



ZAKŁAD CHEMII ANALITYCZNEJ
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław

tel. +48 71 375 73 73

www.chem.uni.wroc.pl

dr hab. Małgorzata GUZIK
e-mail: malgorzata.guzik@chem.uni.wroc.pl
Tel. +48 71 3757373

Wrocław, 17 lipca 2021 r.

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ

pt. „**Synthesis and investigation of spectroscopic properties of nanocrystalline phosphors doped with vanadium – V³⁺, V⁴⁺, V⁵⁺ ions and iron Fe³⁺ ions for applications in luminescent thermometry**”

Wykonanej w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu

pod kierunkiem Pana dr hab. Łukasza MARCINIAKA, profesora INTiBS PAN

Przedstawiona do recenzji dysertacja została przygotowana w języku angielskim w formie spójnego tematycznie cyklu ośmiu artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych z Listy Filadelfijskiej, co jest zgodne z obowiązującą ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Praca podejmuje aktualnie bardzo atrakcyjny i bardzo intensywnie badany przez wiele grup na świecie problem bezdotykowej termometrii luminescencyjnej. Jest to temat niezwykle ważny bowiem pomiar temperatury i dokładna kontrola jej wartości odgrywają kluczową rolę w wielu różnych dziedzinach nauki, medycyny i techniki. W szczególności w przypadku bioaplikacji wdrożenie dokładnego pomiaru temperatury może dostarczyć wielu ważnych informacji dotyczących procesów metabolicznych takich jak szybkość podziału komórek czy obecność stanu zapalnego. Tak więc, jako parametr diagnostyczny może być wykorzystana różnica temperatur, zaledwie kilku stopni Celsjusza, między komórkami zdrowymi a nowotworowymi. Dodatkowo podczas zabiegu hipertermii indukowanej światłem, precyzyjna kontrola określonej temperatury w czasie rzeczywistym pozwala zminimalizować skutki uboczne związane z przegrzaniem zdrowych komórek. Dlatego też podczas wykonywania eksperymentów in vitro i in vivo ogromne znaczenie ma możliwość wykonania dokładnego i niezawodnego pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym z rozdzielczością przestrzenną w skali submikronowej.

Autorka stawia hipotezę badawczą jaką jest „wykorzystanie zjawiska większej temperaturowej podatności luminescencji jonów metali przejściowych w porównaniu z jonami lantanowców, do zastosowań w termometrii bezdotykowej“, wkomponowując prezentowaną rozprawę doktorską w nową perspektywę naukową. Optyczny wskaźnik temperaturowy stanowią właściwości spektroskopowe jonów metali przejściowych, w tym intensywność emisji, spektralne położenie pasm emisji oraz czas życia luminescencji. Istotną zaletą termometrów luminescencyjnych bazujących na luminescencji jonów metali przejściowych jest możliwość skutecznej modyfikacji, poprzez inżynierię pola krystalicznego, ich temperaturowo-zależnych właściwości spektroskopowych, takich jak szybkość termicznego wygaszania luminescencji oraz zakres spektralny ich temperaturowo-indukowanej odpowiedzi optycznej, poprzez przemyślane dobór

składu chemicznego nieorganicznej sieci macierzystej oraz jej właściwości.

Jednym z najbardziej obiecujących i spektakularnych sposobów poprawienia podatności termicznej luminescencji matali przejściowych jest modyfikacja energii aktywacji procesu wygaszania termicznego poprzez modulację względnych położenia parabol stanów wzbudzonego i podstawowego. Można to osiągnąć przez zmianę składu kationowego nieorganicznych sieci macierzystych zmieniając tym samym na siłę pola krystalicznego.

Zasadnicza część pracy doktorskiej odnosi się do określenia termicznej zależności luminescencji jonów V^{n+} i Fe^{3+} , jak również badań oraz weryfikacji proponowanych podejść, mających na celu polepszenie zdolności analizowanych termometrów luminescencyjnych do pomiaru temperatury.

Poszukując nowych termometrów luminescencyjnych, Autorka rozważała szereg różnych nieorganicznych krystalicznych sieci macierzystych takich jak: $Y_3Al_5O_{12}$, $LaGaO_3$ oraz $Y_3Al_4GaO_{12}$, $Y_3Al_3Ga_2O_{12}$, $Y_3Al_2Ga_3O_{12}$, $Y_3AlGa_4O_{12}$, $Y_3Ga_5O_{12}$ ($Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}$) jako matryce dla jonów V^{n+} , natomiast $LiAl_5O_8$, $Y_3Al_5O_{12}$, $Y_3Ga_5O_{12}$, $Lu_3Ga_5O_{12}$, $Gd_3Ga_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$, $MgGa_2O_4$, $CaAl_2O_4$, $CaGa_2O_4$, $SrAl_4O_7$, $CaAl_4O_7$, $BaAl_4O_7$ dla jonów Fe^{3+} . Zależność termiczną luminescencji określono w zakresie temperatur $-150^\circ C - 300^\circ C$ oraz $-150^\circ C - 310^\circ C$ (rozważając materiały $MgAl_2O_4$, $MgGa_2O_4$, $CaAl_2O_4$, $CaGa_2O_4$).

Prace badawcze obejmowały: syntezę nanokrystalicznych luminoforów, ich charakterystykę strukturalną oraz morfologiczną, oraz badania ich właściwości spektroskopowych. Nanokrystaliczne luminofory domieszkowane jonami V^{n+} oraz Fe^{3+} o różnym stężeniu jonów aktywnych optycznie zostały otrzymane przy użyciu zmodyfikowanej metody Pechiniego.

Uzyskanie wydajnej luminescencji jonów V^{n+} i Fe^{3+} narzuca spełnienie ściśle określonych wymagań, dotyczących morfologii i parametrów strukturalnych sieci macierzystej. Ogromnie ważny jest dobór odpowiedniej metody otrzymywania oraz jej parametrów w celu uzyskania czystych fazowo materiałów. Ważnym elementem realizacji postawionego celu była analiza struktury i morfologii otrzymanych związków. Następnie przeprowadzono szereg pomiarów spektroskopowych i wyznaczono parametry termometryczne, jak np. czułość względna, niepewność wyznaczenia temperatury oraz zakres temperatur użytkowych proponowanych czujników temperatury.

Zebrane prace tworzące jednotematyczną całość zostały opublikowane w cieszących się wysoką renomą recenzowanych czasopismach anglojęzycznych o zasięgu międzynarodowym i wysokim współczynniku oddziaływania takich jak: *Sensors Actuators B Chem.* (IF = 7.1), *Physical Chemistry Chemical Physics* (IF = 3.43), *Frontiers in Chemistry* (IF = 3.693), *Nanomaterials* (IF = 4.324) (2 artykuły), *Materials Chemistry Frontiers* (IF = 6.788) oraz *Journal of Material Chemistry C* (IF = 7.059) (2 artykuły). Sumaryczny IF dla tych 8 publikacji wynosi 43.777 czyli średnio na jedną publikację IF = 5.47. Prace te podlegały już recenzjom specjalistów przed ich ogłoszeniem drukiem, zatem nie będę ich poddawać ponownej szczegółowej ocenie. Skupię się natomiast wyrażeniu mojej opinii odnoszącej się do wkładu Doktorantki we wspólnie wykonanych badaniach, opracowaniu uzyskanych rezultatów oraz stworzeniu opublikowanych artykułów naukowych. We wszystkich stanowiących osiągnięcie Doktorantka jest pierwszym autorem. Wszystkie prace są wieloautorskie, z czego w 3 z nich jako autorzy figurują tylko Doktorantka wraz z Promotorem. Ogromne znaczenie ma także fakt, że w 5 z wymienionych publikacji Doktorantka wraz z Promotorem są autorami do korespondencji. Świadczy to bowiem o docenieniu samodzielności naukowej Doktorantki przez Promotora. W dysertacji nie zostały co prawda załączone oświadczenia współautorów,

jednak dominująca rola Doktorantki w powstawaniu tych publikacji jest dla mnie oczywista. Potwierdzają to zamieszczone po omówieniu wyników do każdej publikacji deklaracje Autorki wskazujące na Jej ogromną samodzielność i imponujący wkład pracy Doktorantki polegający na: syntezie wszystkich nanokrystalicznych luminoforów, ich systematycznej charakterystyce strukturalnej i morfologicznej, a w następnej kolejności prowadzeniu szeregu pomiarów spektroskopowych, obliczeń parametrów zależnych od temperatury. Autorka także przeprowadziła analizę i interpretację otrzymanych wyników, jak również przygotowała teksty manuskryptów. Rozprawa prezentuje znakomity poziom naukowy.

Rozprawa doktorska liczy 212 stron, z czego przewodnik jest zamieszczony na 104 stronach, a pozostałą część tworzą kopie publikacji wchodzące w skład osiągnięcia wraz z materiałami uzupełniającymi.

Praca rozpoczyna się od nakreślenie celu podjętych badań, którym było opracowanie nowych nanokrystalicznych termometrów luminescencyjnych, opartych na temperaturowo-podatnej luminescencji jonów metali przejściowych tj. wanadu (V^{3+} , V^{4+} , V^{5+}) oraz żelaza (Fe^{3+}), charakteryzujących się wysoką czułością względną, co umożliwiła zdalny odczyt temperatury. Chociaż niektóre termometry luminescencyjne oparte na luminescencji jonów metali przejściowych zostały już opisane w literaturze, możliwość wykorzystania jonów V^{n+} i Fe^{3+} do termometrii luminescencyjnej nie została do tej pory dobrze zbadana. Krótka prezentacja zalet temperaturowo-podatnej luminescencji jonów metali przejściowych nad luminescencją pierwiastków f-elektronowych oraz motywacja dotycząca wybranych materiałów w przejrzysty sposób wyjaśniają celowość podjętych prac badawczych. Kolejny rozdział stanowi abstrakt w języku angielskim. Zamieszczone w dalszej części pracy bardzo profesjonalnie przygotowane streszczenie w języku polskim pozwala czytelnikowi w szybki i łatwy sposób zapoznać się z zawartością dysertacji. Następnie można uzyskać informację o dorobku naukowym Autorki. Ta część pracy zawiera wykaz wszystkich publikacji, wystąpień konferencyjnych, odbytych staży, otrzymanych nagród oraz udział w projektach. W dalszej części dysertacji zaprezentowany został zwięzły wstęp teoretyczny, w którym Pani mgr inż. Karolina KNIEĆ pozwala zapoznać się czytelnikowi z charakterystyką spektroskopową metali przejściowych wybranych do badań tj. wanadu na +3, +4 i +5 stopniu utlenienia oraz żelaza 3+. Opisane krótko i rzeczowo teoria pola krystalicznego, diagramy Tanabe-Sugano dla konfiguracji elektronowych d^2 i d^5 , przejścia elektronowe d-d czy procesy transferu energii oraz przejścia niepromieniste stanowią bardzo właściwie dobraną tematyką, która powinna znaleźć się we wprowadzeniu do dysertacji. W dalszej części pracy, jako kolejny 7 rozdział opisana jest termometria luminescencyjna tj. jej rodzaje i klasyfikacja oraz zastosowania. Zastanawia mnie czemu Autorka stworzyła z tej części osobny rozdział w pracy, ja bym to raczej widziała jako kolejny podrozdział w części 6. Introduction.

Po tej części w rozdziale 8 następuje przedstawienie materiałów oraz metod zastosowanych przy realizacji celów.

W tym miejscu muszę stwierdzić, że odczuwam pewien niedosyt ponieważ zabrakło krótkiego podrozdziału zawierającego opisy struktur związków wykorzystanych w pracy jako sieci macierzyste. W ramach pracy została przebadana bardzo obszerna grupa materiałów, krystalizujących w różnych układach krystalograficznych i moim zdaniem takie zestawienie, zawierające także zebrane informacje o promieniach jonowych dla różnych koordynacji kluczowych pierwiastków, o których mowa w pracy bardzo ułatwiło by lekturę. Przypuszczam,

ZAKŁAD CHEMII ANALITYCZNEJ
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław

tel. +48 71 375 73 73

www.chem.uni.wroc.pl

że Autorka założyła, że wybrane matryce są dobrze znane, bowiem są obszernie raportowane w literaturze. Pragnę nadmienić, że bardzo szczegółowe rozważania strukturalne wraz z informacjami na temat substytucji poszczególnych jonów zamieszczone są w 8 publikacjach będących przedmiotem pracy doktorskiej. Jednak myślę, że warto było pokusić się o przypomnienie czytelnikom dysertacji, które jony są podstawiane domieszkami aktywnymi, jakie są promienie jonowe aktywatorów wprowadzanych do poszczególnych matryc i jak ich wprowadzanie skutkuje zmianami w strukturze, co ma bezpośrednio wpływ na właściwości spektroskopowe. Proszę zatem Autorkę o zwięzłe przedstawienie właściwości strukturalnych przebadanych materiałów.

Następny rozdział pozwala zapoznać się z metodami syntezy nanorozmiarowych materiałów. Bardzo pomocne są tu rysunek prezentujący ogólnie etapy syntezy fosforów oraz skolekcjonowane w tabelach listy zsyntetyzowanych nanokryształów domieszkowanych jonami wanadu oraz żelaza. To w przejrzysty sposób pokazuje jak imponująca ilość związków objęta była badaniami do zrealizowania wytyczonego celu. W tym miejscu pragnę zaakcentować, że jestem pełna uznania dla Autorki, bowiem widać tu naprawdę ogromną chęć znalezienia nowych nanokrystalicznych termometrów luminescencyjnych. Zsyntezowanie i kompleksowe przebadanie tak bogatej bazy związków, co bez wątpienia jest bardzo czasochłonne i zapewne też czasem obarczone problemami, świadczy o niezwyklej pracowitości i sumienności Doktorantki.

W tej samej części pracy przedstawione są także metody użyte do charakterystyki fizykochemicznej otrzymanych materiałów, które obejmowały: badania strukturalne przy użyciu proszkowej dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, badania morfologii i rozmiaru ziaren z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej TEM i SEM oraz metody hydrodynamicznej DLS, badania zawartości metali w otrzymanych nanomateriałach metodą ICP-OES, badania spektroskopowe przy użyciu spektroskopii Ramana, rentgenowskiej spektrometrii fotoelektronów (XPS) oraz pomiarów widma wzbudzenia, emisji czy czasów życia stanów wzbudzonych. Dodatkowo dla wybranych materiałów aktywowanych jonami Fe^{3+} została wykonana na dwóch liniach komórkowych ocena cytotoxycywności.

Rozdział 9 stanowi dyskusja wyników otrzymanych w trakcie realizacji pracy doktorskiej. Autorka w bardzo zwięzły i profesjonalny sposób przedstawiła najważniejsze osiągnięcia otrzymane w trakcie realizacji poszczególnych celów, zebranych w kolejnych publikacjach. Omówienie kolejnych prac zawsze kończy deklaracja Autorki o jej osobistym udziale w prowadzonych badaniach. Część dysertacji dotyczącą omówienia wyników zamykają Wnioski zamieszczone na 5 stronach w rozdziale 10.

Dyplomantka przygotowując się do prowadzenia badań oraz opracowując uzyskane wyniki korzystała z aktualnej literatury, której spis zawierający 140 pozycje został umieszczony w rozdziale 11. Zakres źródeł literaturowych oraz ich dobór został wykonany poprawnie. Spis jest zrobiony bardzo starannie. Jedyna moja uwaga dotyczy braku źródła, o które Autorka opierała się podając promienie jonowe pierwiastków uwzględnionych w pracy.

Poziom edytorski pracy jest bardzo wysoki, w szczególności imponują starannie wykonane rysunki, które są bardzo przejrzyste. Dobrze opracowane i omówione wyniki świadczą o ogromnym zaangażowaniu Autorki w swoją pracę badawczą oraz o Jej dojrzałości naukowej, która przejawia się umiejętnościami zaprezentowania wyników swojej pracy w sposób interesujący i przekonujący. Praca przygotowana jest w sposób bardzo przemyślany, przejrzysty i staranny, co sprawia, że czyta się ją naprawdę z przyjemnością. Napisana jest

bardzo poprawnym fachowym językiem, praktycznie nie ma w niej błędów edytorskich. W paru miejscach zdarzyły się pojedyncze błędy literowe. Myślę też, że na początku pracy mógł zostać zamieszczony spis użytych w pracy skrótów, co ułatwiłoby lekturę, jednak uwagi te nie wpływają w żaden sposób na bardzo dobry odbiór pracy.

Jak można wywnioskować wszystkie syntezy i pomiary zostały przeprowadzone przez Autorkę samodzielnie, co świadczy o Jej bardzo dobrych umiejętnościach eksperymentalnych. Z kolei umiejętność wykorzystania zdobytej wiedzy teoretycznej do interpretacji otrzymanych wyników przekłada się na ich poprawną i bardzo dojrzałą dyskusję. Chciałabym zwrócić uwagę, że każda z publikacji wchodzących w skład dysertacji jest bardzo rozbudowana i porusza wiele ważnych aspektów, a w rozwiązaniu każdego z wytyczonych celów proponowane są różne alternatywne rozwiązania.

Praca zawiera bardzo dużo obiecujących i ważnych wyników wnoszących wkład w rozwój dziedziny i tematycznie doskonale wpisuje się w prowadzone na świecie aktualnie badania. Otrzymane bardzo wartościowe rezultaty, stanowiące elementy nowości naukowej wnoszą wiedzę podstawową jak i aplikacyjną. Będą one niezwykle przydatne do dalszych badań dla zastosowań nanometrycznych luminoforów, w szczególności odnoszących się do rozwoju czujników temperatury opartych na jonach metali przejściowych. Przedstawione wyniki w sposób znaczący uzupełniają i poszerzają wiedzę dotyczącą spektroskopii jonów wanadu i żelaza w szerokim zakresie temperatur. W tym miejscu pragnę podkreślić, że są to pierwsze prace naukowe, w których luminescencja jonów V^{n+} i Fe^{3+} jest badana pod kątem wykorzystania do pomiaru temperatury.

Przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej badania są niezwykle ważne i przedstawioną do oceny pracę oceniam bardzo wysoko.

Jako, że obowiązkiem recenzenta jest wskazanie ewentualnych potknięć czy kwestii dyskusyjnych pozwolę sobie poruszyć kilka aspektów:

1. Praca zawiera kilka małych potknięć językowych znajdujących się w rozdziale 3 tj. streszczeniu w języku polskim. Pozwolę sobie je tu przytoczyć.

- Str. 16 „Spośród różnych rodzajów bezkontaktowych termometrów luminescencyjnych ogromne zainteresowanie wzbudzają nieorganiczne nanomateriały domieszkowane jonami **aktywnymi optycznymi**, ze względu na ich wysoką stabilność termiczną, chemiczną i mechaniczną, doskonałą fotostabilność oraz brak efektu migotania.” - chodziło o jony aktywne optycznie.

- Str. 17 „Parametry syntezy zostały odpowiednio dobrane i zoptymalizowane w zależności od składu chemicznego materiału gospodarza, mając na celu otrzymanie dobrze **skryształizowanych** materiałów o wysokiej czystości fazowej, określonej przez odpowiednią charakterystykę strukturalną i morfologiczną.” – poprawnym terminem jest dobrze wykryształizowanych materiałów.

- Str. 18 „Ponadto różnią się one między sobą położeniem spektralnym pasm emisji i szybkością **wygaszania termicznego intensywności luminescencji**.”- autorka chyba miała na myśli wygaszanie termiczne luminescencji.

- Str. 18 „Rosnąca liczba jonów Ga^{3+} w krystalicznych strukturach granatu zwiększa prawdopodobieństwo **asystowanego fononowo** transferu energii $V^{5+} \rightarrow V^{4+}$, który jest dominującym efektem, będącym odpowiedzialnym za modyfikację właściwości termometrycznych termometrów luminescencyjnych bazujących na luminescencji jonów V^{n+}

w materiale $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}$ ” – poprawnym terminem jest **wspomagany fononowo** transfer energii.

- Na stronie zauważyłam 59 brak numeru i podpisu pod rysunkiem prezentującym etapy syntezy fosforów.

2. Mam też kilka pytań dotyczących wyników.

- W badaniach dotyczących podjętych różnych strategii stabilizacji jonu wanadu na 4 stopniu utlenienia (P2) jedną z nich było osiągnięcie celu poprzez kompensację ładunku z użyciem jonów Mg^{2+}/Ca^{2+} . W przypadku kompensacji jonem Ca^{2+} widma emisji zmieniają się w sposób nieregularny wraz ze wzrostem koncentracji wapnia. Chciałam zapytać czy Doktorantka powtarzała syntezę serii tych próbek, żeby sprawdzić powtarzalność otrzymanych wyników. W tym miejscu chciałam też zapytać o ważny w termometrii luminescencyjnej parametr jakim jest **reprodukcyjność**. Doskonale zdaje sobie sprawę z ogromnej liczby przeprowadzonych syntez wykonanych w poszukiwaniu nowych termometrów luminescencyjnych, ale czy Doktorantka powtarzała syntezę np. dla jakiejś wybranej serii próbek i powtarzała pomiary w celu sprawdzenia powtarzalności otrzymanych wyników?

3. Mam też pytanie o badania repetycyjności oraz niepewności. W dwóch ostatnich publikacjach wchodzących w skład dysertacji te parametry były wyznaczone. Może warto sprawdzić je również dla wcześniej badanych materiałów tj. YAG, LaGaO₃, itd. opublikowanych we wcześniejszych pracach. Chciałabym poznać zdanie Doktorantki jaka w Jej ocenie jest waga tych parametrów.

4. Mam też uwagę dotyczącą poprawnej redakcji zapisu grup przestrzennych, które zgodnie z nomenklaturą stosowaną w krytalografii powinny być zapisywane kursywą i z odpowiednimi indeksami. Bardzo proszę Doktorantkę, aby w przyszłości zwracała na to uwagę, bowiem zauważyłam, że nie tylko w przewodniku, ale również w niektórych publikacjach grupy przestrzenne opisane są w niewłaściwy sposób.

Oceniając cały dorobek naukowy Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ z ogromną przyjemnością stwierdzam, że jest on imponujący, niezwykle bogaty tak ilościowo i jakościowo obejmuje łącznie 12 oryginalnych prac ogłoszonych w prestiżowych, specjalistycznych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku wpływu (IF), które są często cytowane. Sumaryczny IF dla 12 publikacji wynosi 63.3 z liczbą cytowań 101, w tym bez autocytowań 77. Indeks Hirsza Doktorantki wynosi H=6 wg. Web of Science (15.07.2021), 7 wg Google Scholar (10.05.2021).

W dorobku Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ znajduje się także rozdział *Non-plasmonic NIR-Activated Photothermal Agents for Photothermal Therapy* w książce In: Benayas A., Hemmer E., Hong G., Jaque D. (eds) *Near Infrared-Emitting Nanoparticles for Biomedical Applications*. Opublikowanej w 2020 r, a także zgłoszenie patentowe dotyczące *Zastosowanie kompozytów opartych na związkach boru do bezkontaktowego odczytu temperatury obiektów*.

Doktorantka w swoim naukowym CV wykazuje również listę składającą z 8 komunikatów naukowych, które prezentowane były na konferencjach o zasięgu międzynarodowym w formie prezentacji ustnych (5) oraz w formie plakatów (3). Ponadto Pani mgr inż. Karolina KNIEĆ prezentowała w formie plakatów swoje wyniki na trzech międzynarodowych szkołach i na dwóch z nich: *International School Three Wise Men Winter School on Luminescent Nanothermometry for Biomedical Applications*, Miraflores de la Sierra, Madrid, Spain (2019) oraz XXIIIrd *International Krutyń Summer School, Advanced Lanthanide Molecules and*

ZAKŁAD CHEMII ANALITYCZNEJ

ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław

tel. +48 71 375 73 73

www.chem.uni.wroc.pl

Materials for Bioimaging and Medical Diagnostics: State of the Art. (2018), otrzymała nagrodę za najlepszy poster.

Dodatkowo, osiągnięcia naukowe Dyplomantki wzbogacają: krótki staż naukowy na Uniwersytecie w Madrycie w grupie Prof. Daniela Jaque (2018) oraz udział w dwóch szkoleniach zorganizowanych przez Fundację Nauki Polskiej dotyczących komercjalizacji rozwiązań naukowych (2017 i 2019). W roku 2019 miałam przyjemność spotkać się z Panią Karoliną i wspólnie uczestniczyć przez dwa tygodnie w jednej ze Szkół zorganizowanej przez *NATO Advanced Study Institute on Nanophotonics* w Erice na Sycylii tj. *Light Matter Interactions Towards the Nanoscale*". Miałam więc okazję odbyć z Doktorantką wiele rozmów i mogę z całym przekonaniem stwierdzić, że jest Ona ogromnie zaangażowana w badania, które wykonuje opowiada o nich z entuzjazmem i wykazuje się bardzo dużą dojrzałością naukową. W trakcie sesji porterowej pokazała, że świetnie zna temat swoich oraz posiada ogromną wiedzę na temat aktualnych trendów badań w swojej dziedzinie. W mojej ocenie świetnie, w sposób interesujący przekonywający, zaprezentowała wyniki swojej pracy i była bardzo chętna do dyskusji.

Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ w latach 2017-2021 głównie była wykonawcą w projekcie First Team finansowanym przez Fundację Nauki Polskiej. Jednak ogromnie ważny jest fakt, że Doktorantka samodzielnie wykazała także aktywność w pozyskiwaniu środków finansowych na prowadzone badania swoje pomysły badawcze realizuje obecnie w kierowanym przez siebie projekcie finansowanym przez NCN PRELUDIUM 17 pt. „*Synthesis and investigations of $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}:V^{m+}$, Nd^{3+} nanocrystals as novel luminescent pH indicators.*”

Podsumowując, po szczegółowej analizie przedstawionej pracy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ stwierdzam, że w świetle Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”, Dz.U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595; z 2005 r. Nr 164 poz. 1365, a zwłaszcza Art. 13 pkt. 1, który brzmi „Rozprawa doktorska, przygotowana pod opieką promotora, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub artystycznego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej” pragnę stwierdzić, że praca doktorska Pani mgr inż. Karoliny KNIEĆ pt. „*Synthesis and investigation of spectroscopic properties of nanocrystalline phosphors doped with vanadium – V^{3+} , V^{4+} , V^{5+} ions and iron Fe^{3+} ions for applications in luminescent thermometry*” spełnia z naddatkiem wymogi ustawowe i może być przedstawiona do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę bardzo szeroki zakres wykonanych badań, trudność tematu i uzyskane rezultaty oraz imponujący dorobek naukowy Doktorantki powstały podczas prowadzenia badań wnosząc do Rady Naukowej Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu o wyróżnienie recenzowanej przeze mnie rozprawy.

Małgorzata GniB