



dr hab. inż. Łukasz Kłapiszewski, prof. PP

WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ  
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel.: +48 61 665 37 48  
e-mail: lukasz.klapiszewski@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 13.02.2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**mgr Klaudii ŻEBROWSKIEJ**

zatytułowanej

**„Multifunctional nanocarriers based on polydopamine for biomedical applications”**

**Podstawa:** *Uchwała Rady Naukowej Dyscyplin Nauki Fizyczne i Astronomia Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 16 grudnia 2022 r. o powołaniu recenzentów oraz stosowne pismo nr BOW/003/01/2022/KP Pana Dziekana Wydziału Fizyki prof. UAM dra hab. Romana Gołębińskiego z dnia 3 stycznia 2023 r.*

**Podstawa prawna:** *zgodność z elementami uwzględnionymi w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.).*

**Cel i zakres pracy**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Klaudii Żebrowskiej została zrealizowana w Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Pracę wykonano pod kierunkiem Pana prof. UAM dra hab. Emersona Coy’a, specjalisty w zakresie nanoelektroniki, spintroniki, nowoczesnych materiałów energetycznych/katalitycznych, multiferroików oraz szeroko rozumianej nanocharakterystyki/nanoidentyfikacji. Rolę promotora pomocniczego powierzono Panu dr. inż. Bartoszowi F. Grześkowiakowi, który rozwija tematykę związaną z aspektami biologicznymi oraz szeroko rozumianą charakterystyką nano(bio)materiałów. Gratuluję Doktorantce, że mogła współpracować z gronem tak młodych, prężnie rozwijających się naukowców.

Dodam, że pracę doktorską współfinansowano z projektu „Środowiskowe interdyscyplinarne studia doktoranckie w zakresie nanotechnologii” nr POWR.03.02.00-00-I032/16 w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego – Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój, Oś priorytetowa III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.2 Studia doktoranckie. Ponadto,



przeprowadzona w ramach pracy doktorskiej analiza biologiczna była współfinansowana z projektu „*Minigranty doktoranckie*” nr 017/02/SNŚ/0019.

Założeniem badań, przeprowadzonych przez Doktorantkę, było opracowanie i scharakteryzowanie nowego typu nanocząstek z udziałem polidopaminy (PDA), jako potencjalnego, „inteligentnego” nośnika leków przeznaczonego do terapii łączonej, zarówno chemioterapii (z ang. *chemotherapy*, CTT), terapii genowej (z ang. *gene therapy*, GT) i terapii fototermicznej (z ang. *photothermal therapy*, PTT). W tym celu wykorzystano różne zalety polidopaminy, takie jak: łatwość funkcjonalizacji, właściwości chelatujące, wysoka adhezja do materiałów hydrofobowych czy właściwości fototermiczne. Autorka dodatkowo wyszczególniła następujące cele szczegółowe pracy doktorskiej: (i) synteza nanocząstek polidopaminy o zdefiniowanej wielkości i określonych właściwościach fizykochemicznych; (ii) badanie wzrostu struktur żelaza na nanocząstkach polidopaminy wraz z określeniem ich właściwości fizykochemicznych; (iii) opracowanie nanocząstek kurkuminy (CUR) typu rdzeń-powłoka pokrytych polidopaminą oraz określenie ich właściwości fizykochemicznych; (iv) ocena skuteczności chemioterapii/terapii genowej/terapii fototermicznej dla modyfikowanych nanocząstek polidopaminy na komórkach glejaka wielopostaciowego; (v) ocena cytotoksyczności nanocząstek polidopaminy pokrytych żelazem na komórki raka drobnokomórkowego wątroby; (vi) ocena skuteczności chemioterapii/ terapii fototermicznej z wykorzystaniem nanocząstek kurkuminy/polidopaminy na komórki glejaka wielopostaciowego i raka wątrobowokomórkowego.

Tematyka rozprawy doktorskiej zaproponowana przez mgr Klaudię Żebrowską jest niezwykle istotna z naukowego punktu widzenia oraz bardzo ambitnie łączy w sobie takie zagadnienia, jak: nanomedycyna, ochrona zdrowia człowieka czy nowoczesne systemy dostarczania leków. Wszystkie zaproponowane badania są ściśle ze sobą powiązane i niezmiernie aktualne. O bardzo istotnym charakterze uprawianej przez Doktorantkę tematyki świadczy chociażby stale rosnąca zachorowalność na raka, co stanowi nieuchronny problem współczesnej medycyny. O znaczeniu wyżej nakreślonych kierunków badań świadczą dodatkowo dane statystyczne zaczerpnięte z bazy SCOPUS, z dnia 31.01.2023 roku. I tak dla poszczególnych obszarów tematycznych wynoszą one odpowiednio (jeśli chodzi o ilość odślon/rekordów): *multifunctional nanocarriers* – 45 696, *polydopamine* – 71 716 czy *biomedical applications* – 2 362 802 (!!!).

### **Ocena układu rozprawy**

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona na 144 stronach maszynopisu w języku angielskim. Pełen tytuł osiągnięcia naukowego zdefiniowanego przez mgr Klaudię Żebrowską brzmi: „*Multifunctional nanocarriers based on polydopamine for biomedical applications*”. Został on



sformułowany poprawnie i w pełni odnosi się do prezentowanych w rozprawie wyników badań i całego zawartego w niej materiału naukowego.

Rozprawę doktorską otwiera Spis treści (*Table of Content*), po którym Autorka zamieściła *Abstract* oraz *Streszczenie* (w języku polskim), a także Wykaz skrótów (*Abbreviation List*). Kolejno, Pani mgr Klaudia Żebrowska uwzględniła następujące rozdziały: Wprowadzenie (*Introduction*) – str. 16–37; Założenia i cele (*Objectives and Aims*) – str. 38; Materiały i metody (*Materials and Methods*) – str. 40–61 oraz Wyniki i dyskusję (*Results and Discussion*) – str. 62–123. Pracę domykają: Wnioski (*Conclusions*) – str. 124–125; Bibliografia (*Bibliography*) – str. 126–136 oraz Wykaz rysunków (*List of Figures*) – str. 138–143 i Wykaz tabel (*List of Tables*) – str. 144.

Przedstawione przez Panią mgr Klaudię Żebrowską elementy rozprawy są poprawnie ułożone i oznaczone, umożliwiając czytelnikowi właściwą orientację oraz zapoznanie się z materiałem badawczym w niej zawartym. Jediną uwagą (chciałbym podkreślić, że bardzo drobną), która nasuwa się oceniając układ pracy jest ta, dotycząca kolejności prezentowanych danych. Dziwi nieco uwzględnienie *Abstractu* i *Streszczenia* na samym początku pracy, uważam, że te rozdziały powinny zamykać, niejako spinać całą pracę, i być zamieszczone na końcu dysertacji.

### **Ocena merytoryczna rozprawy**

Widoczny w ostatnich latach zintensyfikowany postęp w zakresie nanomedycyny onkologicznej ma na celu poprawę jakości i skuteczności leczenia nowotworów. W tym celu coraz częściej wykorzystywane są nanocząstki, które w sposób kontrolowany mogą służyć jako systemy dostarczania i uwalniania środków terapeutycznych. Duża powierzchnia nanocząstek umożliwia nie tylko skuteczny załadunek leków, ale i możliwość przyłączania małych cząsteczek, takich jak ligandy czy przeciwciała, w celu ukierunkowania ich na komórki nowotworowe. Ponadto, ważną metodą, w aspekcie omawianej pracy, jest terapia fototermiczna, która nieustannie przyciąga uwagę szerokiego grona naukowców, głównie w powiązaniu ze zintensyfikowanym w ostatnich latach rozwojem nowoczesnych nanomateriałów do leczenia nowotworów. To głównie ten aspekt stanowi domenę recenzowanej pracy doktorskiej, w której Doktorantka otrzymała wielofunkcyjne nanonośniki oparte na polidopaminie (PDA). Pani mgr Klaudia Żebrowska podkreśliła w swojej pracy, że PDA jest biokompatybilnym substratem odpowiednim do dalszej funkcjonalizacji dendrymerami, jak również umożliwia załadunek doksorubicyny i przyłączanie RNA, co odbywa się dzięki obecności wielu różnorodnych grup funkcyjnych w jej strukturze. Zdolność polidopaminy do chelatowania jonów metali, Doktorantka wykorzystywała między innymi do uzyskania unikalnych struktur metalicznych bezpośrednio na powierzchni nanocząstek. W konsekwencji Autorka udowodniła, że dzięki silnym właściwościom adhezyjnym PDA może być stosowana do pokrywania leków hydrofobowych



i cząsteczek, takich jak kurkumina, które mogą wspierać działanie innych środków chemioterapeutycznych. W ramach pracy doktorskiej Doktorantka przeprowadziła także szczegółową analizę biologiczną pod względem oceny cytotoksyczności i efektywności terapii na komórkach nowotworu wątroby i mózgu. Tematyka i zakres zrealizowanej przez Panią mgr Klaudię Żebrowską rozprawy doktorskiej są więc bardzo aktualne i warte ciągłego rozwoju.

Dysertacja doktorska rozpoczyna się od dość skondensowanego, ale relatywnie merytorycznego wprowadzenia teoretycznego w zakres podjętej przez Doktorantkę tematyki badawczej. Autorka uwzględniła aktualny stan wiedzy dotyczący nanotechnologii, w tym przede wszystkim medycyny oraz nanocząstek stosowanych w medycynie. Dodatkowo, skupiła się na zebraniu najważniejszych informacji dotyczących polidopaminy oraz jej zastosowania w terapiach nowotworowych, w tym (i) chemioterapii, (ii) terapii genowej oraz (iii) terapii fototermicznej. Całość została oparta na 76 artykułach naukowych opublikowanych w uznanych czasopismach o cyrkulacji międzynarodowej, w większości z ostatnich 5 lat. Moje niewielkie wątpliwości budzi jedynie niekonsekwentny zapis poszczególnych pozycji literaturowych, co oczywiście stanowi drobne niedopatrzenie, ale uważam, że w przyszłości warto zwrócić na to większą uwagę. Dodatkowo, Autorka uwzględniła w analizowanej części pracy 8 interesujących rysunków.

Po tej części Doktorantka przedstawia właściwy cel i zakres rozprawy doktorskiej. Tak, jak wspomniałem wcześniej jest on właściwie uwypuklony i zgodny z tematem rozprawy. Chciałbym jednak w tym miejscu zachęcić Doktorantkę, aby przed postawieniem właściwych celów w jakiegokolwiek pracy naukowej, jaką będzie realizować w przyszłości, pomyślała najpierw nad hipotezą badawczą – myślę, że to ułatwia dalsze, merytoryczne precyzowanie celu badawczego i określanie zakresu działań w obrębie realizowanego tematu.

W kolejnej części pracy, w rozdziale *Materials and Methods (Materiały i metody)*, Pani mgr Klaudia Żebrowska zamieściła spis wykorzystanych w trakcie badań surowców i odczynników chemicznych, następnie wyjaśniła procedury otrzymywania materiałów nanostrukturalnych oraz metod ich modyfikacji. Ponadto, przedstawiła również opis metod badawczych czy technik pomiarowych zastosowanych do charakterystyki fizykochemicznej otrzymanych produktów oraz zwróciła uwagę na sposób prowadzenia badań biologicznych pod względem między innymi oceny cytotoksyczności i efektywności terapii na komórkach nowotworowych. Ilość różnorodnych metod badawczych wykorzystanych do scharakteryzowania wytworzonych materiałów jest godna pochwały, a i z pewnością wiedza, którą Doktorantka posiadała podczas ich stosowania będzie procentować w przyszłości.

Najważniejszą część każdej rozprawy doktorskiej stanowią wyniki oraz dyskusja połączona z „konfrontacją” własnych rezultatów z danymi dostępnymi w literaturze. W recenzowanej pracy



doktorskiej Pani mgr Klaudia Żebrowska przedstawiła trzy podejścia do opracowania wielofunkcyjnych platform opartych na nanocząstkach polidopaminy do leczenia raka, które zaprezentowała w ramach pięciu niezależnych rozdziałów. W pierwszym Autorka skoncentrowała się na zaprojektowaniu i wytworzeniu sferycznych nanocząstek polidopaminy o określonym rozmiarze. Dodatkowo, Doktorantka uwzględniła opis warunków wpływających na przebieg procesu syntezy, wydajność procesu oraz właściwości końcowe uzyskanych produktów. W kolejnym rozdziale otrzymane sferyczne nanocząstki polidopaminy wykorzystano do połączonych terapii genowej/chemioterapii i fototerapii. W trzeciej części mgr Klaudia Żebrowska wykorzystwała sferyczne nanocząstki polidopaminy jako bazę wzrostu struktur żelaza przeznaczonych do potencjalnego obrazowania i w terapii nowotworowej. W ramach tego rozdziału Doktorantka szczegółowo opisała warunki wymagane do uzyskania takich struktur oraz dokładnie je zidentyfikowała. Ponadto, uwypukliła wpływ żelaza na właściwości fototermiczne i magnetyczne nanocząstek polidopaminy. Ze względu na fakt, że żelazo może być stosowane jako środek kontrastowy poprzez relaksację  $T_1$ , otrzymane nanostruktury mogą znaleźć zastosowanie w bioobrazowaniu. Dodatkowo, ten typ nanocząstek może służyć jako potencjalny materiał terapeutyczny do leczenia raka. W tym celu na końcu rozdziału Autorka uwzględniła badania cytotoksyczności nanoplatform na komórki raka wątrobowokomórkowego. Należy podkreślić, że część z wyników zawartych w rozdziale trzecim części wynikowej Doktorantka opublikowano w ramach publikacji pt.: *Facile and Controllable Growth of  $\beta$ -FeOOH Nanostructures on Polydopamine Spheres* (*The Journal of Physical Chemistry B*, 2020, 124, 42, 9456–9463). W kolejnym, czwartym rozdziale, Pani mgr Klaudia Żebrowska zaadoptowała podejście wykorzystujące nierozpuszczalność kurkuminy w wodzie oraz doskonale właściwości adhezyjne polidopaminy. Kurkuminę zastosowała jako rdzeń nanocząstki, a polidopaminę jako powłokę. Wynikiem tychże badań było opracowanie nanocząstek typu *core-shell* podatnych na dostarczanie kurkuminy do komórki w połączeniu z doksorubicyną i terapią fototermiczną. Z kolei w ostatnim, piątym rozdziale, Autorka zaprezentowała funkcjonalizację powierzchni nanocząstek CUR@PDA o wielkości 90 nm za pomocą dendrymerów PAMAM i doksorubicyny. Nanocząstki CUR@PDA zostały zbadane pod kątem ich cytotoksyczności i skuteczności w leczeniu komórek nowotworowych.

Na podstawie wszystkich przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej badań Doktorantka uwypukliła następujące zależności i wysunęła wnioski:

- wielkość uzyskiwanych nanocząstek polidopaminy można łatwo kontrolować poprzez zastosowanie ściśle określonego stężenia NaOH w roztworze. Synteza przywołanych nanostruktur jest tania, szybka i wysoce powtarzalna;



- polidopamina stanowi efektywną matrycę do wzrostu struktury  $\beta$ -FeOOH w warunkach zasadowych oraz do funkcjonalizacji dendrymerami poliamidoaminowymi (PAMAM). Dodatkowo, polidopaminę można z powodzeniem zastosować do powlekania kurkuminy i tworzenia nanocząstek typu rdzeń-powłoka;
- zastosowanie dendrymerów PAMAM (DD) na nanocząstkach PDA i CUR@PDA charakteryzuje się wysoką wydajnością ładowania doksorubicyny (DOXO);
- nanocząstki PDA funkcjonalizowane dendrymerami PAMAM mogą skutecznie wiązać kwasy nukleinowe (dsRNA). Obecność DOXO na nanocząstkach PDA@DD dodatkowo poprawia przyłączanie dsRNA;
- największe skumulowane uwalnianie DOXO z PDA@DD i CUR@PDA@DD ma miejsce przy pH 4,5, co stanowi swego rodzaju odzwierciedlenie środowiska wewnątrz komórek nowotworowych. Uwalnianie DOXO jest dodatkowo przedłużone (spowolnione) w czasie, co może poprawić skuteczność leczenia;
- wszystkie zsyntetyzowane nanostruktury charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami fototermicznymi, co dowodzi, że są one wystarczające do terapii PTT. Obecność  $\beta$ -FeOOH na nanocząstkach PDA może dodatkowo poprawić właściwości PTT czystych nanostruktur polidopaminowych;
- nanostruktury PDA i CUR@PDA charakteryzują się wysoką stabilnością PTT w ciągu 5 cykli włączania/wyłączania naświetlania, co dowiodło, że mogą być wielokrotnie naświetlane;
- na podstawie obrazowania konfokalnego potwierdzono skuteczne dostarczanie DOXO przy użyciu PDA@DD i CUR@PDA@DD do komórek U118 i HepG2. Ponadto, w pobliżu jąder zaobserwowano akumulację DOXO;
- przy użyciu mikroskopii konfokalnej dowiedziono, że emisja fluorescencji z CUR nie jest widoczna w komórkach po inkubacji z CUR@PDA. Może to sugerować, że ilość CUR jest niewystarczająca do obserwacji emisji lub że PDA absorbuje emisję;
- otrzymane nanocząstki PDA i CUR@PDA nie wykazują znaczącego efektu cytotoksyczności w komórkach normalnych (MRC-5) i nowotworowych (HepG2 i U118) po inkubacji przez 48 godzin;
- działanie chemioterapeutyczne nanoplatform PDA@DD@DOX i CUR@PDA@DD@DOX potwierdza spadek żywotności komórek U118 i HepG2;
- efekt fototerapeutyczny dla PDA@DD i CUR@PDA@DD potwierdza spadek żywotności komórek U118 i HepG2, zwłaszcza przy najwyższym stężeniu nanocząstek;



- efekt terapii genowej dla nanocząstek PDA@DD potwierdza spadek ekspresji tenascyny C w komórkach U118;
- nanocząstki opracowanego układu PDA@ $\beta$ -FeOOH mogą być potencjalnym materiałem do leczenia raka i obrazowania. Ze względu na obecność jonów żelaza układ ten może być stosowany jako środek kontrastowy w MRI i powodować śmierć komórek nowotworowych zależną od ferroptozy. Jednak, jak słusznie wskazuje Doktorantka oba wyszczególnione podejścia wymagają dalszych, zaawansowanych badań;
- nośniki oparte na PDA są obiecującymi systemami dostarczania leków, które mogą być stosowane w połączonych terapiach przeciwnowotworowych.

Chciałbym jednoznacznie wskazać, że wszystkie wynikające ze szczegółowej analizy wyników zależności i wnioski wnoszą ważną i potrzebną wiedzę dla rozwoju nowoczesnej nanomedycyny onkologicznej.

Podsumowując część wyników i dyskusję przeprowadzoną przez Doktorantkę stwierdzam, że cele/koncepcje są właściwie opracowane, a zrealizowane przez Doktorantkę badania w pełni potwierdzają, że zostały one osiągnięte.

Dysertacja doktorska zawiera pewną ilość błędów edytorskich i stylistycznych (brak znaków interpunkcyjnych, literówki, podwójne spacje *etc.*), które nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów. Uważam ponadto, że dysertacja jest napisana językiem zrozumiałym dla szerokiego grona naukowców uprawiających zadaną tematykę badawczą. Na słowa pochwały zasługują dobrze skorelowane z treścią i estetycznie opracowane rysunki/grafiki.

W tym miejscu pozwolę sobie wskazać kilka kwestii dyskusyjnych czy problematycznych, a wynikają one z obowiązków recenzenta i dają pośrednio dowód na zapoznanie się z pracą:

- czy może Pani przedstawić w krótki sposób, najlepiej w formie tabelarycznej, porównanie swoich badań do tych dostępnych w literaturze, w obrębie uprawianej tematyki badawczej?
- czy podczas prowadzonych optymalizacji posługiwała się Pani metodą planowania eksperymentów (ang. *Design of Experiments*), która w sposób systematyczny i strukturalny pozwoliłaby na zrozumienie relacji przyczynowo-skutkowej w realizowanych procesach? Jeśli nie to zachęcam do tego w przyszłości – to przydatne narzędzie, dzięki któremu jesteśmy w stanie wygenerować dużą ilość informacji ze względnie niewielkiej liczby eksperymentów, a optymalizację reakcji, procesów czy innych parametrów będzie można wykonać w relatywnie krótszym czasie.



- jak Doktorantka ocenia możliwość rzeczywistego użycia wytworzonych układów w praktyce klinicznej? Uzyskane wyniki Pani badań są bardzo ciekawe i obiecujące, niemniej, droga do szerszego, praktycznego wykorzystania takich materiałów wydaje się raczej trudna?!
- na podstawie zrealizowanych przez Panią badań pojawiły się interesujące wnioski, których potwierdzenie, jak sama Pani stwierdziła, wymaga prowadzenia dalszych doświadczeń. W jakim kierunku, mając już sporą bazę informacji, należałoby rozwijać realizowaną przez Panią tematykę badawczą?

Wypunktowane powyżej pytania czy komentarze są symboliczne i nie umniejszają mojej pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy.

### **Ocena całego dorobku naukowego i zawodowego**

Na koniec, chciałbym pokrótce podsumować dotychczasową aktywność naukową Pani mgr Klaudii Żebrowskiej. Niestety, Doktorantka nie umieściła stosownej listy swoich osiągnięć w ramach przedłożonej dysertacji, jednak z wiedzy, którą udało mi się zdobyć, chciałbym na niektóre aspekty zwrócić uwagę. Ponadto, chciałbym poprosić, aby podczas publicznej obrony Doktorantka pokazała całokształt swoich osiągnięć naukowych.

Dorobek naukowy wyrażony jest w postaci trzech artykułów, które opublikowane zostały w następujących czasopismach: *The Journal of Physical Chemistry B* (IF 2021 = 3,466), *International Journal of Nanomedicine* (IF 2021 = 6,862) oraz *Science and Technology of Advanced Materials* (IF 2021 = 7,662). Doktorantka jest także współtwórczynią patentu „*Modyfikowane dendrymerami PAMAM nanocząstki polidopaminy sposób ich wytwarzania i ich zastosowanie w terapii przeciwnowotworowej zwłaszcza terapii raka wątroby*” (data publikacji WUP: 18.07.2022 r.). Z posiadanej przeze mnie wiedzy Pani mgr Klaudia Żebrowska uczestniczyła także dość licznie w różnych konferencjach międzynarodowych oraz krajowych wygłaszając komunikaty ustne oraz prezentując postery. Była także wykonawcą w różnych projektach naukowych, w tym m.in.: OPUS – finansowanie NCN (DEC-2018/31/B/ST8/02460 nt. „*Novel nanomaterials for triple-punch therapy of liver cancer*”) czy LIDER – finansowanie NCBiR (LIDER/11/0055/L-7/NCBR/2016 nt. „*Synthesis and properties of new multimodal, hybrid dendrimers-magnetic nanoparticles materials and their evaluation in combined anticancer therapy*”).

Całokształt dorobku naukowego Doktorantki oceniam pozytywnie. Uważam jednak, że przy tak ciekawej i rozwijanej w ostatnich latach tematyce badawczej realizowanej przez Doktorantkę warto zintensyfikować działania mające na celu publikowanie swoich dokonań.



### **Wniosek końcowy**

Podsumowując, chciałbym zaznaczyć wkład Pani mgr Klaudii Żebrowskiej w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej, w szczególności w zakresie działań dotyczących projektowania wielofunkcyjnych nanośników z udziałem polidopaminy do zastosowań biomedycznych. Sposób zaplanowania eksperymentów, zrealizowania badań, jak i forma przedstawienia wyników świadczą o kompetencjach naukowo-badawczych Doktorantki i są dowodem Jej dobrego poziomu przygotowania do prowadzenia badań naukowych czy pracy w przemyśle.

**Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej Pani mgr Klaudii Żebrowskiej zatytułowanej „*Multifunctional nanocarriers based on polydopamine for biomedical applications*” stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymogi formalne i zwyczajowe w świetle istniejącego prawa.**

**Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscyplin Nauki Fizyczne i Astronomia Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

*Julian Kypiecowski*