

**dr hab. inż. Katarzyna Matras-Postolek, prof. PK**

13.04.2026 r., Kraków

Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej  
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków  
[k.matras@pk.edu.pl](mailto:k.matras@pk.edu.pl), tel. +48 126283059

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Adama Kabańskiego  
pt. „*High-sensitive luminescent thermometers based on formate hybrid perovskites containing Cr<sup>3+</sup> ions*”

Mgr inż. Adam Kabański jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej, gdzie w 2021 roku uzyskał tytuł magistra na kierunku Zaawansowane Nano- i Biomateriały. Studia magisterskie realizował we współpracy z Instytutem Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu, w którym następnie kontynuował pracę doktorską. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w tymże Instytucie pod opieką Pani dr hab. Dąmary Stefańskiej, prof. INTiBS. Badania zrealizowano w ramach projektu SONATA 16 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

### **Wybór tematyki badawczej, ocena pracy doktorskiej**

Praca doktorska koncentruje się na zaprojektowaniu, syntezie oraz charakterystyce hybrydowych materiałów perowskitowych o strukturze pojedynczego i podwójnego perowskitu, domieszkowanych jonami Cr<sup>3+</sup>, a także na ocenie ich potencjału aplikacyjnego w kontekście właściwości spektroskopowych i zastosowań w termometrii luminescencyjnej. Cel ten został jasno nakreślony przez Doktoranta we wstępie pracy.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Adama Kabańskiego stanowi spójny tematycznie cykl pięciu publikacji naukowych, poświęconych opracowaniu oraz charakterystyce wysokoczułych termometrów luminescencyjnych opartych na hybrydowych perowskitach mrówczanowych domieszkowanych jonami Cr<sup>3+</sup>. Tematyka pracy wpisuje się w aktualne i dynamicznie rozwijające się obszary badań naukowych, takie jak nowoczesne materiały funkcjonalne oraz optyczne metody pomiaru temperatury. Autor podejmuje istotny problem badawczy dotyczący projektowania i analizy nowych materiałów perowskitowych o potencjalnym zastosowaniu w bezkontaktowej termometrii luminescencyjnej. Praca ma



charakter eksperymentalny i koncentruje się na syntezie materiałów, ich szczegółowej charakterystyce wybranymi metodami analitycznymi oraz interpretacji mechanizmów odpowiedzialnych za właściwości spektroskopowe badanych układów.

Bezkontaktowa termometria luminescencyjna stanowi obecnie jedno z najbardziej perspektywicznych narzędzi pomiarowych, znajdujących zastosowanie m.in. w biotechnologii, biologii oraz medycynie. Jej główną zaletą jest możliwość uzyskania wysokiej rozdzielczości przestrzennej oraz prowadzenia pomiarów w warunkach trudnodostępnych dla metod konwencjonalnych. Równocześnie hybrydowe materiały perowskitowe stanowią obecnie jeden z najbardziej intensywnie rozwijających się kierunków badań w obszarze materiałów funkcjonalnych. Są to relatywnie nowe materiały półprzewodnikowe, które wzbudzają duże zainteresowanie, zwłaszcza w kontekście zastosowań optoelektronicznych, ze względu na swoje unikalne właściwości fizykochemiczne. Na tym tle wykorzystanie hybrydowych perowskitów, w szczególności struktur opartych na anionie mrówczanowym, należy uznać za podejście nowatorskie i dobrze uzasadnione, mające potencjalnie istotny wpływ na rozwój zarówno termometrii luminescencyjnej, jak i nowoczesnych materiałów funkcjonalnych.

Wydana drukiem dysertacja ma charakter zbioru pięciu powiązanych tematycznie publikacji naukowych (P1–P5) i liczy łącznie 207 stron. Praca została napisana w języku angielskim, w większości poprawnym. Rozprawa składa się z kilku wyraźnie wyodrębnionych części. Obejmuje wstęp (rozdziały 1–5), część eksperymentalną (rozdział 6), krótkie omówienie wyników badań zawartych w publikacjach (rozdział 7), podsumowanie (rozdział 8), wykaz literatury zawierający 177 odnośniki literaturowe (rozdział 9), kopie publikacji P1–P5 stanowiących podstawę rozprawy (rozdział 10), oświadczenia współautorów (rozdział 11) oraz życiorys naukowy wraz z dorobkiem Doktoranta (rozdział 12).

Część wstępna obejmuje zagadnienia dotyczące materiałów hybrydowych, w szczególności hybrydowych perowskitów organiczno-nieorganicznych, a także podstaw luminescencji oraz właściwości spektroskopowych materiałów zawierających w swojej strukturze jony  $\text{Cr}^{3+}$ , ze szczególnym uwzględnieniem teorii pola krystalicznego oraz temperaturowej zależności ich właściwości emisyjnych. Następnie przedstawiono podstawy termometrii luminescencyjnej, obejmujące zarówno metody konwencjonalne, jak i podejścia



oparte na luminescencji, w tym metody ratiometryczne oraz oparte na czasie życia emisji. W tej części pracy omówiono również rolę jonów  $\text{Cr}^{3+}$  w konstrukcji luminescencyjnych termometrów.

Biorąc pod uwagę złożoność tematyki badawczej przedstawionej w pracy, wstęp teoretyczny do rozprawy doktorskiej oceniam bardzo pozytywnie. Jest to dobrze napisany i wartościowy tekst, który w sposób przejrzysty wprowadza czytelnika w omawianą tematykę. Rozdział dotyczący metod termometrycznych oraz termometrii luminescencyjnej stanowi poprawne i spójne wprowadzenie do zagadnień będących przedmiotem rozprawy. Autor w sposób logiczny omawia rozwój klasycznych metod pomiaru temperatury oraz współczesne podejścia oparte na luminescencji, co zapewnia dobre przygotowanie do dalszych części pracy. Na uwagę zasługuje zrozumiałe przedstawienie mechanizmów odpowiedzialnych za zależność temperaturową emisji, w tym wygaszania termicznego, relaksacji wielofononowej oraz przejść typu thermal crossover, a także omówienie metod ratiometrycznych i lifetime-based. Jednocześnie zabrakło mi w tej części szerszego omówienia praktycznych zalet luminescencyjnych metod termometrycznych, np. w porównaniu z klasycznymi technikami pomiaru temperatury. W pracy nie przedstawiono również szerszego kontekstu materiałowego, tj. czy poza związkami chromu(III) stosuje się inne układy materiałowe oraz jakie są ich potencjalne zastosowania w termometrii luminescencyjnej. Uzupełnienie tych informacji mogłoby dodatkowo zwiększyć znaczenie i kompletność rozdziału.

Część eksperymentalna zawiera opis metod syntezy oraz zastosowanych technik badawczych wykorzystanych w pracy. Kluczową część rozprawy stanowi omówienie wyników uzyskanych w ramach serii pięciu publikacji naukowych (P1–P5), w których przedstawiono opracowanie, charakterystykę oraz analizę właściwości spektroskopowych i termometrycznych badanych materiałów. Pracę zamyka syntetyczne podsumowanie wyników.

W skład rozprawy doktorskiej wchodzi następujące artykuły, opublikowane w latach 2023–2025 w recenzowanych, prestiżowych czasopismach ujętych w Journal Citation Reports:

- P1: Kabański A\*, Ptak M., and Stefańska D.\* (2023). *Metal–Organic Framework Optical Thermometer Based on  $\text{Cr}^{3+}$  Ion Luminescence*, *ACS Applied Materials & Interfaces* 15(5), 7074-7082



- P2: Ptak M.\*, Kabański A., Dziuk B., Balciunas S., Usevicius G., Zeręba J., Banys J., Simenas M.\*, Sieradzki A., Stefańska D. (2024) Mechanism of isosymmetric polar order–disorder phase transition in pyroelectric  $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3]_2\text{NaGa}(\text{HCOO})_6$  double perovskite, *Journal of Materials Chemistry C* 12(13), 4663-4675
- P3: Kabański A.\*, Ptak M., Carlos L.D., Stefańska D.\* (2025). Real-Time Temperature Monitoring with  $\text{Cr}^{3+}$ -Based Hybrid Formate Perovskites: Insights into the Relation Between Chemical Composition and Thermometric Performance, *Advanced Optical Materials* 13, e01057
- P4: Kabański A.\*, Caputa K., Stefańska D.\* (2025) High-sensitivity optical thermometry with  $\text{Cr}^{3+}$ -doped hybrid formate perovskites: comparative analysis of ratiometric and lifetime-based approaches, *Dalton Transactions* 54, 15899–15908
- P5: Kabański A.\*, Caputa K., Stefańska D.\* (2025) Multimodal temperature sensing in hybrid perovskites doped with  $\text{Cr}^{3+}$ : strategy for optimizing luminescence thermometers, *Journal of Materials Chemistry C* 2025, 13, 23935-23944

Na końcu rozprawy Doktorant przedstawił wymagane prawem oświadczenia współautorów, potwierdzające jego dominujący wkład w powstanie wyżej wymienionych publikacji. Ponadto pragnę zaznaczyć, że w czterech publikacjach Doktorant jest zarówno pierwszym, jak i autorem korespondencyjnym. Świadczy to o wysokim stopniu jego samodzielności naukowej, obejmującej nie tylko realizację znacznej części prac eksperymentalnych, lecz także aktywny udział we wszystkich etapach przygotowania publikacji naukowych. Nie mam wątpliwości co do jego wiodącego udziału w realizacji przedstawionych prac.

Na wstępie chciałbym podkreślić walory ocenianej rozprawy doktorskiej, w tym umiejętność wykorzystania przez Doktoranta komplementarnych metod badawczych, takich jak m.in. dyfrakcja rentgenowska proszkowa i monokrystaliczna, spektroskopia Ramanowska i w podczerwieni, różnicowa kalorymetria skaningowa, spektroskopia odbiciowa oraz badania luminescencji zależnej od temperatury. Zastosowany zestaw metod pozwolił na realizację założonych celów pracy, tj. wykazanie, jak zmieniają się właściwości optyczne opracowanych hybrydowych materiałów perowskitowych domieszkowanych jonami  $\text{Cr}^{3+}$  w zależności od ich składu chemicznego, a tym samym w jaki sposób wpływa to na możliwość ich zastosowania w



termometrii luminescencyjnej. Dodatkowo wyniki zostały prawidłowo opracowane i bardzo dobrze zilustrowane, a przeprowadzona przez Autora dyskusja świadczy o jego bardzo dobrej orientacji w badanym zagadnieniu. Uważam, że całość pracy reprezentuje wysoki poziom naukowy i przyczynia się do uzyskania wyników o znaczeniu międzynarodowym, co potwierdza cykl opublikowanych artykułów.

W publikacji P1 przedstawiono serię hybrydowych perowskitowych materiałów o stechiometrii podwójnego perowskitu o ogólnym wzorze  $[EA]_2NaAl_{1-x}Cr_x(HCOO)_6$  ( $x = 0-1$ ), stanowiącą pierwszy etap badań nad  $Cr^{3+}$ -domieszkowanymi materiałami o potencjale w optycznej termometrii luminescencyjnej. Otrzymane metodą hydrotermalną związki wykazują jednofazowy charakter potwierdzony analizą pXRD oraz spektroskopią Raman i IR, krystalizując w fazie Pn z przejściem strukturalnym typu order–disorder do  $P2_1/n$  w okolicach 373 K. Kluczowym osiągnięciem pracy była kompleksowa analiza wpływu stężenia  $Cr^{3+}$  na właściwości strukturalne i spektroskopowe materiałów perowskitowych, obejmująca zmiany fononowe oraz modyfikacje lokalnego otoczenia  $CrO_6/AlO_6$ . Wykazano przejście od dominacji emisji  ${}^2E_g \rightarrow {}^4A_g$  w niskich temperaturach do wzrostu udziału pasma  ${}^4T_g \rightarrow {}^4A_g$  wraz ze wzrostem temperatury, co umożliwiło opracowanie ratiometrycznego modelu termometrycznego (LIR) o maksymalnej czułości  $Sr = 2,84\% \cdot K^{-1}$ . Potwierdzono również możliwość strojenia zakresu pracy termometru poprzez kontrolę stężenia  $Cr^{3+}$  oraz jego wysoką stabilność w warunkach kriogenicznych.

Publikacja P2 stanowi kontynuację badań nad hybrydowymi perowskitami podwójnymi domieszkowanymi jonami  $Cr^{3+}$ . W pracy opisano nowy, wcześniej niebadany związek o wzorze  $[EA]_2NaGa_{1-x}Cr_x(HCOO)_6$  (dla  $x = 0$  oraz 0,931), który został otrzymany metodą hydrotermalną. Badania strukturalne wykazały, że materiał ma strukturę polarną (czyli niesymetryczną), co jest istotne dla jego właściwości fizycznych. W określonym zakresie temperatur (ok. 376–379 K) zachodzi przemiana fazowa typu porządek–nieporządek. Co ciekawe, jest to rzadki przypadek przejścia między dwiema fazami, które obie są polarne. W pracy zastosowano wiele technik badawczych (m.in. EPR, pomiary dielektryczne, badania polaryzacji), jednak szczególną uwagę poświęcono właściwościom optycznym – zarówno liniowym, jak i nieliniowym. Wykazano, że materiał generuje drugą harmoniczną (SHG), co potwierdza brak centrum symetrii w obu fazach. Intensywność tego efektu zmienia się płynnie



wraz z temperaturą, co wskazuje na ciągły charakter przemiany fazowej. Dodatkowo materiały domieszkowane jonami  $\text{Cr}^{3+}$  wykazują luminescencję. W niskich temperaturach obserwuje się silne, wąskie pasmo emisji, natomiast wraz ze wzrostem temperatury zmienia się charakter emisji, pojawia się szersze pasmo związane z innym mechanizmem przejścia elektronowego. Zjawiska te są związane z przekazywaniem energii między poziomami energetycznymi jonów chromu. Na podstawie zmian intensywności emisji opracowano model termometrii luminescencyjnej. Materiał wykazuje wysoką czułość temperaturową (do  $2,11\% \cdot \text{K}^{-1}$  przy 150 K), co czyni go obiecującym kandydatem do zastosowań w pomiarze temperatury.

Publikacja P3 dotyczy innej grupy materiałów niż wcześniejsze prace, tym razem badane są perowskity pojedyncze, które również wykazują bardzo ciekawe właściwości optyczne i mogą być wykorzystane do pomiaru temperatury. Autor opracował szeroką serię aż 20 materiałów o wzorze  $[\text{DMA}]\text{M}^{\text{II}}(\text{HCOO})_3:\text{Cr}^{3+}$ , domieszkowanych jonami  $\text{Cr}^{3+}$  (w różnych stężeniach), gdzie  $\text{M}^{\text{II}}$  to różne metale:  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  i  $\text{Co}^{2+}$ . Dzięki temu możliwe było porównanie, jak rodzaj metalu i ilość chromu wpływają na właściwości materiału. Badania strukturalne pokazały, że materiały mają uporządkowaną strukturę tylko w niższych temperaturach, przy ochładzaniu zachodzi przejście fazowe związane order–disorder ( $\text{R}\bar{3}\text{c} \rightarrow \text{Cc}$ ), a domieszkowanie  $\text{Cr}^{3+}$  nie zmienia symetrii, lecz wprowadza lokalne zaburzenia. Najważniejsze wyniki dotyczą właściwości optycznych opracowanych materiałów. Kluczowym wynikiem było potwierdzenie, że charakter kationu  $\text{M}^{\text{II}}$  silnie wpływa na siłę pola krystalicznego oraz intensywność emisji  $\text{Cr}^{3+}$ , dzięki czemu układy z  $\text{Zn}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  wykazują silną luminescencję, natomiast  $\text{Co}^{2+}$  i  $\text{Ni}^{2+}$  prowadzą do jej wygaszenia. Na tej podstawie opracowano ratiometryczny model termometryczny, osiągający czułość do ok.  $2,5\% \cdot \text{K}^{-1}$ , przy czym maksimum czułości zależy od rodzaju matrycy i temperatury (150–180 K). Praca ta podkreśla kluczową rolę wyboru kationu  $\text{M}^{\text{II}}$  w projektowaniu właściwości optycznych i termometrycznych. Co ciekawe, w tej pracy zastosowano nietypowe podejście, pomiar temperatury opiera się na analizie jednego rodzaju przejścia (a nie dwóch, jak zwykle). Mimo to uzyskano bardzo dobre wyniki. Dodatkowo przeprowadzono eksperyment praktyczny, w którym materiał był używany jako czujnik temperatury w zmiennych warunkach (z użyciem ciekłego azotu). Materiał dobrze odwzorowywał zmiany temperatury w czasie rzeczywistym.



Publikacja P4 stanowi rozwinięcie wcześniejszych badań nad zastosowaniem hybrydowych perowskitów domieszkowanych jonami  $\text{Cr}^{3+}$  jako luminescencyjnych czujników temperatury. Kluczową nowością jest wprowadzenie drugiego sposobu pomiaru temperatury – opartego nie tylko na widmie luminescencji, ale także na czasie zaniku świecenia (tzw. czasie życia luminescencji). Badania przeprowadzono na serii materiałów o wzorze  $[\text{EA}]\text{Mg}(\text{HCOO})_3$  z różną zawartością jonów  $\text{Cr}^{3+}$  (1–5%), otrzymanych metodą powolnej dyfuzji. Materiały te wykazują zmiany strukturalne wraz ze wzrostem temperatury, a przy większym stężeniu domieszki (około 5%) pojawiają się dodatkowe defekty w strukturze krystalicznej, co ogranicza możliwość dalszego wprowadzania jonów  $\text{Cr}^{3+}$ . Właściwości optyczne badanych układów są spójne z wynikami uzyskanymi w poprzednich publikacjach, obserwuje się intensywną luminescencję w niskich temperaturach, z dominującą wąską linią emisyjną ( $R_1$ ) oraz słabszym, szerokim pasmem, którego udział rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Kluczowym osiągnięciem pracy jest zastosowanie dwóch niezależnych metod wyznaczania temperatury. Pierwsza z nich, metoda ratiometryczna, opiera się na porównaniu intensywności dwóch zakresów emisji i pozwala uzyskać wysoką czułość, sięgającą około  $3\% \cdot \text{K}^{-1}$ , przy czym najlepsze wyniki osiągnięto dla materiału zawierającego 3%  $\text{Cr}^{3+}$ . Druga metoda wykorzystuje analizę czasu zaniku luminescencji, wraz ze wzrostem temperatury czas życia emisji ulega skróceniu na skutek wzrostu procesów bezpromienistych. Metoda ta charakteryzuje się podobną czułością jak podejście ratiometryczne, a jednocześnie wykazuje większą stabilność i mniejszą zależność od składu materiału. Uzyskane wyniki pokazują, że połączenie obu metod w jednym materiale umożliwia stworzenie bardziej precyzyjnego i wiarygodnego czujnika temperatury. Dodatkowo wykazano, że na właściwości termometryczne wpływa nie tylko skład nieorganiczny, ale również charakter kationu organicznego, zarówno jego rozmiar, jak i geometria. Podsumowując, publikacja P4 wprowadza nową, bardziej zaawansowaną koncepcję termometrii luminescencyjnej, opartą na jednoczesnym wykorzystaniu analizy widma i czasu życia emisji. Takie podejście zwiększa dokładność pomiarów i otwiera nowe możliwości projektowania nowoczesnych, wielofunkcyjnych czujników temperatury.

Publikacja P5 stanowi rozwinięcie koncepcji wieloparametrowej termometrii luminescencyjnej w hybrydowych perowskitach domieszkowanych jonami  $\text{Cr}^{3+}$ . W pracy zbadano serię materiałów o wzorze  $[\text{EA}]\text{Mn}(\text{HCOO})_3$  z różną zawartością chromu (1–5%), przy czym po raz pierwszy przeanalizowano właściwości układów zawierających jednocześnie



Mn<sup>2+</sup> i Cr<sup>3+</sup>. Głównym celem było porównanie różnych metod wyznaczania temperatury oraz wskazanie najbardziej efektywnego podejścia. Badania strukturalne potwierdziły, że możliwe jest wprowadzenie jonów Cr<sup>3+</sup> do struktury materiału do poziomu około 5%, co jest zgodne z wcześniejszymi obserwacjami dla podobnych układów. Analiza optyczna wykazała, że czysty materiał nie wykazuje luminescencji, natomiast po domieszkowaniu chromem pojawia się silna emisja charakterystyczna dla jonów Cr<sup>3+</sup>. W niskich temperaturach obserwuje się wyraźne, wąskie linie emisyjne, natomiast wraz ze wzrostem temperatury intensywność emisji maleje, a widmo ulega zmianie – szczególnie szybko zanika główna linia R<sub>1</sub>, a rośnie udział szerokiego pasma emisji. W pracy szczególny nacisk położono na analizę kinetyki luminescencji. Wykazano, że czas życia emisji zależy zarówno od temperatury, jak i stężenia chromu, im wyższa temperatura lub większe domieszkowanie, tym krótszy czas zaniku luminescencji. Zjawiska te zostały wykorzystane do opracowania modeli termometrycznych. Najważniejszym osiągnięciem publikacji jest kompleksowe porównanie kilku podejść do pomiaru temperatury. Oprócz klasycznej metody ratiometrycznej, opartej na stosunku intensywności pasm emisji, zastosowano różne warianty tego podejścia, wykorzystujące inne zakresy widma. Pokazano, że wybór odpowiednich zakresów ma kluczowe znaczenie dla czułości pomiaru, w najlepszym przypadku osiągnięto czułość na poziomie blisko 4%·K<sup>-1</sup>. Jednocześnie wykazano, że zbyt wysoka czułość może ograniczać zakres pomiarowy, ponieważ sygnał szybko zanika. Równolegle zastosowano metodę opartą na czasie życia luminescencji. W tym przypadku uzyskano jeszcze wyższe czułości, przekraczające 5%·K<sup>-1</sup>, co czyni tę metodę szczególnie atrakcyjną. Podsumowując, publikacja P5 pokazuje, że wykorzystanie wielu parametrów jednocześnie, zarówno intensywności emisji, jak i czasu jej zaniku, pozwala znacząco poprawić jakość pomiaru temperatury. Wyniki te stanowią ważny krok w kierunku projektowania nowoczesnych, precyzyjnych i wielofunkcyjnych czujników temperatury opartych na hybrydowych perowskitach.

Podsumowując, cykl publikacji P1–P5 stanowi spójne i konsekwentnie rozwijane studium hybrydowych perowskitów domieszkowanych jonami Cr<sup>3+</sup>, w którym wykazano zależności typu struktura–właściwości oraz opracowano i zoptymalizowano wielomodalne podejścia do termometrii luminescencyjnej. Całość wyróżnia się wysokim poziomem merytorycznym oraz wyraźnym potencjałem aplikacyjnym.

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się następujące pytania:

- Jak oceniana jest długoterminowa stabilność otrzymanych materiałów perowskitowych, szczególnie w kontekście ich potencjalnych zastosowań praktycznych (np. wpływ wilgotności, temperatury czy cykli nagrzewania–chłodzenia)?
- Czy przeprowadzono badania dotyczące powtarzalności właściwości luminescencyjnych oraz parametrów termometrycznych (np. między różnymi partiami syntezy lub w kolejnych cyklach pomiarowych)?
- Jak wygląda odtwarzalność syntezy tych materiałów – czy metoda pozwala na uzyskanie próbek o porównywalnych właściwościach w sposób powtarzalny?

Kończąc, chciałabym jeszcze zwrócić uwagę na dużą aktywność naukową Doktoranta. Jest on autorem i współautorem 16 publikacji naukowych, w tym 5 prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, opublikowanych w renomowanych czasopismach o wysokim współczynniku oddziaływania, oraz jednej monografii. Prace Pana Adama były cytowane 89 razy według bazy Scopus (stan na dzień 13.04.2026 r.), a indeks Hirscha wynosi 5. Jest to bardzo dobry wynik jak na tak wczesny etap kariery naukowej. Wyniki badań Kandydata były prezentowane na 18 konferencjach krajowych i międzynarodowych, obejmujących zarówno wystąpienia ustne, jak i prezentacje posterowe, z których część została wyróżniona nagrodami za najlepsze prezentacje.

Dorobek naukowy Kandydata uzupełnia aktywny udział w realizacji projektów badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki (projekty Preludium, Sheng, Sonata) oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (projekt Lider). Ponadto Kandydat zdobywał doświadczenie naukowe i przemysłowe podczas staży krajowych, m.in. w Centrum Zaawansowanych Technologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza oraz w Volkswagen Poznań. Istotnym elementem aktywności Kandydata jest również działalność organizacyjna i popularyzatorska, obejmująca współorganizację konferencji naukowych, prowadzenie warsztatów oraz udział w Dolnośląskim Festiwalu Nauki. Kandydat angażuje się także w działalność dydaktyczną, sprawując opiekę nad studentami i stażystami. Całokształt dorobku naukowego, aktywności badawczej oraz organizacyjnej Kandydata wskazuje na jego dynamiczny rozwój naukowy i stanowi bardzo dobry prognostyk dalszej kariery naukowej.



## Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktora Pana mgr inż. Adama Kabańskiego pt. „*High-sensitive luminescent thermometers based on formate hybrid perovskites containing Cr<sup>3+</sup> ions*” stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego spełniając tym samym wszystkie kryteria zwyczajowe i formalne stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668). Wnoszę zatem do Rady Naukowej Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu o dopuszczenie Pana mgr inż. Adama Kabańskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Z uwagi na wysoką wartość merytoryczną rozprawy, rzetelność prowadzonych badań, a także znakomity jak na tak wczesny etap kariery dorobek naukowy, wnoszę o wyróżnienie ocenianej pracy.