



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ FIZYKI TECHNICZNEJ
I MATEMATYKI STOSOWANEJ



dr hab. inż. Jakub Karczewski, prof. PG
Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Politechnika Gdańska

Gdańsk, 05.08.2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Eweliny Jach

pod tytułem: „*Synteza i badania właściwości fizycznych oraz przemian fazowych przetłaczalnych zewnętrznym polem elektrycznym hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych*”

zrealizowanej pod kierunkiem: *dr hab. inż. Agnieszki Ciżman, prof. uczelni*

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Fizyczne Politechniki Wrocławskiej. Podstawę prawną stanowi art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.) Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria materiałowa;
- 2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

2. Charakterystyka i opis rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska pani mgr inż. Eweliny Jach została zrealizowana na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki, Politechniki Wrocławskiej pod opieką dr hab. inż. Agnieszki Ciżman. Praca dotyczy syntezy i badania właściwości hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych, w których fazą organiczną jest chinuklidyna a fazą nieorganiczną chlorki lub bromki metali. Autorka wytworzyła siedem różnych hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych:

Q_2CoCl_4 , Q_2CuCl_4 , $Q_4Pb_3Cl_{10}$, Q_2CoBr_4 , Q_2MnBr_4 , Q_2CdBr_4 , Q_2CuBr_4 . Wszystkie zsyntezowane związków zostały scharakteryzowane pod kątem ich właściwości strukturalnych (badania dyfrakcji rentgenowskiej), właściwości termicznych (z wykorzystaniem skaningowej kalorymetrii różnicowej) i właściwości elektrycznych (wykorzystując badania metodą spektroskopii impedancyjnej oraz elektronowego rezonansu magnetycznego). Przeprowadzone badania miały wykazać występowanie przejść fazowych przełączalnych zewnętrznym polem elektrycznym. Tematyka ta jest interesującym i aktualnym tematem badań naukowych, posiada duży potencjał naukowy, a rozwinięcie praktyczne prowadzonych badań ma również potencjał aplikacyjny. Otrzymane wyniki są ciekawe i oryginalne. Zostały opublikowane w dwóch artykułach naukowych w czasopismach z listy JCR: "Dynamics of Organic Cations in Switchable Quinuclidinium Metal Chloride Dielectrics" (Journal of Physical Chemistry C, 2023) oraz „Structural Diversity and Stability of Novel Organic-Inorganic Hybrid Quinuclidine-based Metal Bromides, (Inorganic Chemistry, 2025). Co wyraźnie dowodzi że przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W obu tych publikacjach doktorantka jest pierwszym autorem.

Praca napisana jest w języku polskim, liczy 87 stron, składa się z siedmiu rozdziałów, zawiera 53 rysunki, oraz 5 tabel oraz bibliografię zawierającą 134 pozycje. Struktura pracy jest typowa dla prac doktorskich tzn. składa się ze wstępu literaturowego (rozdziały 1-3), opisu metodyki badań (rozdziały 4-5), wyników i analizy danych (rozdział 6) oraz wniosków (rozdział 7). Praca nie zawiera streszczenia w języku polskim, żadnych załączników, nie posiada wykazu skrótów i symboli oraz spisu ilustracji co czasami utrudnia jej czytania. Do pracy dołączono streszczenie w języku angielskim co spełnia wymogi punktu 4 art. 187 ustawy.

Część teoretyczna pracy składa się z trzech rozdziałów. Jest napisana w sposób bardzo lakoniczny i w niewielkim stopniu wprowadza czytelnika w tematykę prowadzonych badań. Wydaje się że część ta pisana była w pośpiechu bez należytej staranności. Można w niej znaleźć pewne sprzeczności. Na przykład w jednym zdaniu (strona 10) Autorka pisze „rodzaje materiałów hybrydowych obejmująnanokompozyty wzmocnione włóknem” by w następnym akapicie napisać „materiał hybrydowy można odróżnić od zwykłych nanokompozytów, ponieważ nie jest mieszaniną fizyczną”. W ogólności opis części teoretycznej zawiera sporą ilość mało precyzyjnych lub potocznych sformułowań takich jak „atrakcyjne materiały” „interesujące właściwości”, „każda faza materiałów hybrydowych na skalę od 1 do 100 nm” etc. Pojawiają się też rysunki które nie są wcale omówione w tekście i nie bardzo wiadomo

jaki jest cel ich prezentacji (rys 2.1, rys 3.2, rys 3.3). Cały rozdział 3, który wygląda jakby był „doklejony” do już napisanej pracy (o czym może świadczyć jeden z niewielu błędów edytorskich które znalazłem w pracy - na stronie 19 zamiast Rys. 3.2 powinien być Rys. 4.2), nie zawiera żadnego bezpośredniego odniesienia do tematyki badań hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych. Jednak w moim odczuciu największą wadą tej części rozprawy doktorskiej jest brak jasno i precyzyjnie sformułowanego celu pracy. Pewne wskazówki co jest faktycznym celem badań doktorantki można znaleźć w ostatnim zdaniu pierwszego rozdziału. Jakieś „cele” zostały również sformalizowane w ostatnim akapicie rozdziału drugiego. Jednak są one albo zbyt trywialne jak: „poszerzenie wiedzy na temat właściwości fizycznych i chemicznych tej klasy materiałów”, albo nie są w dalszej części pracy wprost realizowane np. „ocena ich potencjalnej użyteczności w zastosowaniach technologicznych” czy „zapropozowanie nowych pojęć do projektowania funkcjonalnych materiałów...” Wydaje mi się że na tym etapie kariery naukowej należy już mieć umiejętność precyzyjnego formułowania hipotez naukowych oraz jasnego formułowania celów własnych prac badawczych. Nigdzie też w całej pracy Autorka nie wyjaśnia dlaczego bada akurat te wybrane siedem związków i na jakiej podstawie dokonała tego wyboru. Brak precyzyjnie określonego celu pracy badawczej nie tylko utrudnia czytelnikowi zrozumienie sensu przeprowadzonych badań, ale również znacząco komplikuje ocenę merytoryczną pracy.

Kolejne dwa rozdziały pracy (rozdział 4 i 5) dotyczą opisu procesu syntezy badanych materiałów i opisu zastosowanych metod badawczych. Rozdziały te są równie oszczędne w słowach co wcześniejsze rozdziały. Czasami brakuje konkretnych parametrów, tak jak na przykład na rysunkach 4.2 i 4.3 nad strzałką zaznaczono „temperatura” „czas”, ale nigdzie nie jest podane o jaką temperaturę, ani o jaki czas chodzi. Czy wszystkie związki miały te same parametry czy też były one różne? W podrozdziale opisującym pomiary termiczne Autorka pisze: „Pomiary zostały wykonane z szerokim zakresie temperatur....”, ale nigdzie nie podaje jaki to jest zakres, czy dla wszystkich badanych materiałów był on taki sam i na jakiej podstawie został on wyznaczony. Innym przykładem braku precyzyjnych informacji może być fragment ze strony 29 gdzie Autorka opisuje układ zastępczy jaki stosowała do analizy widm impedancyjnych, ale nigdzie nie pisze dlaczego wybrała taki układ zastępczy, czy choćby nie podaje jakiś odnośników literaturowych. Tego typu nieścisłości i niedopowiedzeń można w pracy znaleźć więcej. W pewnych miejscach tych dwóch rozdziałów można odnieść wrażenie że Autorka wkleja wprost tłumaczenia opisów ze swoich publikacji nie zawsze sprawdzając jakość tego tłumaczenia, bo tak rozumiem zdanie ze strony 21: „Wzory kryształów zebrano w trybie odbicia z dyfraktometrem.....”

Pomimo tych niedociągnięć można stwierdzić że Autorka posiada odpowiednią warsztat naukowy i ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie nauk fizycznych.

Zasadniczą częścią rozprawy doktorskiej mgr inż. Eweliny Jach stanowi rozdział 6. Autorka zawarła w nim opis i analizę wyników wszystkich przeprowadzonych badań. Część ta jest zdecydowanie najmocniejszą stroną recenzowanej rozprawy doktorskiej. Badania zostały przeprowadzone ze znajomością problematyki badawczej, wyniki zostały precyzyjnie i dosyć dogłębnie przeanalizowane. Dla wszystkich badanych materiałów udało się potwierdzić obecność odwracalnej przemiany fazowej, oraz skorelować je ze zmianą właściwości dielektrycznych. Zaobserwowano korelacje wyników zebranych za pomocą różnych metod badawczych. Dodatkowo Autorce udało się pokazać ferroelektryczne właściwości w związku Q_2CuBr_4 . Zaprezentowane w tej części pracy wyniki świadczą o dojrzałości naukowej Autorki, dobrym rozumieniu tematu oraz wysokim potencjale do poradzenia badań naukowych. Zapoznanie się z tą częścią rozprawy doktorskiej pozwala też domyślić się czytelnikowi jaki jest rzeczywisty cel naukowy Doktorantki. W ostatnim rozdziale zatytułowanym „Wnioski” Autorka powraca znowu do minimalistycznej formy wypowiedzi, a cały króciutki rozdział jest raczej podsumowaniem zebranych rezultatów niż wnioskami z nich wynikającymi.

Podsumowując ogólną ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Eweliny Jach, pomimo iż zawiera ona wiele wartościowych i ciekawych wyników, sposób ich przedstawienia wymaga w wielu miejscach doprecyzowania i wyjaśnienia. Pozwolą sobie w związku z tym na sformułowanie kilku pytań/uwag, o których wyjaśnienie chciałabym prosić podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej:

- 1) Prosiłbym o uzasadnienie wyboru składu chemicznego materiałów opisywanych w pracy. Jakimi kryteriami kierowała się Autorka przy ich wyborze
- 2) Prosiłbym o wskazanie które z badanych przez doktorantkę związków były już raportowane wcześniej i jakim zakresie zostały one przebadane.
- 3) Co autorka rozumie pod pojęciem „dobrej jakości kryształy” - sformułowanym na stronie 21
- 4) Co oznacza że” struktura krystaliczna materiałów została wyznaczona metodą bezpośrednią. Proszę o pokazanie chociaż jednego przykładowego widma XRD wraz z dopasowaniami.
- 5) Proszę o doprecyzowanie w jakiej atmosferze zostały wykonane pomiary termiczne, oraz o skomentowanie stabilności badanych materiałów w kontekście ich możliwych zastosowań
- 6) Prosiłbym wyjaśnienie dotyczące zastosowanego układu zastępczego w analizie spektroskopii impedancyjnej. Czy Autorka jest w stanie przypisać znaczenie fizyczne dla poszczególnych

procesów? Jakie są ich pojemności? Na stronie 69 Autorka pisze o dwóch opornikach połączonych kondensatorem tymczasem na rysunku 5.5 jest zaznaczony element CPE. Jaki element był w takim razie analizowany.

- 7) Poprosiłbym o komentarz w sprawie: Jak zdania ze strony 56 „we wszystkich badanych materiałach obserwuje się tylko jedno charakterystyczne maksimum M”... co świadczy o jednym procesie relaksacyjnym w danym materiale „ oraz ze strony 61 „ ... jedno wyraźne maksimum M”... wskazuje na istnienie jednego procesu relaksacyjnego.” Ma się do zastosowanie w analizie widm impedancyjnych układu zastępczego reprezentującego dwa procesy.
- 8) Jaki potencjał aplikacyjny i wdrożeniowy mają zbadane materiały. Jakie są ich zalety i wady w porównaniu do innych znanych tego typu materiałów. Który ze zbadanych materiałów w opinii Autorki jest najlepszy.

3. Wniosek końcowy

Pomimo kilku krytycznych uwag odnośnie formy ocenianej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że prezentuje ona ogólną wiedzę Doktorantki w dyscyplinie nauki fizyczne. Autorka pracy uzyskała interesujące wyniki, które stanowią rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego i wnoszą nowe informacje do obecnego stanu wiedzy. Praca doktorska mgr inż. Eweliny Jach pt. *„Synteza i badania właściwości fizycznych oraz przemian fazowych przełączalnych zewnętrznym polem elektrycznym hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych”* spełnia wymagania ustawy o stopniach i tytułach w zakresie sztuki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.)* i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauki ścisłej i przyrodniczej w dyscyplinie nauki fizyczne.



.....
dr hab. inż. Jakub Karczewski, prof. PG