



Łódź, 20 kwietnia 2019 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej pana mgr. Kamila Marcisza

p.t. „*Synteza, właściwości i zastosowanie elektroaktywnych mikro- i makrohydrożeli*”

Praca pana mgr. Kamila Marcisza ma charakter interdyscyplinarny i obejmuje co najmniej trzy dziedziny wiedzy – syntezę i badanie właściwości fizykochemicznych nowoczesnych materiałów, jakimi są żele czułe na bodźce, badania właściwości elektrochemicznych układów, w których elektrody pokryte są warstwą żelu makroskopowego lub warstwą mikrożeli oraz konstruowanie i testowanie nowych sensorów do potencjalnych zastosowań w biochemii i medycynie. Badania przeprowadzone w ramach tej pracy mają charakter kompletny – od syntezy materiałów i układów elektroda-żel-czynnik aktywny, poprzez kompleksowe testowanie właściwości takich układów, po opracowanie i wykazanie poprawności działania gotowych sensorów. Jest imponujące, że Autorowi udało się przeprowadzić – z sukcesem – wszystkie te etapy badań, i to dla kilku układów.

Zagadnienia, których dotyczy rozprawa pana mgr. Marcisza, są bardzo aktualne, a także ważne zarówno z punktu widzenia badań podstawowych, to jest opracowania i syntezy inteligentnych układów żelowych oraz poznania mechanizmów elektrochemicznych w układach elektroda-żel-roztwór, jak i praktycznych zastosowań żelowych czujników elektrochemicznych w analityce medycznej, układach lab-on-a-chip oraz nowoczesnych implantach.

Autor zsyntetyzował makroskopowe żele oraz mikrożele oparte na polimerach czułych na bodźce – poli(N-izopropylakrylamidzie) i poli(kwasie akrylowym). Dla nieusieciowanych i usieciowanych warstw PNIPAAm lub z PAA udowodnił, że przy użyciu mikrowagi kwarcowej można określić ilość polimeru osadzonego na powierzchni, a także śledzić stopień spęcznienia żelu, odpowiednio w funkcji temperatury i pH. Dla żeli z PAA czułych na pH osadzonych na elektrodzie wykazał, że można sterować przejściem fazowym tych żeli poprzez zmiany potencjału elektrody dzięki obecności w żelu odpowiednio dobranej substancji redoks. W kolejnym etapie prac Autor pokazał, w jaki sposób można otrzymać samoorganizującą się warstwę mikrożeli na powierzchni elektrody złotej, a także zbadał właściwości takiej warstwy żelowej po jej modyfikacji aminoferrocenem. Wykazał m.in. jak stopień utlenienia substancji elektroaktywnej wpływa na



Politechnika Łódzka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Dr hab. inż. Piotr Ulański. prof. PŁ

temperaturę przejścia fazowego żelu, a także udowodnił, że można sterować przejściem fazowym takiego żelu poprzez elektrochemiczną redukcję lub utlenianie substancji elektroaktywnej. W kolejnym etapie prac Autor wykazał, że naniesiony na elektrodę hydrożel na bazie PNIPAAm oraz PAA zawierający aminoferrocen oraz oksydazę glukozową może działać jako elektrochemiczny czujnik stężenia glukozy. Ostatni etap prac polegał na chemicznym wbudowaniu w strukturę żeli z PNIPAAm pochodnej dopaminy jako związku elektroaktywnego i zbadaniu właściwości elektrochemicznych powstałych produktów. Zawartość pochodnej dopaminy, a także obecność jonów żelaza w istotny sposób modyfikuje właściwości żelu. Otrzymane produkty mogą znaleźć zastosowanie w budowie biosensorów i układów do kontrolowanego uwalniania leków.

Wyniki uzyskane przez doktoranta zawierają istotny element nowości naukowej. O ile pewne elementy badanych układów i pewne idee użyte w tej pracy były znane z wcześniejszych publikacji, według mojej wiedzy nikt dotąd nie wykazał w sposób równie konsekwentny i przekonujący, że umieszczenie warstw hydrożelowych na powierzchni elektrody daje tak doskonałe i przydatne rezultaty, zarówno w aspekcie sterowania przemianami fazowymi żeli, jak i wykorzystania tych przemian do badania otoczenia, na przykład wykrywania określonych substancji, przy użyciu precyzyjnych pomiarów elektrochemicznych. Istotnym odkryciem jest też stwierdzenie, że obecność odpowiednio dobranych substancji elektroaktywnych w strukturze żelu może wydatnie wspomóc pracę układu elektroda-żel.

Moja ogólna ocena dokonań naukowych pana mgr Kamila Marcisza jest bardzo wysoka. Doktorant opublikował 7 prac w dobrych i bardzo dobrych międzynarodowych czasopismach naukowych, w tym co najmniej dwie w czasopismach o bardzo wysokim współczynniku oddziaływania (Electrochim. Acta – 5,12 , ACS Appl. Mater. Interf. – 8,10). **Jest to dorobek zdecydowanie ponadprzeciętny dla doktorantów z dziedziny chemii, a przy tym bardzo wartościowy.**

Na uwagę zasługuje jasno sprecyzowany cel pracy, a także jej szeroki zakres. Autor opanował szeroką paletę metod syntetycznych i analitycznych. Synteza żeli, w tym zwłaszcza mikrożeli, o określonych parametrach (np. bardzo wąskim rozkładzie wymiarów) nie jest zagadnieniem trywialnym, podobnie nie jest nim osadzenie ich na elektrodach w sposób równomierny i trwały, a także wprowadzenie w strukturę żelu związków elektroaktywnych o różnych właściwościach. Również prowadzenie badań elektrochemicznych i interpretacja wyników dla układów zdecydowanie nietypowych, jakimi są elektrody pokryte warstwą żelu czułego na bodźce, wymaga nie tylko wiedzy ale własnej inwencji. Warte podkreślenia jest to, że Autor nie ograniczył się w analizie badanych układów do metod elektrochemicznych; zastosował także inne zaawansowane metody jak DLS, TEM i SEM.



Politechnika Łódzka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Dr hab. inż. Piotr Ulański. prof. PŁ

Fakt, że realizacja wszystkich zamierzeń zakończyła się przekonującym sukcesem (o czym świadczą również świetne publikacje), nie może być dziełem przypadku. Świadczy to o dojrzałości Autora, wiedzy niezbędnej do dobrego zaplanowania prac, bardzo dobrym opanowaniu technik doświadczalnych, staranności i wytrwałości, a także umiejętności krytycznej oceny wyników i przedstawiania ich w formie bardzo dobrych artykułów naukowych.

Rozprawa ma klarowną strukturę, a część dotycząca samych doświadczeń i ich wyników jest bardzo dobrze napisana. Nie znajduję w tej części istotnych usterek merytorycznych; można jedynie doszukać się tu pewnych niedopowiedzeń, o czym będzie mowa poniżej. Uzyskane wyniki są w znacznej części przekonująco zinterpretowane.

Cała praca jest bogato i bardzo dobrze zilustrowana, co w znacznym stopniu pomaga czytelnikowi w zrozumieniu treści. Jedynym drobnym wyjątkiem od tej reguły jest rys. 44, na którym opisy osi na wstawkach są nieczytelne.

Tekst rozprawy opatrzony jest bogatą, dobrze dobraną i aktualną bibliografią, liczącą 189 pozycji. W spisie bibliografii zdarzają się drobne usterki (brak miejsca wydania książki – poz. 15, 61, 170, 171, 173, 177, 178, stosowanie pełnych i skróconych nazw czasopism lub różnych skrótów nazwy tego samego czasopisma – m.in. poz. 65, 89, 91, błędnie zacytowane nazwiska autorów – poz. 30 i 120, brak nazwisk niektórych autorów – poz. 156-159, powtórzone odnośniki – poz. 8 i 14, błędne dane bibliograficzne – poz. 75).

Pewne niedopowiedzenia i drobne usterki w części dotyczącej wyników i dyskusji są następujące.

- Ogólne cele pracy zostały przedstawione w rozdziale 1. Szkoda jednak, że na początku każdego z rozdziałów 6-11 nie przedstawiono zwięźle szczegółowego celu badań opisanych w tym konkretnym rozdziale.
- Autor nie uzasadnił wyboru polimerów stanowiących podstawę badanych żeli. Istnieje wiele polimerów czułych na temperaturę i pH. Śledząc aktualną literaturę przedmiotu można mieć wrażenie, że obecnie moda na poli(N-izoprpyloakryloamid) nieco słabnie wraz z pojawieniem się innych termoczułych polimerów, których właściwości (w tym LCST) można łatwo modyfikować nie uciekając się do kopolimeryzacji. Z tekstu pracy nie wynika, dlaczego Autor uznał PNIPAAm i PAA za optymalne polimery stanowiące podstawę układów żelowych badanych w tej pracy.
- Nie jest jasne dlaczego do syntezy żeli z poli(kwasu akrylowego) użył Autor akrylanu sodu, a nie kwasu akrylowego. Wiadomo, że polimeryzacja rodnikowa akrylanu sodu przebiega wolniej i w konsekwencji z mniejszą wydajnością niż polimeryzacja kwasu akrylowego ze względu na siły kulombowskiego odpychania między rosnącym łańcuchem a cząsteczkami



monomeru. Chyba że Autor modyfikował pH roztworu akrylanu sodu przed syntezą, ale w tekście nie ma o tym mowy.

- Nie wiadomo, jako jest charakter oddziaływań, a w zasadzie wiązań, między powierzchnią elektrody a żelazem dla układów opisanych w rozdziałach 6 i 7.
- Nie jest poprawne stwierdzenie, że N-izopropylakryloamid jest termoczułym polimerem (str. 88).
- Podobnie trudno zgodzić się z tezą, że „częstotliwość krysztalu kwarcu spadała do bardzo ujemnych wartości” (str. 95).
- Do badań morfologii hydrożeli poprzez ich liofilizację i obrazowanie SEM należy podchodzić z dużą ostrożnością. Bardzo łatwo tu o artefakty; nawet szybkie wymrażanie próbki w ciekłym azocie może spowodować powstanie kryształów lodu i w konsekwencji zaburzenie struktury oryginalnej próbki.
- Stwierdzenie, że biosensor opracowany w rozdziale 10 „może być stosowany do wykrywania glukozy w warunkach biologicznych” (str. 141), wydaje się być sformułowane nieco na wyrost. Autor nie przeprowadził w ramach pracy badań przedmiotowego sensora w rzeczywistych warunkach biologicznych.
- Na str. 147 Autor twierdzi, że w widmie NMR przedstawionym na rys. 82 widoczne są sygnały przy 6.5 ppm pochodzące od protonów aromatycznych. Trudno te sygnały wyraźnie dostrzec na przedstawionym widmie.

Nieco słabszym elementem rozprawy jest wprowadzenie literaturowe. Mimo że jest ono obszerne i ciekawe, sprawia wrażenie przygotowanego mniej starannie od części wynikowej. Spotykamy tu usterki nomenklaturowe, stwierdzenia jeśli nie błędne to wątpliwe czy nieprecyzyjne, albo też niepoparte danymi z literatury, oraz dość liczne usterki językowe, interpunkcyjne i literowe.

- I tak niepoprawne są nazwy „chitosan” (str. 40), „polialkohol winylowy” (str. 47, 48), „polikwas akrylowy” (str. 47, 48, 50, 62), „poliakrylan sodu” (str. 157); nie jest poprawny wzór jonów heksacyjanożelazianowych na str. 61. Jeśli Autor chciałby konsekwentnie stosować w nomenklaturze związków nieorganicznych tzw. system Stocka („azotan (V) sodu”), powinien również używać nazwy „jodan (VII) sodu” w miejsce „nadjodanu sodu” (str. 67).
- Również wybór zagadnień omówionych we wprowadzeniu literaturowym wydaje się nie być w pełni optymalny. Autor szczegółowo przedstawił teorię Flory’ego-Hugginsa, w czym oczywiście nie ma nic złego, tyle, że w części wynikowej i dyskusyjnej Autor nie odwołuje się do tej teorii.



- Niepoprawna jest definicja kopolimeru jako „mieszanki różnych monomerów” (str. 17). Podobnie nie jest precyzyjne stwierdzenie, że kopolimery blokowe „wykazują właściwości charakterystyczne dla obu polimerów”.
- Zbyt odważne wydaje mi się generalne założenie, że żele polimerowe są biokompatybilne (str. 57). To oczywiście zależy od ich składu chemicznego, budowy fizycznej, gęstości ładunku na łańcuchu i wielu innych czynników.
- Nie jestem przekonany, czy badania opisane w rozdziale 3.2.3.3 są reprezentatywne w kwestii zastosowania żeli do oddzielania arkuszy komórek od podłoża. Idea jest znana od lat 1980', a od wielu lat są na rynku komercyjnie dostępne produkty oparte na pokrywaniu podłoża warstwą termoczułego żelu.
- Co to jest „przed-żel” (str. 62) ?
- Czy i jak próbki poddawane badaniom DLS były uprzednio filtrowane ? Jakiego algorytmu użyto do dopasowania do funkcji autokorelacji ?
- Na str. 70 jest zapewne mowa o termostacie Polystat (to jest nazwa modelu urządzenia) produkowanym lub sprzedawanym przez firmę Cole-Parmer.
- Nie jest prawdą, że w technice DLS rejestrujemy światło odbite przez próbkę (str. 81).
- Trudno się zgodzić z prezentowanym przez Autora poglądem, jakoby hydrożele musiały zawierać w swojej strukturze „czynnik sieciujący” i musiały powstawać w reakcji polimeryzacji monomerów wielofunkcyjnych (czego wyraz znajdujemy np. na rys. 1 oraz w kategoriowym stwierdzeniu rozpoczynającym rozdział 2.3 „Żele polimerowe otrzymuje się w reakcji polimeryzacji monomerów wielofunkcyjnych”, a także w definicji żeli polimerowych na str. 18). Tak może być, ale nie musi; szkoda, że Autor nie opisał również innych metod otrzymywania hydrożeli, także tych, w których jako substratów nie stosuje się monomerów ani środków sieciujących. Prawdopodobnie największy krajowy producent hydrożeli na skalę przemysłową, firma Kikgel, w ogóle nie używa monomerów ani środków sieciujących, bowiem to rozwiązanie ma pewne wady jeśli produkty mają mieć zastosowanie jako biomateriały. Również mikro- i nanożele można wytwarzać innymi metodami niż ta opisana w rozdziale 2.3.2.
- Niejasny jest zaproponowany przez Autora na str. 16 podział hydrożeli na organiczne, syntetyczne oraz hybrydowe. Poli(kwas akrylowy) jest niewątpliwie związkem organicznym, a jednocześnie jest syntetycznym polimerem.
- Nie sądzę, by można było traktować mikrofałe jako czynnik inicjujący fotopolimeryzację (str. 19). W tym samym miejscu Autor wymienia promieniowanie X lub gamma jako czynniki



inicjujące polimeryzację radiacyjną. To prawda, choć obecnie najczęściej używa się do tego celu, w miejsce promieniowania X i gamma, wiązki przyspieszonych elektronów.

- Nie jest jasne stwierdzenie, że „synteza polimerów z monomerów dwufunkcyjnych zwykle prowadzi do otrzymania nierozgałęzionych łańcuchów polimerowych” (str. 19). Na jakiej podstawie Autor tak uważa ?
- Szkoda, że Autor nie przedstawił żadnych danych na poparcie swojej opinii o tym, jaka jest najpopularniejsza metoda otrzymywania żeli (str. 20) i nie sprecyzował, czy chodziło mu o otrzymywanie żeli w skali laboratoryjnej czy przemysłowej.
- Trudno też zgodzić się z arbitralnym stwierdzeniem Autora, że „najciekawszą właściwością hydrożeli jest ich zdolność do ulegania odwracalnym przejściom fazowym” (str. 24). Wiele hydrożeli nie wykazuje tej cechy, co nie przeszkadza temu, że są one używane w wielu ciekawych (m.in. medycznych) zastosowaniach.
- Nie rozumiem, jakie konkretnie zjawisko (bądź reakcję) Autor miał na myśli pisząc, że „rosnący łańcuch polimerowy rozdziela się” (str. 22).
- Mam wrażenie, że w rozdziale 2.4.1 nieco zabrakło precyzji. Pojęcia LCST i UCST dotyczą, ściśle biorąc, roztworów polimerowych, a nie hydrożeli. Żele nie „wykazują LCST”, a jedynie mogą ulegać objętościowemu przejściu fazowemu w temperaturze zbliżonej do LCST polimeru, z którego są zbudowane. Nie jest też zrozumiałe stwierdzenie, że „żele charakteryzujące się LCST są całkowicie mieszalne w normalnej temperaturze w środowisku wodnym”. Mieszalne z czym ? Poza tym chodzi tu, jak rozumiem, tylko o takie żele, które wykazują przejście fazowe powyżej „normalnej” temperatury. Problematyczne jest również stwierdzenie, że żel „wyrzuca ze swoich struktur cząsteczki roztworu”.
- Co rozumie Autor przez „krytyczne pH” (str. 31) ?
- Nie wydaje mi się poprawne określenie, że „roztwory inkubowano w wybranych temperaturach przez 10 minut” (str. 70). Słowo inkubacja dotyczy materiału biologicznego (słownikowa definicja to „hodowanie drobnoustrojów w odpowiedniej temperaturze”), a w pracy mieliśmy do czynienia z próbką mikrożeli.
- Autor dość niefrasobliwie i niekonsekwentnie podchodzi do odmiany nazwisk obcojęzycznych. Generalnie, apostrof powinniśmy stosować przy ich odmianie wówczas, gdy nazwisko w mianowniku kończy się samogłoską. Nie są zatem poprawne formy „Cotrell’a”, „Nyquist’a” czy „Randles’a” (np. str. 76-78).
- Teoria, o której wspomina Autor na str. 35-37, to teoria Flory’ego-Hugginsa (nie „Flory-Hugginsa”, ani nie „Florry-Hugginsa”).



- „Cząstka” nie jest tożsama z „cząsteczką”, podczas gdy Autor stosuje obie formy przemienne, np. na str. 81, ale również w opisie równań (3) i (4) na str. 36.
- W nawiązaniu do rozdziału 2.4.5, wydaje się, że najprostszym, najtańszym i najszybszym sposobem badania objętościowego przejścia fazowego (przynajmniej dla żeli mikroskopowych) jest prosta metoda grawimetryczna.
- Kiedy Autor pisze, że żele makroskopowe znalazły określone zastosowanie (str. 44), rozumiem że chodzi mu o faktyczne zastosowanie hydrożeli w różnych dziedzinach życia i gospodarki. Nie jestem przekonany, czy na liście tych zastosowań istotnie powinny znaleźć się sztuczne mięśnie; z drugiej strony brakuje na niej takich faktycznych pól zastosowania jak superabsorbenty (niekoniecznie specyficzne), rolnictwo, ogrodnictwo czy opatrunki do leczenia ran. Kontynuując temat, czy Autor faktycznie uważa (rozdział 3.1.2), że realne jest skonstruowanie sztucznych mięśni, w sensie implantu, na bazie hydrożeli czułych na bodźce ?
- Co Autor rozumie przez „dyfuzję molekularną sieciowań jonowych” (str. 49) ?
- Nie jestem przekonany do używanego często w tekście określenia „napęczniały” czy „stopień napęcznienia” w odniesieniu do żeli. Przyznam, że z takimi formami nie spotkałem się mimo ponad 20 lat doświadczenia w dziedzinie hydrożeli. W polskiej literaturze przedmiotu stosuje się zwykle określenia „spęczniony”, „stopień spęcznienia”.
- Poważne wątpliwości budzi, na pewno nieprzypadkowe bo umieszczone w pracy co najmniej dwukrotnie (str. 56 i 62), powiązanie pH objętościowej przemiany fazowej żelu zbudowanego z poli(kwasu akrylowego) z wartością pKa kwasu akrylowego. Moim zdaniem nie ma do tego merytorycznych podstaw. Kwas akrylowy i poli(kwas akrylowy) to dwa różne związki chemiczne. Różnią się one po pierwsze obecnością podwójnego wiązania w pozycji alfa w stosunku do grupy karboksylowej. Już sam ten fakt powoduje istotną różnicę wartości pKa między tymi związkami (biorąc jedynie ten czynnik pod uwagę, lepszym modelem od kwasu akrylowego byłby kwas propionowy). Ponadto, jak wiadomo z teorii polielektrolitów, na stan protonowania danej grupy funkcyjnej w łańcuchu wpływa stan protonowania grup sąsiednich; ten efekt z oczywistych względów jest nieobecny w cząsteczce kwasu akrylowego. Dlatego nie należy się spodziewać podobieństwa wartości pKa kwasu akrylowego i poli(kwasu akrylowego). Obie wartości są oczywiście znane z literatury; wiadomo, że różnią się od siebie znacznie, to jest o 2 jednostki (pKa kwasu akrylowego wynosi 4,2, a poli(kwasu akrylowego) około 6,2).

Chciałbym stanowczo podkreślić, że **wymienione wyżej uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny bądź mają drugorzędne znaczenie i w żadnej mierze nie wpływają na moją bardzo wysoką ocenę rozprawy doktorskiej.**



Politechnika Łódzka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Dr hab. inż. Piotr Ulański, prof. PŁ

Podsumowanie

Jak wykazałem powyżej, praca doktorska pana mgr. Kamila Marcisza dotyczy zagadnień bardzo istotnych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego, a założone bardzo ambitne cele badawcze zostały w pełni zrealizowane. Praca stanowi poważny wkład do stanu wiedzy na temat właściwości elektrochemicznych hydrożeli oraz zastosowania tychże do konstruowania nowoczesnych, oryginalnych czujników elektrochemicznych. Rozprawa zawiera istotne elementy nowości naukowej, a jej zasadnicze części zostały zawarte w publikacjach w 7 bardzo dobrych międzynarodowych czasopismach naukowych. Analiza przedstawionej rozprawy, a także listy jego dorobku naukowego, upoważniają mnie do stwierdzenia, że **pan mgr Kamil Marcisz wykazał, iż dysponuje szeroką wiedzą, wybitnym talentem doświadczalnym, posiada umiejętność formułowania nowatorskich pomysłów i hipotez badawczych, a także planowania, prowadzenia i interpretacji wyników badań naukowych o wysokim stopniu złożoności, krytycznej oceny uzyskanych rezultatów, prowadzenia dyskusji naukowej i formułowania wniosków.**

Stwierdzam, że **przedstawiona rozprawa spełnia formalne wymagania stawiane rozprawom doktorskim**, a w szczególności wymagania określone w artykule 13 *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* oraz w paragrafie 5 *Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 września 2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* i na tej podstawie **wnoszę do Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego o dopuszczenie pana mgr. Kamila Marcisza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Jednocześnie, ze względu na bardzo wysoki poziom naukowy rozprawy pana mgr. Kamila Marcisza (o czym dobitnie świadczy 7 publikacji w bardzo dobrych czasopismach), jej interdyscyplinarny charakter oraz istotny wkład do zastanego stanu wiedzy i technologii, **składam wniosek o wyróżnienie tej rozprawy.**

Dr hab. inż. Piotr Ulański, prof. PŁ



Politechnika Łódzka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Dr hab. inż. Piotr Ulański, prof. PŁ

Łódź, 20 kwietnia 2019 r.

Rada Wydziału Chemii

Uniwersytet Warszawski

WNIOSK

o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pana mgr. Kamila Marcisza
p.t. „*Synteza, właściwości i zastosowanie elektroaktywnych mikro- i makrohydrożeli*”

Jako recenzent rozprawy doktorskiej pana mgr Kamila Marcisza p.t. „*Synteza, właściwości i zastosowanie elektroaktywnych mikro- i makrohydrożeli*” składam niniejszym wniosek o wyróżnienie tej rozprawy. Uzasadnieniem tego wniosku jest:

- bardzo wysoki poziom merytoryczny,
- opublikowanie wyników pracy w siedmiu artykułach w bardzo dobrych czasopismach (w tym IF > 8),
- oryginalność tematu i uzyskanych wyników na tle literatury przedmiotu,
- interdyscyplinarny charakter rozprawy,
- istotny wkład tej pracy zarówno w pogłębienie naszego rozumienia podstawowych aspektów elektrochemicznych objętościowych przejść fazowych w żelach, jak i w rozwój ważnych i przydatnych aplikacji opartych na tego rodzaju układach (selektywne biosensory, głównie do zastosowań w medycynie).

Moim zdaniem, rozprawa pana mgr Kamila Marcisza zdecydowanie wykracza zakresem, poziomem, nowością naukową i znaczeniem uzyskanych wyników ponad przeciętny poziom prac doktorskich w dziedzinie chemii.

Dr hab. inż. Piotr Ulański, prof. PŁ