



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

**Wydział Inżynierii
i Technologii Chemicznej**
Jubileusz 60-lecia



Dr hab. inż. Joanna Ortyl, prof. PK
Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej
Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Patrycja Taborowska
pt. „New photonic carbon nanostructures”

Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska
Promotor: prof. dr hab. inż. Dawid Janas,
Promotor pomocniczy: dr inż. Andrzej Dzieńka

1. Uwagi ogólne - informacje dotyczące rozprawy doktorskiej

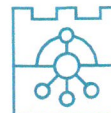
Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Taborowskiej, obejmuje 206 stron i przygotowana została w formie rozprawy publikacyjnej. W jej skład wchodzi trzy tematycznie spójne, oryginalne publikacje opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, stanowiące integralną część rozprawy. Łączny współczynnik wpływu (IF) cyklu publikacyjnego wynosi 25,4, a sumaryczna punktacja MNiSW – 480 punktów, co stanowi wynik zdecydowanie bardzo dobry dla rozprawy doktorskiej w obszarze nauk chemicznych. Wszystkie trzy artykuły opublikowano w prestiżowych czasopismach z grupy Q1, co stanowi mocne potwierdzenie wysokiej jakości przeprowadzonych badań i istotnego wkładu w międzynarodową społeczność naukową zajmującą się chemią nanorurek węglowych. Dodatkowo, integralną częścią dorobku wykorzystanego w rozprawie jest patent krajowy, co znacząco podnosi praktyczną wartość uzyskanych wyników i potwierdza ich potencjał aplikacyjny.

Tematyka rozprawy wpisuje się w aktywnie rozwijany na świecie obszar badawczy obejmujący chiralnie selektywne sortowanie jednościennej nanorurek węglowych (SWCNT) za pomocą polimerów sprzężonych w środowisku organicznym oraz kowalencyjną funkcjonalizację rodnikową prowadzącą do wprowadzania kontrolowanych defektów sp^3 , modulujących właściwości fotoluminescencyjne nanorurek w zakresie bliskiej podczerwieni (NIR). Tematyka ta ma fundamentalne znaczenie dla rozwoju nowoczesnych technologii fotonicznych.

Praca została zredagowana w języku angielskim, co odpowiada międzynarodowemu charakterowi prowadzonych badań. Dwujęzyczne streszczenia spełniają wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim w polskim systemie naukowym. Struktura rozprawy jest klarowna i przejrzysta, dostosowana do formy publikacyjnej.

Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
tel. +48 12 628 2753, pcbogdal@pk.edu.pl

chemia.pk.edu.pl



Doktorantka jest pierwszą autorką publikacji P1 oraz pierwszą autorką w publikacji P2. W publikacji P3 jest drugą autorką, również z zadeklarowanym równym wkładem jak pierwszy autor. Taki układ autorstwa świadczy o intensywnej współpracy w ramach zespołu badawczego, ale również o samodzielnym wkładzie Doktorantki w eksperymentalną część każdego artykułu.

Warto zauważyć, że Doktorantka posiada bogaty dorobek naukowy wykraczający poza rozprawę – obejmuje on 7 dodatkowych publikacji w czasopismach takich jak *Carbon*, *Scientific Reports*, *Materials*, *Journal of Materials Chemistry C*, dwa kolejne patenty krajowe, udział w trzech projektach badawczych oraz aktywność konferencyjną i staże zagraniczne (Indian Institute of Technology Roorkee oraz Cranfield University). Świadczy to o wieloletnim, systematycznym zaangażowaniu w pracę naukową.

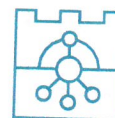
2. Ocena formalna i merytoryczna pracy

Pod względem formalnym rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Taborowskiej spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim w trybie publikacyjnym, zgodnie z obowiązującymi przepisami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Przedłożona praca składa się z cyklu trzech tematycznie powiązanych, oryginalnych publikacji naukowych opublikowanych w czasopismach z listy JCR z grupy Q1, uzupełnionych autorskim opracowaniem stanowiącym integralną i merytorycznie wiążącą część rozprawy. Cykl publikacyjny uzupełnia patent krajowy Pat.248351, którego zgłoszenie powstało jako bezpośrednia konsekwencja prac eksperymentalnych Doktorantki.

Strona edytorska i typograficzna rozprawy została przygotowana z dużą starannością. Ryciny stanowiące część autorskiego opracowania są czytelne, opatrzone właściwymi opisami i zawierają jednoznaczne odniesienia do źródłowych publikacji P1, P2, P3, z których zostały zaczerpnięte. Takie podejście zasługuje na uznanie pod względem rzetelności naukowej, ponieważ jednoznacznie wskazuje na pierwotne źródło danych prezentowanych.

W zakresie struktury rozprawa zachowuje proporcję typową dla pracy publikacyjnej: autorskie opracowanie monograficzne liczące ok. 50 stron pełni rolę kompendium tła literaturowego, prezentacji celu pracy, opisu metodyki oraz integralnego komentarza scalającego wyniki z trzech publikacji w spójną całość, zaś załącznik zawierający przedrukowane publikacje stanowi dokumentację oryginalnego dorobku.

Bibliografia obejmuje 146 starannie dobranych pozycji, w zdecydowanej większości pochodzących z najnowszych lat, z odpowiednią reprezentacją literatury źródłowej oraz aktualnych wyników grup wiodących w dziedzinie. Świadczy to o bardzo dobrym rozeznaniu Doktorantki w stanie wiedzy międzynarodowej.



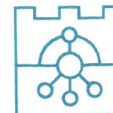
Pod względem merytorycznym praca jest wzorcowym przykładem rozprawy publikacyjnej o silnym profilu eksperymentalnym, łączącej bardzo dobre rozumienie fundamentalnych zjawisk z wymiernymi efektami praktycznymi. Tematyka rozprawy jest wyjątkowo aktualna. Sortowanie chiralne SWCNT z użyciem polimerów sprzężonych w środowisku organicznym oraz precyzyjna funkcjonalizacja rodnikowa należą obecnie do najbardziej dynamicznie rozwijanych obszarów chemii nanorurek węglowych. Każda z trzech publikacji adresuje inny etap procesu wytwarzania funkcjonalizowanych SWCNT dla zastosowań fotonicznych: P1 koncentruje się na udoskonaleniu samego procesu sortowania chiralnego; P2 dostarcza fundamentalnej wiedzy mechanistycznej dotyczącej funkcjonalizacji SWCNT z użyciem nadtlenu benzoilu, identyfikując konkurencyjne ścieżki rozpadu BPO i ich wpływ na strukturę implementowanych defektów oraz pozycje pików E_{11}^* w widmach fotoluminescencyjnych; P3 rozszerza zakres zastosowania chemii BPO poprzez systematyczne badanie biblioteki 14 pochodnych BPO o różnym charakterze elektronowym, korelując ich reaktywność z parametrami Hammetta i ładunkami atomowymi (ACC).

Spójność tematyczna trzech publikacji jest bardzo wysoka. Kolejne prace logicznie się dopełniają, zaczynając od problemu materiałowego, przez problem mechanistyczny, aż po problem syntetyczny. Każda publikacja stanowi naturalną kontynuację poprzedniej, a finalny rezultat byłby niemożliwy bez wcześniejszych ustaleń metodologicznych.

Doktorantka wykazuje bardzo dobrą znajomość aparatury badawczej i technik analitycznych. Świadczy to o bardzo szerokim warsztacie eksperymentalnym Doktorantki i umiejętności integrowania wielu komplementarnych technik dla uzyskania kompleksowego obrazu badanego zjawiska. Należy szczególnie podkreślić walor aplikacyjny prac. Wymierne korzyści procesowe opisane w P1 sytuują pracę w nurcie zielonej chemii i stanowią realny krok w kierunku skalowalnej produkcji przemysłowej. Patent Pat.248351 jest naturalną konsekwencją tych ustaleń i potwierdza wartość praktyczną rozwiązania.

Wkład rozprawy w P2 jest z kolei kluczowy poznawczo. Przed jej publikacją mechanizm funkcjonalizacji SWCNT z użyciem BPO w środowisku organicznym pozostawał słabo zbadany, a literatura ograniczała się głównie do reakcji w środowisku wodnym z użyciem soli diazoniowych. Praca P2 dostarcza pierwszego usystematyzowanego, ilościowego opisu wpływu temperatury, stężenia inicjatora, zawartości wody i tlenu oraz natury rozpuszczalnika na przebieg reakcji rodnikowej i charakterystykę powstających defektów luminescencyjnych. Identyfikacja dwóch typów wiązań kowalencyjnych i ich powiązanie z konkretnymi ścieżkami rozpadu BPO stanowi ważny krok mechanistyczny w zrozumieniu chemii rodnikowej SWCNT.

Praca P3 wnosi do dyscypliny nowy paradygmat projektowania reagentów rodnikowych dla nanorurek węglowych. Wykazanie, że to nie sama szybkość spontanicznego rozpadu BPO decyduje o efektywności funkcjonalizacji, lecz powinowactwo wytworzonego rodnika do powierzchni SWCNT. Kluczowe jest spostrzeżenie, że odwrotna kolejność reaktywności



względem szybkości rozpadu termicznego wynika z elektrofilowego charakteru reakcji ataku rodnika benzoiloksylogowego na ścianę nanorurki. Pomiar względnego PLQY z użyciem barwnika referencyjnego IR-1061 oraz korelacja danych PL z widmami Ramana zasługują na szczególne uznanie, ponieważ dostarczają niezależnego, ilościowego potwierdzenia wzrostu gęstości defektów dla bardziej elektronoakceptorowych pochodnych BPO.

Rozprawa stanowi oryginalny i samodzielny wkład w rozwój dyscypliny nauk chemicznych oraz inżynierii chemicznej, a uzyskane wyniki nie tylko wpisują się w aktualne trendy światowe, ale w niektórych obszarach (skalowalność CPE, biblioteki pochodnych BPO dla funkcjonalizacji większych SWCNT) wyznaczają kierunki dalszego rozwoju tej dziedziny. Świadczy o tym także wysoka pozycja czasopism, w których ukazały się publikacje.

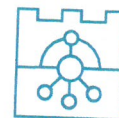
3. Praca doktorska wymogi formalne

3.1. Praca doktorska - ocena merytoryczna - tematyka, zakres pracy oraz interpretacja uzyskanych wyników badań wraz z omówieniem wyników

Rozprawa mgr inż. Patrycji Taborowskiej dotyczy kompleksowego opracowania metod uzyskiwania chiralnie jednorodnych jednościennej nanorurek węglowych (SWCNT) o sterowanych właściwościach fotoluminescencyjnych (PL), od etapu izolacji wybranych chiralności, przez badania mechanistyczne reakcji funkcjonalizacji rodnikowej, po projektowanie reagentów molekularnych pozwalających na precyzyjne dostrojenie widm emisyjnych SWCNT w zakresie bliskiej podczerwieni.

Tematyka ta wpisuje się w najaktualniejsze nurty badawcze w obszarze chemii i fotoniki nanostruktur węglowych. Wszystkie ich zastosowania wymagają bardzo wysokiej czystości chiralnej oraz kontrolowanej modyfikacji powierzchni prowadzącej do wprowadzenia tzw. defektów luminescencyjnych sp^3 , które tworzą głębokie pułapki ekscytonowe (100–250 meV) i radykalnie podnoszą wydajność kwantową fluorescencji (PLQY), z wartości <1% dla nanorurek pierwotnych do nawet 20–30% dla optymalnie funkcjonalizowanych próbek. Rozprawa Doktorantki adresuje luki w sposób systematyczny i komplementarny, co świadczy o dojrzałości koncepcyjnej programu badawczego. Zakres pracy obejmuje trzy logicznie powiązane obszary tematyczne:

- (i) Udoskonalenie procesu wielokrotnej, selektywnej ekstrakcji polimerowej w celu zwiększenia wydajności izolacji chiralności, z jednoczesnym zachowaniem czystości chiralnej oraz odzyskiem polimeru, rozpuszczalnika i nieprzereagowanego materiału SWCNT (P1).
- (ii) Systematyczne badania mechanizmu funkcjonalizacji SWCNT z użyciem nadtlenu benzoilu, w tym wpływu szerokiego zakresu warunków reakcyjnych na strukturę powstających defektów luminescencyjnych (P2).



(iii) Projektowanie biblioteki pochodnych BPO o zróżnicowanych właściwościach elektronowych jako zestawu narzędzi molekularnych do precyzyjnego dostrajania widm fotoluminescencyjnych SWCNT, w tym dla większych wartości chiralności (P3).

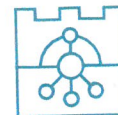
Tak nakreślony zakres pracy jest wewnętrznie spójny i merytorycznie zamknięty. Kolejne etapy logicznie się dopełniają, a finalne wyniki byłyby niemożliwe bez wcześniejszych ustaleń metodycznych dotyczących warunków reakcji oraz bez wcześniejszego opracowania powtarzalnej procedury ekstrakcji wysokiej jakości, chiralnie jednorodnego materiału.

W publikacji P1 Doktorantka opracowała udoskonalony schemat selektywnej ekstrakcji nanorurek. Mechanizm zaproponowany przez Doktorantkę jest interpretacją oryginalną i merytorycznie uzasadnioną. Co istotne Doktorantka identyfikuje także moment załamania selektywności i poprawnie interpretuje go jako konsekwencję akumulacji długołańcuchowych frakcji polimeru w osadzie wraz z gromadzącymi się tam SWCNT o niepreferowanych chiralnościach.

Wyniki ilościowe są imponujące: Doktorantka uzyskała wydajność 25% dla (6,5) SWCNT oraz 10% dla (7,5) SWCNT przy zachowaniu czystości chiralnej >80–99% w „dobrych” cyklach. Co równie ważne, opracowana procedura jest istotnie bardziej zrównoważona środowiskowo. Dodatkowo Doktorantka wprowadza filtrację membranową jako element procesu, umożliwiającą odzysk wolnego polimeru z supernatantu i jego ponowne wykorzystanie w kolejnych cyklach. Pokazuje przy tym istotne ograniczenie tej recykliczacji. Interpretacja wyników P1 jest rzetelna, wyważona i wewnętrznie spójna. Doktorantka unika nadinterpretacji, jasno wskazując ograniczenia metody i kierunki dalszego rozwoju.

Druga część rozprawy stanowi najbardziej dojrzały merytorycznie wkład poznawczy w całości pracy. Doktorantka systematycznie zbadała wpływ czterech zmiennych (temperatury, stężenia BPO, atmosfery itd.) na przebieg reakcji funkcjonalizacji rodnikowej (6,5) SWCNT z BPO. Kluczową obserwacją mechanistyczną jest identyfikacja dwóch typów defektów w widmach PL funkcjonalizowanych SWCNT. Argumentacja jest starannie zbudowana i przekonująca. Doktorantka wykazuje przy tym dojrzałość metodologiczną – projektuje eksperymenty falsyfikacyjne, a nie tylko potwierdzające, co jest cechą dojrzałego badacza.

Trzecia część rozprawy stanowi najbardziej innowacyjny aplikacyjnie wkład Doktorantki. Zsyntezowano i przebadano 14 pochodnych BPO z podstawnikami symetrycznymi, co obejmuje szeroki zakres stałej Hammetta σ od $-0,268$ do $+0,830$. Kluczowy nieoczywisty wynik publikacji P3 – i jednocześnie istotny wkład poznawczy, to obserwacja, że kolejność reaktywności pochodnych BPO względem SWCNT jest odwrotna do kolejności szybkości spontanicznego termicznego rozpadu tych samych pochodnych w roztworze. Co więcej, Doktorantka przeprowadza obliczenia kwantowo-chemiczne ładunków atomowych ACC na atomie węgla sąsiadującym z grupą karbonylową, wykazując bezpośrednią korelację między



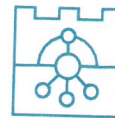
tym parametrem a efektywnością funkcjonalizacji. Drugim ważnym wnioskiem jest spostrzeżenie, że pochodne podstawione w pozycji *meta* prowadzą do pojawienia się dodatkowego, silnie przesuniętego batochromicznie pasma przy ~1300 nm w widmach PL. Doktorantka interpretuje go zgodnie z najnowszą pracą Yu et al. (ACS Nano 2022) jako konsekwencję specyficznych oddziaływań podstawnika *meta* z powierzchnią nanorurki, prowadzących do lokalnego klastrowania defektów.

Najważniejszym osiągnięciem aplikacyjnym P3 jest natomiast pierwsza udana funkcjonalizacja SWCNT (7,5). Niereaktywność (7,5) wobec niesubstituowanego BPO jest dobrze udokumentowana w literaturze i wynika z mniejszej krzywizny powierzchni tych nanorurek oraz niższej piramidalizacji atomów węgla, co osłabia ich reaktywność wobec rodników. Wykazanie, że odpowiednio reaktywne pochodne BPO mogą pokonać tę barierę, otwiera bezpośrednią drogę do uzyskiwania emisji w zakresie 1200–1400 nm. To wynik o bardzo wysokiej wartości aplikacyjnej. Korelacja danych PL z widmami Ramana dostarcza dodatkowego ilościowego potwierdzenia wzrostu gęstości defektów dla bardziej elektronoakceptorowych pochodnych. Doktorantka poprawnie interpretuje obserwowany w widmach efekt wzrostu intensywności emisji E_{11}^* przy wzroście gęstości defektów jako konsekwencję przejścia od reżimu ekscytonowego *trapping* do reżimu *trapping–detrapping–retrapping*, w którym ekscytony migrują pomiędzy gęstą siecią defektów.

Trzy obszary tematyczne rozprawy tworzą logicznie zamkniętą całość: opracowano wydajne i zrównoważone środowiskowo źródło materiału chiralnie jednorodnego (P1) → zbadano i opisano w sposób mechanistyczny chemię jego funkcjonalizacji rodnikowej (P2) → zaprojektowano arsenał pochodnych BPO pozwalających na precyzyjne strojenie widm PL i objęcie funkcjonalizacją większych chiralności (P3). Każdy następny etap zależy istotnie od poprzedniego.

Interpretacja wyników jest na bardzo wysokim poziomie. Doktorantka wykazuje znajomość fundamentów chemii rodnikowej, znajomość fotofizyki ekscytonów w 1D, biegłość w analizie ilościowej widm oraz umiejętność integracji metod analitycznych. Cytowane porównania z publikowaną literaturą są dokładne i wyważone. Doktorantka właściwie sytuuje swoje wyniki na tle prac grup Zaumseil, Doorna, Wanga, Maedy i Shirakiego, jednoznacznie zaznaczając zarówno punkty zgodności, jak i własne obserwacje wykraczające poza dotychczasowy stan wiedzy.

Stwierdzam, że pod względem tematyki, zakresu i interpretacji wyników rozprawa w pełni odpowiada wymogom stawianym pracom doktorskim w obszarze nauk chemicznych, a w niektórych aspektach istotnie wykracza poza standard, wnosząc oryginalny wkład w rozwój dyscypliny.



3.2. Praca doktorska - ocena merytoryczna - uwagi krytyczne i pytania

Bardzo wysoka ocena merytoryczna rozprawy nie zwalnia recenzenta z obowiązku zadania pytań pogłębiających i wskazania obszarów, w których interpretacja wyników mogłaby zostać uściślona, a sama narracja – wzbogacona. Poniższe uwagi mają charakter konstruktywny i służą zarówno doprecyzowaniu wyników podczas obrony, jak i wskazaniu kierunków dalszych prac, które naturalnie wyłaniają się z rozprawy.

W ramach dyskusji podczas publicznej obrony chciałbym prosić mgr inż. Patrycję Taborowską o ustosunkowanie się do następujących pytań:

1. W publikacji P1 opisuje Doktorantka metodę wielokrotnej ekstrakcji (CPE), czy szacowano na podstawie zrealizowanych badań o ile procent udało się obniżyć koszt jednostkowy uzyskania 1 mg czystej dyspersji (6,5) w porównaniu do standardowej, jednorazowej ekstrakcji, biorąc pod uwagę odzysk polimeru i nanorurek?
2. W publikacji P3 Doktorantka pokazuje, że 4-OCH₃-BPO w ogóle nie funkcjonalizuje (6,5) SWCNT mimo wytwarzania rodników. Jak Doktorantka tłumaczy fakt, że odpowiadająca sól diazoniowa (4-OCH₃-fenylo-diazoniowa) z powodzeniem funkcjonalizuje SWCNT (Piao et al. 2013)? Czy obserwacja ta sugeruje, że mechanizmy ataku rodnika benzoiloksylogowego i fenylogowego są fundamentalnie różne?
3. Czy efekty steryczne podstawników w pozycji *orto* zostały wykluczone systematycznie, czy też potencjalna seria *orto*-podstawionych BPO nie była badana ze względów technicznych (problem z syntezą, rozpuszczalność)?
4. Czy można sformułować deskryptor liczbowy (np. w postaci kombinacji ACC, σ Hammetta, polaryzowalności i logP), który pozwalałby przewidywać reaktywność dowolnej pochodnej BPO względem zadanej chiralności SWCNT?
5. Czy badano biokompatybilność funkcjonalizowanych SWCNT (cytotoksyczność, stabilność w środowisku biologicznym), co byłoby istotne dla zastosowań w bioobrazowaniu w drugim oknie biologicznym?
6. W rozprawie dominują pomiary w fazie ciekłej. Czy badano właściwości PL cienkich filmów funkcjonalizowanych SWCNT?
7. Czy zaproponowany mechanizm tłumaczący stopniową utratę selektywności w wielocyklowej CPE można opisać ilościowo? Mogłoby to być wartościowe rozszerzenie tej pracy.
8. W pracy Doktorantka wskazuje, że opracowana przez nią metoda pozwala na funkcjonalizację nanorurek o większych średnicach, co wiąże się z niższą reaktywnością. W związku z tym chciałabym zapytać, która z chiralności (np. 7,5 vs 6,5) ma obecnie największy potencjał komercyjny w opinii Doktorantki? Dodatkowo, czy koszt syntezy dedykowanych pochodnych BPO (P3) nie przewyższy korzyści płynących z przesunięcia pasma emisji? Dodam, że są to zagadnienia natury dyskusyjnej, często



wykraczające poza zakres zrealizowanej pracy, dlatego poddaję je pod dyskusję jako interesującą problematykę aplikacyjną, z uwagi na to, iż przedstawione badania wykazują potencjał związany z komercjalizacją.

Powyższe uwagi krytyczne i pytania w żadnym stopniu nie podważają wartości naukowej rozprawy – przeciwnie, wskazują na bogactwo dalszych kierunków badawczych, które naturalnie z niej wynikają.

Z analizy wynika, że Doktorantka konsekwentnie sygnalizuje ograniczenia własnych metod i wskazuje, w jaki sposób można je w przyszłości pokonać. To cecha dojrzałego badacza, świadomego granic własnej wiedzy.

Stwierdzam, że pomimo wymienionych uwag krytycznych, rozprawa pozostaje bardzo wartościowym, oryginalnym wkładem w rozwój dyscypliny, a wszystkie zgłoszone uwagi mają charakter uzupełniający i dyskusyjny, a nie podważający merytoryczną poprawność uzyskanych wyników i ich interpretacji.

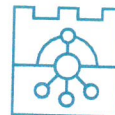
4. Ocena aktywności naukowej i dorobku naukowego Doktoranta

Aktywność naukowa i dorobek mgr inż. Patrycji Taborowskiej zostały szczegółowo udokumentowane w rozdziale *Research Achievements* przedłożonej rozprawy oraz wynikają z analizy załączonego cyklu publikacyjnego.

Łączny dorobek publikacyjny Doktorantki obejmuje 10 artykułów w renomowanych czasopismach z listy JCR, przy czym w 5 z nich figuruje jako pierwsza autorka. Sumaryczna punktacja MNiSW znacznie przekracza 800 punktów. Są to wyniki zdecydowanie ponadprzeciętne dla doktoranta w obszarze nauk chemicznych w Polsce.

Co istotne, dorobek publikacyjny Doktorantki wykracza tematycznie poza obszar samej rozprawy. Doktorantka prowadziła wcześniej intensywne badania nad modułami termoelektrycznymi opartymi o SWCNT, domieszkowaniem chemicznym nanorurek węglowych, przewodzącymi włóknami tekstylnymi z CNT. Świadczy to o szerokich kompetencjach badawczych w zakresie nanomateriałów węglowych. Doktorantka biegle porusza się w tematyce aplikacji elektronicznych i fotonicznych. Tak szeroki profil jest cenny i rzadki wśród doktorantów na tym etapie kariery.

Trzy patenty krajowe na etapie doktoratu to wybitny wynik. Świadczy to nie tylko o wartości naukowej prowadzonych badań, ale przede wszystkim o ich realnym potencjale aplikacyjnym i zdolności Doktorantki do przekładania wyników badań podstawowych na rozwiązania o charakterze technologicznym. Należy podkreślić, że patenty obejmują trzy różne obszary, co dodatkowo potwierdza wszechstronność Doktorantki.



Udział w projektach badawczych

Doktorantka uczestniczyła w **trzech projektach badawczych** finansowanych ze źródeł zewnętrznych. Udział w trzech projektach o profilu badawczym (NCN i NCBiR) świadczy o długoletnim, systematycznym zaangażowaniu Doktorantki w prowadzenie badań naukowych.

Doktorantka aktywnie uczestniczy w konferencjach naukowych. Doktorantka odbyła dwa staże zagraniczne w Indian Institute of Technology Roorkee, Institute Instrumentation Centre. Staż w Cranfield jest istotnym doświadczeniem międzynarodowym we wczesnym etapie kariery, dobrze świadczącym o aspiracjach naukowych Doktorantki i jej zdolności do funkcjonowania w międzynarodowym środowisku badawczym. Staż w IIT Roorkee, miał charakter specjalistyczny.

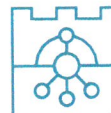
Dorobek mgr inż. Patrycji Taborowskiej w sposób wyraźny wykracza poza standard wymagany od doktoranta w obszarze nauk chemicznych. Tak ukształtowany dorobek wskazuje, że Doktorantka w pełni ukształtowała się jako samodzielna badaczka, zdolna do projektowania i prowadzenia złożonych eksperymentów, integrowania wielu technik analitycznych, formułowania oryginalnych hipotez badawczych oraz efektywnego komunikowania wyników w międzynarodowym środowisku naukowym.

Stwierdzam, że dorobek naukowy mgr inż. Patrycji Taborowskiej zdecydowanie spełnia, a w wielu wymiarach istotnie przekracza wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk chemicznych. Profil dorobku wskazuje na wybitny potencjał naukowy Doktorantki i predysponuje ją do dalszej kariery akademickiej.

5. Wniosek końcowy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Taborowskiej zatytułowana „New photonic carbon nanostructures”, przygotowana na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Dawida Janasa oraz dr. inż. Andrzeja Dzieni stanowi oryginalne, wartościowe i wewnętrznie spójne dzieło naukowe, **w pełni odpowiadające wymogom stawianym pracom doktorskim w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.**

Pod względem formalnym rozprawa spełnia wszystkie wymogi określone w art. 187 ust. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, jako rozprawa publikacyjna (zbiór tematycznie powiązanych artykułów). Składają się na nią cykl trzech oryginalnych publikacji w renomowanych czasopismach z listy JCR z grupy Q1 oraz autorskie opracowanie monograficzne stanowiące integralny komentarz scalający wyniki w spójną całość. Rozprawa uzupełniona jest patentem krajowym (Pał.248351, 2025), bezpośrednio wynikającym z badań Doktorantki.



Aspekt zrównoważonego rozwoju prowadzonych badań – uwzględniający redukcję zużycia surowców, energii, czasu pracy – czyni rozprawę wpisną w aktualne nurty zielonej chemii, co wzmacnia jej wartość zarówno naukową, jak i potencjalnie przemysłową.

Doktorantka, mgr inż. Patrycja Taborowska, w toku realizacji rozprawy wykazała bardzo dobrą znajomość teoretycznych podstaw chemii rodnikowej, fotofizyki ekscytonów w nanostrukturach jednowymiarowych i mechanizmów oddziaływania polimer–nanorurka, biegłość w wykorzystaniu szerokiego spektrum technik eksperymentalnych, dojrzałość metodologiczną (projektowanie eksperymentów falsyfikacyjnych, integracja komplementarnych metod analitycznych), samodzielność badawczą, świadomość ograniczeń własnych metod i zdolność do wskazywania kierunków dalszego rozwoju.

Biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną rozprawy, wybitny dorobek publikacyjny, realny potencjał aplikacyjny wyników, wewnętrzną spójność cyklu publikacyjnego i logiczne zamknięcie zakresu badań, wpisanie rozprawy w aktualne nurty światowe oraz udokumentowaną samodzielność badawczą Doktorantki oraz jej dojrzałość naukową, stwierdzam, że **rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Taborowskiej spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668, z późn. zm.)**.

W związku z powyższym **wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Patrycji Taborowskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej**.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wybitny charakter cyklu publikacyjnego, oryginalność i nowatorstwo metodyczne uzyskanych wyników, silny aspekt aplikacyjny potwierdzony patentem krajowym oraz znaczące osiągnięcia w obszarze zielonej chemii, wszechstronny dorobek całościowy Doktorantki, dalece przekraczający standardowe wymagania, **wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Patrycji Taborowskiej**.



Signed by /
Podpisano przez:

Joanna Ortyl

Date / Data:

2026-06-08 15:27

dr hab. inż. Joanna Ortyl, Prof. PK

Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej
Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków