

Dr hab. Rafał Hakalla, prof. UR

Rzeszów, dnia 12.01.2023

**OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO pt.**  
**„Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym”**  
**oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**  
**Pani doktor Katarzyny Bielskiej**

**1. Przebieg kariery zawodowej**

Pani dr Katarzyna Bielska ukończyła studia magisterskie na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu w roku 2007. Tytuł zawodowy magistra fizyki uzyskała broniąc pracę pt. „Rozszerzenie ciśnieniowe składowych nadsubtelnych linii widmowej 326,1 nm  $^{113}\text{Cd}$  zaburzonej argonem i ksenonem” pod kierunkiem prof. dra hab. Ryszarda S. Trawińskiego. W 2011 roku obroniła w tej samej jednostce naukowej rozprawę pt. „Spektroskopowe badania prężności pary nasyconej lodu”, uzyskując tym samym stopień naukowy doktora nauk fizycznych. Promotorem dysertacji był prof. dr hab. Ryszard S. Trawiński.

Habilitantka została zatrudniona jako asystent na stanowisku naukowo-dydaktycznym w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu zaraz po uzyskaniu stopnia doktora, tj. w grudniu 2011 roku. Po odbyciu stażu podoktorskiego w National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, Maryland, USA) w terminie 02.2012 - 09.2014, została zatrudniona w październiku 2015 roku na stanowisku adiunkta w grupie naukowo-dydaktycznej (oraz naukowej przez 6 miesięcy w 2018 roku) w swojej macierzystej jednostce, gdzie pracuje w tym charakterze aż do dnia dzisiejszego.

**2. Ocena osiągnięcia naukowego**

Zainteresowania naukowe Pani dr Katarzyny Bielskiej koncentrują się wokół spektroskopii atomowej oraz molekularnej w celu uzyskiwania dokładnych modeli widm małych molekuł, takich jak np. tlenku i dwutlenku węgla czy tlenu cząsteczkowego, o istotnej aplikacji w badaniach atmosfery ziemskiej oraz w astrofizyce i astronomii. Badania Habilitantki obejmują rozwój technik eksperymentalnych, analizę danych oraz relacje między wynikami prac doświadczalnych i teoretycznych. Kandydatka koordynuje także współpracę z wiodącymi grupami naukowymi



tworzącymi narzędzia teoretyczne weryfikowane przez eksperyment (tzw. *model refinement*) i tym samym umożliwiające konstruowanie dokładnych modeli widm, których nadrzędnym celem jest przewidywanie parametrów widm w warunkach i zakresach, w których obecnie nie ma możliwości przeprowadzenia pomiarów laboratoryjnych o wysokiej dokładności.

Przedstawione przez Habilitantkę osiągnięcie naukowe pt. „*Precyzyjna spektroskopia słabych linii widmowych cząsteczek o znaczeniu atmosferycznym*”, stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne, opiera się o jednotematyczny cykl pięciu oryginalnych prac wieloautorskich [H1-H5], opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych w renomowanych czasopismach z listy JCR o zasięgu globalnym: *Physical Review Letters* (2 prace), *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* (2 prace) oraz *Optics Express* (1 praca). W pracach [H2-H5] Pani dr Katarzyna Bielska jest pierwszym autorem, a w pracy [H1] - drugim, przy czym w pracach [H2-H4] jest ona także autorem korespondencyjnym. We wszystkich publikacjach [H1-H5] odgrywa ona zdecydowanie wiodącą rolę jeśli chodzi o część eksperymentalną oraz koordynowanie projektów związanych z tematem osiągnięcia, co jednoznacznie wynika z przedłożonej dokumentacji wraz z oświadczeniami współautorów. Warto w tym miejscu nadmienić, iż praca [H4] została wyróżniona jako „*Editor's pick*” prestiżowego czasopisma *Optics Express*, natomiast praca [H5], opublikowana w znakomitym periodyku *Physical Review Letters*, otrzymała wyróżnienie „*Editors' Suggestion*”.

Spektroskopia molekularna jest najdoskonalszym źródłem danych referencyjnych niezbędnych w wielu istotnych aplikacjach, w szczególności dla pomiarów prowadzonych w atmosferze ziemskiej, jak również w badaniach astrofizycznych oraz astronomicznych. W celu precyzyjnego i poprawnego modelowania widm, potrzebne są pełne zestawy parametrów kształtu linii, które biorą pod uwagę nie tylko natężenia i położenia linii spektralnych, ale także szereg, nieraz bardzo subtelnych efektów zderzeniowych. Okazuje się, bowiem, że podstawowe parametry kształtu linii, czyli położenia i natężenia linii, są w bardzo wielu znanych nam przypadkach niewystarczająco dokładne. Znakomita większość danych, które pretendują, aby być uważane za referencyjne, nie spełnia wysokich wymagań dotyczących badania atmosfery ziemskiej, w których to potrzebne są obecnie względne dokładności wyznaczania koncentracji cząsteczek składowych na poziomie promilowym. Z kolei, w przypadku badań podstawowych związanych z astrofizyką i astronomią, konieczną staje się znajomość położenia linii z zakresu optycznego z dokładnością na poziomie hercowym. Dużą trudność z uzyskaniem tego typu referencji wynika z faktu, iż wiele spośród zarejestrowanych, kluczowych linii widmowych ma bardzo małą intensywność. Spośród niewielu, moim zdaniem, możliwych rozwiązań tego żywotnego problemu naukowego, Pani dr Katarzyna Bielska wybrała ścieżkę udoskonalania pomiarów wykonywanych we wnękach optycznych, których niewątpliwą zaletą jest możliwość znacznego wydłużania efektywnej drogi oddziaływania światła z ośrodkiem badanym oraz znaczącej eliminacji niektórych źródeł niepewności związanych z fluktuacjami mocy wiązki próbkującej. Wnęka rezonansowa daje możliwość pomiaru nie tylko widm absorpcyjnych, ale także dyspersyjnych, co prowadzi do efektywnego wykorzystania atomowych wzorców częstotliwości kontrolujących zarówno oś częstotliwości jak i natężenia widma.

Prace badawcze Kandydatki, przedstawione w jej osiągnięciu habilitacyjnym, skoncentrowały się właśnie na udoskonaleniu układów eksperymentalnych i technik pomiarowych związanych z wnękami optycznymi, które to zabiegi doprowadziły do znaczącej redukcji niepewności systematycznych i otrzymania ultra-dokładnych wartości parametrów kształtu linii widmowych, takich jak natężenia i położenia linii oraz parametrów zderzeniowych niezbędnych do poprawnej symulacji widm. Na osiągnięcie Habilitantki składają się w szczególności:



- zaproponowanie nowej, dyspersyjnej metody pomiarowej w spektroskopii nasyceniowej i pokazanie, że daje ona dokładniejsze wyniki od powszechnie stosowanej techniki absorpcyjnej;
- udział we wprowadzeniu do spektroskopii molekularnej ultra-dokładnego wzorca częstotliwości w postaci optycznego zegara atomowego dla pomiarów położenia linii widmowych. Wkład Kandydatki polegał na wykonaniu i oprogramowaniu części spektrometru CRDS umożliwiającej dowiązanie osi częstotliwości widm do częstotliwości tegoż zegara;
- pokazanie, że technika pomiarów dyspersyjnych umożliwia pomiary natężeń linii widmowych z promilowymi względnymi niepewnościami standardowymi, a w warunkach spektroskopii nasyceniowej - położenia linii z subkilohercową dokładnością. Dzięki temu mogą być one wykorzystane w badaniach fundamentalnych koncepcji fizyki molekularnej;
- wyznaczenie dokładnych wartości natężeń i parametrów kształtu linii widmowych wraz z określeniem systematycznych przyczynków do niepewności poszczególnych parametrów. Stało się to możliwe m.in. poprzez oszacowanie przez Habilitantkę wpływu nieliniowości układu detekcji spektrometru CRDS (ang. *cavity ring-down spectroscopy*), który to wpływ był najczęściej pomijany w tego typu pomiarach;
- uzyskanie po raz pierwszy promilowych i subpromilowych dokładności natężeń linii widmowych (na przykładzie nadtonu 3-0 elektronowego stanu podstawowego tlenu węgla). Wyniki obliczeń teoretycznych zostały zweryfikowane na tym poziomie dokładności przez trzy niezależne laboratoria. Jest to niezwykle osiągnięcie, ponieważ zgodność ta jest o rząd wielkości lepsza niż w przypadku większości danych dostępnych w literaturze.

Przedstawione osiągnięcie jest wybitne i nie do przecenienia z punktu widzenia projektowania i symulacji niezwykle wymagających, zdalnych obserwacji atmosfery ziemskiej, a także pomiarów astrofizycznych i astronomicznych.

**Osiągnięcie naukowe Pani dr Katarzyny Bielskiej, osadzone w dziedzinie ultra-precyzyjnej metrologii i znaczącego udoskonalenia nowoczesnych technik pomiarowych, będące przedmiotem publikacji [H1-H5], stanowi, w mojej ocenie, istotny i znaczący wkład w rozwój nauk fizycznych.**

### 3. Ocena pozostałej aktywności naukowej

Na całkowity dorobek publikacyjny Pani dr Katarzyny Bielskiej składa się 43 prace, z czego 28 znajduje się w wykazie JCR, a pozostałe 15 ukazało się jako materiały pokonferencyjne. Pięć z nich, [H1-H5], zostało przedstawione jako omówione powyżej osiągnięcie naukowe będące podstawą rozprawy habilitacyjnej Kandydatki. Wszystkie 28 prac, indeksowanych w bazie JCR, ukazało się w renomowanych czasopismach o zasięgu globalnym, takich jak m.in. *Physical Review Letters*, *Optics Express*, *Optics Letters*, *Geophysical Research Letters*, *Physical Review A*, *Journal of Chemical Physics*, czy *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. W dziewięciu pracach Habilitantka jest pierwszym autorem, a w sześciu kolejnych drugim. Spośród wszystkich opublikowanych przez Habilitantkę prac, 16 ukazało się przed uzyskaniem stopnia doktora, a pozostałe 27 po tym fakcie. Poza opisanymi pracami, Pani dr Katarzyna Bielska jest współautorką rozdziału w monografii pt. "*Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej*" (tom II, red. J. Mrocza, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009).

Wyniki powyżej opisanych prac Habilitantki zaprezentowane zostały 14 razy (11 razy po doktoracie) na międzynarodowych konferencjach naukowych, organizowanych głównie za granicą. W ramach tych wydarzeń Kandydatka aż 7 razy wystąpiła z komunikatem ustnym, co uważam za znaczącą aktywność na polu popularyzacji swoich dokonań naukowych na forum specjalistów jej



dziedziny zawodowej. Kolejne 3 referaty zaprezentowała w ramach *Astrophysics, Spectroscopy and Quantum Chemistry School* (2019 r.), podczas seminarium IF UMK w Toruniu (2021 r.) oraz w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie (2018 r.). W latach 2008 - 2021 Habilitantka wygłosiła także 8 referatów na seminariach Zakładu/Katedry Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej UMK.

Indeks Hirscha Pani dr Katarzyny Bielskiej (wg. bazy *Web of Science* z dnia 03.01.2023) wynosi 14, a sumaryczna liczba cytowań 631, co daje znakomity wynik średniej liczby cytowań przypadającej na jedną pracę w wysokości powyżej 15. Warto podkreślić, iż całkowita roczna liczba cytowań prac Kandydatki systematycznie rośnie od 7 w roku 2010, do 80 w roku 2018 i od tamtego czasu wciąż utrzymuje się na bardzo wysokim poziomie. Sumaryczny wskaźnik wpływu (tzw. *impact factor*) publikacji Habilitantki wynosi 78,229, natomiast jego średnia wartość przypadająca na jedną publikację notowaną w bazie JCR to 2,794, co jest bardzo dobrym wynikiem. Przedstawione powyżej wskaźniki bibliometryczne świadczą o ponadprzeciętnym dorobku Habilitantki oraz uznaniu i docenieniu jej prac przez międzynarodową społeczność naukową.

Kandydatka została doceniona także poprzez ustanowienie jej recenzentem dziesięciu prac w międzynarodowych czasopism z listy JCR. Należały do nich *Optics Express* (3 prace w latach 2017-2022), *Applied Physics B* (1 praca w roku 2019) oraz *IOP Conference Series: Journal of Physics* (6 publikacji w 2016 roku).

Pani dr Katarzyna Bielska potrafiła skutecznie pozyskiwać fundusze na realizację zamierzonych celów naukowych oraz włączać się w szereg interesujących projektów badawczych. W latach 2007 - 2022 wzięła udział w dziesięciu projektach (jeden jest jeszcze w trakcie realizacji), w tym pięciu finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki (Sonata 6, Sonata 8, Opus 9, Sonata Bis 8) oraz po jednym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (TEAM), Narodowe Laboratorium Fotoniki i Technologii Kwantowej (NLPQT), Uniwersytet Mikołaja Kopernika (Priorytetowe zespoły badawcze UMK), a także Europejską Agencję Kosmiczną. W dwóch z nich (NCN Sonata 8 pt. „Spektroskopia molekularna z dowiązaniem do optycznego zegara atomowego” oraz NCN Sonata Bis 8 pt. „Precyzyjna i dokładna spektroskopia słabych linii molekularnych gazów atmosferycznych”) pełniła (lub wciąż pełni) rolę kierownika. Te dwa projekty, podobnie jak znakomita większość pozostałych, są ściśle związane z przedstawionym przez nią osiągnięciem habilitacyjnym.

Doniosłym osiągnięciem Kandydatki pozostaje pełna sukcesów organizacja i koordynowanie współpracy z uznanymi na świecie nauki grupami badawczymi zajmującymi się zarówno doświadczalną jak i teoretyczną spektroskopią molekularną. Należą do nich University College London (GB), National Institute of Standards and Technology (USA), University of Groningen (NL) oraz Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig, GE). Dzięki tej współpracy stworzono narzędzia umożliwiające konstruowanie dokładnych modeli widm. Należy w tym miejscu zaznaczyć, iż swoją istotną aktywność naukową w ramach tejże współpracy dr Katarzyna Bielska realizowała osobiście w więcej niż jednej instytucji naukowej. Jedną z nich był rodzimy Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, który jest miejscem jej zatrudnienia, drugą natomiast National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg MD, USA). W NIST odbyła dwa staże. Jeden w trakcie studiów doktoranckich (09.2009 - 02.2010), który skutkowało trzema pracami z listy JCR, wśród których Kandydatka pojawia się dwa razy jako pierwszy autor. Drugi staż Habilitantka odbyła po uzyskaniu stopnia doktora w terminie 02.2012 - 08.2014. Jego rezultaty zostały opublikowane w kolejnych czterech pracach znajdujących się w bazie JCR (w ich skład wchodzi także praca [H1], do której część doświadczalna została wykonana właśnie w NIST).

Pani dr Katarzyna Bielska prowadzi także ożywioną współpracę naukową z sektorem gospodarczym poprzez uczestnictwo w projekcie Europejskiej Agencji Kosmicznej pt. „*Improved Spectroscopy for Carbon Dioxide, Oxygen, and Water Vapour Satellite Measurements*”



(wspólnie z partnerami z German Aerospace Centre (Niemcy), Laboratoire Interdisciplinaire de Physique/CNRS (Francja), Universität Bremen (Niemcy) oraz Universität Heidelberg (Niemcy), a także poprzez udział w projekcie budowy analizatora stężenia etanolu w Głównym Urzędzie Miar, gdzie od roku 2017 jest członkiem Konsultacyjnego Zespołu Metrologicznego ds. Technologii i Procesów Przemysłowych.

Za swoją ponadprzeciętną aktywność naukową, Habilitantka otrzymała zespołową nagrodę (II stopnia) Rektora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu w 2012 roku oraz wyróżnienie „MML Accolade: MML Distinguished Associate for the development and application of advanced laser spectroscopy methods, enabling sensitive and accurate measurements of greenhouse gases” od National Institute of Standards and Technology (Materials Measurement Laboratory) w roku 2016.

**Konkludując, stwierdzam, iż Pani dr Katarzyna Bielska wykazała się istotną aktywnością naukową zrealizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej. Efektywność naukową Kandydatki i jej zaangażowanie w osiąganie zamierzonych celów badawczych oceniam bardzo wysoko.**

#### **4. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzującego naukę**

Do osiągnięć dydaktycznych Pani dr Katarzyny Bielskiej zaliczyć należy prowadzenie w latach 2007-2022 wielu przedmiotów kursowych w ramach pensum nauczyciela akademickiego, w tym wykładów, ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych. Habilitantka sprawowała opiekę nad pracą licencjacką oraz inżynierską w roku 2017, a obecnie jest ona promotorem pomocniczym pracy doktorskiej (procedura rozpoczęta w 2019 roku w jej macierzystej uczelni). Przez 4 tygodnie, w ramach programu „*The Toruń Astrophysics/Physics Summer program - TAPS*”, pełniła opiekę nad studentem Uniwersytetu Jagiellońskiego, który zbudował prosty spektrometr typu CRDS i przetestował jego działanie.

W ramach popularyzacji nauki Kandydatka wygłosiła wykład dla nauczycieli I Liceum Ogólnokształcącego w Toruniu (2011 r.) oraz zorganizowała warsztaty dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych pt. „*Nowoczesna Fizyka Atomowa, Molekularna i Optyczna dla Młodzieży II*” (2015 r.).

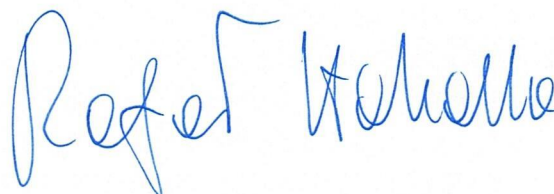
Habilitantka posiada również znaczący dorobek organizacyjny. Pełniła ona jedną z kluczowych ról w Komitecie organizacyjnym prestiżowej, międzynarodowej konferencji naukowej pn. „*23<sup>rd</sup> International Conference on Spectral Line Shapes*” organizowanej w Toruniu w roku 2016. Od roku 2017 była przedstawicielem niesamodzielnych nauczycieli akademickich w Radzie Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej (WFAiIS) UMK. Obecnie należy do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne UMK. W roku akademickim 2015/2016 oraz 2016/2017 była pełnomocnikiem Dziekana WFAiIS ds. akcji „*Dziewczyny do Ścisłych!*”, której celem była promocja kierunków studiów z zakresu nauk ścisłych i technicznych wśród uczennic szkół ponadpodstawowych. W ramach akcji, organizowanej przez Fundację Edukacyjną „*Perspektywy*”, pod patronatem Konferencji Rektorów Polskich Uczelni Technicznych, organizowała „dzień otwarty” na WFAiIS. Przygotowywała także dwie wystawy: „*Fiat Lux – od Witelona do tomografu optycznego*” w Ratuszu Staromiejskim w Toruniu (2008 r.) oraz „*70 lat fizyki na UMK*” (2016 r.).

**Uważam, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski Pani dr Katarzyny Bielskiej jest bogaty i wszechstronny.**

## 5. Rekomendacja

Na podstawie pozytywnej oceny przedstawionego dorobku naukowego ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego, istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, a także dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzującego naukę, stwierdzam, iż **Pani doktor Katarzyna Bielska spełnia wszystkie wymagania określone w art. 219 ust. 1. ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 30 sierpnia 2018 poz. 1668). W związku z powyższym rekomenduję Radzie Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu nadanie Pani doktor Katarzynie Bielskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.**

Przedstawione przez Panią dr Katarzynę Bielską osiągnięcie naukowe, które zostało udokumentowane pracami [H1-H5] opublikowanymi w renomowanych czasopismach z listy JCR, uznaję za wybitne, o bardzo dużym wpływie i znaczeniu w skali międzynarodowej. Pozostałą aktywność naukową Habilitantki znajduję także na niespotykanie wysokim, imponującym poziomie. Dlatego **wnoszę o wyróżnienie Osiągnięcia.**



*Dr hab. Rafał Hakalla, prof. UR*