

*Prof. dr hab. Mirosław Załużny
Instytut Fizyki UMCS, Lublin*

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego dra inż. Jakuba Haberki w związku z wszczęciem postępowania habilitacyjnego w dyscyplinie fizyka

Dr inż. Jakub Haberko uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH) w Krakowie w 2004 r. Jego praca magisterska, której promotorem był prof. dr hab. inż. W. Łużny, dotyczyła cienkowarstwowych kompozytów polimerowych. Habilitant podaje, że został zatrudniony jako asystent w macierzystej uczelni na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej w 2006 r. Pracę doktorską pt. „*Separacja faz w cienkich warstwach kompozytów polianiliny*”, wykonaną pod kierunkiem prof. dra hab. inż. W. Łużnego, habilitant obronił, na wyżej wspomnianym wydziale, w grudniu 2008 roku. Od lutego 2009 roku habilitant pracuje na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH. Dr inż. J. Haberko odbył również staż podoktorski (XI 2010 - XI 2012) na Uniwersytecie we Fryburgu (Physics Department and Fribourg Center for Nanomaterials) w grupie prof. F. Scheffolda.

Do czasu uzyskania stopnia doktora, t.j. w latach 2004 - 2008 powstało z udziałem habilitanta siedem wieloautorskich prac z zakresu fizyki cienkich warstw polimerowych. Sześć z nich ukazało się w czasopismach z bazy JCR. W trzech pracach (D1, D3, D4) habilitant jest pierwszym autorem. W tym miejscu warto podkreślić, że praca D2, w której dr J. Haberko jest drugim autorem, należy do grupy najczęściej cytowanych prac habilitanta - ponad 30 cytowań.

Ogólne informacje o dorobku naukowym dra inż. J. Haberki powstałym po 2008 roku, tzn. po otrzymaniu stopnia doktora. Wyżej wspomniany dorobek liczy 20 pozycji opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR. Wszystkie publikacje są wieloautorskie. Habilitant jest pierwszym autorem w siedmiu pracach. Jest on również inicjatorem badań prezentowanych w pracy D9. Jego wkład procentowy w powstanie wyżej wspomnianych 20 artykułów jest zróżnicowany, gdyż waha się od 10% do 90%. (Średnia wartość jest bliska 50%.)

Dr J. Haberko podaje, że łączna liczba cytowań wszystkich (27) prac, powstałych z jego udziałem, przekracza 200. Index H jest równy 10 (wg. bazy Web of Knowledge).

Powyższe dane bibliometryczne lokują dorobek dra inż. J. Haberki w zakresie akceptowanym przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.

Po roku 2010 habilitant rozszerzył w sposób istotny tematykę swoich badań, głównie za sprawą współpracy ze wspomnianą już wcześniej grupą prof. F. Scheffolda. Całkowicie nowym obszarem jego zainteresowań naukowych stają się, między innymi, problemy związane z modelowaniem i otrzymywaniem nieperiodycznych układów optycznych, a w szczególności superjednorodnych struktur/metamateriałów (dielektrycznych). Wyżej wspomniane superjednorodne układy charakteryzują się tym, że ich czynnik strukturalny $S(q)$ zmierza do zera przy wektorze falowym q dążącym do zera. Posiadają one bardzo atrakcyjną właściwość polegającą na tym, że (przy spełnieniu pewnych dodatkowych warunków) pojawia się izotropowa przerwa fotoniczna. Istotną zaletą materiałów superjednorodnych jest mała czułość ich właściwości optycznych na niedokładności procesu technologicznego (występowanie defektów).

Nie mam wątpliwości, że wyżej wspomniana tematyka jest interesująca i bardzo aktualna [patrz np. artykuły przeglądowe: S. Torquato, "*Hyperuniform states of matter*", Physics Reports (2018), <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2018.03.001>] oraz S. Rotter & S. Gigan, "*Light fields in complex media: Mesoscopic scattering meets wave control*" Rev. Mod. Phys. **89**, 015005-1 (2017)]. Duże zainteresowanie środowiska superjednorodnymi metamateriałami jest w znacznym stopniu uwarunkowane bardzo szerokimi perspektywami ich praktycznego wykorzystania. Przykładowo, w pracy R. Degl'Innocenti et al., "*Hyperuniform disordered terahertz quantum cascade laser*" Sci. Rep. **6**, 19325 (2016) zademonstrowano zalety zastosowania superjednorodnych układów w konstrukcji lasera kaskadowego pracującego w zakresie THz.

Osiągnięcie naukowe dra inż. J. Haberki będące podstawą postępowania habilitacyjnego (nazywane dalej rozprawą habilitacyjną) stanowi monotematyczny cykl dziewięciu artykułów (z lat 2013 - 2017) zebranych pod wspólnym tytułem: "**Projektowanie, symulacje i wytwarzanie metamateriałów optycznych**". Wszystkie prace ukazały się w renomowanych czasopismach z listy JCR: Optics Express [40] - O1, O6, O7; Physical Review A [35] - O2; Advanced optical materials [40] - O3; Optica [45] - O4; Physical Review Letters [45] - O5; Optical Materials [30] - O8; Optics Communications [25] - O9. Oznaczenia prac rozprawy

pokrywają się z oznaczeniami podanymi w towarzyszącym jej Autoreferacie. (W kilku miejscach występują jednak błędy w znakowaniu prac, np. autor odwołuje się do pracy oznakowanej O.) W nawiasach kwadratowych podana jest liczba punktów przypisana danemu czasopismu na Ministerialnej Liście Czasopism (z 2016 r.). Średnia liczba punktów przypadająca na jedną publikację wynosi 37,8 punkta, jest więc wysoka. Można to potraktować jako wskaźnik wysokiego poziomu i aktualności badań prezentowanych w rozprawie. Koreluje to z faktem, że trzy prace wchodzące w skład rozprawy (O2, O3 i O5) są cytowane we wspomnianych już wcześniej pracach przeglądowych. Największą liczbę cytowań (ponad trzydzieści) ma praca O3. Najnowsze prace, O8 i O9, nie są jeszcze cytowane.

Wszystkie prace są zespołowe. Liczba autorów waha się od 2 do 7. Swój wkład w powstanie tych prac habilitant ocenia następująco: O1 – 80%, O2 – 70%, O3 – 30%, O4 – 20%, O5 – 10%, O6 – 40%, O7 – 45%, O8 – 45%, O9 – 90%. Przedstawiony powyżej wkład procentowy jest w zasadzie konsyistentny z oświadczeniami współautorów. Niemniej jednak, wydaje się, że w przypadku prac O1 i O2 wysokość wkładu habilitanta może budzić pewne zastrzeżenia, gdy uwzględnimy fakt, że w oświadczeniu prof. F. Scheffolda (odnoszącym się do prac O1-O5) znajduje się następujące stwierdzenie: *"... my contribution ... consisted in initiating the research and supervising the project, analysing data and contributing to writing of the manuscript"*. Podobnego typu zastrzeżenie można mieć również w przypadku prac O6 - O9 (a w szczególności O9) w których ostatnim autorem jest dr hab. P. Wasylczyk. W oświadczeniu wyżej wspomnianego współautora znajdujemy istotną informację, że jego udział polegał na opracowaniu koncepcji eksperymentu, współpracy z pozostałymi autorami przy opracowaniu danych i przygotowaniu manuskryptu publikacji. Powyższe zastrzeżenia nie podważają jednak mojej opinii, że wkład habilitanta w otrzymanie wyników prezentowanych w pracach O1 - O9 można uznać za bardzo istotny lub dominujący. Szkoda jednak, że w żadnej z publikacji, składających się na rozprawę habilitacyjną, dr inż. J. Haberko nie jest nawet współinicjatorem badań. (Jest to szczególnie dziwne w przypadku czysto teoretycznej pracy O9.) Należy to uznać jako pewną słabość recenzowanej rozprawy.

W liczącym ponad trzydzieści stron Autoreferacie habilitant omawia: cele badawcze rozprawy, stosowane metody badawcze oraz otrzymane przy ich pomocy wyniki. Dorobek publikacyjny nie wchodzący w skład rozprawy jest w Autoreferacie również omówiony dosyć dokładnie.

Niestety, nie znajduję w Autoreferacie obszerniejszego wstępu dotyczącego bardzo szeroko eksploatowanej obecnie w literaturze koncepcji superjednorodności. Należy także zauważyć, że autor nie próbuje wyjaśnić, nawet w sposób poglądowy, tak istotnej kwestii jak mechanizm formowania się przerwy fotonicznej w superjednorodnych układach (patrz np. T. Amoah & M. Florescu, Proc SPIE **9548**, 95460F). W mojej opinii Autoreferat mógłby też pełniej konfrontować wyniki otrzymane w rozprawie z aktualną wiedzą prezentowaną w literaturze przedmiotu (np. brak odwołania się do wspomnianej już pracy z Sci. Rep.)

Tematyka prac stanowiących rozprawę jest zgodna z tytułem rozprawy habilitacyjnej. Badania w nich prezentowane mają, z reguły, charakter badań eksperymentalnych, popartych odpowiednimi symulacjami komputerowymi. (Uzasadnia to w dużym stopniu ich wieloautorski charakter.) Habilitant był zaangażowany zarówno w prace doświadczalne, jak i w symulacje komputerowe bazujące głównie na standardowej metodzie FDTD rozwiązywania równań Maxwella.

Poniżej przedstawiam w bardzo skrótowy sposób merytoryczną zawartość (i ocenę) prac stanowiących rozprawę. Jak już wspomniano, ich zawartość została obszernie przedstawiona w Autoreferacie. Niewątpliwie najbardziej wartościowe i mające w dużym stopniu pionierski charakter są prace O1-O5 zainicjowane przez prof. F. Scheffolda. W artykułach O1 i O2, powstałych przy dominującym wkładzie habilitanta, zademonstrowano możliwość wytworzenia, z użyciem dwufotonowej nanolitografii laserowej, polimerowych (trójwymiarowych) superjednorodnych sieci. Obrazy dyfrakcyjne potwierdziły istnienie w tego typu sieciach uporządkowania bliskiego zasięgu. W następnej pracy (O3), korzystając z metod nanoszenia warstwy atomowej i chemicznego osadzania z fazy gazowej, uzyskano kompozytową replikę (zbudowaną z TiO_2 i Si) wyżej wspomnianej sieci szkieletowej. Pomiarów transmisyjnych potwierdziły formowanie się przerwy fotonicznej w wyżej wspomnianej nieorganicznej replice (superjednorodnej) sieci polimerowej. W czwartej pracy omawianego cyklu (O4) udało się, poprzez udoskonalenie procesu technologicznego, otrzymać czysto krzemowe repliki wyżej wspomnianych polimerowych sieci szkieletowych. Stosując zaawansowaną implementację metody FTDT określono położenie przerwy fotonicznej w replice krzemowej sieci. Wyniki numeryczne nieco odbiegały od wartości wyznaczonych eksperymentalnie. Przeanalizowano starannie potencjalne przyczyny wyżej wspomnianych rozbieżności. Z kolei, autorzy teoretycznej pracy

O5 zademonstrowali dwa sposoby otrzymywania superjednorodnych układów punktów (a dokładniej mówiąc dwuwymiarowych sieci): (i) poprzez symulacje Monte Carlo gęstego upakowania sztywnych okręgów oraz (ii) symulacje dynamiki molekularnej z odpowiednim potencjałem. Ta druga metoda daje w efekcie bardzo interesującą podklasę układów superjednorodnych, w której czynnik strukturalny $S(q)$ zeruje się dla q mniejszego od pewnej wartości granicznej q_c . Obie metody prowadzą do struktur o izotropowej (w odróżnieniu od typowych kryształów fonicznych) przerwie fonicznej.

Prace O6 - O9, powstałe przy współpracy z fizykami krajowymi, mają nieco niższą rangę. Koncentrują się one na wykorzystaniu odpowiednio ustrukturyzowanych układów/metamateriałów do wytwarzania: (i) struktur antyodbiciowych (na końcu światłowodu) pracujących w skończonym obszarze częstości w pobliżu III okna telekomunikacyjnego (O6) oraz (ii) struktur typu "siatka dyfrakcyjna na lustrze bragowskim" wykazujących asymetryczną transmisję zależną (O7) i niezależną (O8) od polaryzacji padającego światła. Ostatnia z omawianych prac (O9) ma, w odróżnieniu od prac O6, O7 i O8, charakter czysto teoretyczny. Zademonstrowano w niej, korzystając z symulacji FDTD (uzupełnionych zaprojektowanym przez habilitanta algorytmem stochastycznym), możliwość wytworzenia macierzy (10×10) metalicznych pikseli o zróżnicowanej wysokości, które zachowują się (w skończonym zakresie długości fal $\lambda = 2, 2 \div 3, 3 \mu\text{m}$) jak niezależne od polaryzacji płytki falowe.

Uważam, że wyniki zebrane w omawianej rozprawie habilitacyjnej reprezentuje wysoki poziom merytoryczny, a wkład habilitanta w ich otrzymanie jest na tyle istotny, że daje podstawę do stwierdzenia, iż dr inż. J. Haberko spełnia, choć nie bez zastrzeżeń, wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka.

Na dorobek powstały po otrzymaniu stopnia doktora i nie wchodzący w skład rozprawy składa się jedenaście pozycji (D7 - D17) opublikowanych w czasopismach z listy JCR. Jedna z tych prac (D17) kontynuuje/rozwija tematykę omawianej wcześniej pracy O9. W większości pozostałych prac poruszane są zagadnienia związane z fizyką cienkich warstw polimerowych/organicznych w kontekście ich zastosowań w organicznej elektronice. Warto podkreślić, że w kilku pracach (D8, D12, D13, D14 i D16) istotną rolę odgrywa wykorzystywanie przez habilitanta zaawansowanej techniki eksperymentalnej, jaką jest spektroskopia fotoelektronów w zakresie

promieniowania X połączona z trawieniem jonowym.

Podsumowując dotychczasowy dorobek naukowy habilitanta stwierdzam, że jest on znaczący i pozwala na uznanie dra inż. M. Haberki za specjalistę w zakresie wykorzystania metod komputerowych do projektowania metamateriałów optycznych. Jego dorobek naukowy wskazuje również, że jest on fizykiem umiejącym prowadzić eksperymentalne badania o charakterze podstawowym w oparciu o zaawansowane techniki badawcze. Wymiernym potwierdzeniem istotnego wkładu kandydata w rozwój uprawianej przez niego dyscypliny, obok ponad dwustu cytowań, jest również przygotowanie przezeń czterech recenzji dla następujących czasopism: Applied Surface Science, Optics Express, Organic Electronics oraz Polimery. Nie bez znaczenia jest też jego uczestnictwo w realizacji dwóch grantów badawczych (jako główny wykonawca) oraz kierowanie przezeń projektem badawczym "*Polimer Photonic Crystals with Tunable Optical Properties PPC-Top*" (realizowanym w ramach współpracy ze Szwajcarią) w latach 2010 - 2012. Powyższe fakty można uzupełnić informacją o dużej aktywności konferencyjnej habilitanta - ponad dwadzieścia prezentacji konferencyjnych (z czego trzynastie po otrzymaniu stopnia doktora nauk fizycznych).

Dr inż. J. Haberko zdobył również duże doświadczenie dydaktyczne prowadząc ćwiczenia rachunkowe do wykładów z fizyki oraz zajęcia laboratoryjne z fizyki i informatyki stosowanej. (Wśród nich były m.in. zajęcia laboratoryjne z fizyki dla studentów z Uniwersytetu we Fryburgu.) Pod kierunkiem dra inż. J. Haberki zostały przygotowane i obronione dwie prace magisterskie (cztery kolejne prace są w trakcie realizacji). Habilitant jest także promotorem jedenastu prac inżynierskich, głównie z zakresu informatyki stosowanej. Należy ponadto odnotować działalność popularyzatorską habilitanta prowadzoną zarówno w kraju, jak i za granicą.

Habilitant ma również pewien dorobek organizacyjny jako przedstawiciel w kilku gremiach koleżeńskich. Między innymi, od 2016 r. uczestniczy w pracach Zespołu do Spraw Jakości Kształcenia na macierzystym wydziale. Jak już było wspomniane, dr inż. J. Haberko ma też pewne osiągnięcia w zdobywaniu funduszy na badania naukowe (kierownik projektu UE Sciex-NMS^{ch}).

Podsumowując stwierdzam, że zarówno rozprawa habilitacyjna, jak i całość dorobku naukowego dra inż. Jakuba Haberki spełniają ustawowe wymagania. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie go do dalszego etapu postępowania habilitacyjnego.

Lublin, 17 V 2018 r.