

Recenzja

rozprawy doktorskiej magistra Dariusza Augustowskiego pt.
„New methods of preparing third generation solar cells”

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab Jakuba Rysza oraz dr Pawła Kwaśnickiego i przedłożona Radzie Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego celem uzyskania stopnia doktora. Praca Pana Dariusza dotyczy opracowania nowych metod wytwarzania ogniwa fotowoltaicznego 3 generacji w celu wzrostu jego wydajności fotokonwersji.

Tematyka niniejszej pracy, czyli dążenie w kierunku opracowania łatwo skalowalnych metod oraz nowych materiałów, dzięki którym możliwa byłaby produkcja wysokosprawnych ogniw, jest podejmowany nie tylko przez prężnie działające ośrodki naukowe na świecie, ale też firmy zajmujące się komercjalizacją takich rozwiązań. Należy tu podkreślić, że ta problematyka jest bardzo złożona, tzn. wymaga wiedzy z zakresu wielu dziedzin, jak fizyka, chemia, inżynieria materiałowa, elektronika. Można z pełnym przekonaniem powiedzieć, że w tym przypadku prowadzone prace są interdyscyplinarne. W barwnikowym ogniwie fotowoltaicznym, urządzeniu, w którym proponowane zmiany zostaną zaimplementowane, ma miejsce bardzo wiele procesów. Są one ze sobą sprzężone i ostatecznie mają wpływ na parametry pracy kompletnego urządzenia.

Wiele aktualnie podejmowanych działań jest bardzo zbliżonych do tych, które realizował doktorant, bo o ile na poziomie laboratoryjnym prezentowane są wyniki badań urządzeń, dla nowych barwników, metod, które są wykorzystywane do nanoszenia warstw, preparatyki nanostruktur, które wpływają na efektywność pochłaniania światła, to problemy pojawiają się, gdy dany proces należy przenieść do skali technologicznej i metoda staje się mało wydajna, a cały proces koszt- i czasochłonny. Z tego powodu szczególnie cenne są prace nastawione nie tylko na opracowanie nowej metody czy materiału, ale sprawdzenie ich w warunkach rzeczywistych.

Praca została napisana w języku angielskim i liczy 101 stron ze spisem treści umieszczonym na końcu dysertacji. Na pracę składa się 9 rozdziałów, streszczenia w j. polskim i angielskim oraz spis literatury. Dodatkowo jest spis rysunków oraz spis skrótów, chociaż nie wszystkie skróty zostały tam umieszczone. Zgodnie z zamieszczoną informacją praca stanowi doktorat wdrożeniowy i jej realizacja była możliwa dzięki zaangażowaniu firmy ML System oraz wsparciu finansowym ze strony Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Praca została napisana w większości z użyciem strony biernej w języku angielskim i ponieważ nie było informacji, za które konkretnie badania był odpowiedzialny Pan Dariusz, tzn. które badania samodzielnie wykonał, a które tylko analizował, to pozwoliłam sobie poprosić o taką informację promotora Pana prof. Jakuba Rysza i te dane otrzymałam mailowo dnia 21.10.2022 r.

Na stronie oznaczonej jako III doktorant mógł przy wymienianiu każdej swojej pracy pokrótce opisać swój wkład w jej powstanie, jakie badania samodzielnie wykonał, a przy których uczestniczył w analizie wyników. Jednocześnie chciałabym zaznaczyć, że Pan Dariusz Augustowski jest współautorem 4 artykułów, przy czym w 3 jest pierwszym autorem, a praca wymieniona w kolejności jako 4 zgodnie z informacją w dysertacji i na stronie internetowej jest cały czas na etapie recenzji (praca udostępniona online 1 maja 2022).

Doktorant jest też współautorem patentu. Co prawda, w spisie podano nr zgłoszenia patentowego, czyli P.425043, a numer prawa wyłącznego to Pat. 241081. I tutaj wtedy daty są nieco inne, bo sama data zgłoszenia, do której przypisany jest numer zgłoszenia patentowego to 28.03.2018, a data udzielenia prawa do ochrony patentowej to 12.04.2022. Pan Dariusz uczestniczył też aktywnie w konferencjach naukowych i miał 2 wystąpienia ustne, 2 w formie posteru oraz jedno krótkie ustne wystąpienie.

Wprowadzeniem do pracy jest rozdział nazwany jako Wstęp (Introduction), w którym doktorant nakreśla problematykę związaną z niedoborem energii, używania surowców nieodnawialnych, których spalanie negatywnie wpływa na środowisko. Dlatego celem wielu prac, zarówno tych prowadzonych w zakresie nauk podstawowych, jak i tych nastawionych na wdrożenie jest wykorzystanie energii, która jest odnawialna, a podczas jej konwersji na energię elektryczną czy ciepło, produkty uboczne nie stanowią zagrożenia dla ludzi i środowiska naturalnego, lub jest ono zdecydowanie niższe w porównaniu do eksploatacji tradycyjnych źródeł energii. Ta świadomość obecnej sytuacji jest bardzo ważna, bo to ona mobilizuje do wielu działań nie tylko naukowców, ale przedsiębiorców. Jak słusznie Pan Dariusz zauważył, energia słoneczna jest łatwo dostępna praktycznie w każdym miejscu na Ziemi i biorąc pod uwagę jej zasoby i ilość, która do nas dociera, prowadzenie badań nakierowanych na jej efektywne wykorzystanie jest jak najbardziej uzasadnione.

Ogniwa trzeciej generacji są cały czas ulepszone i mimo, że ich wydajność jest niższa niż tych tradycyjnych krzemowych, to posiadają one inne zalety, jak wysoki stopień przezierności, możliwość wytworzenia na elastycznym podłożu, a odpowiednie dobieranie materiałów do ich konstrukcji może przyczynić się do redukcji ich ceny. Ogromny postęp w rozwoju tych ogniwi nie byłby możliwy bez takich działań, jak podjęte przez doktoranta i opisane w niniejszej pracy.

Wstęp teoretyczny jest poświęcony ogniwom barwnikowym, które Pan Dariusz konstruował i za pomocą których weryfikował wpływ opracowanych rozwiązań na wydajność całego urządzenia. Opisana jest zasada działania takiego ogniwa z wykorzystaniem schematu zamieszczonego na Figure 2.1. Jednak oprócz opisu poszczególnych warstw i białych i czarnych kropek oraz strzałek, ten wykres dość ubogo przedstawia ten proces. Nie wiadomo, co oznaczają te zmiany w szarości pionowych pasów, gdzie są jakie poziomy i co konkretnie oznacza np. pozioma kreska opisana jako I/I_3 . Z odpowiednimi oznaczeniami (m.in. HOMO, LUMO, zaznaczenie gdzie ma miejsce proces utlenienia/redukcji) ten schemat byłby o wiele bardziej pomocny przy opisie mechanizmu działania ogniwa barwnikowego.

W rozdziale 3 omówiona jest część eksperymentalna pracy, a mianowicie użyte materiały, wytwarzanie warstw z ditlenku tytanu, nakładanie nanocząstek platyny oraz uszczelnianie elektrody i wypełnianie ogniwa barwnikiem. W tej części pracy można się zapoznać z charakterystyką poszczególnych elementów ogniwa i sposobem ich łączenia w kompletne urządzenie, którym jest barwnikowe ogniwo fotowoltaiczne. Przyznaję jednak, że

brakuje mi tutaj wykorzystania metody desorpcji cząsteczek barwnika z warstwy z wykorzystaniem roztworu wodorotlenku sodu czy octanu sodu [R. Chen, C. Liao, Int J Photoenergy, 2014 DOI: 10.1155/2014/650945; Inomata et al. RSC Adv. 12 (2022) 19624, DOI: 10.1039/d2ra03230a] co by pozwoliło na wyznaczenie liczby molekuł barwnika przypadających na warstwę w zależności od sposobu jej modyfikacji.

W rozdziale 4 doktorant omówił wykorzystane techniki badawcze, jak profilometria mechaniczna i optyczna, mikroskopia sił atomowych, skaningowa mikroskopia elektronowa, spektroskopia UV-vis, spektrofluorymetria, FTIR, spektroskopia ramanowska, spektroskopia masowa jonów wtórnych, rejestrowanie charakterystyk prądowo-napięciowych ogniw fotowoltaicznych, pomiar sondą Kelvina, techniki elektrochemiczne, tj. woltamperometria cykliczna. Celowo wymieniam tutaj te techniki, chcąc podkreślić, że wymagało to od doktoranta opanowania sporej ilości nie tylko podstaw teoretycznych opisujących zasadę pomiaru, ale też umiejętności przeprowadzenia takiego pomiaru i analizy uzyskanych wyników. Tak szeroki wachlarz technik, którymi posługiwał się samodzielnie doktorant zasługuje na uznanie, bo opanował on nie tylko samodzielne wytwarzanie poszczególnych elementów i składanie ogniwa barwnikowego, ale dokładną charakterystykę tych elementów i całego urządzenia. W tej części opis poszczególnych technik jest wzbogacony o proste acz wystarczające schematy i sposób podania tych informacji pozwala stwierdzić, że doktorant usystematyzował sobie tę wiedzę.

Dalsze części pracy są poświęcone konkretnym wynikom badań dla zaproponowanych metod wytwarzania warstw i ich modyfikacji z użyciem plazmy ozonowej. 20 minutowy proces ozonowania powierzchni warstwy tlenkowej doprowadził do usunięcia znacznej ilości zanieczyszczeń organicznych pochodzących z pasty TiO_2 , co przyczyniło się do zaadsorbowania większej ilości molekuł barwnika. Jak wiadomo, zwiększenie pokrycia powierzchni półprzewodnika cząsteczkami barwnika będzie bezpośrednio wpływać na zwiększenie wydajności ogniwa, co zostało osiągnięte przez doktoranta.

Kolejny etap prac dotyczył zastosowania warstwy blokującej przepływ elektronów. Była ona utworzona z TiO_2 naniesionego poprzez rozpylanie magnetronowe. Biorąc pod uwagę doniesienia literaturowe doktorant wskazał, że zastosowanie takiej warstwy zredukuje procesy rekombinacji, które przyczyniają się do pogorszenia parametrów pracy ogniwa. Doktorant dokładnie opisał całą procedurę i dokonał analizy wyników, m.in. widm EDS, danych z profilometru optycznego i obrazów SEM i AFM. Zaproponowane rozwiązanie zostało zaimplementowane w skonstruowanych ogniwach, zarówno takich małych w skali laboratoryjnej, jak i większych o wymiarach $7 \times 80 \text{ mm}^2$ i zgodnie z wyznaczonymi parametrami pracy ogniwa zaobserwowano wzrost sprawności urządzenia.

Kolejna opracowana metoda dotyczyła skalowalnej techniki osadzania nanocząstek platyny (Rozdział 7). We wstępie Pan Dariusz odniósł się do ograniczeń obecnie stosowanych technik osadzania platyny, a następnie omówił podstawy teoretyczne tworzenia powłoki katalitycznej Pt. W tym miejscu należy podkreślić, że Pan Dariusz miał znaczny wkład w powstanie urządzenia przeznaczonego do elektroosadzania platyny na podłożu TCO. Podobnie jak w przypadku zastosowania warstwy blokującej z TiO_2 , opracowana metoda pozwoliła na otrzymanie ogniw DSSC, dla których parametry pracy były lepsze niż dla urządzenia, w którym warstwa Pt była wykonana z użyciem pasty platynowej. Jednakże, co budzi pewien niedosyt, zamieszczony schemat energetyczny ogniwa (Figure 7.13) jest pozbawiony oznaczeń poziomów energetycznych przez co raczej jest niewiele pomocny w wyjaśnieniu tej poprawy.

W rozdziale 8 Pan Dariusz zaproponował wykorzystanie nowego żelowego elektrolitu polimerowego wytworzonego przez zespół naukowców z Wojskowego Instytutu Techniki Inżynieryjnej z Wrocławia. Wykorzystanie elektrolitu w formie żelu jest sensowną odpowiedzią na problemy związane z wykorzystaniem ciekłych elektrolitów, które nie są tak odporne na zmiany temperatur i bardzo często ma miejsce ich wyciekanie z ogniwa. Ogniwa były testowane w firmie ML System i w tym rozdziale dokładnie omówiono całą preparatykę, m.in. nawet sposób wykonania otworów i wypełniania elektrolitem przestrzeni między elektrodami. Pan Dariusz wykonał pomiary charakterystyki prądowo-napięciowej dla różnych składów elektrolitu i wykazał, że taki elektrolit może być z powodzeniem zastosowany do komercyjnych urządzeń, a otrzymane ogniwo DSSC stało się istotnym elementem ładowarki słonecznej.

Pod koniec pracy, w rozdziale 9, doktorant opisał aspekt aplikacyjny prowadzonych prac i wskazał jak zaproponowane przez niego metody, ulepszenia już zostały wdrożone lub mogą jeszcze być dalej rozwijane i w ten sposób przyczynić się do powstawania bardziej wydajnych ogniw 3 generacji. W tym miejscu pracy można znaleźć esencję osiągnięć doktoranta, tj. opracowanie metod: a) ozonowania warstwy TiO_2 , b) wytwarzania warstwy TiO_2 na drodze rozpylania magnetronowego, która spełnia rolę powłoki blokującej przepływ elektronów, c) elektroosadzania warstwy nanocząstek platyny oraz d) we współpracy z Wojskowym Instytutem Techniki Inżynieryjnej z Wrocławia opracowanie nowego rodzaju elektrolitu żelowego i zastosowanie go do budowy prototypowego modułu.

W dysertacji poruszanych jest wiele wątków związanych bezpośrednio z różnymi elementami ogniwa barwnikowego i ich wytwarzaniem. Wymagało to od doktoranta opanowania nie tylko podstaw teoretycznych, poszerzenia wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, licznych technik, ale też nabycia umiejętności do obsługi różnej aparatury jak i przygotowania poszczególnych elementów ogniwa, jego złożenia i charakterystyki. Dodatkowo, na podkreślenie zasługuje fakt, że doktorant wykorzystał opracowane metody do stworzenia działającego urządzenia, które było prezentowane podczas XXX Międzynarodowego Salonu Przemysłu Obronnego MSPO.

Ponieważ sama w ramach realizacji zarówno doktoratu, jak i kolejnych projektów naukowych zajmowałam się wytwarzaniem materiałów, optymalizacją technik wytwarzania powłok, jestem świadoma jak wiele cierpliwości i dokładności wymagają te procesy od eksperymentatora, by otrzymane warstwy były odtwarzalne, a skonstruowane ogniwo działało. Dlatego też chciałabym podkreślić, że uzyskane wyniki badań nie byłyby możliwe gdyby nie ogromne zaangażowanie doktoranta w prowadzone prace.

Warto dodać, że badania zostały wykonane we współpracy z partnerem przemysłowym z Polski, co jeśli chodzi o ogniwa 3 generacji, jest bardzo unikalne w skali krajowej. Dodatkowo, prace były realizowane w ramach przyznanego wsparcia finansowego w formie projektów, m.in. Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej (NAWA) czy projektu TECHMATSTRATEG „*Efficient and light photo-rechargeable electric energy storage systems based on solar cell-lithium ion battery or solar cell-supercapacitor structures for special applications*”.

Mimo, mojego uznania dla wiedzy i wyników badań zebranych i opracowanych przez doktoranta, mam następujące uwagi merytoryczne i zapytania, które poniżej wymieniam:

- a) Brakuje odpowiednich oznaczeń na schemacie energetycznym ogniwa barwnikowego przedstawionego na Figure 2.1, m.in. oznaczenia HOMO/LUMO, praca wyjścia dla platyny – tym bardziej, że te nazwy pojawiają się w treści rozdziału. Na przykład na stronie 6, autor posługuje się symbolami oznaczającymi stan wzbudzony i podstawowy barwnika, a nie zostało to zaznaczone na schemacie, który jest w tym miejscu omawiany.
- b) Co do zmian w rezystancji ITO, która wg informacji w dysertacji rośnie z temperaturą i dlatego ITO nie nadaje się do DSSC (doktorant odnosi się do danych z publikacji Li et al.' 2014), chciałabym zaznaczyć, że ta zmiana zależy od warunków wytwarzania warstwy ITO. Obecnie wytwarza się już podłoża ITO, których parametry elektrycznie nie zależą tak silnie od temperatury i mogą mieć zastosowanie do ogniw. Dlatego tutaj raczej zalecałabym sprawdzenie tego w nowszej literaturze lub dla zakupionego podłoża ITO wygrzewanego w wyższych temperaturach. Praca, na którą powołuje się autor jest sprzed 8 lat i w technologii wytwarzania ITO też sporo się zmieniło.

Li et al., *High Temperature Conductive Stability of Indium Tin Oxide Films*, <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.00113>

- c) Na stronie 7 doktorant wskazuje, że barwnik N719 jest modyfikacją barwnika N3 i pisze, że w porównaniu do poprzednich barwników ten (tzn. N719) charakteryzuje się wyższą stabilnością. Jednak nie do końca jasne jest, jakie poprzednie barwniki autor ma tutaj na myśli.
- d) Autor przy opisywaniu nie podał dostawców czy czystości użytych odczynników, co jest ogólnie przyjętym zwyczajem. Czy zatem istnieje jakaś przeszkoda, by taka informacja nie była podawana podczas opisywania szczegółów metody?
- e) W przypadku podawania grubości warstwy TiO_2 należy podać również błąd pomiarowy, a nie samą szacunkową grubość. Na Figure 3.4 umieszczono również wykres 3D pochodzący z pomiaru z użyciem profilometru optycznego jednak obok tego wykresu nie umieszczono adekwatnej dla niego skali.
- f) Na stronie 12 autor wskazuje, że poszczególne nanocząstki platyny nie miały ze sobą kontaktu, tj. nie stykały się. Jednak ta informacja nie jest w tym miejscu potwierdzona żadnym zdjęciem z mikroskopu elektronowego albo wskazaniem, że zdjęcie będzie można zobaczyć na Figure 7.5. Brakuje też informacji o dystrybucji nanocząstek.
- g) Na schemacie Figure 5.2 przedstawiono jak z substratów reakcji, tzn. O_3 i podłoża złożonego z TiO_2 pojawiają się cząsteczki CO_2 i H_2O . Biorąc pod uwagę symbole pierwiastków chemicznych jest zachowany jedynie bilans tlenu, to znaczy że z 3 atomów tlenu w ozonie, 2 pojawiają się w uwalnianym dwutlenku węgla i 1 w wodzie. Jednak na podstawie załączonego schematu nie wiadomo skąd się wziął węgiel i wodór, grupy hydroksylowe, które są obecne na powierzchni TiO_2 .
- h) Na stronie 39 autor wspomina o obecności składników pochodzenia organicznego w paście. Jednak dokładnie ich nie wymienia. Czy to oznacza, że skład pasty TiO_2 po prostu nie był podany przez producenta?
- i) Mam pewną wątpliwość związaną z Figure 5.9, na której doktorant pokazuje widmo absorpcji warstwy razem z barwnikiem i analizą tej zmiany, bo wg doktoranta ta różnica jest

zdecydowana i pojawia się określenie: „noticeably higher”. Według mnie ta różnica jest raczej na granicy błędu, i też nie wiadomo jakim błędem ten wynik jest obarczony. Czy tylko zarejestrowano jedno widmo dla 2 różnych warstw: bez oraz z obróbką w plazmie UV? Bardziej stosowne byłoby tutaj posłużenie się techniką desorpcji barwnika z kilku, np. 5, takich warstw, zmierzenie dla nich widm absorpcji i potem porównanie z tymi otrzymanymi dla warstwy TiO₂ bez ich ozonowania. Tutaj bym chętnie zapoznała się ze stanowiskiem doktoranta względem tej metody.

- j) Mam pytanie do Figure 5.10, bo nie jestem pewna czy pomiar techniką SIMS prowadzono do momentu zaniku sygnału od jonu NCS⁻, a nie do osiągnięcia poziomu podłoża FTO, bo sygnał, który jest interpretowany jako TiO₂⁻ cały czas praktycznie jest na tym samym poziomie.
- i) Na Figure 4.19, na którym pokazano przykład krzywej voltamperometrycznej typowej dla odwracalnych procesów redoksowych, na osi jest symbol napięcia U, a powinno być E, czyli symbol potencjału, bo te pomiary są prowadzone w układzie 3-elektrodowym i zmieniany jest potencjał elektrody pracującej. Podobnie jeśli chodzi o opis znajdujący się na stronie 33, autor wymiennie stosuje napięcie i potencjał, a w takim układzie zmieniamy potencjał elektrody pracującej, bo tylko ona jest polaryzowana.
- j) Na stronie 60 wyjaśniono skąd pochodzi pasmo, które pojawia się na widmie absorpcji przy 390 nm, jednak nie podano interpretacji dla pasma, które pojawia się przy 470 nm. Proszę o wyjaśnienie jak doktorant, by interpretował to pasmo.
- k) Na Figure 7.5 zaprezentowano zdjęcia SEM nanocząstek platyny i wskazano średnice nanocząstek. Jednak zgodnie ze zdjęciami nanocząstki Pt są różnej wielkości, więc autor powinien dokonać samodzielnie albo z użyciem odpowiedniego programu (np. Image J, Gwyddion) analizy rozkładu rozmiarów nanocząstek i podać średnią średnicę wraz z błędem, a nie tylko wartość dla jednej wybranej nanocząstki.

Ocena strony redakcyjnej i językowej pracy

Praca zredagowana jest bardzo dobrze, a wykresy i schematy przedstawiają wyniki w przejrzysty sposób. Jednak Pan Dariusz Augustowski popełnił też nieco błędów, które co prawda nie utrudniają zrozumienia treści, ale zwracają uwagę recenzenta, m.in.:

- a) W spisie symboli brakuje wielu z nich, jak np. prąd maksymalny (I_{\max}), napięcie maksymalne (U_{\max}), O_x , R_{ed} , moc. W przypadku podawania ukośnika raz on ma znaczenie ilorazu jak w przypadku m/z, a raz chyba jest stosowany jako spójnik – mianowicie chodzi o oznaczenie PCE oraz η , bo raczej autorowi nie chodziło o to by PCE podzielić przez η .
- b) W spisie skrótów zabrało wyjaśnienie N719, CPD (the contact potential difference).
- c) Pojawiają się drobne literówki: jak w nazwie PET w spisie skrótów brakuje e (powinno być polyethylene terephthalate) i zamiast 2-butayne (strona 25) powinno być 2-butene.
- d) Nie wszystkie rysunki zostały wskazane podczas omawiania zagadnień z nimi związanych. Na przykład na stronach 20 i 21 pojawia się opis spektroskopii UV-vis-NIR, ale doktorant nie odwołuje się tam do rysunków Figure 4.9 oraz Figure 4.10, które są tam umieszczone.

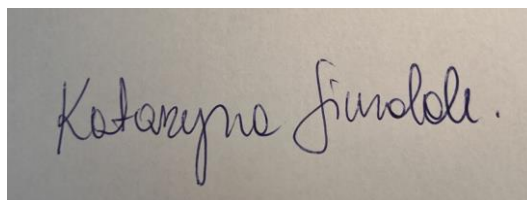
Dla porządku w tekście autor powinien wskazać, który schemat w danej części opisu będzie stanowił wsparcie dla czytelnika w zrozumieniu treści. Nie zawsze czytelnik zna wszystkie techniki badawcze wykorzystywane przez doktoranta i odwoływanie się w tekście do konkretnych rysunków stanowi spore udogodnienie. Podobnie jest z Figure 4.11, 4.12.

- e) Na Figure 4.14 nie podano informacji na legendzie czym jest λ_1 i λ_3 .
- f) Decydując się na pracę w j. angielskim doktorant powinien zwrócić uwagę na używanie kropki jako symbolu separatora dziesiętnego, bo w pewnych miejscach zamiast kropki pojawia się przecinek, np. Figure 4.16, Figure 5.5, Figure 5.7, Figure 5.8, Figure 6.9, Figure 6.10, Figure 7.12.
- g) Czasem oznaczenia na wykresach nie są spójne. Na przykład na Figure 5.7 jest napis: bare TiO₂ mimo, że mamy 2 krzywe, a już na Figure 5.8 jest oznaczenie reference i UV-ozone.
- h) Czasem zmienia się czcionka tekstu i w tabeli jest ona po prostu inna, a np. na rysunkach jest użyty ten sam rodzaj czcionki, co w tekście. W tabeli 6.2 też nagle czcionka się zmieniła.
- i) Użyte na Figure 4.17 symbole nie zostały ujęte w spisie symboli na początku dysertacji.
- j) Mam pewne wątpliwości co do sposobu prezentacji wyników na Figures: 7.8, 7.11.7.12, ponieważ wykresy nie posiadają oznaczeń na osi odciętych, albo zastosowany sposób pokazywania wyników powinien być nieco inny niż wykres punktowy.

Podsumowując powyższe komentarze, chciałabym zaznaczyć, że nie ujmują one wartości pracy, a mają zwrócić doktorantowi uwagę szczególnie na analizę statystyczną obiektów o wymiarach w zakresie nanometrów, bardziej przejrzyste opisywanie schematów energetycznych, zaznajomienie się z procesem desorpcji barwnika z użyciem roztworu wodorotlenku sodu.

Zgodnie z powyższym, uważam, że przedstawiona praca doktorska Pana Dariusza Augustowskiego spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych. Uważam również, że Pan Dariusz Augustowski posiada ogólną wiedzę w dyscyplinie naukowej i umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Po dokładnym zapoznaniu się z otrzymaną dysertacją Pana Dariusza Augustowskiego jestem przekonana, że zasługuje on na otrzymanie stopnia doktora.

Wnoszę zatem o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego, a tym samym o przyjęcie jego rozprawy doktorskiej, gdyż spełnia ona wymagania określone w art. 13 ustawy o stopniach i tytułach naukowych.



Katarzyna Juszczyk.