

Warszawa, 16.06.2017 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Choma
Instytut Chemii
Wydział Nowych Technologii i Chemii
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. S. Kaliskiego 2
00-908 Warszawa
e-mail: jerzy.choma@wat.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Karoliny GDULI

pt. „Polisiloksany o właściwościach magnetycznych: synteza, charakterystyka i zastosowania w procesie adsorpcji” wykonanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

W ostatnim dwudziestoleciu obserwuje się dynamiczny rozwój nauki i technologii obiektów o wymiarach od 1 do 100 nm, czyli nanotechnologii. Szczególnie jest to widoczne w odniesieniu do nanostruktur, których badania koncentrują się na ich projektowaniu, wytwarzaniu, charakteryzowaniu i stosowaniu. Potencjalne możliwości zastosowania tzw. nanomateriałów, tj. materiałów mających choć jedną właściwość taką jak wymiar cząstki, wymiar porów lub grubość filmu w przedziale od 1 do 100 nm, są ogromne, a intensywny rozwój tej dziedziny sprawia, że początek XXI wieku jest określany początkiem ery nanotechnologii. W nanotechnologii często wykorzystywane są hybrydowe, kuliste cząstki składające się z rdzenia i nanowarstwy (nanopowłoki), określane jako nanostruktury typu core/shell. Nanostruktury te mogą być otrzymywane, jako kombinacja różnego rodzaju materiałów dielektrycznych, metali, półprzewodników oraz barwników, z których materiał jednego rodzaju jest rdzeniem, a materiał innego lub tego samego rodzaju tworzy warstwę (powłokę, otoczkę). Nanostruktury są wysoce funkcjonalnymi materiałami o wyjątkowych właściwościach. Ponadto nanostruktury łącznie wykazują zmodyfikowane i ulepszone właściwości w porównaniu z właściwościami tworzących je elementów lub jednoskładnikowych nanocząstek, o tym samym wymiarze. Właściwości materiałów typu rdzeń-warstwa mogą być zmieniane poprzez odpo-

wiedni dobór komponentów lub poprzez zmianę stosunku wielkości rdzenia do grubości nanowarstwy.

W ten nurt aktualnych badań wpisuje się też przedstawiona do recenzji praca Pani mgr Karoliny Gduli. W pracy tej wykorzystując metodę zol-żel otrzymywano materiały hybrydowe składające się z magnetycznego rdzenia zbudowanego z tlenku żelaza(II,III) – Fe_3O_4 i z krzemionkowej (SiO_2) otoczki o modyfikowanej powierzchni.

Praca doktorska została wykonana w Zakładzie Chemii Teoretycznej na Wydziale Chemii UMCS. Promotorem pracy był Pan prof. dr hab. Andrzej Dąbrowski, a promotorem pomocniczym Pani dr Ewa Skwarek.

Przedłożona do oceny dysertacja stanowi obszerne, zwarte opracowanie składające się z 196 stron, na których przedstawiono następujące części: Streszczenie w języku angielskim; Wykaz skrótów i symboli stosowanych w tekście; Wprowadzenie; Cele pracy; Część literaturowa obejmująca następujące, główne rozdziały: Nanotechnologia, Magnetyczne związki żelaza, Materiały hybrydowe, Wybrane zastosowania cząstek magnetycznych oraz materiałów krzemionkowych o właściwościach magnetycznych; Część eksperymentalna składająca się z następujących, zasadniczych części: Odczynniki i materiały; Opis metod badawczych; Preparatyka i charakterystyka adsorbentów; Badania adsorpcji jonów metali.

Prezentowana rozprawa kończy się: Podsumowaniem i wnioskami oraz Literaturą cytowaną. Ponadto Doktorantka przedstawiła: listę swoich publikacji naukowych, udział w projektach badawczych, odbyte staże naukowe, uzyskane stypendia i wyróżnienia oraz zaprezentowała spis komunikatów konferencyjnych i posterów, na których przedstawiła wyniki swoich badań.

Oceniana rozprawa doktorska jest bogato dokumentowana rysunkami (70) i tabelami (22). Wykaz literatury jest bardzo rozbudowany, bo obejmuje 262 pozycje. W przeważającej części są to prace aktualne, opublikowane w ostatnim dwudziestoleciu, choć nie brakuje prac nieomal historycznych, lecz bardzo ważnych, jak choćby praca Ericha Hückla z 1924 r., czy praca Stephena Brunauera, Paula Emmetta i Edwarda Tellera z 1938 r.

Ze względu na układ i formę pracy doktorskiej, niniejsze opracowanie odpowiada przyjętym normom, zwyczajom i wymaganiom. Nie wnoszę w tym względzie większych zastrzeżeń, chociaż sposób alfabetycznego wykazu cytowanej literatury nie bardzo mi odpowiada. Dlatego, że Doktorantka cytując wiele pozycji literaturowych powtarzała nazwiska autorów prac. Na bardzo wielu stronach pracy doktorskiej można napotkać taki oto sposób cytowania literatury, jak choćby na stronie 36: cyt. „Ozmen i wsp. otrzymali cząstki magnetyczne Fe_3O_4 pokryte warstwą krzemionkową modyfikowaną grupami aminowymi przy wykorzystaniu

APTES (Ozmen i wsp. 2010)” i drugi przykład cyt. „Również Mornet i wsp. zastosowali bezpośrednią metodę funkcjonalizacji (Mornet i wsp., 2005). Można było wymieniając autorów na początku zdania podać rok publikacji i nie powtarzać tego na końcu zdania.

Komentarza wymaga też tytuł rozprawy i jego zgodność z treścią tej rozprawy. Otóż uważam, że zaproponowany tytuł nie jest zgodny z treścią rozprawy. Tytuł „Polisiloksany o właściwościach magnetycznych: synteza, charakterystyka i zastosowania w procesie adsorpcji” sugeruje, że praca jest poświęcona polimerom, których łańcuch jest zbudowany z naprzemiennie ułożonych atomów krzemu i tlenu ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$), a do każdego atomu krzemu przyłączone są po dwie grupy organiczne, np. alkilowe czy aromatyczne. Konsekwencją takiej budowy polisiloksanów jest to, że główne łańcuch są giętkie i mają specyficzne właściwości, z tym że nie są to właściwości magnetyczne. Moim zdaniem Doktorantka w efekcie dwuetapowej syntezy otrzymała magnetyczne nanocząstki tlenku żelaza(II,III), które w następnym etapie otaczała warstwą amorficznej krzemionki, w efekcie hydrolizy tetraetoksysilanu. Ostatecznie więc otrzymała materiały hybrydowe składające się z magnetycznego rdzenia (Fe_3O_4) i krzemionkowej (SiO_2) otoczki o powierzchni modyfikowanej różnymi grupami funkcyjnymi. Tak otrzymane materiały hybrydowe charakteryzowały się magnetycznymi właściwościami. Nie widzę więc tu otrzymywania polisiloksanów, szczególnie o magnetycznych właściwościach, chyba że źle interpretuję rozważania Doktorantki. Czytając pracę miałem wrażenie, że Doktorantka zamiennie używa określeń modyfikowana, amorficzna krzemionka lub modyfikowane polisiloksany, z czym nie można się zgodzić.

W części literaturowej stanowiącej przegląd aktualnego piśmiennictwa Autorka scharakteryzowała nanotechnologię, jako nową dziedzinę wiedzy, odnosząc się do skali nano, pisząc o rozwoju nanotechnologii i nanomateriałów. Odniosła się również do zagrożeń, jakie niesie ze sobą nanotechnologia. Następnie scharakteryzowała magnetyczne związki żelaza, ze szczególnym uwzględnieniem metod otrzymywania Fe_3O_4 i $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Dalej opisała materiały hybrydowe, zwracając i słusznie uwagę na hybrydowe materiały krzemionkowe o magnetycznych właściwościach. Zaprezentowała informacje literaturowe dotyczące wybranych metod syntezy hybrydowych materiałów oraz metod modyfikacji powierzchni otoczki krzemionkowej z rdzeniem magnetycznym. Dalej Doktorantka opisała wybrane zastosowania cząstek magnetycznych oraz hybrydowych materiałów krzemionkowych o właściwościach magnetycznych. Szczególnie dużą uwagę Doktorantka poświęciła zastosowaniu nanocząstek o właściwościach magnetycznych w medycynie. Na stronach od 42 do 54 napisała o wykorzystaniu nanocząstek w diagnostyce i terapii medycznej. Moim zdaniem, z czym Doktorantka ma prawo się nie zgodzić, zbyt dużą uwagę poświęciła ona zastosowaniu magnetycznych nanoczą-

stek w medycynie, zważywszy, że sama nie prowadziła takich eksperymentów. Ponadto niemal tyle samo miejsca, w części literaturowej, poświęciła ona zastosowaniu nanocząstek w ochronie środowiska (str. 54 – 67), co w medycynie. A to pierwsze zagadnienie, za sprawą badań adsorpcyjnych jonów metali ciężkich, winno zdecydowanie dominować w rozważaniach literaturowych. Analizując dane literaturowe poświęcone zastosowaniu nanocząstek o właściwościach magnetycznych w ochronie środowiska Doktorantka przedstawiła opis metali ciężkich i zanieczyszczenie nimi środowiska. Szczególną uwagę i słusznie zwróciła na miedź oraz metale szlachetne (w tym pallad, srebro i złoto). Pewną uwagę poświęciła też metodom usuwania ze środowiska takich związków organicznych jak specyficzne leki, a także barwniki stosowane na skalę przemysłową. Moją, w sumie dobrą ocenę, części literaturowej nieznacznie obniża brak podsumowania, w którym Doktorantka powinna postarać się odpowiedzieć na pytanie: jaki wpływ miały wyniki uzyskane przez innych badaczy na planowane, własne badania?

W części doświadczalnej Doktorantka szczegółowo opisała handlowe odczynniki i materiały użyte do syntezy magnetycznych cząstek i modyfikowanych materiałów krzemionkowych pokrywających te cząstki. Pokazała też wzory strukturalne oraz akronimy nazw organosilanów użytych do syntez i modyfikacji powierzchni krzemionkowej. Łącznie użyła do modyfikacji pięć organosilanów: APTES – (3-aminopropyl)trietoksylsilan, TMPED – N-[3-(trimetoksylsilylo)propyl]etylenodiamina, BTMPA – bis[3-(trimetoksylsilylopropyl)]amina, MTES – metylotrietoksylsilan i PTES – n-propylotrietoksylsilan. Prekursorem amorficznej krzemionki był TEOS – tetraetoksylsilan.

W celu fizykochemicznej charakteryzacji badanych materiałów posłużono się wieloma, najnowszymi metodami instrumentalnymi, co zasługuje na jak najlepszą ocenę. Do badań wykorzystano: niskotemperaturową adsorpcję/desorpcję azotu, dyfraktometrię rentgenowską, analizę elementarną, spektroskopię w podczerwieni, spektroskopię fotoelektronów w zakresie promieniowania X, miareczkowanie alkacymetryczne, dyfrakcję laserową, skaningową mikroskopię elektronową, pomiary właściwości magnetycznych, miareczkowanie potencjometryczne, pomiary ruchliwości elektroforetycznej, pomiary adsorpcyjne z wykorzystaniem metody radiochemicznej. Badania materiałów zrealizowano za pomocą wysokiej klasy aparatury. Rzadko spotyka się prace doktorskie, w których wykorzystywano by tak liczne techniki pomiarowe.

W rozdziale 7 Doktorantka opisała otrzymywanie i charakterystykę materiałów stosowanych jako adsorbenty. W swoich badaniach zajmowała się: zsyntezowanymi przez siebie nanocząstkami tlenku żelaza(II,III) – oznaczonymi symbolem Z; handlowymi nanocząstkami

tlenku żelaza(II,III) – symbol K; materiałem hybrydowym – rdzeń z tlenku żelaza(II,III) i otoczka z amorficznej, niemodyfikowanej krzemionki – symbol S; dalej materiałami hybrydowymi o rdzeniu z tlenku żelaza(II,III) i otoczki z amorficznej krzemionki o powierzchni modyfikowanej APTS – symbol A, TMPED – symbol T, BTMPA – symbol B, APTES + MTES – symbol AM oraz APTES + PTES – symbol AP. Wykorzystane do badań tych materiałów metody charakteryzacji, wytypowana i zastosowana aparatura zasługują na jak najwyższą ocenę.

W rozdziale 8, najważniejszym dla całej pracy, Doktorantka przedstawiła wyniki badań adsorpcji miedzi(II) i srebra(I) z roztworów wodnych na otrzymanych przez siebie materiałach hybrydowych.

Wytyczony przez Promotorów i Doktorantkę cel pracy, jakim było otrzymanie materiałów hybrydowych typu core/shell – magnetyczny rdzeń i krzemionkowa otoczka oraz przebadanie ich z zamiarem wykorzystania jako adsorbentów wytypowanych jonów metali ciężkich z roztworów wodnych, według mojej opinii został osiągnięty.

Za najcenniejsze i najważniejsze osiągnięcia Doktorantki uważam:

1. Zsyntezowanie nanocząstek magnetytu (Fe_3O_4) metodą opartą na współstrącaniu jonów żelaza(II) i (III) w środowisku zasadowym.
2. Zsyntezowanie metodą zol-żel nanostruktur hybrydowych o magnetycznych właściwościach, składających się z magnetycznego rdzenia i krzemionkowej warstwy o powierzchni modyfikowanej różnymi grupami funkcyjnymi.
3. Charakteryzację struktury porowatej badanych materiałów.
4. Charakteryzację składu chemicznego, budowy i struktury materiałów hybrydowych.
5. Wykonanie i interpretację badań adsorpcyjnych jonów miedzi(II) i srebra(I) z roztworów wodnych na powierzchni nanostruktur hybrydowych o właściwościach magnetycznych.
6. Ponadto bardzo spodobał mi się sposób, w jaki Pani zobrazowała wymiar nanoskali, przedstawiony na str. 13 w części literaturowej.

Bardzo ważne jest również i to, że część wyników uzyskanych podczas realizacji pracy doktorskiej, została opublikowana w czterech artykułach naukowych. Dwa artykuły ukazały się w czasopiśmie *Nanoscale Research Letters* (Impact Factor IF = 2,584), jeden w czasopiśmie *Adsorption* (IF = 1,870), a kolejny artykuł został przyjęty do druku i niedługo ukaże się w czasopiśmie *Adsorption Science and Technology* (IF = 0,60). Jest już dostępna wersja elektroniczna tej pracy, bez dokładnych współrzędnych. Pani mgr Karolina Gdula jest także

współautorem 14 stronicowego rozdziału monograficznego w książce wydanej przez wydawnictwo Springer Proceedings in Physics w 2016 r.

Jak w większości prac doktorskich, również i w pracy Pani mgr K. Gduli można doszukać się pewnych uchybień, nieścisłości i niejasności, a także pewnych braków. Zadaniem recenzenta jest je znaleźć, poddać krytycznej ocenie, a także wywołać dyskusję naukową. Wywiązując się z tego obowiązku stwierdzam, że tekst został napisany dość poprawnie, co nie znaczy, że nie mam uwag z nim związanych. Poza tymi zastrzeżeniami, o których pisałem wcześniej, poniżej przedstawiam uwagi i pytania licząc na ustosunkowanie się do nich w trakcie publicznej obrony:

- 1) Str. 20 – Kontrolę działania nanorobotów realizuje się nie przy pomocy, lecz za pomocą nanosensorów.
- 2) Str. 23 – W przysłanym do mnie egzemplarzu rozprawy doktorskiej na rys. 4 trudno dostrzec białe jony tlenu.
- 3) Str. 24 – Reakcje 2 i 3 nie są zbilansowane.
- 4) Str. 32 – W słowie jak brakuje litery k.
- 5) Str. 33 – Dodatkowe grupy funkcyjne można wprowadzać na powierzchnię, a nie w powierzchnię.
- 6) Str. 40 – Bardzo skomplikowanie brzmi zdanie: Materiały krzemionkowe ze względu na swoje liczne i ciekawe właściwości znalazły zastosowanie w szerokim spektrum dziedzin. Wystarczyło napisać, kończąc to zdanie, w wielu dziedzinach.
- 7) Str. 41 – Nie kilkuset stopni Kelvina, lecz kilkuset Kelvinów.
- 8) Str. 41 – Rdzeń-otoczka krzemionkowa nie są naładowane negatywnie lecz ujemnie.
- 9) Str. 47 – Nie rozumiem tego zdania: Świadomość ta doprowadziła naukowców do lat 70. ubiegłego stulecia, gdzie doszukać się można pierwszych wzmianek, dotyczących zastosowania nano- oraz mikrocząstek jako systemów do kontrolowanego dostarczania leków terapeutycznych w konkretne miejsce w organizmie.
- 10) Str. 57 – W jednym zdaniu używa pani słów „prawidłowego funkcjonowania” i „prawidłowym funkcjonowaniu”.
- 11) Str. 59 – W akapicie dotyczącym wyników uzyskanych przez Li i wsp., aż prosi się o odpowiedź na pytanie: dlaczego tak się dzieje?
- 12) Str. 61 – Na przykładzie określeń zamieszczonych na tej stronie np. dużo niższe pojemności adsorpcyjne lub bardzo niską pojemnością adsorpcyjną, chciałbym poczynić uwagę odnoszącą się również do innych miejsc w pracy, że lepiej, moim zdaniem pisać, o dużo mniejszych pojemnościach adsorpcyjnych lub bardzo małej pojemności adsorpcyjnej.

- 13) Str. 71 – W tekście pracy zbyt często spotyka się określenie – dokonano. Co to za dokonanie jeśli spalamy próbkę lub rejestrujemy widmo?
- 14) Str. 78 – Napisała Pani takie zdanie: Otrzymano w ten sposób sześć materiałów krzemionkowych, które następnie scharakteryzowano szeregiem metod analitycznych. Czy nie lepiej to zdanie by brzmiało, gdyby jego koniec zapisać jako: scharakteryzowano za pomocą wielu metod analitycznych.
- 15) Str. 81 – Tu jest błąd: zamiast $> 0,08$ winno być $> 0,8$.
- 16) Str. 81 – Nie zgadzam się ze stwierdzeniem, że dalszy wzrost ciśnienia powoduje kondensację adsorbatu w makroporach. Pory te są zbyt duże, aby przebiegała w nich kondensacja kapilarna, jeśli wyznaczamy izotermę do ciśnienia atmosferycznego.
- 17) Str. 86 – Źle brzmi następujące zdanie: Dla porównania – komercyjny magnetyt ma znacznie większy wymiar wartości cząstek i charakteryzuje się dużo większą polidyspersyjnością.
- 18) Str. 87 – Zdjęcia SEM na rys. 35 pokazano ze zbyt małym powiększeniem, dlatego trudno dostrzec kuliste kształty cząstek.
- 19) Str. 95 – Tytuł podrozdziału: „Polisiloksany o właściwościach magnetycznych – synteza” nie jest odpowiedni.
- 20) Str. 95 – Skoro chodzi o tę samą osobę, to jej nazwisko powinno być zapisywane w ten sam sposób, a nie raz Mel’nik, a innym razem Melnyk.
- 21) Str. 100 – Uwaga podobna do tej na str. 81. Gdyby Pani sporządziła, na podstawie wyznaczonych izoterm adsorpcji azotu, wykres funkcji rozkładu objętości porów w zależności od ich wymiarów np. metodą BJH, to trudno byłoby na tym wykresie dostrzec objętość makroporów.
- 22) Str. 101 – W tekście pod tabelą 9 napisała Pani najpierw, że krzemionka nie jest porowata, a następnie, że grupy funkcyjne zmniejszają światło porów w materiale i jest to spowodowane ich obecnością, więc jak jest naprawdę? Czy powstająca otoczka krzemionkowa jest porowata czy też nie? W związku z tworzącą się otoczką krzemionkową w strukturze core/shell mam jeszcze jedno zasadnicze pytanie. Jaka jest grubość tej otoczki? Pytam dlatego, że nie znalazłem odpowiedzi w pracy.
- 23) Str. 116 – 118 – Identyczna uwaga dotycząca zdjęć SEM, jak na str. 87. Nanostruktury przedstawiono dla zbyt małego powiększenia.
- 24) Str. 123 – Napisała Pani, że krzywe miareczkowania potencjometrycznego polisiloksanów wykonano dla 3. różnych naważek każdego materiału. Natomiast na rys. 52 krzywe oznaczono jako $25 \text{ m}^2/\text{g}$, $15 \text{ m}^2/\text{g}$ i $10 \text{ m}^2/\text{g}$. Dlaczego?

- 25) Str. 132 – Czy linie na rys. 54 ilustrują aproksymację punktów za pomocą równania kinetycznego pseudo-drugiego rzędu lub nie mają one sensu fizycznego, pokazując tylko charakter zależności?
- 26) Str. 133 – Dlaczego na rys. 55 osie odciętych pokazano dla różnych wartości, raz czas zmienia się w przedziale od 0 do 60 min, a drugi raz od 0 do 180 min?
- 27) Str. 134 – Równania pseudo-pierwszego i pseudo-drugiego rzędu są dwuparametrowe. Dlaczego więc dla równania pseudo-pierwszego rzędu w tabeli 17 brak wartości parametru a_{eq} ?
- 28) Str. 134 – Napisała Pani: Związane jest to ze specyficzną strukturą adsorbentów, a także grup funkcyjnych zlokalizowanych na ich powierzchni. Może Pani rozwinąć tę część dotyczącą specyficznej struktury adsorbentów?
- 29) Str. 135 – Czy linie na rys. 56 ilustrują aproksymację punktów za pomocą równania Langmuira lub nie mają one sensu fizycznego, pokazując tylko charakter zależności?
- 30) Str. 136 – Dlaczego w tabeli 18 brak jest wartości parametru $1/n$ równia Freundlicha? Z jaką dokładnością wyznaczono wartości parametru a_m ? Moim zdaniem liczba cyfr znaczących dla tych wartości jest za duża.
- 31) Str. 141 i 142 – Dlaczego rys. 60 i 61 dotyczą tego samego stężenia jonów Ag^+ $C_{oAg^+} = 1 \text{ mmol/dm}^3$? Jeden z nich powinien dotyczyć $C_{oAg^+} = 0,001 \text{ mmol/dm}^3$.
- 32) Str. 142 – Dlaczego na rys. 61 a) oś odciętych czasu zmienia się w przedziale od 0 do 130 min, a nie od 0 do 180 min?
- 33) Str. 143 – Uwaga dotycząca tabel 20 i 21 jest taka sama jak dla tabeli 17 na str. 134.
- 34) Str. 163 – Wracając myślą do cytowanej literatury, szkoda że nie zapoznała się Pani i nie zacytowała następujących przeglądowych prac autorstwa Pana prof. M. Jarońca, mojego i moich współpracowników, poświęconych nanostrukturom core/shell:
- 1) B. J. Jankiewicz, J. Choma, D. Jamioła, M. Jaroniec, Wiadomości Chemiczne, 2010, 64(Nr 11-12), 913-942.
 - 2) B. J. Jankiewicz, J. Choma, D. Jamioła, M. Jaroniec, Wiadomości Chemiczne, 2010, 64(Nr 11-12), 943-981.
 - 3) B. J. Jankiewicz, D. Jamioła, J. Choma, M. Jaroniec, Advances in Colloid and Interface Science, 2012, 170, 28-47.

Przedstawione w recenzji uwagi, zastrzeżenia i pytania mają zróżnicowaną wagę. Niektóre wymagają większych wyjaśnień, inne są tylko natury edycyjnej, jeszcze inne należy traktować jako dyskusyjne.

Chciałbym podkreślić, że w trakcie realizacji swojej pracy doktorskiej Pani mgr Karolina Gdula bardzo aktywnie pracowała naukowo. W efekcie tej pracy opublikowała, jako współautorka, 7 artykułów w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej niezwiązanych ściśle z pracą doktorską oraz 7 artykułów w wydawnictwach lokalnych. Brała udział w realizacji projektów badawczych: w jednym jako kierownik (z MNiSW) oraz w 5. jako wykonawca. Odbyla też 3 staże naukowe: jeden na Ukrainie w Instytucie Chemii Powierzchni Ukraińskiej Akademii Nauk (3 miesiące) oraz dwa (4 miesiące i 5 miesięcy) na Uniwersytecie w Granadzie w Hiszpanii. Pani mgr K. Gdula uczestniczyła też w bardzo licznych konferencjach krajowych i zagranicznych prezentując 14 komunikatów i 43 postery. Taką działalność związaną z publikacją i prezentacją własnych wyników, oceniam jako wyróżniającą.

Podsumowując, pracę doktorską Pani mgr Karoliny Gduli uważam za interesującą i wartościową. W związku z tym stwierdzam, że w świetle obowiązujących przepisów (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki) przedstawiona do recenzji rozprawa, pomimo wielu uwag i zastrzeżeń, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim i wnioskuję do Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej o dopuszczenie mgr Karoliny Gduli do dalszych etapów postępowania doktorskiego, w celu nadania jej stopnia doktora nauk chemicznych.

