

Chorzów, 10.11.2022

Dr hab. Aneta Hanc-Kuczkowska

*Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Instytut Inżynierii Materiałowej
ul. 75 Pułku Piechoty 1A
41-500 Chorzów*

aneta.hanc@us.edu.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
pt. „Oddziaływania nadsubtelne w modyfikowanych powierzchniowo
nanocząstkach magnetytu”
– autor: mgr Katarzyna Winiarczyk**

Rozprawa doktorska powstała pod kierunkiem:

dr hab. Zbigniewa Surowca z Instytutu Fizyki, Wydział Matematyki, Fizyki
i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie – Skłodowskiej w Lublinie

1. Wprowadzenie

Recenzję rozprawy doktorskiej pt. „Oddziaływania nadsubtelne w modyfikowanych powierzchniowo nanocząstkach magnetytu” autorstwa Pani mgr Katarzyny Winiarczyk opracowałam na podstawie pisma Dyrektora Instytutu Fizyki, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie – Skłodowskiej w Lublinie z dnia 6 października 2022r - znak WMD-877/22.

Recenzję rozprawy doktorskiej wykonałam zgodnie z wymogami Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku, a zgodnie z jej treścią, rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stąd w recenzji dysertacji koncentruję się na analizie i ocenie naukowej wartości rozprawy, zasadności podjęcia problemu badawczego, prawidłowości sformułowania celu i tezy rozprawy, ustaleniu, jakie nowe zagadnienia naukowe Doktorantka rozwiązała samodzielnie. Ocenie poddane zostaną także: znajomość przedmiotu zagadnienia, specjalistycznej literatury w tym prac innych autorów wchodzących w zakres tematyczny rozprawy doktorskiej; poprawność przeprowadzonych w rozprawie analiz, obliczeń i uzyskanych wyników oraz trafność sformułowanych na tej podstawie twierdzeń i wniosków.

Problem naukowy rozprawy dotyczy określenia wpływu warunków syntezy na właściwości magnetyczne magnetytu, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań nadsubtelnych. Przedmiot badań, w ocenianej dysertacji, stanowią nanocząstki magnetyczne na bazie tlenku żelaza: magnetytu (Fe_3O_4) otrzymywanego metodą współstrącania i modyfikowanego powierzchniowo związkami organicznymi.

Wybór, jako zagadnienia naukowego rozważanego w dysertacji problemu badawczego jest w pełni uzasadniony potrzebą aplikacji a zastosowanie szeregu metod eksperymentalnych w celu jego rozwiązania stanowi o wysokim poziomie merytorycznym grupy, w której praca powstała.

Pani mgr Katarzyna Winiarczyk zaprezentowała kompleksowe podejście do tematyki projektowania nanomateriałów do zastosowań biologicznych. Zaprojektowany w pracy eksperyment dostarczył wielu interesujących i obiecujących wyników dotyczących właściwości materiałów predysponowanych do zastosowań w nanomedycynie i bioinżynierii. W mojej opinii, wyniki zaprezentowane w pracy doktorskiej wnoszą także istotny wkład w opracowanie nowatorskich rozwiązań dla biotechnologii. Tym samym stwierdzam, że tematyka pracy doktorskiej jest aktualna i świetnie wpisuje się w zagadnienia nanomedycyny, co nadaje tematowi rozprawy doktorskiej walor oryginalności, szczególnie w aspekcie fundamentalnym i aplikacyjnym. Jednocześnie stwierdzam, że Pani mgr Katarzyna Winiarczyk w swojej pracy prezentuje multidyscyplinarne, kompleksowe podejście do zagadnienia badawczego, również w aspekcie zastosowania szerokiego spektrum metod badawczych oraz analizy otrzymanych wyników na najwyższym poziomie. Należy podkreślić, że spektrum badań wybrane do oceny materiału, wyselekcjonowania próbek do dalszych etapów badań i ocena ich właściwości jest nie tylko odpowiednio dobrane, ale przede wszystkim, są to znakomicie zrealizowane badania, z głęboką znajomością możliwości i ograniczeń poszczególnych technik badawczych z uwzględnieniem specyfiki samego materiału. Analiza wyników badań, dokonana przez Autorkę, jest konsekwentna, jasna i oparta na świadomej ocenie właściwości materiału w świetle stosowanych technik badawczych.

2. Analiza i ocena rozprawy

Recenzowana praca ma charakter interdyscyplinarny a wiodącym jej celem było określenie wpływu wybranych czynników na parametry oddziaływań nadsubtelnych i na właściwości fizykochemiczne nanocząstek magnetytu. Analizie poddano wpływ takich czynników jak: sposób syntezy, stężenie czynnika strącającego (zasady amonowej), rozmiar nanocząstek Fe_3O_4 , modyfikacja powierzchni nanocząstek związkami organicznymi (kwas dimerkaptobursztynowy, kwas oleinowy, chitozan, żelatyna) czy rozdypergowanie w ośrodku. Realizacja głównego celu wymagała przeprowadzenia serii syntez magnetytu, zarówno w postaci niemodyfikowanej jak i modyfikowanej powierzchniowo surfaktantami oraz dokładnej charakterystyce strukturalnej i morfologicznej. Wpływ poszczególnych czynników na parametry oddziaływań nadsubtelnych

badano za pomocą spektroskopii Mössbauera. W celu kompleksowej analizy badanych materiałów wykonano charakterystykę kalorymetryczną nanocząstek magnetytu w postaci zawiesin wodnych oraz określono ich zdolności grzewcze ze wskazaniem potencjalnego zastosowania w hipertermii cieczy magnetycznej.

Z uwagi na interesujący materiał badań, szereg zastosowanych technik eksperymentalnych, a przede wszystkim, ze względu na poznawczy i aplikacyjny charakter ocenianej rozprawy, uważam, że podjęta problematyka badawcza jest aktualna i posiada znacznie nie tylko naukowe, ale także praktyczne.

Rozprawa zawiera: 177 stron tekstu, 89 rysunków oraz 22 tabele i opatrzona jest obszerną bibliografią zawierającą 228 pozycji literatury, wśród których cztery to publikacje, w których Pani mgr Katarzyna Durak (obecne nazwisko Katarzyna Winiarczyk) jest współautorem.

Autorka podzieliła swoją pracę na dziesięć zasadniczych rozdziałów, z których pierwszy przedstawia wprowadzenie w tematykę pracy oraz jej cele i tezy. Drugi rozdział objaśnia metodę badania struktury nadsubtelnej - spektroskopię efektu Mössbauera, dzięki której możliwe jest określenie właściwości magnetycznych zsyntetyzowanych próbek oraz obserwacja wpływu powłok modyfikujących powierzchnię nanocząstek na oddziaływania występujące między nimi.

Trzeci rozdział zawiera charakterystykę materiałów magnetycznych, ze szczególnym uwzględnieniem nanokrystalicznych materiałów magnetycznych o strukturze jednodomenowej. Ponadto, w rozdziale tym opisane zostały metody syntezy i modyfikacji powierzchni nanocząstek oraz ich zastosowanie w medycynie.

W rozdziale czwartym przedstawione zostały fizyczne podstawy pomiarów kalorymetrycznych takie jak hipertermia magnetycznych nanocząstek oraz parametry określające ilościowo proces hipertermii.

Rozdział piąty objaśnia strukturę i właściwości syntezowanych materiałów oraz powłok użytych do ich modyfikacji (kwas dimerkaptobursztynowy, żelatyna, chitozan i kwas oleinowy).

Opis metod badawczych i aparatury pomiarowej użytej w pracy, został zawarty w rozdziale szóstym.

Rozdział siódmym zawiera opis i warunki syntezy materiału badawczego, modyfikacje powierzchni związkami organicznymi oraz informacje na temat przygotowanych serii pomiarowych.

W rozdziale ósmym zostały przedstawione wyniki badań strukturalnych, magnetycznych i kalorymetrycznych wraz z ich omówieniem oraz analizą.

Na końcu rozprawy, w rozdziale dziewiątym znajduje się podsumowanie wraz z wnioskami, a pracę kończy spis literatury.

Przyjęta konstrukcja pracy jest typowa dla konstrukcji prac doktorskich, chociaż w mojej ocenie, byłaby bardziej dogodna dla czytelnika gdyby zasadnicze rozdziały wchodzące w skład dysertacji, poprzedzone zostały spisem treści i używanych oznaczeń oraz streszczeniem, a także wstępem zawierającym wprowadzenie w tematykę badawczą z opisem omawianej problematyki.

Rozdział pierwszy ocenianej rozprawy – „Wstęp i motywacja” zawiera syntetyczne wprowadzenie w tematykę pracy ze wskazaniem szczególnej roli nanocząstek magnetycznych, które charakteryzując się zestawem pożądanych ze względów aplikacyjnych właściwości fizycznych, przy niewielkim rozmiarze, mogą

wnikać do pojedynczych komórek, wirusów lub łączyć się z innymi strukturami biologicznymi takimi jak białka czy geny, pełniąc rolę nośników substancji aktywnych stosowanych w medycynie i inżynierii biomedycznej. Wśród licznej rodziny nanocząstek wyróżnić należy nanocząstki tlenków żelaza w tym głównie magnetytu Fe_3O_4 i maghemitu $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, które łącząc biokompatybilność, niską cytotoksyczność oraz właściwości ferromagnetyczne i superparamagnetyczne, są materiałami o dużym potencjale terapeutycznym i diagnostycznym. Autorka pracy słusznie zauważa, że pod wpływem zmiennego pola magnetycznego, nanocząstki generują ciepło, które może być zastosowane w leczeniu nowotworów, jako samodzielna forma terapii lub jako metoda skojarzona w połączeniu z innymi metodami leczenia takim jak radioterapia czy chemioterapia. Istotnym jest, co również podkreśla Autorka dysertacji, by nanocząstki mogły być aplikowane do żywego organizmu, muszą spełniać szereg wymagań dotyczących właściwości fizycznych i chemicznych, a także koniecznym jest brak szkodliwości dla organizmu. Motywacją dla prowadzenia badań dotyczących wpływu warunków syntezy na właściwości magnetyczne magnetytu, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań nadsubtelnych, jest potencjał aplikacyjny nanocząstek na bazie magnetytu otrzymywanego metodą współstrącania oraz modyfikowanego powierzchniowo związkami organicznymi.

Rozdział pierwszy pracy zawiera także opis wiodącego celu pracy, który wymagał określenia wpływu takich czynników jak: sposób syntezy, stężenie czynnika strącającego to jest zasady amonowej, rozmiar nanocząstek Fe_3O_4 , modyfikacja powierzchni nanocząstek związkami organicznymi (kwas dimerkaptobursztynowy, kwas oleinowy, chitozan, żelatyna) czy rozdypergowanie w ośrodku, na parametry oddziaływań nadsubtelnych i właściwości fizykochemiczne nanocząstek magnetytu. Na potrzeby realizacji tak zakreślonego celu rozprawy, przeprowadzono serię syntez magnetytu, zarówno w postaci niemodyfikowanej jak i zmodyfikowanej powierzchniowo surfaktantami. Zsyntezowany materiał poddano dokładnej charakterystyce strukturalnej i morfologicznej. Wpływ poszczególnych czynników na parametry oddziaływań nadsubtelnych badano za pomocą spektroskopii efektu Mössbauera, która jest metodą badawczą wiodącą w recenzowanej pracy. Przeprowadzone badania kalorymetryczne nanocząstek magnetytu w postaci zawiesin wodnych umożliwiły Autorce dysertacji określenie ich zdolności grzewczych ze wskazaniem potencjalnego zastosowania w hipertermii cieczy magnetycznej.

W podsumowaniu rozdziału pierwszego sformułowano następujące tezy badawcze:

- Warunki syntezy oraz modyfikacja powierzchni magnetytu nanokrystalicznego w znaczący sposób wpływają na oddziaływania nadsubtelne w rdzeniu magnetycznym nanocząstki. Wpływ ten zależy od rodzaju i ilości czynnika modyfikującego powierzchnię.
- Poprzez manipulację warunkami syntezy możliwe jest otrzymanie nanocząstek magnetytu o pożądanych właściwościach fizykochemicznych.
- Zastosowanie ultradźwięków podczas etapu syntezy i funkcjonalizacji magnetytu, zmniejsza agregację nanocząstek, a tym samym przyczynia się do łatwiejszego ich przechodzenia ze stanu ustalonego do superparamagnetycznego.

Rozdział drugi rozprawy „Struktura nadsubtelna” zawiera charakterystykę metody badania struktury nadsubtelnej - spektroskopii efektu Mössbauera, dzięki której możliwe jest określenie właściwości magnetycznych zsyntetyzowanych próbek oraz obserwacja wpływu powłok modyfikujących powierzchnię nanocząstek na oddziaływanie występujące między nimi. W rozdziale tym szczegółowo scharakteryzowano parametry oddziaływań nadsubtelnych oraz omówiono podstawy techniki badania oddziaływań nadsubtelnych. Ten rozdział, niestety nie kończy się podsumowaniem, w którym Autorka, powinna zawrzeć syntetyczny opis wskazujący jednoznacznie na potencjał i przesłanki dotyczące wyboru wiodącej metody badawczej w kontekście omawianego w kolejnym rozdziale pracy, materiału do badań. Podsumowanie takie, byłoby istotną wskazówką dla czytelnika dalszej części dysertacji, że wybór metody badawczej i materiału do badań, oparty jest o wnikliwe studium literatury, w aspekcie właściwości materiałów dedykowanych do zastosowań biologicznych. Wnioskuje, by Autorka przedstawiła najistotniejsze uzupełniające informacje podsumowujące treść rozdziału drugiego w trakcie dyskusji, podczas obrony pracy.

Rozdział trzeci – „Magnetyczne materiały nanokrystaliczne” – zawarty na 20 stronach maszynopisu, poświęcony został omówieniu podstawowych zagadnień teoretycznych dotyczących materiałów magnetycznych, ze szczególnym uwzględnieniem nanokrystalicznych materiałów magnetycznych o strukturze jednodomenowej. Ponadto opisane zostały metody syntezy i modyfikacji powierzchni nanocząstek oraz ich zastosowanie w medycynie.

Informacje zawarte w tej części pracy stanowią ciekawy i syntetyczny opis podstaw teoretycznych dotyczących zarówno nanokrystalicznych materiałów magnetycznych jak również procesów modyfikacji powierzchni nanocząstek, oraz metod ich syntezy. Sposób omówienia i prezentacja wiadomości teoretycznych oraz wyników prac eksperymentalnych, z powołaniem się na liczne pozycje literaturowe, pozwala wnioskować, iż Doktorantka opanowała podstawy teoretyczne i zna aktualne doniesienia literaturowe w obszarze badań bezpośrednio związanych z problematyką naukową podjętą w rozprawie.

Pewien niedosyt pozostawia jednak, brak chociażby krótkiego wskazania na najistotniejsze, wykorzystywane w dalszej części pracy, informacje teoretyczne i wyniki do których odnosić będzie rezultaty własnych prac badawczych. Proszę o uzupełnienie tych informacji w trakcie dyskusji nad rozprawą.

W rozdziale czwartym przedstawione zostały fizyczne podstawy pomiarów kalorymetrycznych w tym hipertermia magnetycznych nanocząstek oraz parametry określające ilościowo proces hipertermii.

Część piąta pracy „Charakterystyka materiału badawczego” zawiera szczegółowe objaśnienia dotyczące struktury i właściwości syntezowanych materiałów do badań oraz powłok użytych do ich modyfikacji w tym na przykład kwasu dimerkaptobursztynowego, żelatyny, chitozanu i kwasu oleinowego.

Opis metod badawczych i aparatury pomiarowej wykorzystanej w pracy został zawarty w rozdziale szóstym, który rozpoczyna „część eksperymentalną” dysertacji. Rozdział ten zawiera między innymi ciekawie zredagowany opis podstaw teoretycznych i przegląd technik eksperymentalnych oraz charakterystykę podstaw analizy rezultatów badań uzyskiwanych przy użyciu spektroskopii efektu Mössbauera. Sposób omówienia i prezentacji wiadomości teoretycznych pozwala

wnioskować, iż Doktorantka opanowała podstawy teoretyczne wiodącej metody badawczej stosowanej w pracy. Przedstawiony opis dowodzi opanowania przez Doktorantkę omawianej techniki eksperymentalnej i sposobu analizy wyników oraz ich interpretacji. Znakomity sposób przedstawienia i opracowania tej części pracy wskazuje, że Pani mgr Katarzyna Winiarczyk realizowała ją w grupie badawczej o najwyższym poziomie merytorycznym i przy ogromnym zaangażowaniu i wszechstronnej pomocy Promotora - Dr hab. Zbigniewa Surowca, opanowała w stopniu zaawansowanym warsztat badacza, niezbędny do realizacji tak skomplikowanej, wielowątkowej pracy doktorskiej.

W rozdziale siódmym Autorka rozprawy przedstawia opis warunków syntezy materiału badawczego, modyfikacje powierzchni związkami organicznymi oraz informacje na temat przygotowanych serii pomiarowych.

Zasadniczy rozdział dysertacji pod tytułem „Wyniki badań” rozpoczyna część rozprawy obejmująca prezentację rezultatów badań własnych Autorki pracy i ich dyskusję. Rozdział ten zawiera opis rezultatów badań przeprowadzonych jako szereg syntez nanocząstek magnetytu metodą współstrącania z roztworu zasady amonowej. Z przedstawionych rezultatów badań wynika, że w ramach pracy przygotowano zarówno nanocząstki niemodyfikowane, jak również modyfikowane powierzchniowo związkami organicznymi to jest: kwasem dimerkaptobursztynowym, kwasem oleinowym, żelatyną i chitozanem. Przedstawione w rozdziale ósmym rezultaty prac badawczych dotyczą warunków syntezy i etapu opłaszczania nanokrystalicznego magnetytu oraz charakterystyki fizykochemicznej badanego materiału. Określono także właściwości grzewcze ferrofluidów na bazie nanocząstek magnetytu pod względem ich potencjalnego zastosowania w hipertermii cieczy magnetycznej.

Mając na uwadze fakt, iż warunki syntezy w sposób kluczowy wpływają na właściwości fizykochemiczne materiałów nanokrystalicznych, pierwszym zagadnieniem poddanym analizie było określenie wpływu sposobu syntezy i stężenia zasady amonowej na strukturę i morfologię nanocząstek oraz ich właściwości magnetyczne. W tym celu przetestowane zostały trzy różne sposoby syntezy nanocząstek magnetytu metodą współstrącania takie jak: synteza prowadzona poprzez dodawanie zasady amonowej do prekursorów nanocząstek magnetytu, oraz syntezy wykorzystujące dodawanie mieszaniny prekursorów nanocząstek do zasady amonowej, przy różnym stężeniu zasady amonowej. Na podstawie przeprowadzonych w pracy badań, słusznie stwierdzono, że stężenie zasady amonowej jest czynnikiem modyfikującym na rozmiar nanocząstek. Rozszerzeniem omówionych badań była charakterystyka nanokrystalicznego magnetytu syntezowanego z roztworu zasady amonowej o różnym stężeniu, który pod względem strukturalnym i morfologicznym oraz analiza zależności oddziaływań nadsubtelnych w relacji do rozmiaru nanokrystalitów, którą przeprowadzono z wykorzystaniem spektroskopii efektu Mössbauera. Wykonując pomiary kalorymetryczne, sprawdzono również zdolności grzewcze nanocząstek. Kolejnym zagadnieniem, które analizowano, był wpływ różnych organicznych powłok opłaszczających na oddziaływania nadsubtelne w magnetycznych rdzeniach nanocząstek. Stwierdzono, że materiały o rozmiarach nanometrycznych wykazują tendencje do aglomeracji, czyli tworzenia większych struktur, co ma istotny wpływ na właściwości magnetyczne nanocząstek. W celu ograniczenia agregacji nanocząstek

przeprowadzono syntezę nanocząstek magneytu modyfikowanego powierzchniowo surfaktantami: kwasem mezo-2,3-dimerkaptobursztynowym, kwasem oleinowym, żelatyną i chitozanem. Średnie rozmiary i rozkłady wielkości wyznaczono za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej i transmisyjnego mikroskopu elektronowego. Wyniki pomiarów tymi dwoma metodami były spójne a uzyskane nanocząstki miały średnią wielkość $11,3 \pm 6$ nm. Badania DLS dostarczyły informacji o agregacji nanocząstek oraz o dynamice tego procesu. Pokazano skuteczność homogenizacji ferrofluidu w łaźni ultradźwiękowej. Przeprowadzono również pomiary mössbauerowskie omawianych materiałów w szerokim zakresie temperatur, co pozwoliło określić zależności wewnętrznych pól magnetycznych od temperatury oraz rodzaju użytej powłoki opłaszczającej. Potencjał grzewczy próbek sprawdzono poddając ich wodne zawiesiny, działaniu zmiennego pola magnetycznego. Przygotowano także trzy preparaty opłaszczone chitozanem, syntezowane w obecności ultradźwięków oraz trzy preparaty stanowiące próbę kontrolną, bez udziału ultradźwięków, które scharakteryzowano pod względem struktury i morfologii używając technik XRD i TEM. Istotnych informacji o wpływie ultradźwięków na stopień aglomeracji preparatów dostarczyły badania DLS. Przy użyciu spektroskopii mössbauerowskiej określono wpływ ilości surfaktantu oraz udział ultradźwięków podczas syntezy na właściwości magnetyczne próbek. Właściwości grzewcze sprawdzono przeprowadzając pomiary kalorymetryczne

Rozdział kończy podsumowanie wyników z ich krótką dyskusją, w którym Pani mgr Katarzyna Winiarczyk prezentuje najistotniejsze rezultaty prac eksperymentalnych. Uzyskane, interesujące i oryginalne wyniki zostały wnikliwie przedyskutowane w kontekście procesów zachodzących w trakcie syntezy i modyfikacji powierzchni. Autorka rozprawy w sposób poprawny przeprowadziła prace eksperymentalne opisane w omawianym rozdziale i dokonała szczegółowej analizy uzyskanych wyników, a następnie podjęła się kompleksowej dyskusji uzyskanych rezultatów, wykazując tym samym dobre przygotowanie do samodzielnego rozwiązywania zagadnień zarówno teoretycznych jak też związanych z praktyczną realizacją eksperymentu.

Dysertacja zakończona została opisowym podsumowaniem, w którym przedstawiono najważniejsze osiągnięte rezultaty eksperymentalne i wynikające z ich analizy konkluzje. Najistotniejsze konkluzje z przeprowadzonych prac eksperymentalnych wskazują, że:

1. Metoda syntezy ma wpływ na właściwości magnetyczne preparowanych nanocząstek. Przy takiej samej metodzie strącania, wyraźny wpływ na rozmiary nanocząstek ma stężenie czynnika strącającego (zasady amonowej), czyli pH roztworu.
2. Odpowiednie planowanie procesu syntezy pozwala na otrzymywanie nanocząstek o pożądanym rozmiarach, a w konsekwencji określonych właściwościach fizykochemicznych.
3. Występuje liniowa zależność rozmiarów nanocząstek od stężenia zasady amonowej. W ustalonych warunkach syntezy wzrost stężenia zasady amonowej o jeden mol powoduje zmniejszenie rozmiaru krystalitów o $2,13 \pm 0,09$ nm.
4. Badania mössbauerowskie wykazały wyraźny wpływ powłoki opłaszczającej na parametry oddziaływań nadsubtelnych w rdzeniu magnetycznym

nanocząstki. Powłoki organiczne przyczyniają się do ograniczenia oddziaływań dipolowych między nanocząstkami, prowadząc tym samym do obniżenia temperatury blokowania. Dodatkowo stwierdzono, że większa ilość surfaktantu użytego do funkcjonalizowania powierzchni, także osłabia oddziaływania dipolowe, prowadząc do łatwiejszego przechodzenia nanocząstek w stan superparamagnetyczny.

5. Wykazano, że na przejście nanocząstek ze stanu ustalonego do superparamagnetycznego ma wpływ wiele czynników w tym: temperatura, rozmiar nanocząstek, rodzaj powłoki modyfikującej powierzchnię nanocząstek, rozdywersgowanie w środowisku, sposób syntezy nanocząstek, metoda pokrywania powierzchni nanocząstek surfaktantem, ilość użytego surfaktantu w procesie opłaszczania.
6. Związki modyfikujące powierzchnię nanocząstek tworzą związki kompleksowe z atomem żelaza w magnetycie, jak również mogą oddziaływać elektrostatycznie z ładunkami zgromadzonymi na powierzchni krystalitów.
7. Aglomeracja nanocząstek zależy od powłoki opłaszczającej i jest największa w przypadku magnetytu modyfikowanego żelatyną, a najmniejsza w przypadku nanocząstek opłaszczanych kwasem oleinowym. Zastosowanie ultradźwięków podczas procesu syntezy zmniejsza stopień agregacji.
8. Pomiary kalorymetryczne potwierdziły potencjał grzewczy zsyntetyzowanych próbek, wskazując na ich potencjalne zastosowanie w hipertermii cieczy magnetycznej. Zależy on od związku modyfikującego powierzchnię, stopnia aglomeracji nanocząstek, ale również warunków syntezy. Wysoki potencjał grzewczy wykazują próbki syntezowane w obecności ultradźwięków.

Stwierdzam, że analiza wyników badań, dokonana przez Autorkę, jest konsekwentna, jasna i oparta na świadomej ocenie właściwości materiału w świetle stosowanych technik badawczych. Pomimo, że dysertacja autorstwa Pani mgr Katarzyny Winiarczyk nie zawiera precyzyjnego wskazania zadań badawczych, to szereg wniosków o znaczeniu zarówno fundamentalnym jak i aplikacyjnym dowodzi, że założone cele pracy, wynikające z wnikliwego studium literatury, zostały osiągnięte.

Oceniając pozytywnie rozprawę doktorską pozwolę sobie na kilka uwag krytycznych, które należy rozumieć nie, jako zarzuty do pracy, ale wskazanie kierunków dla dalszego udoskonalania warsztatu pisarskiego i edytorskiego.

Strona redakcyjna pracy ma kilka mankamentów różnej wagi. Występują w niej np. błędy literowe lub wieloliterowe, które nie przeszkadzają w poznaniu treści pracy. W rozdziałach dysertacji, w których prezentowane są wyniki własne uzyskane na podstawie prac eksperymentalnych cechuje Doktorantkę szczególna i nadmierna oszczędność w dyskusji wyników zwłaszcza w kontekście ich konfrontacji z rezultatami uzyskiwanymi przez innych Autorów.

Pragnę podkreślić, że pomimo powyżej wskazanych krytycznych uwag, przedłożona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa Pani mgr Katarzyny Winiarczyk zawiera bardzo wartościowe i oryginalne wyniki. Autorka recenzowanej dysertacji, wykazała znajomość danych opublikowanych w aktualnej literaturze przedmiotu. Autorka dysertacji zaprezentowała kompleksowe podejście do charakterystyki materiałów predystynowanych między innymi do zastosowań biologicznych. Zaprojektowany w pracy eksperyment na wyselekcjonowanych próbkach, charakteryzujących się pożądanymi właściwościami, dostarczył wielu interesujących i obiecujących wyników o właściwościach istotnych dla zastosowań biologicznych.

W mojej opinii, wyniki zaprezentowane w pracy doktorskiej wnoszą istotny wkład w opracowanie nowatorskich rozwiązań dla nanomedycyny i biotechnologii. Biorąc pod uwagę znaczenie pracy, sposób realizacji programu badawczego, formę opracowania i przedstawienia wyników wykonanych badań, jak również zaprezentowane wnioski, mogę z przekonaniem stwierdzić, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zapisane w treści Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku.

WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie analizy treści przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Oddziaływania nadsztywne w modyfikowanych powierzchniowo nanocząstkach magnetytu” autorstwa mgr Katarzyny Winiarczyk stwierdzam, że Doktorantka wykazała odpowiedni poziom wiedzy w zakresie problematyki badawczej objętej niniejszą dysertacją, dowiodła, że posiada umiejętność samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz organizacji i prowadzenia procesu badawczego w celu efektywnego rozwiązania postawionych problemów. Przedstawiona w pracy wnikliwa analiza wyników i prezentacja końcowych rezultatów badań dowodzi dojrzałości naukowej Autorki dysertacji.

Dyskusja uzyskanych wyników oraz wnioski końcowe sformułowane w rozprawie doktorskiej przekonują, iż Doktorantka zrealizowała założone cele zarówno w aspekcie naukowym jak i aplikacyjnym.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr Katarzyny Winiarczyk spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Fizyki, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie – Skłodowskiej w Lublinie o dopuszczenie Pani mgr Katarzyny Winiarczyk do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie wnioskuję o przyznanie wyróżnienia przedłożonej do oceny rozprawie doktorskiej.

Tematyka badawcza doktoratu stanowi unikalny zestaw badań, dający szerokie możliwości aplikacyjne. Doktorantka w ramach pracy uzyskała szereg wyników badań, które dotychczas nie były przedmiotem prac w tym obszarze.

Ponadto, na wyróżnienie zasługuje bardzo dobrze zaplanowany i zorganizowany cykl badań i ich triangulacja, która dostarcza szerokiego spektrum danych. Potwierdzenie dobrego warsztatu badawczego zaprezentowanego w pracy doktorskiej stanowią publikacje z tematyki objętej pracą doktorską, w których Doktorantka jest współautorem oraz prezentacje na konferencjach tematycznych o zasięgu krajowym i międzynarodowym.

Stwierdzam, zatem, że zarówno tematyka, jaki całokształt prac badawczych, wykonanych i przejrzyście przedstawionych przez Doktorantkę, zasługuje na wyróżnienie.

Aneta Hanc-Kuczkowska

Dr hab. Aneta Hanc-Kuczkowska, Prof. UŚ