



POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ CHEMICZNY
Prof. Adam Pron

ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa
Tel. +48-222345584
e-mail: adam.pron@pw.edu.pl



Warszawa 17. 01. 2026

**Ocena osiągnięcia naukowego, ogólnego dorobku badawczego
oraz działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

dr. Konrada Trzcińskiego .

(w związku z jego przewodem habilitacyjnym prowadzonym przez
Radę Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Gdańskiej)

Uwagi ogólne

Konrad Trzciński jest absolwentem Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej, gdzie w styczniu 2011 r. po obronie pracy inżynierskiej, związał się z grupą badawczą prof. Anny Lisowskiej-Oleksiak. Pracę magisterską, poświęconą preparatyce nowych form dwutlenku tytanu domieszkowanego azotem oraz badaniu ich właściwości elektrochemicznych, obronił w czerwcu 2012 r. Z kolei pracę doktorską zatytułowaną „Materiały elektrodowe zawierające wanadan bizmutu lub jego pochodne jako fotoanody aktywne w świetle widzialnym” obronił we wrześniu 2016 r.

W momencie uzyskania stopnia naukowego doktora Konrad Trzciński był autorem dwóch publikacji (*Solid State Ionics* i *Synthetic Metals*). Rychło po obronie doktoratu dr Trzciński opublikował jeszcze trzy prace (dwie w *Applied Surface Science* oraz w *Advanced Materials Interfaces*). Łącznie pięć artykułów opublikowanych w oficynach wydawniczych *Elsevier* i *Wiley* zaliczyć można do jego dorobku doktorskiego.

Dorobek podoktorski Habilitanta jest imponujący, ale nie niepokojąco nadmierny, co nierzadko się zdarza wśród gdańskich chemików. Obejmuje 48 artykułów zamieszczonych w czasopismach następujących oficyn wydawniczych: *Elsevier* (24 artykuły); *MDPI* (9); *Nature Portfolio* (5); *ACS* (3); *Springer* (3); *Wiley* (2); *Beilstein Institute* (1); *De Gruyter* (1). Prace te były cytowane w 788 artykułach obcych.

Zainteresowania badawcze Habilitanta obejmują, w głównej mierze, popularne współcześnie obszary elektrochemii, takie jak projektowanie i preparatyka elektrod stosowanych w procesach fotoelektrokatalitycznych prowadzonych w świetle widzialnym, a także elektrod wykorzystywanych w bateriach litowo-jonowych i sodowo-jonowych. Te chemiczne w swojej naturze prace, zawierają też elementy inżynierii materiałowej związane z opracowaniem i optymalizacją nowych metod nanoszenia warstw materiałów elektrochemicznie lub fotoelektrochemicznie aktywnych.

W 2015 r. Habilitant odbył dwa staże naukowe na Politechnice w Chemnitz (Technische Universität Chemnitz): najpierw trzymiesięczny, a następnie – pod koniec roku – dwumiesięczny, pracując w grupie prof. Dietricha Zahna. Te stosunkowo krótkie staże w istotny sposób wpłynęły na jego rozwój naukowy. W ich trakcie zapoznał się z elipsometrią – techniką o dużym znaczeniu w elektrochemii, umożliwiającą określenie parametrów optycznych cienkich warstw osadzanych na elektrodach. Rozpoczął również badania elektrod z wykorzystaniem spektroskopii Ramana. Po powrocie do Gdańska z powodzeniem stosował tę technikę w swoich pracach badawczych, także w wariancie spektroelektrochemicznym. Efektem sumarycznie pięciomiesięcznego pobytu w Chemnitz były dwie wspólne publikacje Habilitanta z prof. Zahnem.

Habilitant kierował trzema projektami badawczymi (projektem Miniatura oraz dwoma projektami realizowanymi w ramach programu IDUB Politechniki Gdańskiej). Był również wykonawcą w czterech projektach badawczych (dwóch finansowanych przez NCN oraz dwóch przez NCBiR).

Jednym z efektów aktywnej działalności naukowej dr. Trzcińskiego były zaproszenia do udziału w konferencjach naukowych, w tym w najważniejszym dla środowiska elektrochemików dorocznym spotkaniu *Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry*. Podczas 69. Zjazdu Towarzystwa w 2018 r. w Bolonii Habilitant miał wystąpienie ustne. Przedstawił również referaty ustne na dwóch międzynarodowych konferencjach o mniejszym zasięgu. Regularnie uczestniczył w Zjazdach Polskiego Towarzystwa Chemicznego; w 2021 r., podczas Zjazdu odbywającego się w Łodzi, wygłosił wykład sekcyjny.

Innym przejawem jego aktywności naukowej są liczne zaproszenia do recenzowania manuskryptów nadsyłanych do czołowych czasopism z zakresu elektrochemii, takich jak *Electrochimica Acta*, jak również periodyków z dziedziny inżynierii materiałowej, m.in. *Journal of Materials Science*.

Doświadczenie dydaktyczne dr. Trzcíńskiego obejmuje prowadzenie zajęć laboratoryjnych ze zdumiewająco licznych przedmiotów o różnorodnym charakterze, wykraczających poza obszar chemii fizycznej i elektrochemii. Prowadził również zajęcia w języku angielskim. Twórczym elementem jego działalności dydaktycznej jest opracowanie szeregu nowych ćwiczeń laboratoryjnych obejmujących w przeważającej mierze – choć nie wyłącznie – analityczne i bioanalityczne zastosowania czujników elektrochemicznych.

Pewną słabością tego dorobku jest brak doświadczenia Habilitanta w prowadzeniu wykładów. W warunkach systematycznie malejącej liczby studentów oraz szybko rosnącej liczby profesorów i młodych doktorów habilitowanych głodnych objęcia ważnych i mniej ważnych wykładów, wymaganie prowadzenia wykładów przez adiunkta bez habilitacji należałoby uznać za nadmiernie surowe.

Dr Trzcíński wypromował, jak dotąd, czworo inżynierów i czworo magistrów inżynierów.

Analizując działalność naukową i dydaktyczną dr. Konrada Trzcíńskiego, można jednoznacznie stwierdzić, że osiągnął on taki poziom samodzielności intelektualnej, który — w połączeniu z dorobkiem naukowym wyraźnie przekraczającym wymagania stawiane w postępowaniu habilitacyjnym — w pełni uzasadnia jego wystąpienie o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Opinia o przedstawionym przez Habilitanta osiągnięciu naukowym zatytułowanym „Metody otrzymywania i modyfikacji półprzewodnikowych warstw wybranych tlenków metali – wpływ na właściwości fotoelektrochemiczne i elektrochemiczne”

Spośród licznych artykułów reprezentujących podoktorski dorobek badawczy, dr Trzcíński wybrał osiem tematycznie spójnych prac, opublikowanych w latach 2016 -2023, w powstaniu których jego udział był bezdyskusyjnie dominujący. Wszystkie dotyczą wytwarzania fotoelektrod aktywnych w świetle widzialnym.

Procesy fotoelektrokatalityczne inicjowane światłem widzialnym, a w optymalnym przypadku światłem słonecznym, stanowią przedmiot najżywszego zainteresowania elektrochemików we wszystkich krajach prowadzących badania naukowe. Badania Habilitanta wpisują się więc w bardzo popularny w środowisku elektrochemików nurt badawczy.

Trzy publikacje „habilitacyjne” poświęcone są fotoelektrodom, w których podstawowym fotoelektrokatalizatorem jest wanadan bizmutu (**H7**, **H4** i **H5**). Tę część dorobku można traktować jako kontynuację i rozszerzenie badań opisanych wcześniej w rozprawie doktorskiej. Publikacja **H7** dotyczy optymalizacji procesu otrzymywania cienkich warstw BiVO_4 o teksturze korzystnej z punktu widzenia procesów fotoelektrokatalitycznych. Osiągnięcie tego celu wymagała zaprojektowania i zbudowania napylarki umożliwiającej precyzyjną kontrolę temperatury oraz składu atmosfery gazowej. W pracy **H4** Habilitant opisał modyfikację elektrody BiVO_4 poprzez naniesienie warstwy heksacyjano-kobaltianu kobaltu, natomiast w publikacji **H5** omówił nową trójfazową elektrodę składającą się z wanadanu bizmutu, tlenku wanadu oraz heksacyjano-kobaltianu kobaltu.

Dwie publikacje, **H2** i **H3**, dr Trzeciński poświęcił opisowi badań trójskładnikowych elektrod, w których na warstwę heksagonalnie upakowanych nanorurek tlenku tytanu naniesiono wanadan bizmutu oraz nanokryształy złota (**H2**) lub wanadan bizmutu i przewodzącą formę poli(3,4-etylenodioksy-2,5-tienylenu) (**H3**).

Habilitant zbadał również właściwości fotoelektrokatalityczne półprzewodnikowych tlenków takich jak Bi_3YO_6 (mieszany tlenek bizmutu (III) i itru (III)) (**H1**) oraz MoO_3 (tlenek molibdenu (VI)) (**H8**). Interesującym elementem osiągnięcia habilitacyjnego jest wykorzystanie pulsowej ablacji laserowej do wytwarzania cienkich warstw tlenków na przewodzących podłożach.

Na podkreślenie zasługują także solidne badania charakteryzujące otrzymane warstwy, obejmujące identyfikację współistniejących faz, analizę orientacji krystalitów (dyfrakcja promieniowania X) oraz badania morfologii (SEM). W każdym przypadku Habilitant przedstawił również charakterystykę elektrochemiczną (woltametria cykliczna) oraz fotoelektrokatalityczną (rejestracja fotoprądu) wytworzonych elektrod. Standardowo badał także stabilność fotoelektrod rejestrując periodycznie krzywe chronoamperometryczne podczas ich oświetlania.

Ciekawa publikacja **H6** odróżnia się od prac omówionych powyżej. Opisuje ona spektroelektrochemiczne badania procesów zachodzących na dwuskładnikowej elektrodzie TiO_2 / heksacyjanożelazian (II) żelaza (III) (błękit pruski) przy zastosowaniu spektroskopii Ramana. Badania te wymagały zaprojektowania i skonstruowania specjalnego układu pomiarowego

Merytoryczna zawartość artykułów przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne sprawia bardzo dobre wrażenie. Prace te wnoszą czytelne elementy nowości naukowej. Preparatyka nowych materiałów została opisana rzetelnie, ich charakterystyka jest szczegółowa i oparta na metodach komplementarnych. Cennym elementem są badania aktywności fotoelektrokatalitycznej otrzymanych elektrod. Pewnym problemem pozostaje ich stabilność, jednak problem ten dotyczy większości fotoelektrokatalizatorów tlenkowych i stanowi powszechne wyzwanie w tej dziedzinie badań.

Wniosek

W moim głębokim przekonaniu bogaty dorobek naukowy Habilitanta, w tym zbiór publikacji przedstawiony jako osiągnięcie habilitacyjne, a także jego działalność dydaktyczna, spełniają wszystkie wymagania określone w ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2020, poz. 85). Habilitant jest w pełni przygotowany do samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz kierowania pracami doktorantów. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr. Konrada Trzcíńskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Nie chcąc utrudniać percepcji niniejszej recenzji nadmiernie szczegółowymi uwagami i pytaniami, ich zestawienie przedstawiam w formie aneksu.

Adam Proń

Aneks do recenzji zbioru publikacji wraz z autoreferatem przedstawionych przez dr. Konrada Trzcíńskiego jako osiągnięcie habilitacyjne

Uwagi dotyczące redagowania autoreferatu

Autoreferat jest napisany w sposób przejrzysty, ale językiem jakby nie w pełni uformowanym przez obowiązek szkolny. W tekście znaleźć bowiem można liczne uchybienia językowe, w tym błędy składniowe i semantyczne, zapożyczenia z języka angielskiego, a także błędy redakcyjne. Oto kilka przykładów.

- **Błędy składniowe:**

„Aby doszło do wykorzystania wzbudzonych nośników na reakcje rozkładu wody...”;

„Koncepcja pracy była związana z zawężaniem przerwy energetycznej i aktywowaniu materiału...”,

„...analizując wykres $C = f(E)$ dla kilku szybkości krzywe w dużym stopniu nakładają się”.

- **Błędy semantyczne:**

„ BiVO_4 był mieszaniną struktury jednoskośnej i tetragonalnej”;

„oddziaływanie z nanostrukturą TiO_2 ”;

„fotoprąd w siarczanach”.

- **Anglicyzmy:**

„mobilność dziur”;

„koncentracja” nośników”;

„wydajność konsumpcji dziur”.

- **Błędy redakcyjne**

Tabela na str. 10 nie ma numeru i podpisu i jest dosyć osobliwie skonstruowana.

Dwa pytania dotyczące autoreferatu

Nie chciałbym Pana torturować dużą liczbą pytań dotyczących autoreferatu. Prosiłbym jednak o zaspokojenie mojej ciekawości w dwóch kwestiach.

- Na stronie 9 pisze Pan, że ruchliwość dziur w kryształach BiVO_4 można zwiększyć poprzez domieszkowanie substytucyjne tego półprzewodnika sześciowartościowymi metalami (Mo i W). Wprowadzenie molibdenu w miejsce wanadu prowadzi do powstawania wakancji kationowych, co może wpływać na przewodnictwo jonowe tego materiału oraz na wzrost stężenia nośników ładunku. Nie jest jednak jasne, dlaczego proces ten miałby powodować wzrost ruchliwości dziur.
- Na stronie 12 pisze Pan: „[na rys. 1b] pik oznaczony jako »A« oraz plateau »B« są ze sobą powiązane. Jest to zależność dość »uniwersalna« dla materiałów tlenkowych”. Termin „uniwersalny” oznacza „wspólny”. Jakiego rodzaju procesy redoksowe mogą być wspólne dla tlenków różniących się istotnie między sobą właściwościami fizykochemicznymi?

Pytania i uwagi dotyczące artykułu H1

- Interpretując widma w podczerwieni Bi_3YO_6 przypisuje Pan pasmo o maksimum przy 860 cm^{-1} drganiom jednostki strukturalnej $[\text{BiO}_3]$. Prawidłowość tego przypisania jest mało prawdopodobna. Biorąc pod uwagę masę atomową bizmutu nie spodziewałbym się pasm w tym obszarze widmowym. Podaje Pan jako odnośnik do tego przypisania artykuł opisujący trójskładnikowe szkło tlenkowe $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Bi}_2\text{O}_3$. W szklach

boranowych i w amorficznym tlenku boru pasma w tym obszarze widmowym przypisuje się drganiom deformacyjnym mostków B-O-B. Ponadto odnoszenie się do widm szkieł nie jest najlepszym wyborem, bowiem stałe siłowe wiązań w pomiędzy tymi samymi pierwiastkami w szklach i w kryształach są na ogół różne.

- Oszacowana przez Pana z wykresu Tauc'a optyczna przerwa energii wzbronionych Bi_3YO_6 jest znacząco mniejsza od przerwy obliczonej teoretycznie. Czy czasem błąd nie tkwi w metodologii wyznaczania tej przerwy? Polecam artykuł prof. Macyka opublikowany w *J.Phys.Chem.Letter* 2018, 9, 6814 -6817 pt. *How to correctly determine the band gap energy of modified semiconductor photocatalysts based on UV-vis spectra*". Interesujące byłaby próba obliczenia E_g metodą proponowaną przez prof. Macyka.

Pytania i uwagi dotyczące artykułu H2

- Na **Rys. 1a** przedstawia Pan nanorurki TiO_2 o ściśle kontrolowanej morfologii, bardzo małym rozrzucie średnic oraz gęstym, heksagonalnym upakowaniu. Na powierzchnię tych nanorurek nanosi Pan BiVO_4 . Faza ta charakteryzuje się nieuporządkowaną morfologią, co sugeruje, że proces jej osadzania jest słabo kontrolowany (Rys. 1b). Podobnie niekontrolowane jest osadzanie nanokryształów złota, które wykazują nieregularny kształt oraz duży rozrzut wielkości (**Rys. 1c**). Skutkuje to rozmyciem pasma absorpcji plazmonowej, które staje się trudne do jednoznacznej identyfikacji. Istnieje jednak szereg metod tzw. „chemii mokrej”, a także metod opartych na wykorzystaniu szablonów, umożliwiających osadzanie nanokryształów złota o ściśle określonej geometrii. Co najmniej kilka z nich mogłoby zostać zastosowanych w tym przypadku.
- W przypadku kompozytów trójskładnikowych w pierwszej kolejności należałoby wyznaczyć ich skład, na przykład metodą EDS lub klasyczną analizą elementarną. Względne udziały poszczególnych faz mogą bowiem w istotny sposób wpływać na właściwości fotoelektrokatalityczne otrzymanych materiałów. Widma ramanowskie przedstawione na **Rys. 2** nie są w tym przypadku przydatne, ponieważ efekty rezonansowe uniemożliwiają ich ilościową interpretację.

Pytania i uwagi dotyczące artykułu H3

- Wszystkie badania elektrochemiczne prowadził Pan w roztworach wodnych. Zastanawiam się, czy zamiast stosowania PEDOT nie uzyskałby Pan lepszych

wyników syntezując EDOT z podstawnikiem hydrofilowym, np. oligoglikolem etylenowym. Preparatyka takiego polimeru jest stosunkowo prosta i polega na przyłączeniu do hydroksymetylo-3,4-etyleno-1,4-dioksy-2,5-tienylenu (OH-EDOT) ugrupowań oligo(oksyyetylenowych) w wyniku reakcji kondensacji z 1-(2-bromoetoksy)-2-(2-metoksyyetoksy)etanem, a następnie na elektropolimeryzacji otrzymanego monomeru. Obecność bocznych ugrupowań oligoeterowych w makrocząsteczce zwiększa pojemność objętościową polimeru oraz sprzyja wyższemu przewodnictwu jonowemu.

- Jak wynika nie tylko z Pańskich badań, elektrochemiczne uwodornienie nanorurek TiO_2 prowadzi do poprawy ich właściwości elektrycznych, w tym przewodnictwa. W swoim artykule pisze Pan, że w wyniku tej reakcji dochodzi do redukcji Ti^{4+} do Ti^{3+} . Taka redukcja powinna powodować powstawanie wakancji tlenowych, co może prowadzić nie tylko do zwiększenia przewodnictwa jonowego, lecz również elektronowego. Widma XPS, jak słusznie Pan zauważa, nie potwierdzają jednak obecności Ti^{3+} . Jon Ti^{3+} jest paramagnetyczny (konfiguracja $[\text{Ar}] 3d^1$). Czy w literaturze można znaleźć przykłady badań EPR uwodornionego TiO_2 .
- Podobnie jak w artykule **H2**, brakuje mi wyznaczenia składu kompozytu. Spektroskopia Ramana nie pozwala na rozważania ilościowe ze względu na efekty rezonansowe. W konsekwencji pasma Ramana BiVO_4 nie są widoczne. Jaka była długość fali linii wzbudzającej? W jakich warunkach możliwa byłaby rejestracja widma BiVO_4 ?

Pytania i uwagi dotyczące artykułu **H4**

- Podobnie jak w przypadku kompozytów opisanych w **H2** i **H3** nie wyznaczył Pan składu $\text{BiVO}_4/\text{Cohcc}$.
- W opisie badań metodą spektroskopii Ramana nie znalazłem długości fali linii wzbudzającej. Jeśli jest to linia zielona (512 nm) to widmo jest zarejestrowane w warunkach *pre*-rezonansowych.
- Może spróbowałby Pan wyznaczyć $E_{g \text{ opt}}$ stosując procedurę prof. Macyka?

Pytania i uwagi dotyczące artykułu H6

- Tytuł artykułu H6 jest niepoprawny w części „*In situ Raman photoelectrochemistry*”. Termin „*fotoelektrochemia*” odnosi się do badań procesów elektrochemicznych inicjowanych lub modyfikowanych przez światło. W przedstawionej pracy badane są natomiast zmiany widmowe wywołane reakcjami elektrochemicznymi. Prawidłowy tytuł powinien brzmieć: „*In situ Raman spectroelectrochemistry*”.
- Dla zastosowanej linii wzbudzającej (785 nm) należy oczekiwać efektu rezonansowego w przypadku badań ramanowskich błękitu pruskiego, równocześnie braku tego efektu dla soli Everitta oraz zieleni pruskiej — co zresztą jest zgodne z przedstawionymi wynikami. W tym kontekście zdanie na str. 3, cyt.: „*The low signal-to-noise ratio ... was explained by the Raman resonance effect*”, jest mylące. Chętnie porozmawiałbym z Panem o efektach rezonansowych w spektroskopii Ramana
- Badany układ świetnie się nadaje do badań spektroelektrochemicznych metodą EPR, ponieważ utlenianie i redukcja błękitu pruskiego prowadzą do zmian stanu spinowego jonów żelaza. Przykładowo anion soli Everitta jest diamagnetyczny, natomiast anion błękitu pruskiego charakteryzuje się jednym niesparowanym spinem ($s = 1/2$). Z kolei jego kation (Fe^{3+}) jest wysokospinowy ($s = 5/2$). Interesujące byłoby również zarejestrowanie widm Mössbauera, w warunkach *ex situ*.

Uwaga dotycząca artykułu H7

- Jest to interesująca publikacja, ale o charakterze bardziej technicznym niż naukowym, o co nie mam większych pretensji. Jej słabą stroną jest licha angielszczyzna. Nie wymaga się od habilitantów, aby badania swoje opisywali tak pięknym językiem, jakim Joseph Conrad, największy chyba stylista pośród pisarzy angielskich, napisał „*Heart of Darkness*”, ale przyszłych doktorów habilitowanych zachęcać należy do stosowania przynajmniej podstawowych reguł gramatyki i składni w redagowanych przez nich anglojęzycznych artykułach naukowych. Ostatnio w poprawie poziomu językowego artykułów naukowych pomaga AI.



Adam Proń