liniową pułapką Paula, jaką dr Kłosowski zbudował. Korzystał tu częściowo ze współpracy z grupą Rainera Blatta (jednego z czołowych eksperymentatorów w tej dziedzinie) z Innsbruka, a częściowo z doświadczenia wyniesionego z Aarhus. Przede wszystkim jednak stworzył ten układ w Toruniu praktycznie od nowa.

W pracy 2 autor analizując kwestię stabilności sputakowanej chmury jonowej rozszerzył opis potencjału pułapkującego na trzy wymiary wprowadzając do standardowego formalizmu dodatkowy parametr uwzględniający wpływ zaburzenia symetrii pułapki. Ta numeryczna analiza pozwoliła mu na interpretację wyników doświadczenia, w którym pojawiły się nowe rezonanse nieliniowe w diagramach stabilności chmur jonowych. Autor uzyskał dobrą zgodność symulacji numerycznych z doświadczeniem. Wyniki analizy przeprowadzonej z rozszerzonym przez siebie modelem pomagają z jednej strony zrozumieć otrzymywane wyniki w realnych warunkach doświadczalnych, a z drugiej mogą być przydatne w analizie i selekcji masowej w fizyce jonów i zderzeń.

Kolejna, 3 praca opisuje doświadczenia, w których zmierzono przekrój czynny na jonizację atomów wapnia przy pomocy impulsowego działła elektronowego działającego w zakresie 16 – 160 eV. Oprócz sformułowania koncepcji przygotowania eksperymentu dr Kłosowski wykonał obliczenia numeryczne dla tego problemu i przeprowadził serię symulacji. Opracowana metoda pozwala na wydajną produkcję szerokiej klasy jonów przez zmianę tylko rodzaju mieszaniny gazowej. W moim przekonaniu, ważną zaletą tej pracy jest nie tylko wyznaczenie optymalnych warunków wzbudzenia, ale także opracowanie ogólnej metody określania przekrojów czynnych na jonizację przez zderzenia z elektronami w szerokiej klasie doświadczeń.

W pracach 2 i 3 bardzo przydaje się duże doświadczenie autora z poprzednio uprawianą tematyką zderzeń elektron–atom. Pozwala mu to na wydajne przeprowadzanie rozmaitych symulacji dotyczących oddziaływań atomów i jonów z elektronami i odpowiednio kształtowanymi polami.

W pracy numer 4, Łukasz Kłosowski z Mariuszem Piwińskim opisali wykonane przez siebie ciekawe doświadczenie, w którym zbadali przekaz energii i pędu w zderzeniach elektronów ze sputakowanymi jonami. W pracy tej przeanalizowano teoretycznie dynamikę zderzeń elektron-jon dla różnych układów jonowych w funkcji temperatury jonowej i liczby sputakowanych jonów, modelowano niezwykle ciekawe rozkłady przestrzenne kulombowskich kryształów jonowych oraz efekt grzania chmury atomowej przez zderzenia z elektronami, a także doświadczalnie zweryfikowano wyniki obliczeń i modelowania. Obserwacja pierwszego z przewidzianych efektów okazała się niemożliwa w zakresie stosowanych temperatur, ale drugi efekt został zaobserwowany doświadczalnie i doskonale się zgodził z obliczeniami.

Ostatnia w cyklu, 5 część osiągnięcia to artykuł opublikowany w 2020 r. w AIP Advances dotyczący przyciągania między pułapkowanymi jonami i wiązkami elektronowymi. Zagadnienie to jest ważne z perspektywy próbkowania chmury jonowej i jej zastosowań diagnostycznych. Podobnie jak w poprzednich pracach cyklu, autor modelował numerycznie swój układ fizyczny, przygotowywał odpowiednie doświadczenie i analizował wyniki pomiarów.

Obie prace, 4 i 5 dotyczą ważnego ogólnego problemu oddziaływania jonów i elektronów. W pracy 5 dr Kłosowski skupił się na analizie przyciągania jonów i elektronów wychodząc od klasycznej

problematyki rozpraszania rutherfordowskiego. Rozważył trzy konkretne modele: analityczny zakładający skończone rozmiary chmury jonowej, analityczny zakładający skończone rozmiary wiązki elektronów oraz numeryczny. Porównanie z wynikami doświadczenia dało bardzo dobrą zgodność z modelem zakładającym skończone rozmiary wiązki elektronowej, co autor słusznie przypisał specyficznym warunkom swojego doświadczenia - dużej różnicy rozmiarów wiązki i chmury jonowej. Dostrzegając analogię ze procesem ogniskowania wiązek elektronowych przy przechodzeniu ich przez plazmę, autor sugeruje zastosowanie zjawiska do badania procesów plazmowych a także do charakteryzacji wiązek elektronowej za pomocą chmury jonów.

Byłaby to bardzo ciekawa technika wykorzystująca chmurę sputakowanych jonów jako rodzaj próbnika plazmowego, a więc nowatorska możliwość, moim zdaniem warta dalszej analizy.

Moja ocena osiągnięcia naukowego dr Łukasza Kłosowskiego jest wysoka. Osiągnięcie to spełnia wymagania ustawy z dnia 2 lipca 2018. Cykl publikacji tworzy logiczną całość i reprezentuje wysoki poziom naukowy. Opisuje etapy tworzenia wysokiej klasy unikatowego w Polsce instrumentarium pozwalającego na prowadzenie nowatorskich badań naukowych w bardzo aktualnej dziedzinie. Zademonstrowane w poszczególnych pracach wyniki badań dobrze ilustrują możliwości tego urządzenia i wydajnie rozwijają stan wiedzy.

Omawiane osiągnięcie jest pracą zbiorową od 2 (części 4,5) do 10 (część 1) współautorów. Jak wynika jednak z dołączonych do dokumentacji oświadczeń współautorów, każda z części jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Habilitant, dr Łukasz Kłosowski wykazuje się znaczną aktywnością naukową. Publikuje w dobrych czasopismach i uczestniczy w konferencjach naukowych. Jest też aktywnym dydaktykiem. Bierze też udział we współpracy międzynarodowej – w szczególności jest reprezentantem Polski w Komitecie Zarządzającym COST (Action CA17113 Trapped Ions: Progress in classical and quantum applications).

Od strony naukometrycznej dorobek dr Kłosowskiego przyniósł mu indeks Hirsha 9 i łączną liczbę cytowań 211. Nie jest to, niestety, dużo. Szczególnie martwi tu niewielka liczba zewnętrznych cytowań (za wyjątkiem części 1) prac w zakresie cyklu stanowiącego omawiane osiągnięcie. Moim zdaniem wynika to z niezwykle wysokiego poziomu badań światowych w dziedzinie sputakowanych jonów, z którym jest niezwykle trudno konkurować. Drugim istotnym czynnikiem jest tu, moim zdaniem, bardzo małe środowisko krajowe (zwłaszcza w zakresie eksperymentu). Sugerowałbym zacieśnienie współpracy i wymiany naukowej z grupami zagranicznymi, a także znalezienie oryginalnej tematyki, jaką można by rozwijać w charakterze własnej specjalności, jednocześnie starając się ją promować i zachęcać do współpracy inne grupy.

Podsumowując, omawiane osiągnięcie naukowe odpowiada wymaganiom ustawy i reprezentuje wysoki poziom.



Prof. dr hab., Wojciech Gawlik,

Kraków, 26.03.2021

Instytut Fizyki UJ,