



Recenzja rozprawy doktorskiej

pt. „Structure, magnetic and relaxational properties of surface modified maghemite nanoparticles” autorstwa Pana mgr. inż. Tomasza Strączka.

Rozprawa doktorska pt. „Structure, magnetic and relaxational properties of surface modified maghemite nanoparticles” wykonana została przez Pana mgr. inż. Tomasza Strączka na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, pod kierunkiem prof. dr. hab. Czesława Kapusty jako promotora oraz dr. hab. inż. Damiana Rybickiego jako promotora pomocniczego.

Nanocząstki to obiekty, których co najmniej jeden wymiar nie przekracza długości 100 nm. Badania prowadzone przez wielu naukowców w XX wieku skupiały się głównie na mikroświecie natomiast XXI wiek dzięki rozwojowi różnych technik analitycznych wprowadził nas do nanoświata. Choc należy pamiętać, że poznanie tego świata zapowiedział już w 1905 roku Albert Einstein, który oszacował wielkość cząsteczki cukru na poziomie 1 nm. Po nim, w 1931 roku Max Knoll i Ernst Rusek zbudowali mikroskop elektronowy, który pozwolił zobaczyć struktury nanocząsteczkowe. Aż wreszcie w 1959 roku Richard Feynman wygłasza wykład pt. „There's Plenty of Room at the Bottom”, w którym wprowadza nas do tego świata. Okazuje się, że nanocząstki można znaleźć w różnych materiałach pochodzących z czasów starożytnych wiele lat p.n.e. Nanocząstki wchodziły w skład obiektów makroskopowych i dzięki nim zmieniały się ich własności fizyczne. XXI wiek przynosi bardzo szerokie zainteresowanie nanocząstkami nie tylko naukowców reprezentujących nauki podstawowe ale również szeroką gamę inżynierów materiałoznawców jak też medyków.

Walka z chorobami nowotworowymi stanowi ogromne wyzwanie dla świata nauki. Mimo ogromnego postępu jaki nastąpił w ostatnich latach etiologia chorób nowotworowych wciąż nie jest dostatecznie dobrze poznana.



A diagnostyka na wczesnym etapie ich rozwoju może zminimalizować ich skutki a nawet doprowadzić do całkowitego wyleczenia pacjenta dzięki zastosowaniu odpowiednich terapii i całego procesu leczenia. Obecnie prowadzone są badania nad różnymi lekami mającymi za zadanie zahamowanie procesów nowotworzenia i docelowo zniszczenia komórek nowotworu. W celu ograniczenia zniszczenia komórek prawidłowych naukowcy prowadzą badania nad opracowaniem terapii celowanych jak również nad metodami dostarczania leków do komórek nowotworowych. Okazuje się, że do tego zadania można wykorzystać nanocząstki. Stąd, tak duże zainteresowanie badaniami własności fizycznych i biologicznych tychże.

Pan mgr inż. Tomasz Strączek zdecydował się podjąć badań mających na celu określenie właściwości fizyczne i chemiczne nanocząstek tlenków żelaza, ich dynamiki i wpływu otoczki na ich właściwości. Zastosowanie otoczek ma na celu uniemożliwienie nanocząstkom agregacji, co pozwala na wykorzystanie pojedynczych nanocząstek.

Rozprawa pana Strączka została przedstawiona w formie monografii, która jest opisana w języku angielskim na 138 stronach maszynopisu i składa się ze *Streszczenia* w języku polskim i angielskim, listy użytych skrótów, 10 rozdziałów: tj. *Introduction, Nanoparticle materials and their applications, Materials studied and characterization methods, Structure and particle size study, Study of basic magnetic properties, Magnetic dynamics, Mössbauer spectroscopy studies, Conclusions, References*, oraz *Appendix*. Ponadto, rozprawa zawiera wykaz rysunków, tabel oraz *Wykaz 14 publikacji autora* kończy recenzowaną rozprawę.

Pierwszy rozdział rozprawy – *Introduction* – wprowadza czytelnika do tematyki zagadnienia superparamagnetycznych nanocząstek, ich wykorzystania opisu metod stosowanych do badania ich struktury, własności oraz wpływu stosowanych otoczek na te własności. Autor przedstawił istotę prac formułując cele oraz opisał zawartość poszczególnych rozdziałów. Niestety, w rozprawie nie określono jednoznacznej tezy. Mam jednak nadzieję, że **podczas obrony doktorant przedstawi tezę, skoro ma jej bronić.**

Drugi rozdział – *Nanoparticle materials and their applications* – opisuje aktualny stan wiedzy o materiałach nanocząsteczkowych, metody ich syntezy oraz aktualne i potencjalne ich zastosowania. Autor opisuje różne typy



nanocząstek jak np. nanocząstki typu rdzeń-otoczka czy nanocząstki magnetyczne, podkreślając biomedyczne zastosowania tychże.

Trzeci rozdział – *Materials studied and characterization methods* – zawiera opis badanych próbek i metod wykorzystanych do ich charakteryzacji jak również podana jest wykorzystana aparatura.

Strona | 3

Kolejne cztery rozdziały, czwarty, piąty, szósty i siódmy stanowią główną część rozprawy i przedstawiają wyniki badań jakie autor przeprowadził na użytek tej rozprawy. Każdy z tych rozdziałów rozpoczyna się od podstaw teoretycznych poruszanych zagadnień w danym rozdziale, zawiera opis procedury eksperymentalnej, wyniki wraz z ich omówieniem i krótkie podsumowanie. Należy podkreślić, że tak przemyślana struktura rozprawy jest bardzo użyteczna dla czytelnika i stanowi o bardzo dobrej organizacji pracy jak i przemyśleniach w zakresie prezentacji wyników. Rozdział – *Structure and particle size study* – przedstawia wyniki badań w zakresie wielkości, kształtu i struktury krystalicznej badanych próbek. Kolejny rozdział – *Study of basic magnetic properties* – dotyczy wyników magnetometrii drgającej próbki oraz opisu podstaw teorii magnetyzmu. Natomiast rozdział – *Magnetic dynamics* – przedstawia wyniki badań z zakresu zachowania nanocząstek w warunkach fluktuacji magnetycznych, zależności podatności magnetycznej od temperatury i wyniki badań susceptometrii magnetycznej prądem przemiennym pozwalającej na określenie podatności zespolonej i zależności jej składowych (dyspersji i absorpcji) od temperatury i częstotliwości. Ostatni rozdział z tej czwórki – *Mössbauer spectroscopy studies* – zawiera wyniki badań związanych ze strukturą badanych nanocząstek oraz ich dynamiką magnetyczną.

Rozdział ósmy – *Conclusions* – jest kwintesencją dyskusji i podsumowań znajdujących się w każdym z wcześniejszych rozdziałach. Autor sformułował 9 wniosków, które korelują z postawionym celem rozprawy zwracając uwagę czytelnika na charakterystyczne parametry badanych nanocząstek i możliwości ich wykorzystania m. in. w zagadnieniach medycznych.

Rozdział dziewiąty – *References* – zawiera zestawienie 114 pozycji literaturowych, wśród których znaleźć można te, w których autor rozprawy jest współautorem. Uzupełnieniem rozprawy jest – *Appendix* – w którym autor zamieścił wyniki z poszczególnych pomiarów. Taka konstrukcja rozprawy zasługuje na uwagę i wydaje się być dobrą praktyką, albowiem właściwa treść



rozprawy nie jest obciążona nadmierną liczbą wykresów, które w ogólnym zamyśle nie wniosły by nic nowego. Natomiast umieszczenie ich w *Dodatku* pozwala czytelnikowi na dokonanie własnych analiz dając możliwość sprawdzenia jakiego typu wyników można się spodziewać gdyby wykonywać podobne badania.

Specjalistyczna analiza widm, które w wielu przypadkach są bardzo podobne do siebie i różnią się tylko w niewielkim zakresie została wykonana ze szczególną starannością na co warto zwrócić uwagę.

Należy podkreślić, że podjęcie się przez pana mgr. inż. Tomasza Strączka badań z zakresu charakterystyki własności modyfikowanych powierzchniowo nanocząstek tlenków żelaza dostarcza nowej wiedzy, która niewątpliwie może przyczynić się do walki z chorobami cywilizacyjnymi XXI wieku w tym nowotworowych. Niech mi wolno będzie też zwrócić uwagę na element nowości jaki pojawia się w badaniach pana mgr. inż. Tomasza Strączka. Należy do niego kompleksowe zbadanie dynamiki magnetycznej i rozdzielenie wkładów do relaksacji typu Browna i Neela dla różnych rodzajów nanocząstek magnetycznych w otoczkach polimerowych i ich zawiesin wodnych oraz określenie na tej podstawie ich przydatności dla teranostyki w zakresie diagnostyki (środki kontrastowe dla MRI) i terapii (absorpcja energii zmiennego pola elektromagnetycznego - hipertermia).

Chciałbym również podkreślić, że rozprawa napisana jest dość poprawnym językiem angielskim i z przyjemnością czytelnik oddaje się jej lekturze. Jak już wcześniej wspominałem, przemyślana konstrukcja zachęca do tej lektury. Niestety, jako recenzent, muszę też zwrócić również uwagę na pewne niedociągnięcia w tym drobne błędy edytorskie, które jednakże nie umniejszają wartości naukowej rozprawy. Do istotniejszych zaliczył bym:

1. Str 24. Zapewne chodzi o 5 molowy roztwór wody amoniakalnej co powinno być zapisanej jako 5M $\text{NH}_3(\text{aq})$.
2. W rozdziale III (str. 25-26) opisane są metody i miejsce wykonania pomiarów. W przypadku spektroskopii moesbauerowskiej pomiar wykonano na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej



- UJ. Prosiłbym o wyjaśnienie wkładu doktoranta w te badania. Takiej informacji brak mi w rozprawie.
3. Str. 28/29. Brak opisu zmiennej „n” we wzorze IV-I.
 4. Str. 30. Brak opisu kąta θ .
 5. Str. 32. Rys. IV-IV określenie „Longer”, „Smaller” (dłuższe, mniejsze) należałoby podać w stosunku do czego. Jako takie są slangiem czego w rozprawach naukowych należy unikać.
 6. Str. 35. Tab. IV-1. Brak podanych niepewności pomiarowych.
 7. Str. 37. Rys. IV-VI jest dość zły jakości i podaje w wątpliwość prawidłowego określenia wielkości nanocząstek, co przy braku podania niepewności pomiarowych utrudnia analizę danych.
 8. Str. 38. Proszę podać kryterium doboru szerokości przedziałów dla prezentowanych na rys. IV-VII rozkładów promieni cząstek. Na tych rozkładach nie podano opisu osi rzędnych.
 9. Str. 40. Tab. IV-III. Brak niepewności pomiarowej (odchylenia standardowego) dla średnich promieni hydrodynamicznych. Brak konsekwencji oznaczenia numeru tabel.
 10. Str. 42. Tab. V-1 (czy V-I ?) Moment magnetyczny, zgodnie z wcześniejszą definicją powinien być oznaczony przez M a nie przez m .
 11. Str. 48. Proszę o wyjaśnienie czy autor rozprawy jest też autorem Rys. V-I.
 12. Str. 55. Proszę o podanie kryterium wyboru temperatury 3 K lub 4 K. Trochę niepokojące jest stwierdzenie „*Magnetic hysteresis loops were made starting from ...although some of them were of unsatisfying quality and are not included in here*”. Czy znaczy to, że do rozprawy wybrano jedynie “ładne” (cokolwiek to znaczy) wyniki pasujące do przewidywań autora rozprawy? Proszę też o wyjaśnienie stwierdzenia; „*As the equipment requires vacuum ... it was necessary to seal the sample container using its thermoplastic properties*”.
 13. Str. 57. Proszę o ustosunkowanie się do ostatniego zdania przedostatniego akapitu. „*Unfortunately, the value...*”.
 14. Str. 61. Tab. V-2. Brak niepewności pomiarowych.



15.Str. 63. Proszę o wyjaśnienie czy nie warto by wykonać odpowiednich pomiarów aby określić czy próbka PEG IONP staje się superparamagnetyczną w wyższych niż mierzono, temperaturach?

16.Str. 90 i dalej. Trochę jakby brak konsekwencji stosowanych jednostek. Do tej pory autor stosuje jednostki układu CGS (10e) a tu posługuje się jednostkami układu SI (1T). Brak również konsekwencji konstrukcji tabel.

Strona | 6

Podsumowując, stwierdzam, że założone przez doktoranta cele zostały osiągnięte i można mówić, iż ta praca stanowi istotny przyczynek do rozwoju nauk w Dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w Dyscyplinie nauk fizycznych.

Biorąc pod ogólną staranność przeprowadzonych badań i rozprawy, opracowanie wyników wraz z ich interpretacją stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mimo drobnych uwag, **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** jakie są określone w *art. 13ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789) oraz art. 179 ustawy z dnia 13 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 30 sierpnia 2018 r. poz 1669) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauk Fizycznych Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie pana mgr. inż. Tomasza Strączka do dalszych etapów przewody doktorskiego.*

Prof. dr hab. Wojciech M. Kwiatek