

Prof. dr hab. Jarosław Koperski



UNIwersYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Recenzja osiągnięcia naukowego i aktywności naukowej

Pani dr Katarzyny Bielskiej

**w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne**

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Fotoniki

Pani dr Katarzyna Bielska, zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, dnia 9 września 2022 roku złożyła wniosek o przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne na podstawie osiągnięcia „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*”. Postępowanie, w ramach którego przedkładam poniższą recenzję, zostało podjęte przez Radę Dyscypliny Nauki fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Podstawa prawna: ustawa *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* art. 219 ust. 1 pkt 2 z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668 z późn. zm.). W poniższej recenzji ma być wykazane, czy w myśl ww. ustawy spełnione są stawiane tam wymagania: czy dr Katarzyna Bielska posiada w swoim dorobku osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne oraz czy wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

I. Ocena osiągnięcia naukowego dr Katarzyny Bielskiej „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*” w myśl ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* art. 219 ust. 1 pkt 2 z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.).

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*” to cykl pięciu artykułów [H1-H5], w tym cztery z Dr Katarzyną Bielską jako pierwszym autorem, opublikowanych w czasopiśmie z listy *JCR Science Edition*. W przypadku trzech artykułów [H2-H4] dr Bielska była autorem korespondencyjnym. Artykuły te dotyczą realizacji pomiarów i dokładnego modelowania widm małych cząsteczek (O_2 , CO) w celu ich wykorzystywania w badaniach podstawowych i w zastosowaniach praktycznych (np. monitorowanie atmosfery ziemskiej). Jest to wyraz zainteresowań badawczych dr Bielskiej koncentrujących się na spektroskopii molekularnej i dotyczą rozwoju bardzo dokładnych technik eksperymentalnych, analiz danych oraz konfrontacji „doświadczenie - teoria”. Realizacja tych zainteresowań wsparta jest współpracą z innymi grupami doświadczalnymi oraz teoretykami rozwijającymi narzędzia umożliwiające konstruowanie dokładnych modeli rejestrowanych widm. Co ważne, umożliwić to może przewidywanie parametrów widm molekularnych w warunkach i zakresach widmowych, dla których pomiary laboratoryjne o wysokiej dokładności nie są możliwe do zrealizowania.

Przejdę do omówienia wkładu Pani dr Katarzyny Bielskiej w powstanie każdego z pięciu artykułów stanowiących oceniane osiągnięcie oraz do ewaluacji znaczenia przedstawionego zbioru artykułów w rozwój dyscypliny nauki fizyczne.

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-46-75

e-mail:

jaroslaw.koperski@uj.edu.pl

[H1] Polyansky et al., "High-accuracy CO₂ line intensities determined from theory and experiment", *Physical Review Letters* 114 (2015) 243001 (7 autorów).

Artykuł prezentuje studium porównawcze: obliczone przez członków grupy z University College London (UCL) natężenia rotacyjno-oscylacyjnych linii widmowych CO₂, w oparciu o powierzchnie energii potencjalnej (PES) i powierzchnie momentu dipolowego (DMS), porównano z wynikami pomiarów przeprowadzonych w National Institute of Standards and Technology (NIST) dla 27 linii z pasma w zakresie około 1,6 μm. Pomiary wykonano techniką FS-CRDS – spektroskopii strat we wnęce z aktywną stabilizacją długości wnęki optycznej z wykorzystaniem, jako wzorca, lasera He-Ne ze stabilizacją częstotliwości.

Wkład dr Bielskiej w powstanie tego artykułu, zgodnie z Jej oświadczeniem, miał miejsce tylko w części doświadczalnej. Dr Bielska przystosowała spektrometr CRDS do pomiarów techniką FS-CRDS, skonstruowała układ stabilizacji ciśnienia próbki oraz układ stabilizacji temperatury wnęki rezonansowej. Ponadto, wykonała pomiary pilotażowe i określiła plan pomiarów właściwych. Dr Bielska wykonała również analizę danych doświadczalnych wraz z wyznaczeniem wartości natężeń linii widmowych, za wyjątkiem analizy wpływu składu izotopowego próbki (dokonanej przez J.T. Hodgesa, NIST). Wykonała również analizę wpływu struktury tła na wyznaczane natężenie linii widmowych i określiła jej wkład do niepewności wyznaczanego natężenia linii.

Osiągnięcie dokonane w tych badaniach było ważne punktu widzenia uzyskanej bardzo dobrej zgodności między zarejestrowanymi doświadczalnie i przewidzianymi teoretycznie natężeniami linii CO₂, co zapewniło, po raz pierwszy, spełnienie wymagań stawianych danym wykorzystywanym do interpretacji zdalnych pomiarów atmosferycznych w odniesieniu do CO₂.

[H2] Bielska et al., "Absolute frequency determination of molecular transition in the Doppler regime at kHz level of accuracy", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 201 (2017) 156 (11 autorów).

Artykuł relacjonuje wyznaczenie położenia rozszerzonej dopplerowsko linii widmowej cząsteczki O₂ (należącej do pasma B) względem dwóch atomowych wzorców częstotliwości: optycznego zegara atomowego na atomach ⁸⁸Sr oraz masera wodorowego, obu wzorcach o krótkoczasowych względnych stabilnościach częstotliwości, odpowiednio 4.3x10⁻¹⁴ i 10⁻¹² oraz o długoczasowych względnych stabilnościach wynoszących poniżej, odpowiednio 10⁻¹⁶ oraz 10⁻¹⁵.

Wkład dr Katarzyny Bielskiej w powstanie tego artykułu, zgodnie z Jej oświadczeniem, polegał na wykonaniu i oprogramowaniu części spektrometru umożliwiającej dowiązanie osi częstotliwości widm do częstotliwości optycznego zegara atomowego. Wykonała także większość pomiarów oraz analizę danych doświadczalnych.

Osiągnięcie opisane w tym artykule jest istotne, gdyż po raz pierwszy - jako wzorca częstotliwości optycznej w spektroskopii molekularnej - wykorzystano optyczny zegar atomowy. Spektrometr CRDS został sprzężony z zegarem, a dokonano tego za pośrednictwem optycznego grzebienia częstotliwości, poprzez jednoczesne zdudnienie z grzebieniem optycznym wiązki próbkującej spektrometru i wiązki z optycznego zegara atomowego.

[H3] K. Bielska et al., "Simultaneous observation of speed dependence and Dicke narrowing for self-perturbed P-branch lines of O₂ B band", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 276 (2021) 107927 (9 autorów).

W artykule opisano pomiary kształtu samozaburzonych linii widmowych O₂ w paśmie B należących do gałęzi P przeprowadzonych w zakresie niskich ciśnień. We

wcześniejszych pracach dotyczących pomiarów w takim zakresie profilem oddającym kształt linii w dostatecznym stopniu był zależny od prędkości profil Voigta (SDVP). Konkluzją przedstawioną w tym artykule było stwierdzenie, iż otrzymane kształty mierzonych linii nie mogą być opisane przy pomocy SDVP, lecz zależnym od prędkości profilem Nelkina-Ghataka (SDNGP). Oznaczało to, że obserwowano jednocześnie efekty zależności od prędkości oraz zwięźnienie Dickego.

Wkład dr Bielskiej w powstanie tego artykułu, zgodnie z Jej oświadczeniem, dotyczył opracowania koncepcji przebudowy spektrometru i udziału w tej przebudowie. Dr Bielska opracowała plan pomiarów oraz wykonała ich część. Wykonała również analizę uzyskanych danych spektroskopowych.

Artykuł ilustruje istotny krok w zwiększaniu czułości molekularnych pomiarów spektroskopowych: osiągnięcie stosunku sygnału do szumu ośmiokrotnie wyższego od tych uzyskanych w pomiarach wcześniejszych dla tych samych linii z gałęzi P.

[H4] Bielska et al., "Frequency-based dispersion Lamb-dip spectroscopy in a high finesse optical cavity", *Optics Express* 29 (2021) 39449 (11 autorów). Artykuł wyróżniony „*Editor's pick*”.

W artykule została zaprezentowana nowa metoda dyspersyjnych pomiarów nasyceniowych, czyli pomiarów tzw. dipów Lamba. Pokazano, że wbrew oczekiwaniom, technika CRDS zastosowana do pomiarów w warunkach nasycenia może prowadzić do niedokładnych wyników. Jest to spowodowane jej wrażliwością na fluktuacje mocy wiązki nasycającej. Podobny problem zaobserwowano w przypadku pomiarów techniką pomiaru szerokości modu wnęki (CMWS), gdzie wyniki okazały się jeszcze mniej dokładne. Natomiast wyniki uzyskane techniką dyspersyjnych przesunięć modów rezonansowych wnęki optycznej (CMDs) charakteryzowały się najwyższą dokładnością, podobnie jak w przypadku pomiarów linii rozszerzonych dopplerowsko.

Wkład dr Bielskiej, zgodnie z Jej oświadczeniem, polegał na zaplanowaniu pomiarów i wykonaniu większości z nich. Przeprowadziła większość analiz danych eksperymentalnych, wykonała analizę zależności położenia dipu Lamba od sposobu dopasowania kształtu modu wnęki technikami CMDs i CMWS oraz zaniku techniką CRDS, prowadzących do konkluzji odnośnie wiarygodności technik pomiarowych.

Osiągnięcie zaprezentowane w tym artykule polegało na pierwszej realizacji pomiarów nasyceniowych przy użyciu techniki CMDs. W pracy tej również w pomiarach nasyceniowych po raz pierwszy została wykorzystana technika CMWS oraz technika CRDS używana wcześniej w pomiarach nasyceniowych we wnęcie optycznej.

[H5] Bielska et al., "Subpromille measurements and calculations of CO (3-0) overtone line intensities", *Physical Review Letters* 129 (2022) 043002 (14 autorów). Artykuł wyróżniony „*Editor's Suggestion*”.

Artykuł przedstawia porównanie wyników pomiarów przeprowadzonych dla $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ w Instytucie Fizyki UMK, NIST oraz Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), z obliczeniami wykonanymi w UCL. Pomiar i obliczenia dotyczyły natężeń linii w paśmie 3-0 w bliskiej podczerwieni, a wykonane zostały z wysoką dokładnością i precyzją demonstrując lepszą niż 1‰ zgodność eksperymentu i teorii.

Artykuł jest bardzo interesującym przykładem nawiązania współpracy z wiodącymi grupami metrologii optycznej i grupy teoretyków zajmujących się m.in. obliczeniami natężeń linii widmowych. Jako obiekt doświadczalny wybrano cząsteczkę CO, jedną z kluczowych dla badań atmosfery.

Wkład dr Bielskiej w powstanie tego artykułu, zgodnie z Jej oświadczeniem, dotyczył pomiarów przeprowadzonych na UMK. Pracując z jednym z współautorów,

prof. Lisakiem, dr Bielska dobrała warunki pomiarowe, przeprowadziła pomiary oraz wykonała większość analiz danych, łącznie z analizą niepewności pomiarowych.

Podsumowanie osiągnięcia

Prace badawcze dr Katarzyny Bielskiej, w szczególności te przedstawione w artykułach stanowiących osiągnięcie „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*” [H1-H5], zaowocowały otrzymaniem precyzyjnych i dokładnych wartości parametrów kształtu linii widmowych, tj. natężeń i położenia linii, jak również parametrów zderzeniowych niezbędnych do poprawnej symulacji widm. Podsumowując, jako niewątpliwie osiągnięcia dr Katarzyny Bielskiej należy tu wskazać:

- rozwój układów doświadczalnych i technik pomiarowych prowadzących do redukcji niepewności systematycznych, zaproponowanie nowej dyspersyjnej metody pomiarowej w spektroskopii nasyceniowej pokazującej jej większą dokładność w porównaniu z techniką absorpcyjną;
- pokazanie, iż technika pomiarów dyspersyjnych umożliwia pomiary natężeń linii widmowych z promilowymi względnymi niepewnościami standardowymi, a pomiary położenia linii z dokładnością subkilohercową;
- implementację do spektroskopii molekularnej optycznego zegara atomowego będącego wzorcem częstotliwości dla pomiarów położenia linii widmowych;
- określenie dokładnych parametrów kształtu linii widmowych potrzebnych w najbardziej wymagających zdalnych obserwacjach atmosfery ziemskiej;
- współpracę z dwiema grupami doświadczalnymi i z grupą teoretyczną w celu otrzymania wyników w szerokim zakresie widmowym, uwzględniających linie i pasma spoza zakresu badanego doświadczalnie.

Zgodnie z oświadczeniami 26 współautorów pięciu przedstawionych artykułów (H1-H5), Pani dr Katarzyna Bielska pełniła wiodącą rolę w procesie organizacji całości przedsięwzięć badawczych, prowadzeniu pomiarów i powstawaniu manuskryptów. Brak oświadczeń trzech współautorów (M. Ghysels [H1], M. Zawada [H2] i V. Ebert [H5]) nie zmienia mojej oceny tego faktu. Warto tu przytoczyć fragmenty opinii prof. Romana Ciuryły zawarte w jego oświadczeniu. Na temat [H2]: „...dr Katarzyna Bielska skoordynowała ten bardzo złożony projekt wymagający zharmonizowanej współpracy różnych laboratoriów posiadających wyrafinowane instrumenty badawcze... . Tego typu eksperyment obecnie jest możliwy do przeprowadzenia jedynie w kilku laboratoriach na świecie.” Na temat [H5]: „...dr Katarzyna Bielska była inicjatorką tego przedsięwzięcia od strony doświadczalnej i skoordynowała działanie kilku czołowych grup badawczych z Europy i Ameryki Północnej. Jej wysiłki umożliwiły porównanie wyników doświadczalnych uzyskanych trzema różnymi metodami z obliczeniami teoretycznymi na niespotykanym dotąd poziomie dokładności.”

II. Ocena aktywności naukowej dr Katarzyny Bielskiej w myśl ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* art. 219 ust. 1 pkt 2 z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.)

Pani dr Katarzyna Bielska tytuł zawodowy magistra fizyki i stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki otrzymała na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, odpowiednio w 2007 i 2011 roku. Przed doktoratem dr Bielska odbyła 5-miesięczny staż w NIST, w grupie dr. J.T. Hodgesa. Pobyt w NIST przyczynił się do wzmocnienia współpracy między polską i amerykańską grupą badawczą. Zaowocowało to trzema artykułami oraz zdobytym doświadczeniem wykorzystanym w późniejszej

działalności badawczej Kandydatki. Ponadto, dr Bielska przeszła cenne szkolenie z zakresu technik pomiarowych spektroskopii CRDS oraz przeprowadziła pomiary prężności pary nasyconej lodu, co stało się podstawą Jej pracy doktorskiej.

Karierę naukową dr Bielska rozpoczęła na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego w 2011 roku, po czym, w 2015 roku, została zatrudniona na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego, na którym pracuje do dziś (z wyjątkiem 6 miesięcy w 2018 roku, gdy pracowała jako adiunkt naukowy). Odnotować należy 31-miesięczny (luty 2011 - wrzesień 2014) urlop bezpłatny, gdy dr Bielska przebywała na stażu podoktorskim w NIST, również w grupie J.T. Hodgesa, którego owocem były cztery artykuły, w tym [H1].

Publikacyjny dorobek naukowy dr Katarzyny Bielskiej cechuje się następującymi wskaźnikami naukowymi:

- 1 rozdział w monografii naukowej (przed doktoratem),
- 28, w tym 21 po doktoracie, artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports (JCR) Science Edition*,
- 15 artykułów w materiałach konferencyjnych,
- sumaryczny *impact factor*: **78,229 (2,794 / artykuł)**, w tym 66,382 (3,161 / artykuł) po doktoracie,
- liczba cytowań: **613** (w tym **530** bez autocytowań),
- indeks Hirscha: **14**,
- średnia liczba autorów na artykuł: **8**,
- liczba artykułów z Kandydatką, jako pierwszym autorem: **6**.

Są to wskaźniki relatywnie średnie, jak na 15 letnią karierę naukową dr Katarzyny Bielskiej. W Jej dorobku publikacyjnym znajduje się 28 artykułów opublikowanych w średnio i słabo punktowanych czasopiśmie (za wyjątkiem dwóch artykułów w renomowanych *Physical Review Letters*). Zainteresowanie pracami dr Bielskiej i publikowanymi w nich wynikami jest również średnie, o czym świadczy umiarkowana liczba cytowań bez autocytowań.

Dr Katarzyna Bielska jest aktywna w prezentowaniu wyników swoich badań na międzynarodowych konferencjach naukowych. Siedem razy wygłaszała referaty (w tym jeden zaproszony), również siedem razy prezentowała plakaty.

Dr Katarzyna Bielska jest aktywna w pozyskiwaniu środków na badania naukowe. Kierowała jednym projektem badawczym „*Spektroskopia molekularna z dowiązaniem do optycznego zegara atomowego*” (NCN SONATA 8, 2015-2019), a obecnie kieruje drugim projektem badawczym „*Precyzyjna i dokładna spektroskopia słabych linii molekularnych gazów atmosferycznych*” (NCN SONATA BIS 8, 2019-2024). Ponadto była/jest wykonawcą w trzech istotnych projektach badawczych: „*Precise optical control and metrology of quantum systems*” (FNP TEAM), „*Spektroskopia szerokości modów wnęki (CMWS) nową ultraczułą techniką spektroskopii absorpcyjnej*” (NCN SONATA 6) i „*Jednowymiarowa spektroskopia częstotliwościowa*” (NCN OPUS 9). Świadczy to o Jej wysokim zaangażowaniu w działalność badawczą w macierzystym ośrodku naukowym, jak również jest świadectwem doceniania Jej umiejętności badawczych przez innych badaczy.

Za swoją działalność naukowo-badawczą dr Katarzyna Bielska była nagradzana dwukrotnie: w 2012 roku zespołową nagrodą Rektora UMK II stopnia i w 2016 roku wyróżnienie w NIST „*Materials Measurement Laboratory Accolade: MML Distinguished Associate for the development and application of advanced laser spectroscopy methods, enabling sensitive and accurate measurements of greenhouse gases*”.

Ponadto dr Katarzyna Bielska może wykazać się współpracą z sektorem gospodarczym: wspólnie z partnerami z Niemiec i Francji uczestniczy w projekcie Europejskiej Agencji Kosmicznej oraz bierze udział w projekcie prowadzonym przez

Główny Urząd Miar. Dr Bielska udziela się także z zespołem eksperckim: jest członkiem Konsultacyjnego Zespołu Metrologicznego ds. Technologii i Procesów Przemysłowych przy Głównym Urzędzie Miar.

III. Podsumowanie recenzji

Biorąc pod uwagę powyższą analizę, doceniając dorobek naukowy i działalność naukowo-badawczą Pani dr Katarzyny Bielskiej, konkluduję, że osiągnięcia naukowe „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*”, będące cyklem powiązanych tematycznie pięciu artykułów opublikowanych w czasopiśmie z listy *JCR Science Edition* oraz aktywność naukowa Pani dr Katarzyny Bielskiej, realizowana w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, **stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne i tym samym spełniają wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce** (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.).

Wnoszę zatem o poddanie wniosku Pani dr Katarzyny Bielskiej kolejnym etapom zmierzającym do nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Kraków, dnia 14 grudnia 2022 r.

