

Prof. dr hab. Zbigniew Łodziana  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
ul. Radzikowskiego 152, 31-142 Kraków

**Recenzja osiągnięć naukowych, dorobku naukowego, organizacyjnego oraz dydaktycznego będących podstawą postępowania habilitacyjnego *Charakterystyka zdolności sorpcyjnych materiałów węglowych związanych z konwersją oraz przechowywaniem energii* Pana dr Szymona Łośa.**

Pan dr Szymon Łoś przedłożył Radzie Naukowej Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu komplet dokumentów celem przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego. Składają się nań: autoreferat (w jęz. polskim i angielskim), kopie artykułów naukowych wnioskodawcy będących podstawą merytoryczną wniosku, stosowne oświadczenia współautorów publikacji, dane przedstawiające dorobek naukowy wraz z danymi bibliometrycznymi i listą publikacji oraz kopia dyplomu doktora nauk fizycznych. Przedstawione dokumenty spełniają wymagania formalne wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Art. 16. Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora, § 12.) i są przedmiotem niniejszej recenzji.

**Merytoryczna strona prac badawczych.**

Podstawę merytoryczną wniosku stanowi dziewięć publikacji naukowych opublikowanych w latach od 2005 do 2016. Publikacje stanowią powiązany tematycznie cykl prac dotyczących „*charakterystyki zdolności sorpcyjnych materiałów węglowych związanych z konwersją oraz przechowywaniem energii*”. Prace zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu światowym, dlatego same w sobie nie podlegają niniejszej recenzji. Należy podkreślić, iż tzw. Impact Factor czasopism w których opublikowano prace systematycznie wzrasta począwszy od pierwszej pracy z 2005 roku (0,394) do ostatnich prac z roku 2016 (7,657). Świadczy to niewątpliwie o rosnącym rozwoju naukowym aplikanta.

Elementem wspólnym prac składających się na oceniany dorobek badawczy jest węgiel, jako materiał oraz konwersja/magazynowanie energii jako zjawisko. Jak można oczekiwać XXI-wieczne badania nad węglem nie dotyczą jego formy kopalnej, ale odmian alotropowych odkrytych pod koniec XX i na początku XXI wieku: grafenu, nanorurek itp. Wnioskodawca jest fizykiem eksperymentalnym, który opanował mnogość technik badawczych i zastosował je, z powodzeniem, do swoich badań. Metody te to między innymi: spektroskopia impedancyjna, metoda EPR, spektroskopia ramanowska, spektrometria masowa i inne. Do tego dodać należy, jak wynika z Autoreferatu, metody szeroko rozumianej preparatyki oraz budowę aparatury. Przyznać należy, iż takie spektrum badawcze jest we współczesnym świecie konieczne by móc swobodnie poruszać się w obszarach badań związanych z energią,

jednocześnie współpracując z innymi eksperymentatorami. Samodzielny pracownik badawczy powinien posiadać szerokie umiejętności badawcze – co jest spełnione w przypadku dr Łosia.

Prace z lat 2005 – 2009 dotyczą magazynowania wodoru na powierzchni porowatych struktur węglowych. W owym czasie był to bardzo nośny temat badawczy związany z nadzieją znalezienia metody gromadzenia dużych ilości wodoru w małej objętości. Adsorpcja wodoru na powierzchni węgla (grafenu/grafitu) związana jest z tzw. fizysorpcją  $H_2$  na powierzchni. Adsorpcja fizyczna, w odróżnieniu od chemisorpcji, jest oddziaływaniem stosunkowo słabym ( $< 10\text{kJ/mol}$ ) związanym z oddziaływaniem Van der Waals'a. W wyniku fizysorpcji struktura elektronowa zarówno podłoża jak i zaadsorbowanych molekuł nie ulega znaczącej zmianie. Proces ten możliwy jest do zaobserwowania tylko w niskich temperaturach, ruchy termiczne w temperaturze pokojowej prowadzą do oderwania zaadsorbowanych molekuł. W chwili obecnej wiadomo, iż użycie porowatych struktur węglowych nie jest dobrą metodą magazynowania wodoru. I choć zrozumienie dlaczego wydaje się oczywiste, początkiem XXI wieku takim nie było, z niewiadomych powodów.

Autor ulega emocjom tamtych czasów stosując w Autoreferacie sformułowania typu „*zjawisko sorpcji polega na specyficznym oddziaływaniu molekuł wodoru ze specjalnie w tym celu przygotowanymi materiałami*”. Setki prac dotyczących tej tematyki, a pochodzących z początku wieku obarczonych jest podobną emocją. Do tej uwagi powrócę w dalszej części recenzji, tutaj zaznaczę, iż nie umniejsza ona w jakikolwiek sposób wkładu autora w badania izoterm adsorpcji wodoru na węglu aktywnym i superaktywnym. Pokazano, iż możliwe jest zaadsorbowanie na nich odpowiednio ok. 3,158%  $H_2$  i 4.5%  $H_2$ . Związane jest to z większą powierzchnią właściwą węgla superaktywnego.

Metodą zwiększenia ilości zaadsorbowanego wodoru, którą w pewnym stopniu uważa się za obiecującą do dnia dzisiejszego, jest aktywacja czy też domieszkowanie porowatych struktur węglowych atomami lub nano-cząstkami metali. Zadania tego podjął się autor badając materiały typu  $LiC_{18}$  oraz  $LiC_6$ . Należy zaznaczyć dużą staranność oraz systematyczność analizy otrzymanych materiałów opisaną w pracy (H8). Autor badał również wpływ domieszkowania potasem oraz litem nanorurek węglowych na energię adsorpcji wodoru. Potwierdzono wzrost tej energii do ok.  $20\text{kJ/mol}$ . Przeprowadzono badania dyfrakcji neutronów, które zasugerowały heksagonalne ułożenie nanorurek.

Pozostałe prace dotyczą bardziej metodologii badań i preparatyki, niż badania konkretnego procesu związanego z magazynowaniem/przetwarzaniem energii. Zaznaczyć należy, iż jedna z prac jest pracą przeglądową.

Pomiary podatności dielektrycznej użyte do badania własności przejścia fazowego w strukturach krystalicznych  $C_{60}$  wykazały wpływ tlenu na rotacyjne stopnie swobody fullerenów. Badania te dotyczą kolejnej fazy węgla – tworzącego sferyczne cząstki  $C_{60}$  i zjawisk towarzyszącym własnościom kryształów słabo związanych siłami Van der Waalsa.

Autorską metodą zaproponowaną przez habilitanta jest uzyskiwanie warstw grafenowych lub porowatych struktur węglowych ze zmielonych ziaren grafitu przy wykorzystaniu

Jedna z prac (H1) nie dotyczy materiałów węglowych – dotyczy badania materiałów tlenkowych, a konkretnie domieszkowanego perowskitu  $K_{1-x}Li_xTaO_3$ . Zastosowano w niej metodę pomiaru impedancji, co dowodzi umiejętności autora w zastosowaniach metody do analizy materiałów innych niż formy węgla. Kolejna praca (H2) dotyczy aspektu aktywności kompozytu węglowego pod wpływem światła słonecznego. Obrazuje ona interesującą własność kompozytu  $C_3N_4$  związaną z redukcją aktywności pod wpływem światła widzialnego.

Czytając Autoreferat autora wniosku, nie sposób ulec wrażeniu, iż wybiega w nim nieco w przyszłość swoich badań. Przez to Autoreferat jest cokolwiek nieprecyzyjny. Mam na myśli kwestie dotyczące zjawiska adsorpcji gazu (w domyśle omawianego wodoru) na interfejsie ciało stałe (węgiel z wiązaniem  $sp^2$ ) – gaz. Na stronie 8 pisze autor, iż „*W przypadku sorpcji wodoru, oddziaływanie przyciągające ma charakter elektrostatyczny.*” Jest to niefortunne sformułowanie, gdyż cząsteczka  $H_2$  jest najprostszą możliwą cząstką składającą się z dwóch protonów i dwóch elektronów. Jej wiązanie można opisać np. równaniem Schödingera, którego Hamiltonian będzie:

$R_1$  – położenie/odległość protonu,  $r_1$  – położenie/odległość elektronu. Energia wiązania  $H_2$  jest duża, co wynika z kowalentnej natury takiego wiązania. Oddziaływanie elektrostatyczne wymagałoby naładowanej cząstki  $H_2^+$ , która oczywiście jest możliwa. Teoretycznie jest przykładem rozwiązania powyższego równania po usunięciu np.  $r_2$ , jednak w świecie realnym rzadko istnieje w pobliżu porowatych matryc węglowych. Oddziaływanie wodoru z płaszczyznami C ma oczywiście pochodzenie elektrostatyczne – związane z fluktuacjami gęstości ładunku indukującymi dyspersyjne siły Londona.

3

podstawową w opisie zjawisk tworzenia podwójnej warstwy elektrycznej. Badania nad układami o ściśle kontrolowanej wielkości porów sugerujące ograniczenia opisu opartego na podwójnej warstwie dowodzą tylko złożoności problemów oraz szerokich perspektyw badawczych w tej tematyce.

### **Ocena dorobku naukowego**

W związku z tym, iż ocenie podlega dorobek naukowy habilitanta, a ten jest opublikowany w pracach ogólnodostępnych środowisku naukowemu, powyższe przykłady niefortunnych sformułowań Autoreferatu nie mają wpływu na opublikowany dorobek autora.

Recepcja badań w środowisku naukowym określona może być indeksem Hirsh'a, który wynosi 7 (w momencie pisania recenzji 8). Nie jest to rezultat imponujący, biorąc pod uwagę tematykę badań. Jednak liczba 135 artykułów cytujących prace habilitanta w pełni przekonuje do wydania pozytywnej opinii dotyczącej wkładu autora w rozwój dyscypliny naukowej związanej z badaniami porowatych form węgla, w szczególności użyciem różnych technik pomiarowych tych skomplikowanych materiałów.

### **Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego.**

Zainteresowania badawcze dr Szymona Łośa nie ograniczają się do tych omówionych powyżej. Dotyczą także zjawisk i fizyki niskich temperatur. Autor uczestniczył w badaniach nadprzewodnictwa związku  $\text{MgB}_2$ , który jest nadprzewodnikiem odkrytym w 2001 roku o stosunkowo wysokiej temperaturze przejścia w stan nadprzewodzący i co ważne materiałem tanim. Autor zajmował się wykonaniem testów niskotemperaturowych oraz interpretacją wyników. Dr Łoś brał również czynny udział w opracowaniu technologii pozyskiwania izotopu  $^3\text{He}$  z ubogiej mieszanki  $^3\text{He}$  i  $^4\text{He}$ . Badania były inspirowane projektem naukowo – przemysłowym z zaangażowaniem spółki PGNiG, Odolanów. Dr Łoś zaprojektował i zbudował badawcze stanowisko pomiarowe oraz oprzyrządowanie separatora przemysłowego. W wyniku jego zainstalowania w warunkach przemysłowych pokazano wzrost koncentracji  $^3\text{He}$  do ok. 1,1 ppm. Prace to zaowocowały trzema wnioskami patentowymi, których dr Łoś jest współautorem. Dowodzi to, iż zainteresowania oraz aktywność aplikanta nie są związane tylko z tematyką przedstawioną we wniosku. Poza oczywistą wartością ww. badań, prace w odległych od siebie tematykach niewątpliwie rozwijają warsztat badawczy aplikanta.

W latach 2009 – 2016 dr Szymon Łoś wygłosił 12 referatów na konferencjach krajowych (9) i zagranicznych (3). Lista osiągnięć habilitanta w zakresie dorobku dydaktycznego zawiera punkt 9.b. „*Udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych*” nie jest do końca jasnym na czym polegał ten udział, pomijając wydarzenia na których wygłaszano referat ew. prezentowano poster. Jeśli habilitant był tylko uczestnikiem/słuchaczem nie można tego zaliczyć do osiągnięć, w szczególności dydaktycznych.

Dr Szymon Łoś uczestniczył w europejskim programie COST (Nano TP), był członkiem konsorcjum Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu, Politechniki Wrocławskiej oraz przedsiębiorstwa PGNiG SA. w Warszawie związanego na potrzeby projektu NCBiR. Brał

udział w czterech projektach badawczych jako wykonawca, niestety nie był kierownikiem żadnego z nich. Jeden z projektów był projektem promotorskim, dedykowanym dr Szymonowi Łosiowi, jednak miał miejsce przed obroną doktoratu dlatego nie można go wliczyć do dorobku po doktoracie. Szkoda, że habilitant nie wykazuje większej aktywności na polu pozyskiwania środków badawczych. Kierowanie projektami badawczymi jest nieodłączną stroną prowadzenia badań naukowych, dlatego ten brak można uznać za negatywną stronę wniosku. Jednak w dobie dużej trudności w pozyskaniu finansowania projektu badawczego nie jest to brak dyskwalifikujący, tym bardziej że wnioskodawca czynnie uczestniczy w projektach badawczych, także międzynarodowych (COST). Jest członkiem kilku towarzystw naukowych. Odbił trzy krótkie, jeden dłuższy staż zagraniczny. Jest recenzentem kilku czasopism o zasięgu światowym.

Jako pracownik Polskiej Akademii Nauk nie prowadzi regularnych zajęć ze studentami, jednak w 2010 roku był opiekunem naukowym studentki Uniwersytetu Wrocławskiego. Ponadto prowadzi wykład dla słuchaczy Europejskiego Kursu Kriogenicznego (Wrocław) oraz wykład z zakresu fizyki węgla dla doktorantów w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu. Jest wykładowcą Warsztatów Naukowych Lato z Helem przeznaczonych dla studentów fizyki i młodzieży licealnej. Działalność taka dowodzi, że habilitant jest aktywny także w dziedzinie popularyzacji i nauczania.

Powyższe fakty świadczą jednoznacznie, iż dr Szymon Łoś wykazuje się istotną aktywnością naukową nie ograniczoną do wąskiej specjalizacji. Co istotne potrafi prowadzić badania we współpracy z innymi grupami badawczymi.

Podsumowując wnoszę o dopuszczenie dr Szymona Łosia do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Kraków, 2 listopada 2017 roku.



/Prof. dr hab. Zbigniew Łodziana