

Dr hab. Sławomir Jakiela  
Katedra Fizyki  
Zakład Biofizyki  
Wydział Technologii Drewna  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159  
02-767 Warszawa

Warszawa 08. 05. 2019 r.

Recenzja pracy doktorskiej Pana mgra Łukasza Richtera pt. "Application of the electric and magnetic fields in sensors and biosensors,, wykonanej w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie

Promotor: Prof. dr hab. Robert Hołyst  
Promotor pomocniczy: Dr Jan Paczesny

Przedstawiona do recenzji praca doktorska składa się z 6 rozdziałów, spisu treści, abstraktu, streszczenia i listy skrótów - liczy 127 stron. Napisana została w języku angielskim i ubogacona licznymi kolorowymi wykresami, schematami i ilustracjami, a także tabelami. Styl pracy jest bardzo dobry, nieliczne są literówki, czy błędy gramatyczne. Edytorsko praca wygląda bardzo profesjonalnie.

Tematyka rozdziałów przedstawionych w pracy dotyczy wykorzystania zmiennego pola elektrycznego do opisu trzech różnych zjawisk oraz pola magnetycznego do opisu jednego zjawiska. Opisane badania wpisują się w cykl projektów prowadzonych w laboratorium Prof. dr hab. Roberta Hołysta. Praca ta odbiega układem od klasycznego doktoratu, gdzie autor stawia tezę/hipotezę, a następnie ją uzasadnia. Jednakże, każde opisane zjawisko stanowi w prezentowanej rozprawie doktorskiej odrębną całość, z opisaną tezą, wstępem, rozwiązaniem zagadnienia, użytymi materiałami i metodami oraz bogatą literaturą. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że opisane zjawiska stały się podstawą dwóch zgłoszonych patentów oraz czterech publikacji w czasopismach z listy filadelfijskiej, w których to mgr Łukasz Richter ma główny wkład w ich powstanie.

## **Ad: Rozdział pierwszy**

Pierwszy rozdział stanowi wprowadzenie do przedstawionych w dalszej części badań. Opisane zostały: ogólne informacje dotyczące klasycznej teorii elektrycznych dwuwarstw, zjawiska elektrokinetyczne, zastosowanie zmiennego pola elektrycznego do biologicznej detekcji, oraz nakładanie monowarstw metodą elektroforetyczną. W rozdziale tym Doktorant definiuje wszystkie swoje cele i tezy, które są opisywane na kolejnych stronach niniejszej rozprawy.

Błędne w tym rozdziale (paragraf 1.1) jest zakwalifikowanie osmozy odwrotnej do zjawisk elektrokinetycznych. Nie jest również poprawne, z punktu widzenia Fizyka, wprowadzanie opisu impulsów prądu stałego, czy pisanie o stałym napięciu odniesienia przy omawianiu niesymetrycznych sygnałów zmiennych – rysunek 1.4 – zwłaszcza bez podawania skali czasowej.

## **Ad: Rozdział drugi**

Drugi rozdział dotyczy badań podstawowych nad efektem związanym z przyłożeniem zmiennego napięcia do izolowanych elektrod umieszczonych w roztworze elektrolitu o tej samej/bądź różnej ruchliwości jonów. Badane zjawisko dotyczy odpychania się okładek tak wytworzonego kondensatora, pomimo różnoimiennego rozkładu ładunków. Przedstawione wyniki, jak i uzyskany efekt są niezmiernie interesujące, jednak nie zostały w pełni wyjaśnione przez Doktoranta, a przedstawione uzasadnienie jest niewystarczające i mało przekonujące.

Brakuje dokładnego opisu geometrii układu: w tym wymiarów komory, w której znajdował się elektrolit, długości ramion pomiarowych, geometrii cylindrów, itp. Nie ma informacji jak stabilizowana była temperatura, czy była mierzona temperatura elektrolitu w pobliżu oddziaływujących cylindrów podczas eksperymentu, który jest dość długi. Brakuje przeliczenia (oszacowania): i) pojemności oddziaływujących okładek, ii) impedancji tak wytworzonego układu (przy założeniu np., że opór pomiędzy okładkami jest nieskończenie duży i brak upływu), iii) prądów pojemnościowych, które w takim układzie muszą płynąć – zmieniany jest potencjał na elektrodach, trzeba odprowadzić i następnie doprowadzić bardzo szybko konkretny ładunek na każdą z okładek. Nie są podane informacje praktyczne związane z układem zasilającym. Ważne jest czy dany układ zasilania był w stanie odpowiedzieć poprawnie przy przyłożonym napięciu wymuszającym o dużej częstotliwości (do 0.5 MHz).

Przy wysokich częstotliwościach i pojemnościach rzędu nF pojawiają się prądy o wartości dziesiątek - setek miliamperów. Doktorant nie napisał jak przeliczane było efektywne pole elektryczne i pominął analizę przyciągania się okładek w początkowej fazie eksperymentu oraz przy eksperymentach z wodą.

### **Ad: Rozdział trzeci**

Kolejny rozdział opisuje wykorzystanie zmiennego pola elektrycznego do osadzania różnych analitów na podłożach metalicznych pod kątem wykorzystania tak przygotowanej próbki do badań ramanowskich. Autor pokazał, że wystarczy odpowiednio dobrać częstotliwość przyłożonego napięcia, jak i jego wielkość, by uzyskać znakomicie lepsze, a co najważniejsze powtarzalne, wyniki przy badaniach typu SERS. Przedstawione wykresy jednoznacznie pokazują, że już 5 minutowe nanoszenie różnych molekuł daje porównywalne lub znacznie lepsze wyniki w porównaniu do standardowej metody wykonywania takich podłoży. Dodatkowo na uwagę zasługuje wynik pokazujący zależność częstotliwości przyłożonego napięcia od ruchliwości elektroforetycznej osadzanego związku – umożliwia to szybkie dobranie odpowiednich wartości pola elektrycznego do osadzanej molekuly.

### **Ad: Rozdział czwarty**

Rozdział czwarty zawiera opis detekcji bakterii na podłożu w oparciu o bakteriofagi. Pan mgr Łukasz Richter zauważył, że odpowiednie zorientowanie fagów do podłoża ma kluczowe znaczenie w detekcji bakterii. Użycie do nanoszenia materiału biologicznego zmiennego napięcie elektrycznego o impulsie trapezowym jest istotnym wkładem w rozwój technologii i nauki. Doktorant pokazał również, że odpowiednia chemiczna modyfikacja powierzchni, na której osadzano fagi również ma wpływ na wzrost czułości. Uzyskany limit detekcyjny 100jtk/ml jest wynikiem bardzo dobrym.

Recenzentowi wydaje się błędne wykorzystanie do badań wzmacniacza TREK 2210, który efektywnie pracuje dla częstotliwości 40-50 kHz przy prądzie 40mA – stąd też prawdopodobnie brak zależności na wykresie 4.12 powyżej 10 kHz, jak i wykresie 4.13 dla wyższych napięć (wyższe napięcie – większe prądy pojemnościowe).

### **Ad: Rozdział piąty**

Kolejny rozdział opisuje usprawnienie metody detekcji bakterii. Autor stworzył biokoniugaty w oparciu o magnetycznych cząstki, które zostały pokryte fagami. Analizę tak stworzonej struktury wykonano przy wykorzystaniu cytometrii przepływowej. Doktorant zaproponował protokół do opłaszczania magnetycznych cząstek bakteriofagami oraz go zoptymalizował. Uzyskane wyniki są zadowalające i pokazują prawidłowe oraz selektywne działania zaproponowanego podejścia.

### **Ad: Rozdział szósty**

Ostatni rozdział w sposób spójny podsumowuje uzyskane wyniki, a także krótko opisuje dalsze możliwości i kierunki badań omawianych zagadnień.

### **Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną rozprawy doktorskiej Pana mgra Łukasza Richtera, stwierdzam, że oceniana praca doktorska spełnia kryteria stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami). Na podkreślenie zasługuje bardzo dobre opanowanie i wykorzystanie przez Doktoranta szerokiego zakresu nowoczesnych metod badawczych z wykorzystaniem dostępnych baz danych, a także świetne opanowanie umiejętności opracowywania i prezentacji wyników oraz znajomość najnowszych prac i danych literatury światowej dotyczących problematyki podjętej w pracy doktorskiej. Obszar zainteresowań naukowych Pana mgra Łukasza Richtera jest bardzo szeroki i wchodzi w zakres wielu dziedzin.

W związku z przedstawioną wyżej pozytywną oceną całej pracy doktorskiej wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie **o dopuszczenie Pana mgra Łukasza Richtera do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**



Dr hab. Sławomir Jakiela