



03.09.2024

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. Izabeli Wojtczak
z Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Rozprawa doktorska mgr Izabeli Wojtczak „*Mikro- nanostrukturyzowane kompozyty na bazie biokrzemionki okrzemkowej funkcjonalizowanej nanocząstkami tlenków ziem rzadkich (Ce, Tb) i nanocząstkami srebra*” dotyczy materiałów kompozytowych, w których matrycą są panczerzyki okrzemek (frustule), na powierzchni których różnymi metodami osadzone zostały nanocząstki tlenków ziem rzadkich (Ce, Tb) oraz nanocząstki srebra. Rozprawa doktorska napisana została pod kierunkiem dr hab. inż. Myroslava Sprynskiego, prof. uczelni, który ma ugruntowaną pozycję w środowisku oraz potwierdzone publikacjami doświadczenie w chemii materiałowej, nanotechnologii, w tym wykorzystaniu okrzemek do tworzenia nowych materiałów kompozytowych.

W sumie rozprawa składa się z 9 rozdziałów: „Wprowadzenie”, „Wykaz skrótów”, „Hipotezy badawcze i cel rozprawy”, „Część eksperymentalna – Wyniki badań i dyskusja”, „Podsumowanie i wnioski”, „Oświadczenia współautorów”, „Streszczenie rozprawy”, „Bibliografia” i „Dorobek naukowy”. Całość opisano na 137 stronach oraz 28 rysunkach. Spis bibliografii obejmuje 200 pozycji.

Rozprawa doktorska składa się z trzech głównych części, zidentyfikowanych jako P1, P2 i P3, które obejmują następujące zagadnienia:

- P1: Biosynteza biokrzemionki okrzemkowej metabolicznie domieszkowanej cerem.

Ta część koncentruje się na opracowaniu techniki metabolicznego domieszkowania biokrzemionki cerem. Metoda ta polega na naturalnym procesie biosyntezy, gdzie nanocząstki tlenku ceru są wprowadzane do kompozytu w wyniku metabolizmu okrzemek.

- P2: Synteza biokrzemionki okrzemkowej funkcjonalizowanej nanocząstkami tlenków terbu oraz mieszanego tlenku Ce, Tb.

W tej części omówiono proces syntezy biokrzemionki funkcjonalizowanej nanocząstkami tlenków terbu oraz mieszanego tlenku ceru i terbu. Badania te miały na celu stworzenie nowych materiałów kompozytowych o unikalnych właściwościach optycznych i strukturalnych, które mogą znaleźć zastosowanie w zaawansowanych technologiach materiałowych.



- P3: Synteza biokrzemionki krzemkowej modyfikowanej heteroepitaksjalnie sformowanymi nanocząstkami Ag, AgCl, CeO₂.

Ta część skupia się na modyfikacji biokrzemionki przy użyciu nanocząstek srebra, chlorku srebra oraz tlenku ceru, co ma na celu poprawę właściwości antybakteryjnych i optycznych uzyskanych materiałów.

W czasie pisania rozprawy wyniki w zawarte częściach P1 i P2 były nieopublikowane, natomiast wyniki opisane w części P3 były opisane w pracy „*Diatomaceous Biosilica Doped with Heteroepitaxially Growing Ag/AgCl/CeO₂ Composite Nanoparticles: Synthesis, Characterisation and Antibacterial Application*”, *Journal of Cluster Science*, 2024, 35, 429-442. W czasie, kiedy powstaje recenzja opublikowana jest już praca opisująca wyniki części P1 „*Diatom Biosilica Functionalised with Metabolically Deposited Cerium Oxide Nanoparticles*” *Materials* 2024, 17(10), 2390. W sumie Scopus wskazuje, że Doktorantka jest współautorem 12 prac oryginalnych, 1 pracy przeglądowej i 1 doniesienia pokonferencyjnego, które w sumie cytowane są 86 razy, a współczynnik Hirscha wynosi 6. Są to wyniki bardzo dobre dla badaczy na tym etapie kariery.

Tym bardziej byłem zaskoczony niedociągnięciami, które w rozprawie odnalazłem. W co najmniej kilku przypadkach opis jest na tyle pobieżny, że nie można jednoznacznie wnioskować czy Doktorantka popełniła błąd, czy nie. Dlatego liczę, że w czasie obrony Doktorantka będzie miała okazję rozwiązać wszelkie wątpliwości.

Rozdział 1 - Wprowadzenie

- Przedstawiony przegląd literatury jest dosyć pobieżny. Tylko ostatni paragraf z pięciu stron, które stanowią ten rozdział, dotyczy mikroorganizmów. Brak jest informacji jak inni badacze wykorzystują okrzemki w pracach nad nowymi materiałami. Uniemożliwia to ocenę nowości uzyskanych wyników. To zaskakujące, ponieważ w kolejnych rozdziałach Doktorantka odnosi się do innych prac nad biokrzemionką analizując uzyskane przez siebie wyniki.

- Doktorantka bywa w tym rozdziale nieprecyzyjna. Dla przykładu w zdaniu „*Główna koncepcja nanotechnologii polega na wykorzystaniu cząstek o rozmiarach mniejszych niż 100 nm*” brakuje informacji, że to jeden z wymiarów geometrycznych powinien być w zakresie poniżej 100 nm. Inaczej np. nanorurki węglowe lub cienkie filmy nie byłyby częścią nanotechnologii.

- W wielu miejscach brakuje odnośników literaturowych. Dla przykładu stwierdzenie „*Pomimo sprzecznych doniesień na temat toksyczności AgNPs, ich rola jako środka dezynfekującego i przeciwdrobnoustrojowego została znacząco doceniona*” domaga się wręcz krótkiego przedstawienia doniesień opisujących wspomniane sprzeczności. W kolejnym zdaniu „*Mniejsze nanocząstki srebra wykazują większą aktywność antybakteryjną*” również można by pokusić się o odnośnik literaturowy, ponieważ na właściwości nanocząstek srebra bardzo mocno wpływa ich kształt, a nie tylko rozmiar. W innych rozdziałach sytuacja również występuje, np. w rozdziale



4.1.3 brak jest odnośnika przy stwierdzeniu „Obecność wakancji tlenowych może wpływać na zwiększenie intensywności luminescencji, co czyni ten kierunek badań obiecującym w kontekście opracowywania nowych materiałów luminescencyjnych o wysokiej wydajności”.

- Proszę o wyjaśnienia dotyczące zdania „Jedną z powszechnie stosowanych metod jest metoda osadzania chemicznego, która polega na reakcji redukcji jonów ceru pochodzących z prekursora, którym najczęściej jest sól cerowa, prowadząc do powstania CeO_2NPs ”. Z jakich prekursorów można uzyskać CeO_2 w wyniku reakcji redukcji?

Rozdział 3 – Hipotezy badawcze i cel rozprawy

- Zaskakujący jest tytuł rozdziału. Jestem przekonany, że celem rozprawy było sprostanie wymogom procedury i uzyskanie stopnia doktora. Bardziej odpowiednie wydaje mi się stwierdzenie „cel badań”.

- Proszę o wyjaśnienie o jakie właściwości fotoniczne okrzemek rozchodzi się w zdaniu: „*Etapy syntezy zostały tak zaprojektowane, aby w pełni wykorzystać połączenie właściwości biokrzemionki, która została użyta, jako fotoniczna, naturalna matryca oraz unikalnej funkcjonalności domieszkowanych tlenków REE*”. W późniejszych rozdziałach Doktorantka wskazywała, że sama biokrzemionka okrzemkowa nie miała szczególnych właściwości optycznych i spektroskopowych.

Rozdział 4 – Część eksperymentalna – Wyniki badań i dyskusja

Sekcja 4.1

- Część opisów procedur eksperymentalnych jest opisana zbyt pobieżnie co utrudnia ewentualne powtórzenie eksperymentów. Dla przykładu „*Dodatkowo, zapewniono stałe pH medium hodowlanego na poziomie 8.4 oraz napowietrzenie i kontrolowane oświetlenie w cyklu 12-godzinny dzień/noc za pomocą dwóch lamp o natężeniu 1500 lux*”. Informacja o naświetleniu jest adekwatna, ale nie wiadomo jak zapewniano stałe pH (bufor? czy pH zmieniało się w czasie 12 dni namnażania okrzemek i korygowano te zmiany?) oraz w jaki sposób napowietrzano hodowle. Na tej samej stronie Doktorantka pisze „*Po zakończeniu etapu hodowli okrzemek uzyskana biomasa została przefiltrowana i poddana procesowi oczyszczania*”, nie wiadomo jednak przez co produkt został przefiltrowany. „*Przed przeprowadzeniem analizy próbki zostały pokryte nanometryczną warstwą złota*” – nie wiadomo jak. Czy poprzez napylenie? W takim przypadku co z geometrycznie niedostępnymi regionami matrycy? Innym przykładem jest opis wyznaczania stężenia MIC „*W celu przeprowadzenia testu MIC komórki bakteryjne wprowadzono do pożywki MH na 24 godziny w 37°C. Następnie na 96-dółkowych płytkach (Sigma Aldrich, Poznań, Polska) zmieszano wyhodowany szczep bakteryjny (1×10^6 CFU/mL) [tutaj w pracy brakuje indeksu górnego – powinno być 10^6 – dop. JP] i różne stężenia analizowanych materiałów. Kolejno, do każdej studzienki na płytce dodano 12 μ L zestawu do badań toksykologicznych in vivo*”.



opartego na rezazuryinie (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA). Wartość MIC określano poprzez zmianę koloru wskaźnika z niebieskiego na różowy [P3]”. Nie jest jasne czy i jak długo badane materiały inkubowano z bakteriami. Z opisu wynika, że pomiar był wykonywany od razu po ich dodaniu, co nie jest standardową praktyką.

- We wszystkich badaniach związanych z okrzemkami brak jest informacji o ilości powtórzeń biologicznych i technicznych danego pomiaru (szczególnie dotyczy wyników opisanych w 4.2.1, ale nie tylko).

- Dlaczego w sekcji P2 i P3 biokrzemionkę suszono w 110°C i później kalcynowano w 500°C, a w P1 tylko suszono w 120°C? Czy wprowadzenie dodatkowego etapu nie powoduje problemów w porównaniu do kontroli, tj. natywnej biokrzemionki (przygotowanie opisano w 4.1.1), którą jedynie suszono, a nie kalcynowano?

- Jakie informacje niosą Tabela 1 i Tabela 2? Czy wskazane tam różnice pH są istotne dla eksperymentu?

- W sekcji 4.1.5 Doktorantka pisze „Dalszą redukcję powstałego tlenku srebra przeprowadzono za pomocą nadtlenu wodoru. Środek redukujący dodawano w stosunku molowym $AgNO_3/H_2O_2$ wynoszącym 1:3. Zawiesinę mieszano przez kolejne 15 minut przy 300 RPM, aby całkowicie zredukować srebro (...). [kolejny paragraf – dod. JP] Całość mieszano przez 24 godziny w temperaturze 80°C”. Zaskakujący jest wybór wody utlenionej jako reduktora. Istnieje praca, która pokazuje, że jest to możliwe: „Preparation of Ag nanoparticles using hydrogen peroxide as a reducing agent”, Nishimoto i współpracownicy, New J. Chem., 2018, 42, 14493-14501, jednak nie jest ona cytowana przez Doktorantkę w rozprawie. Przy opisie tej procedury nie ma żadnego innego odnośnika literaturowego. W innej pracy (Nanoscale, 2020, 12, 8511-8518) wskazano, że: „hydrogen peroxide becomes partially reducing under solvothermal conditions in opposition to the oxidizing behavior at room temperature”. Z tego wynika, że redukcja mogłaby zajść, jednak nie w ciągu 15 minut jak wskazuje Doktorantka, tylko podczas 24h mieszania w 80°C. Zostało to jednak zbyt pobieżnie opisane. Bardzo proszę o komentarz i uzupełnienie.

Sekcja 4.2 [P1]

- Nie jest jasne ile biomasy uzyskiwała doktorantka. Na stronie 25 można znaleźć informację „Jako punkt odniesienia do określenia wpływu poszczególnych czynników na ilość pozyskiwanej biomasy wykorzystano wydajność procesu hodowli niedomieszkowanych komórek okrzemek wynoszącą 0,39 mg/L (linia zielona)”. Jednak na wykresach na rysunku 1 wskazano, że jest to tysiąc razy więcej (opis osi). Również w poprzedniej pracy zespołu (Sprynskyy i współpracownicy, Materials & Design 2017, 132, 22-29) wskazano, że „The production capacity of the diatom species was about 320 mg dry weight per liter”.



- Na Rys.1.A zaprezentowano wpływ pH na ilość uzyskiwanej biomasy. Czy podobny test wykonano dla natywnych próbek (bez dodatku ceru)? Dlaczego nie wykonano testu przy takim samym pH jak dla kontroli (natywne okrzemki), tj. 8.4? Dlaczego stosunkowo niewielki dodatek ceru spowodował prawie 4x wzrost uzyskiwanej biomasy?
- Nie jest jasne jaką techniką oznaczono zawartość inkorporowanego ceru w próbkach (niebieskie linie). Czy było to ICP-MS podobnie jak w przypadku wyników na Rys.2?
- Doktorantka pisze „*Analizując uzyskane wyniki testów, przedstawione na Rys.1.B zauważono, że wzrost stężenia krzemu w pożywce powoduje wzrost ilości pozyskiwanej biomasy. Wzrost ten następuje do momentu osiągnięcia stężenia granicznego przy stosunku Ce:Si=1:20, powyżej którego obserwuje się spadek wydajności procesu hodowli*”, jednak już pobieżny rzut oka na Rys.1.B wskazuje, że ten spadek następuje powyżej stosunku 1:15. Proszę o wyjaśnienie nieścisłości.
- Doktorantka szczegółowo opisuje też inne różnice w uzyskiwanej ilości biomasy w zależności od warunków. Nie jest jednak jasne czy przedstawione różnice są statystycznie istotne. Czy Doktorantka wykonała odpowiednią analizę statystyczną? Brak jest również informacji o ilości powtórzeń biologicznych i technicznych.
- Zaskakujące jest, że na Rys.2.B i 2.C hodowle prowadzono w pH=8.2, a dla wartości odniesienia (zielona linia) w pH=8.4.
- „*Zawartość wymienionych składników w medium hodowlanym została zbadana za pomocą testów fotometrycznych oraz techniki ICP-MS*”. Brak jest opisu pomiarów ICP-MS w sekcji 4.1.6. zatytułowanej „*Metody wykorzystane do charakterystyki uzyskanych kompozytów*”.
- Doktorantka pisze: „*Zbieżność dynamiki absorpcji ceru z krzemem sugeruje analogiczne mechanizmy pobierania tych pierwiastków przez komórki okrzemek*”. Jednak na Rys.2 widać, że największy spadek stężenia ceru (o około 70%, z około 20 mg/L do około 6 mg/L) nastąpił już po 1 dniu. Taki spadek procentowy stężenia SiO₂ zaobserwowano dopiero po około 6 do 8 dniach. Proszę o komentarz w kontekście zacytowanego wniosku o podobnej dynamice absorpcji ceru i krzemu.
- Na wspomnianym rysunku stężenie SiO₂ w dniu 0 wynosi 15 mg/L, a Ce około 20 mg/L. Przeliczając te wartości stosunek Ce:Si wychodzi około 3:1, a nie 6:1 jak wskazano na rysunku. Jakie jest źródło tej rozbieżności?
- Proszę o ponowne przybliżenie rozumowania związanego z analizą wyników zaprezentowanych na Rys.5. Niektóre zarejestrowane sygnały XRD pominięto, a te analizowane są dosyć mocno przesunięte w stosunku do wzorca (CeO₂). Zazwyczaj jest to znak, że źle wybrano wzorzec. Proszę o komentarz.



- Analiza wyników badań termogravimetrycznych jest zaskakująca. Nie potrafię dociec skąd największy spadek masy zaobserwowano dla temperatur poniżej około 100°C. W innym przypadku uznałbym, że to po prostu woda, jednak zgodnie z informacjami w rozdziale 4.1.2 oraz 4.1.1 „biokrzemionkę krzemkową suszono w temperaturze 120°C”. Nie podano czasu suszenia, ale w rozdziale 4.1.3 wskazano, że materiał z sekcji P3 suszono 12h „Powstały osad suszono w temperaturze 110°C przez 12 godzin”. Zakładam, że tutaj było podobnie. Skąd więc ubytek masy poniżej tej temperatury przy stosunkowo (w porównaniu do czasu suszenia) szybkim skanie (10°C min⁻¹ zgodnie z 4.1.6)?

- Doktorantka analizuje te wyniki w kontekście prac innych autorów [referencje 90, 91], którzy wykazali, że kalcynacja CeO₂ może prowadzić do zwiększenia hydrofobowości. Zgodnie jednak z 4.1.2 i 4.1.1 materiał w części P1 nie był kalcynowany. Czy zmiany hydrofobowości zachodziły w trakcie pomiaru?

- Opisując widma FTIR Doktorantka wskazuje „W przypadku materiału domieszkowanego, maksimum piku absorpcji przy 448 cm⁻¹ może dodatkowo wynikać z wiązań Ce-O w fazie CeO₂ [102]”. Na Rys.8 trudno jest jednak porównać różnice intensywności, ponieważ widma są przesunięte lub nie mają skorygowanej linii bazowej. Proszę o komentarz.

- Bardzo proszę o pokazanie widm fotoluminescencji (Rys.10) w pełnych zakresach (tj. od 290 do około 700 nm). Dlaczego podjęto decyzję o zawężeniu zakresów dla innych fal wzbudzenia, jeżeli zachodzi up-konwersja? Czy w literaturze pojawiają się doniesienia o obserwacji up-konwersji dla samego CeO₂ wzbudzanego lampą ksenonową? Komentarz ten dotyczy również sekcji P2 i Rys.22.

Sekcja 4.3 [P2]

- Zwracam uwagę na użyty żargon, który dla mnie był trudny do zrozumienia: „Powierzchnia frustuli jest pokryta nieregularnymi formami przypominającymi płatki (mgliste płatki lub piankowe płatki)”, „Rozmiary pojedynczych nanocząstek wynoszą 5-10 nm, a ich kształty w formie grudek często przypominają puszyste kępkę”. Proszę o wskazanie mglistych i piankowych płatków oraz puszystych kępek na zdjęciach mikroskopowych.

- Doktorantka opisując otrzymane nanocząstki tlenku terbu pisze „taka nanocząstka może składać się nawet z kilku różnych zarodkowych quasi-krystalicznych faz tlenków terbu jak również z fazy quasi-amorficznej”. Wcześniej jednak wskazano, że nanocząstki mają rozmiar 5 do 10 nm. Dla tak małych obiektów rzadko obserwuje się różne domeny w ramach jednej cząstki. Proszę o komentarz.

- Doktorantka analizując dane XRD wykazała raczej, że uzyskane struktury to mieszanina tlenków ceru i terbu (Rys.17), a nie mieszany tlenek terbu i ceru tak jak zakładała. Czy rzeczywiście tak było?



- W kontekście analizy termogravimetrycznej mam podobne uwagi jak w przypadku P1 (np. dlaczego duży spadek masy obserwowano poniżej 100°C, mimo że próbki suszono?). Dodatkowo, duże różnice między próbką kontrolną (natywną biokrzemionką) i próbkami z domieszkami wynika z różnic w procedurze ich przygotowania. Kontrolę tylko suszono w 120°C (sekcja 4.1.1), a próbki kalcynowano (4.1.3 w odniesieniu do Rys.18 oraz 4.1.4 w kontekście Rys.19: „*Powstały osad suszono w temperaturze 110°C przez 12 godzin, a następnie kalcynowano w temperaturze 500°C przez 5 h*” [to zdanie pada w obu sekcjach]). Dyskusja o hydrofobowości nanocząstek w mojej ocenie ma znacznie mniejsze znaczenie. Proszę o komentarz.

- Dlaczego w przedstawionych widmach FTIR (Rys.20) „znika” pasmo przy 945 cm⁻¹ po domieszkowaniu?

Sekcja 4.4 [P3]

- Czy ilość AgCl wyznaczono na podstawie wyników EDX dla chloru i założeniu, że cały chlor występuje w postaci AgCl? Czy w następnym kroku założono, że nadmiar srebra występuje w postaci metalicznego srebra? W natywnej biokrzemionce również wykryto Cl w ilościach porównywalnych z 2,26%Ag/2,52%Ce/DBioSiO₂. Korygując obliczenia o czynnik związany z tłem (ilość chloru w samych okrzemkach bez dodatków) to stosunek AgClINPs do AgNPs nie wynosi 2:1 (66 %wag do 33 %wag), a raczej 1:7 (zgrubnie licząc). Należy zaznaczyć, że technika EDX obarczona jest pewną niepewnością pomiaru, która dla tych obliczeń może zmienić zupełnie stosunek składników. Proszę o zweryfikowanie obliczeń i komentarz. Innym pytaniem jest, czy pozostałe srebro rzeczywiście występuje jako srebro metaliczne czy może jako tlenek.

- Dlatego proszę o weryfikację stwierdzenia, że „*Należy również zauważyć, że charakterystyczne piki pochodzące od tlenku srebra Ag₂O nie zostały wykryte na dyfraktogramach*”. Dla przykładu Jeung w *Nanomaterials* 2021, 11, 455 pisze „*characteristic patterns for Ag₂O; peaks at 27.7°, 32.2°, 38.0°, 46.2°, and 64.5° attributed to (110), (111), (200), (211), and (311) of Ag₂O (JCPDS card No.76-1393)*”. Te wartości dosyć dobrze zgadzają się z dyfraktogramami na rysunku 24.

Nawet jeżeli H₂O₂ działa jako reduktor w syntezie solwotermalnej (o czym wcześniej) to nanocząstki srebra w procesie kalcynacji (a tutaj materiał był kalcynowany w temperaturze 500°C przez 5 godzin zgodnie z danymi w sekcji 4.1.5) zazwyczaj ulegają utlenieniu jeżeli proces prowadzony jest przy dostępie powietrza. Czy może kalcynację prowadzono w atmosferze gazu obojętnego? Proszę o komentarz i dodatkowe wyjaśnienie na jakiej podstawie założono, że uzyskane nanocząstki to metaliczne srebro a nie tlenek srebra.



- Doktorantka pisze: „W skanowaniu liniowym wyodrębniono profile stężeń trzech najważniejszych pierwiastków (Ag, Cl i Ce) tworzących nanocząstki (Rys.25.3B)”. W jaki sposób ze skanu liniowego STEM-EDX określono, który materiał jest na górze, a który na dole warstwy? Innymi słowy, jak skan w płaszczyźnie xy dał profil w kierunku osi z?
- Proszę o wyjaśnienie różnic między wynikami na rysunkach 26 i 7, szczególnie w kontekście próbki kontrolnej. DBioSiO₂ w rozdziale 4.2.6 miała dodatni zeta potencjał w niskich pH, natomiast w rozdziale 4.4.4 w całym zakresie pH wartości są ujemne.
- Doktorantka analizuje stosunkowo niewielkie różnice wartości pokazanych na Rys.26. Czy są one statystycznie istotne?
- Skąd wynika duża różnica w kształcie i intensywności widm fotoluminescencji dla sekcji P3 w porównaniu z P1 i P2 (również dla próbek kontrolnych, które powinny być takie same)? Czy były różnice w wykonywaniu pomiarów?
- Brak jest podanych odchyłeń dla pomiarów właściwości przeciwdrobnoustrojowych. Czy uzyskane różnice były istotne statystycznie? Ile powtórzeń technicznych i biologicznych wykonano?

Rozdział 8 – Bibliografia

Odnalazłem około 25 odnośników, które zostały opisane z błędami (brak nazwy czasopisma, niepoprawne formatowanie, powtórzenie informacji). Stanowi to ponad 10% wszystkich referencji.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę znaczny dorobek publikacyjny Doktorantki, oraz fakt, że prace te przeszły proces recenzji przed opublikowaniem w czasopiśmie to dopuszczam możliwość, że moje uwagi, zastrzeżenia i pytania wynikają z nieostrożności w przygotowaniu samej rozprawy. Dlatego uważam, że Doktorantka powinna mieć możliwość odpowiedzi na tę recenzję. Oceniam, że rozprawa doktorska mgr Izabeli Wojtczak „*Mikro- nanostrukturyzowane kompozyty na bazie biokrzemionki okrzemkowej funkcjonalizowanej nanocząstkami tlenków ziem rzadkich (Ce, Tb) i nanocząstkami srebra*” spełnia w stopniu dopuszczającym warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r. poz. 1668, tekst jednolity Dz. U. 2023 r. poz. 742 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym, przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu wniosek o dopuszczenie mgr Izabeli Wojtczak do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jan Paczesny