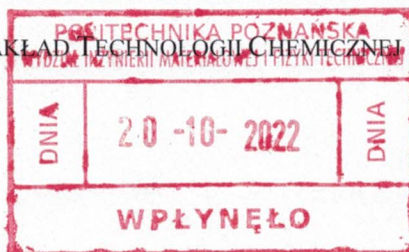




ul. Grunwaldzka 6
60-780 Poznań



tel.: 61 854-66-30
fax: 61 854-66-39
e-mail: syntezy@ump.edu.pl

Poznań, dnia 18 października 2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł pracy: Optymalizacja procesu syntezy i funkcjonalizacji nanocząstek złota oraz określenie istotnych dla zastosowań biomedycznych parametrów fotofizycznych nanocząstek i ich układów hybrydowych z wybranymi barwnikami

Imię i nazwisko: **mgr inż. Paulina Błaszkwicz**

Miejsce realizacji pracy doktorskiej: **Zakład Fizyki Molekularnej, Instytut Fizyki, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska**

Promotor: **prof. dr hab. Alina Dudkowiak**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Michał Kotkowiak**

Tematyka badawcza skupiona wokół badań fizykochemicznych nanocząstek złota podjęta przez Panią mgr inż. Paulinę Błaszkwicz jest rozwijana od kilkunastu lat z bardzo interesującymi rezultatami w Zakładzie Fizyki Molekularnej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej pod kierunkiem promotora niniejszej pracy, Pani prof. dr hab. Aliny Dudkowiak i promotora pomocniczego, Pana dr inż. Michała Kotkowiaka. Zagadnienie badawcze sformułowane w temacie pracy, a dotyczące optymalizacji procesu syntezy i funkcjonalizacji nanocząstek złota oraz określenie istotnych dla zastosowań biomedycznych parametrów fotofizycznych tych nanocząstek i ich układów hybrydowych z wybranymi barwnikami, dotyka szeregu zagadnień szczegółowych. Doktorantka umiejętnie przeprowadziła optymalizację procesu syntezy nanocząstek złota o różnej geometrii, zmodyfikowała je powierzchniowo otoczkami: organiczną i nieorganiczną, a następnie oceniła ich parametry spektralne i fotofizyczne, poszerzając wiedzę na temat fizykochemii nanocząstek złota, a także przyczyniając się do wykazania ich potencjału dla zastosowań biomedycznych. Oczywiście, w szerszym znaczeniu, tematyka poruszona w rozprawie przyczynia się do lepszego poznania nanoświata, w którym zachodzą kluczowe procesy również dla funkcjonowania świata nas otaczającego. Badania podstawowe w zakresie nanotechnologii posiadają z roku na rok rosnący potencjał dla zastosowań aplikacyjnych w katalizie, fotowoltaice, nanotechnologii, terapii fotodynamicznej i szeroko rozumianym bioobrazowaniu. Z tego względu tematyka podjęta przez Doktorantkę jest bardzo aktualna, a dokonany wybór tematu uważam za bardzo uzasadniony.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Błaszkwicz stanowi spójny tematycznie zbiór czterech publikacji opatrzonych 40 stronicowym komentarzem. Doktorantka zawarła w dysertacji: (i) spis skrótów i oznaczeń, (ii) streszczenia pracy w języku polskim i angielskim, (iii) określenie formy rozprawy oraz wkładu w jej powstanie, (iv) informację na temat badanych materiałów oraz zastosowanych technik pomiarowych, (v) krótki opis badań składających się na rozprawę doktorską, (vi) podsumowanie, (vii) literaturę, (viii) informację o dorobku naukowym oraz (ix) załączniki z oświadczeniami współautorów oraz przedruki publikacji. Poszczególne rozdziały zostały napisane poprawnym językiem naukowym, a kolejność

przedstawiania danych i cytowane piśmiennictwo nie budzą zastrzeżeń recenzenta. Piśmiennictwo komentarza liczy 42 odnośniki literaturowe, które zostały odpowiednio dobrane i pochodzą w większości z ostatnich 10 lat.

We **Wstępie** Doktorantka omówiła znaczenie nanomateriałów w rozwoju nowych narzędzi i metod istotnych dla współczesnej medycyny. Zwróciła uwagę na znaczenie badań podstawowych, jak i aplikacyjnych, w ich opracowywaniu i wprowadzaniu do codziennej praktyki. Doktorantka doskonale porusza się w tych zagadnieniach, gdyż jest współautorką prac przeglądowych i oryginalnych w przedmiotowym temacie. Obszar badań, do którego odniosła się szczegółowo dotyczył nanocząstek metali szlachetnych, w opisie których poruszyła wiele zagadnień szczegółowych. Skupiła się na zjawisku rezonansu plazmonowego i jego roli we wzmocnieniu emisji oraz zwiększeniu wydajności kwantowej generowania tlenu singletowego wskutek oddziaływań pomiędzy fotosensybilizatorem, a nanocząstką. Następnie omówiła korzyści z otrzymywania połączeń nanocząstek z substancjami aktywnymi farmaceutycznie, w tym także w kontekście biofarmaceutycznym. W dalszej części przedstawiła wybrane doniesienia naukowe dotyczące wykorzystania nanocząstek metalicznych w zastosowaniach biomedycznych. Zwróciła uwagę na to, że układy modelowe oparte na membranach biomimetycznych, w tym monowarstwy lipidowe uzyskiwane techniką Langmuira są bardzo użyteczne w badaniach oddziaływań nanocząstek z błonami. We wstępie Doktorantka umiejętnie przeszła od zagadnień teoretycznych do badań własnych. Najpierw wyjaśniła zasadność wyboru hydrofilowego polimeru z grupą tiolową - PEG-SH do funkcjonalizacji nanocząstek złota o kulistym kształcie oraz nanoprętów złota, a następnie zalety funkcjonalizacji nanocząstek złota otoczką krzemionkową. Dalej przedstawiła barwniki, z grupy kumaryny, fluoresceiny i rodaminy, które zastosowała do wytworzenia układów hybrydowych z nanocząstkami złota. Należy podkreślić, że przewodząca dysertacji hipoteza badawcza i pomysł na wypełnienie powiązanej z nią luki badawczej jest bardzo zaawansowany, bo dotyczy złożonych organiczno-nieorganicznych fotouczulaczy III generacji, które Doktorantka poddała badaniom i analizie fizykochemicznej dla znalezienia najbardziej pożądanых cech przy dalszych perspektywnych zastosowaniach w biomedycynie, w tym terapii fotodynamicznej lub fototermicznej.

W rozdziale **Forma rozprawy doktorskiej oraz wkład doktoranta** mgr Paulina Błaszkiwicz zawarła informację o publikacjach włączonych do rozprawy, a więc czterech oryginalnych artykułach opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych indeksowanych z listy JCR: (i) *Journal of Luminescence* 183 (2017), 303; (ii) *Journal of Physical Chemistry C* 124(3) (2020), 2088; (iii) *Journal of Physical Chemistry C* 123(44) (2019), 27181; (iv) *Journal of Molecular Liquids* 349 (2022), 118179-1. W trzech z czterech prac Doktorantka jest pierwszym autorem, a w jednej jest drugim autorem. Z zawartych w oświadczeniach informacji czytelnie wynika, że Doktorantka w stopniu znaczącym przyczyniła się do powstania wszystkich publikacji oryginalnych, gdyż brała udział w planowaniu badań oraz przeglądzie aktualnej literatury dotyczącej syntezy i funkcjonalizacji nanocząstek. Ponadto, samodzielnie otrzymywała nanocząstki złota, a następnie prowadziła ich funkcjonalizację i przygotowywała mieszaniny hybrydowe nanocząstek z fotouczulaczami, charakteryzowała badane układy wykorzystując metody spektroskopii absorpcyjnej i fluorescencyjnej, prowadziła badania rozdzielnej w czasie spektroskopii optoakustycznej, przygotowywała roztwory wykorzystywane do wytworzenia

warstw Langmuira. Brała także udział w analizie i dyskusji wyników pomiarowych oraz współredagowała teksty manuskryptów.

W rozdziale **Badane materiały oraz zastosowane techniki pomiarowe** Doktorantka przedstawiła zastosowane w dysertacji metody preparatywne i fizykochemiczne. Najpierw uzyskała nanocząstki złota na drodze reakcji redukcji kwasu chlorozłotowego (III) w obecności cytrynianu sodu w rozpuszczalniku wodnym. Warto dodać, że synteza nanoprętów złota była procesem bardziej złożonym, bo dwuetapowym i była prowadzona z wykorzystaniem metody *seed-mediated growth*. Nieorganiczne powłoki krzemionkowe o kontrolowanej grubości na powierzchni nanoprętów wytworzyła stosując ortokręzian tetraetylu w środowisku zasadowym. Uzyskane nanocząstki poddała funkcjonalizacji polimerem PEG-SH, a następnie barwnikami, co doprowadziło do układów hybrydowych typu barwnik/sfunkcjonalizowana nanocząstka. W tym celu wykorzystwała komercyjnie dostępne barwniki laserowe z różnych grup chemicznych, takie jak C-481 – z grupy benzopirany, C-510 – z grupy chinolizynokumaryn, DCM – z grupy piranów, a także pochodną chlorofilu *a* – feoforbid *a* (Pheide). Badania fizykochemiczne objęły: (i) spektroskopię absorpcyjną w obszarze UV-vis wraz z określeniem fotostabilności badanych układów oraz wydajności kwantowej generowania tlenu singletowego metodą pośrednią z użyciem DPBF; (ii) spektroskopię emisyjną wraz z wyznaczeniem czasów życia fluorescencji; (iii) czasowo-rozdzielną laserowo-indukowaną spektroskopię optoakustyczną, (iv) wyznaczenie parametrów termodynamicznych dla uzyskanych techniką Langmuira z użyciem fosfolipidu – DPPC monowarstw jedno- i dwuskładnikowych wraz z ich potencjałem powierzchniowym, (v) zobrazowania tekstury badanych monowarstw oraz rejestracji rozkładu temperatury podczas naświetlania nanocząstek w warstwie z użyciem mikroskopii kąta Brewstera oraz kamery termowizyjnej. Prace obliczeniowe objęły modele försterowskiego rezonansowego przekazywania energii FRET, nanocząstkowego powierzchniowego przekazywania energii NSET i zmodyfikowany NSET, a także symulacje komputerowe z wykorzystaniem techniki całkowania skończonego FIT. Z użyciem transmisyjnej mikroskopii elektronowej określono wymiary nanocząstek oraz grubości powłok SiO₂, a ich wielkość metodą dynamicznego rozpraszania światła. Badania wykonywano w macierzystej jednostce, a także we współpracy z Centrum NanoBiomedycznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz Wielkopolskim Centrum Zaawansowanych Technologii w Poznaniu.

Szczegółowe rezultaty zostały zawarte w rozdziale **Badania i ich wyniki** i stanowią podsumowanie poddanych ocenie prac:

(i) **Publikacja 1** – *Journal of Luminescence* 183 (2017) 303 – Doktorantka przedstawiła syntezę kulistych nanocząstek złota, które sfunkcjonalizowała PEG-SH o masach cząsteczkowych 5000 i 10000 Da, a dalej w przebiegu badań na ich powierzchni osadziła barwniki laserowe: C-510, C-481 i DCM. Uzyskane nanocząstki zostały poddane szerokiej ocenie spektralnej, w tym badaniom stabilności z użyciem metod emisyjnych. Grubość powłoki polimerowej potwierdzono metodą dynamicznego rozpraszania światła. W badaniach wykorzystwała także modele matematyczne dla oceny optymalnej odległości dla procesu przekazywania energii między donorem a akceptorem. Przedstawione wyniki badań pozwoliły na zweryfikowanie, a nawet nowe spojrzenie na znane już ze światowego piśmiennictwa modele FRET i NSET w kontekście opisu przekazywania energii dla układu barwnik/nanocząstka złota z powłoką polimerową.

(ii) **Publikacja 2** – *Journal of Physical Chemistry C* 124 (2020) 2088 - Doktorantka przedstawiła w pracy dwuetapową syntezę nanoprętów złota, połączoną z wytworzeniem otoczki krzemionkowej i osadzeniem pochodnej chlorofilu *a*. W badaniach fizykochemicznych zastosowała nanoprety złota wykazujące maksimum pasma ekstynkcji zlokalizowane około 660 nm, które korelowała z pasmem Q wybranego fotosensybilizatora. Nanoprety w roztworach nie agregowały oraz wykazywały batochromowe przesunięcia maksimum pasma LSPR, skorelowane ze wzbudzeniem drgań plazmonowych. Doktorantka wyznaczyła właściwości spektralne mieszanin hybrydowych i przeanalizowała proces przekazywania energii oraz jego wpływ na konkurencyjne procesy zachodzące z udziałem stanów singletowych i trypletowych. Ponadto określiła potencjał fotosensybilizujący wyrażony zdolnością do generowania tlenu singletowego uzyskanych połączeń nanoprętów złota z otoczką krzemionkową i osadzonym chlorofilem *a*. Badania eksperymentalne zostały uzupełnione symulacjami komputerowymi. Wykazanie przez Doktorantkę dla uzyskanych połączeń hybrydowych z barwnikiem wyższych wartości generowania tlenu singletowego, aniżeli przez sam barwnik, stanowi ważną przesłankę dla dalszych prac z użyciem funkcjonalizowanych nanocząstek złota dla potrzeb biomedycznych.

(iii) **Publikacja 3** – *Journal of Physical Chemistry C* 123 (2019) 27181 – Doktorantka przedstawiła optymalizację dwuetapowej reakcji syntezy oraz procesu funkcjonalizacji nanoprętów złota z powłoką krzemionkową o zdefiniowanych i kontrolowanych grubościach. Nanocząstki zostały poddane badaniom metodą LIOAS, co pozwoliło na oszacowanie wydajności konwersji energii wzbudzenia na ciepło na poziomie 87-95% dla uzyskanych grubości otoczek krzemionkowych w zakresie 6-14 nm. Wyniki eksperymentalne skorelowano z obliczeniami teoretycznymi. Ważnym wynikiem przeprowadzonych badań okazało się wykazanie, że metoda LIOAS pozwala na wyznaczenie istotnego parametru dla potencjalnych zastosowań nanocząstek w PTT.

(iv) **Publikacja 4** – *Journal of Molecular Liquids* 349 (2022) 118179-1 – Doktorantka poddała badaniom nanoprety złota uzyskane zgodnie z wcześniej opracowaną metodyką, wykazujące maksimum ekstynkcji zlokalizowane około 660 nm. Nanoprety złota zostały sfunkcjonalizowane polimerem PEG-SH o masie 2000 Da. Z kolei modelową błonę biologiczną badano wykorzystując wannę Langmuira. W tym celu wytworzono monowarstwy wykorzystując fosfolipid DPPC: jedno- (DPPC) lub dwuskładnikowe (DPPC z nanopretami złota funkcjonalizowanymi PEG-SH), a następnie porównywano ich parametry termodynamiczne oraz określono oddziaływania lipidów z nanopretami stosując warunki: bez i podczas ich oświetlenia. Okazało się, że niewielka ilość nanoprętów w warstwie po oświetleniu ich światłem o odpowiedniej długości fali, wpływa na zmianę stabilności i wywołuje zmiany w upakowaniu oraz organizacji lipidów w modelowych błonach komórkowych. Doktorantka słusznie zauważyła, że zaobserwowany efekt może przekładać się na zmiany przepuszczalności i/lub integralności błony. Zaproponowane badanie stanowi doskonały model badawczy mogący znacznie przyczynić się do ustalenia warunków optymalnych dla zastosowania nanoprętów złota w terapii fototermicznej.

W **Podsumowaniu** Doktorantka zebrała najważniejsze dokonania zawarte w cyklu opublikowanych prac oryginalnych, które zawarła w opisie i kilku wnioskach. Związany z hipotezą badawczą cel pracy polegający na wytworzeniu, sfunkcjonalizowaniu i scharakteryzowaniu nanocząstek złota o różnych kształtach oraz ich układów hybrydowych wytworzonych z nanocząstek i wybranych barwników wraz z wyznaczeniem wybranych

parametrów fotofizycznych i fotochemicznych, a także określeniem wpływu na modelowe błony biologiczne, został w pełni osiągnięty.

Treść rozprawy doktorskiej Pani mgr Pauliny Błaszkiwicz zawarta w cyklu 4 oryginalnych artykułów naukowych jest zgodna z tezą postawioną w tytule. Sposób przedstawiania badań i ich interpretacji w pracach oryginalnych wskazuje na biegłość Doktorantki w stosowanej metodologii i dokumentowaniu wyników. Uzyskane dane eksperymentalne zostały w przedstawionych do oceny pracach krytycznie omówione w kontekście światowego piśmiennictwa i bezpośrednich doświadczeń Zespołu. Uzyskane wyniki mają więc duże znaczenie poznawcze i stanowią istotny wkład do chemii materiałowej i nanotechnologii. Praca została zrealizowana według dobrze przemyślanego schematu, co pozwoliło na zweryfikowanie hipotezy badawczej. Hipoteza zawarta na początku badań wydawała się bardzo racjonalna i w miarę postępu prac została pozytywnie zweryfikowana, prowadząc do bardzo interesujących wniosków. Doktorantka bardzo dobrze zoptymalizowała preparatykę nanocząstek złota o różnych geometriach i dokonała ich modyfikacji powierzchniowej powłoką organiczną i nieorganiczną. Podczas badań fizykochemicznych uzyskane nanocząstki charakteryzowały się wydajniejszymi wydajnościami kwantowymi generowania tlenu singletowego oraz efektywniejszą konwersją energii na ciepło. Co jest bardzo istotne, Doktorantka wyjaśniła mechanizmy promienistych i bezpromienistych procesów dezaktywacji energii w układach hybrydowych typu barwnik/nanocząstka złota, a także wykazała, że powłoka krzemionkowa wytworzona na powierzchni nanocząstek prętopodobnych wpływa zarówno na proces przekazywania energii między barwnikiem a nanocząstką, jak i wydajność generowania tlenu singletowego. Co warto podkreślić, uzyskane wyniki eksperymentalne podparła trafnie dobranymi modelami teoretycznymi, co znacznie przyczyniło się do wyjaśnienia i zrozumienia procesów indukowanych światłem zachodzących na poziomie molekularnym oraz ich wpływu na zdolności fotouczulające i/lub fototermiczne badanych połączeń barwnik i nanocząstka złota. Bardzo cennym badaniem, które pokazało szersze znaczenie uzyskanych wyników fizykochemicznych dla nanocząstek złota, okazało się przeprowadzenie studiów z wykorzystaniem modelowej błony biologicznej fotoaktywowanej nanocząstkami złota. Badanie to pozwoliło na przeanalizowanie oddziaływań pomiędzy składnikami błony i wpływu na jej elastyczność, stabilność i organizację lokalnie generowanego ciepła. Z przyjemnością stwierdzam, że uzyskane wyniki dostarczyły istotnych informacji o właściwościach fotofizycznych badanych, funkcjonalizowanych nanocząstek i ich układów hybrydowych, stwarzając perspektywy dla kolejnych badań podstawowych i aplikacyjnych o znaczeniu biomedycznym.

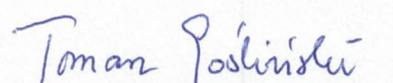
Przedstawiona do recenzji praca doktorska posiada kilka płaszczyzn pozwalających ją analizować jako nowatorską: (i) podjęcie zagadnień bardzo aktualnych naukowo poprzez włączenie się w nurt badań modyfikowanych nanocząstek złota, (ii) zastosowany bardzo nowoczesny warsztat badawczy, (iii) duży potencjał poznawczy uzyskanych wyników, który pozwala lepiej zrozumieć procesy indukowane światłem dla nanocząstek złota, tym samym porządkujący zastany stan wiedzy i otwierający nowe perspektywy dalszych ciekawych badań podstawowych, jak i aplikacyjnych, szczególnie w medycynie i bionanotechnologii. Nie mam najmniejszych wątpliwości, że przedstawione opublikowane dane eksperymentalne posiadają wysoką wartość merytoryczną.

Pani mgr inż. Paulina Błaszkiwicz posiada w mojej ocenie znakomity dorobek naukowy, jest współautorką 8 publikacji o łącznym współczynniku Impact Factor 38,813 w czasopismach takich jak m.in. *Journal of Luminescence*, *Current Medicinal Chemistry*, *Journal of Physical Chemistry C* (dwukrotnie), *International Journal of Molecular Sciences*, *Applied Surface Science*, *Journal of Molecular Liquids* oraz *Nanomaterials*. Ponadto jest współautorką 8 rozdziałów w książkach w wydawnictwach konferencyjnych. Wzięła udział w licznych szkoleniach oraz w ponadprzeciętnej ilości konferencji naukowych o charakterze lokalnym i międzynarodowym, na których zaprezentowała wyniki w formie posterów oraz, co należy podkreślić aż 8 referatów ustnych. Była/jest wykonawcą i kierownikiem 11 grantów badawczych przyznanych przez macierzystą Uczelnię i MNiSW oraz NCN, w tym grantu Preludium z NCN. Odbyła kilka staży naukowych, w różnych firmach, instytucjach i jednostkach naukowych. Jest beneficjentem wielu nagród i wyróżnień. Zebrane doświadczenie doskonale rokuje jej dalszej i szybkiej karierze naukowej.

Wszystkie rozdziały i prace eksperymentalne zawarte w dysertacji zostały napisane bardzo poprawnym językiem naukowym. Zwracam uwagę na drobne kwestie, które pojawiły się podczas czytania pracy i poproszę o ustosunkowanie się do nich podczas publicznej obrony: (i) spis skrótów i oznaczeń – przy objaśnieniu skrótu DCM niepotrzebnie dodano słowo „pyran”, (ii) Wstęp – pojawia się sformułowanie „... nanocząstki są zdolne do poprawy indeksu terapeutycznego, m.in. w przypadku wykorzystania łączonych metod (np. terapii fotodynamicznej i fototermicznej)” – zastanawiam się, czy określenie indeksu terapeutycznego zostało podane poprawnie w tym kontekście, (iii) W publikacji 1 - *Journal of Luminescence* 183 (2017) 303 nie napotkałem w części - Materiały i metody - preparatyki osadzania barwników. C-510, C-481 lub DCM. W innych publikacjach z cyklu informacja o osadzaniu barwników pojawia się głównie w dyskusji. Proszę o przybliżenie jaką metodą zastosowano dla osadzania barwników na nanocząstkach, czy opierano się na adaptacji metod literaturowych?, (iv) We wnioskach do pracy zaproponowano stosowanie funkcjonalizowanych nanocząstek złota w szeroko rozumianym obrazowaniu i diagnostyce w układach biologicznych. Jakim zdaniem Doktorantki dalsze modyfikacje nanocząstek złota byłyby w tym względzie pożądane?, (v) Czy w przebiegu prac badano typ oddziaływań występujący w połączeniach pomiędzy chlorofilem *a* oraz nanopretami złota z otoczką krzemionkową?, (vi) Czy do oceny generowania tlenu singletowego stosowano tylko metodę pośrednią, czy wykonano także ocenę metodą bezpośrednią, względnie czy brano pod uwagę badania w środowisku wodnym?

Reasumując uważam, że Pani mgr inż. Paulina Błaszkiwicz doskonale zmierzyła się z postawionym w temacie pracy problemem, wykazała się znajomością zagadnień teoretycznych i przygotowaniem warsztatowym. Moja bardzo wysoka ocena wartości merytorycznej przedstawionej dysertacji wynika z umiejętnego połączenia przez Doktorantkę wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, chemii fizycznej, fotochemii i nanotechnologii. Przekazana do recenzji rozprawa doktorska w pełni spełnia wymogi stawiane tego typu pracom, dlatego też wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej o dopuszczenie mgr inż. Pauliny Błaszkiwicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z uwagi na wysoką merytoryczną wartość przedłożonej do recenzji dysertacji, zwracam się do Wysokiej Rady Dyscypliny z osobnym wnioskiem o wyróżnienie przedmiotowej pracy doktorskiej.


prof. dr hab. Tomasz Gośliński



ul. Grunwaldzka 6
60-780 Poznań

tel.: 61 854-66-30
fax: 61 854-66-39
e-mail: syntezy@ump.edu.pl

Poznań, dnia 18 października 2022 r.

Szanowny Pan

Prof. PP dr hab. Mirosław Szybowicz

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej

Rada Dyscypliny Inżynieria Materiałowa

Dziekan – Przewodniczący Rady Dyscypliny

Szanowny Panie Dziekanie,

Zwracam się z uprzejmą prośbą o przedstawienie Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej propozycji wyróżnienia pracy doktorskiej Pani mgr inż. Pauliny Błaszkiwicz pt.: „Optymalizacja procesu syntezy i funkcjonalizacji nanocząstek złota oraz określenie istotnych dla zastosowań biomedycznych parametrów fotofizycznych nanocząstek i ich układów hybrydowych z wybranymi barwnikami” zrealizowanej w Zakładzie Fizyki Molekularnej.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska posiada kilka płaszczyzn pozwalających ją analizować jako nowatorską: (i) podjęcie zagadnień bardzo aktualnych naukowo poprzez włączenie się w nurt badań modyfikowanych nanocząstek złota, (ii) zastosowany bardzo nowoczesny warsztat badawczy, (iii) duży potencjał poznawczy uzyskanych wyników, który pozwala lepiej zrozumieć procesy indukowane światłem dla nanocząstek złota, tym samym porządkujący zastany stan wiedzy i otwierający nowe perspektywy dalszych ciekawych badań podstawowych, jak i aplikacyjnych, szczególnie w medycynie i bionanotechnologii.

Nie mam najmniejszych wątpliwości, że przedstawione opublikowane dane eksperymentalne posiadają wysoką wartość merytoryczną. Sama rozprawa jest oparta na cyklu 4 publikacji, doskonale opublikowanych, w czasopiśmie o uznanej renomie, takich jak *Journal of Luminescence*, *Journal of Physical Chemistry C* (dwukrotnie) oraz *Journal of Molecular Liquids*. Ponadto Pani mgr inż. Paulina Błaszkiwicz posiada w mojej ocenie znakomity dorobek naukowy, jest współautorem 8 publikacji o łącznym współczynniku Impact Factor 38,813.

Z tego względu uprzejmie proszę o rozważenie wyróżnienia przedmiotowej dysertacji.

z wyrazami szacunku

KIEROWNIK
Katedry i Zakładu
Technologii Chemicznej Środków Leczniczych
Tomasz Gośliński
prof. dr hab. n. farm. Tomasz Gośliński