



# Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk

Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań  
tel. 61 8695 112, 234, fax 61 8684 524  
www.ifmpan.poznan.pl

Prof. dr hab. Arkadiusz Brańka

Poznań, 26 lutego 2024

## **Ocena osiągnięcia i dorobku naukowego dra Krzysztofa Dudka w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego**

Pan dr Krzysztof Dudek ukończył studia magisterskie w 2016 roku na Uniwersytecie Zielonogórskim na Wydziale Fizyki i Astronomii. Rozprawę doktorską pt. „Properties of mechanical metamaterials with the focus on magnetic inclusions” obronił w roku 2018 na Uniwersytecie Maltańskim. Promotorem rozprawy doktorskiej był Prof. Joseph N. Grima. Kariera zawodowa dra Krzysztofa Dudka, związana jest z Uniwersytetem Zielonogórskim, gdzie po doktoracie od 2018 do chwili obecnej zatrudniony jest na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki i Astronomii.

Postępowanie habilitacyjne dra Dudka zostało wszczęte 28 września 2023 roku w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne. Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego, dr Dudek przedstawił cykl dziewięciu publikacji zatytułowany: „Sposoby kontroli właściwości mechanicznych oraz deformacji elastycznych w mechanicznych metamateriałach”. Do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dołączone zostały: autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, lista publikacji i kopie artykułów składających się na osiągnięcie naukowe, stosowne oświadczenia współautorów publikacji oraz oświadczenie o nadaniu stopnia doktora.

W autoreferacie omówione zostały: cele i motywacje naukowe osiągnięcia, zastosowane metody badawcze, uzyskane wyniki oraz możliwość ich potencjalnego wykorzystania. Zawarte zostało syntetyczne przedstawienie tematów oraz osiągnięć badawczych habilitanta przed i po uzyskaniu stopnia doktora. Podana została informacja o aktywności naukowej kandydata oraz jego osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę. Wykaz osiągnięć naukowych obejmuje m.in. zestawienie wszystkich opublikowanych prac kandydata po doktoracie w czasopiśmie z listy Journal Citation Reports (JCR), informacje o wystąpieniach na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów oraz odbytych stażach badawczych. Zawiera również informacje naukowometryczne.

Przedstawione dokumenty spełniają wymagania formalne wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Przedmiotem oceny są: 1) cykl 9 publikacji wskazany przez habilitanta jako

główne osiągnięcia naukowe, 2) aktywność naukowa, a także osiągnięcia dydaktyczne, organizatorskie i popularyzatorskie habilitanta.

### **Ocena osiągnięcia naukowego**

Na cykl publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego składa się dziewięć powiązanych tematycznie, oryginalnych prac naukowych opublikowanych w czasopiśmie, znajdujących się na liście JCR. Prace opublikowane zostały w okresie pięciu lat (w latach 2019-2023) i oznaczone zostały literą H z numerami od 1 do 9. Wszystkie prace poza H3 są wieloautorskie z liczbą autorów zmieniającą się od 3 do 9. Należy podkreślić, że we wszystkich tych pracach habilitant jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym.

Prace składające się na rozprawę habilitacyjną opublikowane zostały w czasopiśmie o wysokiej renomie naukowej, w tym dwie w jednym najbardziej prestiżowych czasopiśmie naukowych, *Advanced Materials*. Wszystkie prace, poza H6, mają czynnik wpływu (impact factor, IF) większy niż 3. Sumaryczna liczba cytowań to ok. 170 (średnio 19 na pracę). Biorąc pod uwagę, że większa część prac została opublikowana stosunkowo niedawno to oddźwięk tych prac w literaturze należy ocenić jako bardzo duży. Zatem charakterystyka wskaźnikowa cyklu publikacji wypada bardzo pozytywnie.

Ze względu na to, że w powstanie prac zaangażowanych było aż 13 współautorów, kwestia dominującej roli habilitanta została szczegółowo przeanalizowana. Z materiałów postępowania habilitacyjnego, w których habilitant określa wkład własny w powstanie publikacji, z oświadczeń współautorów, z oświadczeń Author Contributions zamieszczanych w publikacjach części wydawnictw oraz z faktu pełnienia roli pierwszego autora i autora korespondencyjnego we wszystkich H-publicacjach wynika bezspornie, że habilitant miał dominujący wkład w powstanie cyklu publikacji. W załączonych oświadczeniach wkład poszczególnych współautorów w powstanie pracy został podany dla każdej publikacji. We wszystkich przypadkach habilitant zaangażowany był w istotne etapy powstawania pracy takie jak koncepcja i przeprowadzenie badań, interpretacja i opracowanie wyników, przygotowanie i wysłanie manuskryptu do druku. Dodatkowo, wartym też odnotowania jest opublikowanie przez habilitanta pracy jednoautorskiej (H3).

Celem badawczym rozprawy jest zwiększenie możliwości kontroli właściwości fizycznych metamateriałów mechanicznych. Metamateriały mechaniczne stanowią stosunkowo niedawno wyodrębnioną, szczególną grupę materiałów, których charakterystyczną cechą jest silny wpływ projektowanej struktury na ich właściwości mechaniczne. Sposób tworzenia struktury (a nie skład) metamateriału mechanicznego determinuje w dużej mierze jego właściwości mechaniczne i pozwala na wytworzenie materiałów o bardzo nietypowych lub „ujemnych” zachowaniach, takich jak ujemna sztywność, ujemny współczynnik Poissona, ujemna rozszerzalność cieplna lub ujemna ściśliwość.

Cel badań związany jest m.in. z realizacją koncepcji uzyskania materiałów mechanicznych: o przestrajalnej ujemnej właściwości (głównie o ujemnym współczynniku Poissona) bez konieczności wytwarzania wielu wersji układu, o zminiaturyzowanych strukturach, o strukturze wykazującej jednocześnie więcej niż jedną ujemną (nietypową) właściwość. Ten ogólny cel rozprawy jest realizowany wyraźnie i konsekwentnie we wszystkich dziewięciu

pracach zatem, w mojej ocenie, wymóg powiązania tematycznego cyklu publikacji jest w pełni spełniony.

Dla osiągnięcia założonego celu, badania prowadzone były za pomocą wielu technik pomiarowych, metod obliczeniowych oraz modeli analitycznych. Ważną częścią badań było odpowiednie przygotowanie samych metamateriałów i stanowisk pomiarowych. Zaprojektowane struktury wytwarzane były za pomocą odpowiedniego wydruku 3D drukarką filamentową i żywiczną (układy makroskopowe o milimetrycznych komórkach elementarnych) oraz techniką dwufotonowej litografii (wydruki w mikroskali). Mechaniczne charakterystyki wytworzonych struktur uzyskiwano bezpośrednio z procesów deformacji (ściskania, rozciągania). Warty podkreślenia jest tu przeprowadzenie przez habilitanta tego typu eksperymentów w przypadku układów mikroskalowych oraz wykorzystanie różnych mechanizmów deformacji np. deformacji za pomocą pola magnetycznego.

Podstawową techniką obliczeniową wykorzystaną w pracach cyklu była metoda elementów skończonych (FEM) realizowana za pomocą komercyjnego programu COMSOL Multiphysics. Poza modelowaniem procesów deformacji wspomagającym badania eksperymentalne za pomocą tego programu określona została w wielu przypadkach również fononiczna struktura pasmowa metamateriału. Pozwala to na skorelowanie „ujemnych” zachowań ze szczegółami periodycznej struktury metamateriału mechanicznego, poszerzając tym samym możliwości analizy zachodzących procesów. Drugą szeroko stosowaną (H2-H4,H8) przez habilitanta metodą obliczeniową była metoda dynamiki molekularnej (MD). W tym przypadku, symulacje prowadzone były za pomocą tworzonych samodzielnie kodów co pozwalało na odpowiednie modyfikacje analizowanych modeli np., przez swobodne kształtowanie rozkładu masy w metamateriale. Ponadto, należy także odnotować przeprowadzenie obliczeń analitycznych w pracach H1,H7 związanych z określaniem i wyznaczaniem współczynnika Poissona.

W cyklu prac osiągnięcia naukowego, w zależności od sposobów kontroli zachowania metamateriałów mechanicznych można wyróżnić różne grupy tematyczne realizowane odpowiednio w pracach: H1 (zastosowanie konstrukcji kompozytowej), H2-H4 (modyfikowanie rozkładu masy), H5-H6 (wprowadzenie hierarchiczności struktury), H7-H9 (wykorzystanie elementów magnetycznych).

**Praca H1** przedstawia możliwość kontroli zachowania metamateriałów mechanicznych w oparciu o koncepcję struktury kompozytowej. Koncepcja ta oparta jest na naturalnym założeniu, że przez zmianę proporcji poszczególnych części składowych możemy kształtować właściwości kompozytu jako całości. Wykorzystując to ogólne podejście habilitant pokazał praktyczny sposób konstrukcji metamateriału, którego współczynnik Poissona może przyjąć dowolną wartość od wartości skrajnie ujemnych po znacząco dodatnie.

Zaprojektowana i przebadana została struktura składająca się ze złożenia znanych dwóch układów: o ujemnym (układ rotujących kwadratów) i dodatnim (układ rotujących trójkątów) współczynnika Poissona. Pokazane zostało, że w przypadku znaczącego udziału jednej z podstruktur współczynnik Poissona całego układu określany jest przez wartość współczynnika Poissona podstruktury dominującej. Pokazano również, że przez odpowiedni dobór proporcji podstruktur składowych możliwe jest otrzymanie wypadkowej wartości współczynnika Poissona bliskiej zeru. Tym samym w H1 zweryfikowano bezpośredni sposób kontroli właściwości metamateriału mechanicznego za pomocą zmiany proporcji części składowych tworzących jego strukturę. Warto podkreślić, że w dużym stopniu udało się też habilitantowi wykazać uniwersalność takiego podejścia. W tym celu badania eksperymentalne

przeprowadzono w skali mikro, z układami dwuwymiarowymi o niezerowej grubości, a także z nietrywialną trójwymiarową wersją rozważanego metamateriału. Ponadto, badania pokazały istnienie korelacji między zmianami struktury a sposobem propagacji fal wewnątrz struktury (dyspersją fononów).

Wyraźnie słabą stroną omawianego w H1 ogólnego podejścia jest konieczność wytworzenia każdorazowo odrębnego, różnego układu w celu uzyskania metamateriału o określonych proporcjach podstruktur. Na to istotne ograniczenie, które nie pozwala na swobodną zmianę właściwości metamateriału bez konieczności jego przebudowy, zwrócono również uwagę w H1. Niewątpliwie pomocnym byłoby tu ustalenie, dla danego metamateriału, przybliżonej relacji wiążącej np. współczynnik Poissona całego układu z sumą wagowanych odpowiednio współczynników Poissona podstruktur (składowych).

**Prace H2, H3, H4** związane są z badaniami efektu mechanicznego obrotu całego układu, który może pojawiać się w przypadku niektórych metamateriałów. Podstawą fizyczną efektu, jak wskazano w pracach, jest zasada zachowania momentu pędu. Ponieważ, w wielu konstrukcjach metamateriałów mechanicznych mamy do czynienia ze wzajemnie obracającymi się elementami, to z rotacją każdego z takich wewnętrznych elementów związany jest lokalny moment pędu. Przy odpowiednim sposobie rotacji (wywołanej np. wewnętrzną deformacją) i rozkładzie masy (momencie bezwładności) elementów sumaryczny moment pędu może być niezerowy powodując obrót całej struktury. Możliwość wystąpienia tego typu obrotu układu ma oczywiście istotne znaczenie dla jego zastosowań i nie była przedmiotem systematycznych badań w przypadku metamateriałów mechanicznych. W tym kontekście prace habilitanta H2-4 należy uznać za pionierskie. W pracach tych wykazane zostało, za pomocą symulacji (H2) i wytworzonych realnych struktur (H3), że przez odpowiedni rozkład masy (modyfikację momentu bezwładności) elementów rotujących w strukturach dwuwymiarowych możliwe jest kontrolowanie efektu obrotu całej struktury. Określone zostały optymalne parametry struktury maksymalizujące jej obrót, w tym pokazano duże znaczenie chiralności układu.

Praca H4 jest uogólnieniem prac H2, H3 na przypadek 3D. Przeanalizowanie, za pomocą MD, dwóch modeli chiralnych metamateriałów mechanicznych potwierdziło w dużej mierze wnioski płynące z badań układów 2D o dużym znaczeniu rozkładu masy dla pojawienia się i możliwości kontroli zakresu globalnej rotacji. W ten sposób, w pewnej mierze, pokazana została uniwersalność efektu.

Dla tej części osiągnięcia, pewnym nasuwającym się pytaniem jest pytanie o praktyczny sposób realizacji wewnętrznych deformacji wywołujących wzajemną rotację prawie autonomicznych części w strukturze metamateriału. Uważam, że dyskusja tego problemu nie została wyczerpana w pracach H2-4 i powinna być kontynuowana w przyszłych badaniach tego tematu.

**Prace H5, H6** rozwijają interesującą koncepcję kontrolowania właściwości mechanicznych za pomocą istotnego zróżnicowania stopnia deformacji w strukturze metamateriału. Koncepcja jest realizowana za pomocą projektowanych struktur, w których wyróżnić można tzw. poziomy hierarchii, charakteryzujące się różną budową i w konsekwencji różnymi właściwościami, np. różnym współczynnikiem Poissona. Stopień udziału danego poziomu hierarchicznego w efektywnym zachowaniu metamateriału zależy od jego stopnia deformacji, realizowanego w praktyce przez np. zmiany w grubości połączeń (tzw. zawiasów) jednostkowych elementów strukturalnych. Otwiera to szerokie możliwości kontroli właściwości mechanicznych (takich) metamateriałów przez wzgl. proste sterowanie stopniem deformacji zawiasów na poszczególnych poziomach hierarchiczności.

W pracy H5 zbadane zostało zachowanie dwupoziomowego 2D układu hierarchicznego, w którym pierwszy poziom odpowiadał układowi rotujących trójkątów (który zawsze przejawia dodatni współczynnik Poissona), a drugi poziom odpowiadał układowi rotujących kwadratów lub prostokątów (w którym możliwe jest zachowanie auksetyczne). Zaprojektowane i przebadane zostały trzy warianty tego układu. Zróznicowanie stopnia deformacji struktury osiągnięto przez odpowiedni dobór grubości zawiasów łączących elementy strukturalne na poszczególnych poziomach. Wykazano, że w takiej strukturze możliwe jest uzyskanie w sposób ciągły różnych wartości współczynnika Poissona. Poza częścią eksperymentalną, w celu lepszego poznania mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane efekty, przeprowadzona została analiza numeryczna (FEM) zmian rozkładu naprężeń w jednostkowych elementach struktury.

Jednym z ważniejszych rezultatów tego etapu badań jest konkluzja, że niewielka zmiana w strukturze (grubości zawiasów) hierarchicznego metamateriału może wywołać znaczną zmianę, a co za tym idzie kontrolę jego właściwości mechanicznych. Tym samym wskazana została m.in. możliwość ciągłej zmiany wartości współczynnika Poissona układu bez potrzeby jego istotnej przebudowy jak to miało miejsce w układach kompozytowych analizowanych w pracy H1.

Niewątpliwie dużym osiągnięciem habilitanta było zrealizowanie uogólnienia koncepcji kontroli właściwości mechanicznych (przez niewielkie zmiany w grubości zawiasów) w układzie hierarchicznym, na przypadek 3D. W pracy H5 zostały wskazane możliwości przełamania tradycyjnych ograniczeń metamateriałów hierarchicznych, takich jak: ograniczenie się do układów 2D, brak istotnego zróznicowania budowy elementów jednostkowych w różnych poziomach oraz stosowanie makroskopowych elementów struktury. Tym samym praca H5 może być uważana za wyróżniającą się pracę w cyklu publikacji osiągnięcia habilitanta, która ma znaczący wkład w rozwój metamateriałów hierarchicznych.

Praca H6 stanowi ważne dopełnienie i poszerzenie badań przedstawionych w H5 w szczególności dotyczących kształtowania właściwości hierarchicznego metamateriału za pomocą niewielkich zmian w jego budowie. Zastosowane w pracy podejście numeryczne pozwoliło na projektowanie i szczegółową analizę bardziej ogólnych (morfologicznie i materiałowo) elementów strukturalnych modeli 2D. Badania wykazały, że jednym z kluczowych czynników, za pomocą którego można kształtować zmiany „ujemnych” właściwości mechanicznych, jest względny stosunek grubości zawiasów. Ważną częścią pracy są również obliczenia fononicznej struktury pasmowej układu. Badania pokazały, że nawet niewielkie zmiany w grubości zawiasów (w możliwościach ich deformacji) mogą powodować istotne zmiany w związkach dyspersyjnych np. powodować pojawienie się przerwy w strukturze pasmowej. Pokazanie istnienia takiej jakościowej zmiany należy niewątpliwie uznać za bardzo interesujący i ważny wynik dla dalszych badań metamateriałów mechanicznych.

W kolejnych trzech pracach cyklu (**H7**, **H8**, **H9**) poszukiwania możliwości tworzenia i kontrolowania metamateriałów mechanicznych o „ujemnych” właściwościach rozwijane były głównie przez wprowadzenie do struktury oddziałujących magnetyczne inkluzji. Koncepcja wbudowania w strukturę metamateriału elementów magnetycznych poszerza znacząco spektrum możliwych zachowań fizycznych układu oraz pozwala na jego stymulację polem zewnętrznym. Mimo, że sama koncepcja jest obecna w literaturze przedmiotu to zaproponowane struktury, wykonane badania i uzyskane rezultaty stanowią oryginalny wkład w rozwój metamateriałów magneto-mechanicznych.

W pracy H7 zaprojektowano i wytworzono przestrzenną periodyczną strukturę, w której do jej elementów podstawowych przytwierdzone zostały odpowiednio magnesy neodymowe. Pokazano, że zaproponowana struktura, w zależności od stopnia deformacji, przejawia dodatni lub ujemny współczynnik Poissona. Jednocześnie struktura charakteryzować się może ujemną lub dodatnią sztywnością (w zależności od sposobu przytwierdzenia magnesów). W ten sposób wykazano możliwość jednoczesnej realizacji dwóch „ujemnych” zachowań. Rzeczą wartą odnotowania jest kompleksowy charakter przeprowadzonych badań, w których poza wytworzeniem stosownego układu i wykonaniem pomiarów wykonane zostały również komplementarne obliczenia numeryczne. Dzięki takiemu podejściu uzyskano względnie całościowy obraz zachodzących w zaprojektowanej strukturze procesów. Należy podkreślić dużą wagę uzyskanych wyników, w szczególności pokazanie, że w mechanicznym metamateriale trójwymiarowym istnieje możliwość jednoczesnej kontroli współczynnika Poissona i jego sztywności bez konieczności przebudowy układu. Uważam, że uzyskane rezultaty mogą mieć istotny wpływ dla dalszego rozwoju dziedziny metamateriałów mechanicznych, o czym mogą również świadczyć bardzo liczne cytowania pracy H7.

W odróżnieniu od innych prac cyklu punktem wyjścia dla badań H8 było poszukiwanie metamateriału o wyraźnie określonej funkcji. W pracy analizowana była magneto-mechaniczna struktura, która mogłaby stanowić amortyzująco-tłumiącą warstwę ochronną obiektu przy zderzeniu z innym obiektem. Badania przeprowadzono metodą dynamiki molekularnej dla modelu dwuwymiarowej struktury sieciowej z ośmiocentrowym gwiazdzistym motywem komórki elementarnej. Pokazano jak obecność lub brak inkluzji magnetycznej w centrach oddziaływania zmienia parametry mechaniczne układu. Rozpatrzone zostały warianty struktury z różnym rozkładem i wartościami momentów magnetycznych inkluzji. Interesującym rezultatem, wynikającym z analizy wielu wariantów, jest ustalenie, że optymalną strukturą jest struktura kompozytowa z silniejszym oddziaływaniem magnetycznym w jej części zewnętrznej.

Niewątpliwie, w kontekście nakreślonych celów, zaprojektowany i analizowany w H8 dwuwymiarowy model można postrzegać jako znaczne uproszczenie problemu. Z drugiej strony zauważyć należy znaczną ogólność modelu, która pozwala na wskazanie istotnych efektów fizycznych, które mogą być pomocne w realizacjach realnych trójwymiarowych struktur ochronnych.

W ostatniej pracy cyklu H9 zaproponowane zostały i szeroko przebadane dwie metamateriałowe struktury zdefiniowane za pomocą kilku parametrów geometrycznych. W wyniku przebadania różnych wariantów obu struktur stwierdzono jakościową różnicę w ich własnościach mechanicznych – jedną strukturę charakteryzuje dodatni a drugą ujemnym współczynnik Poissona. Poza przeprowadzonymi eksperymentami z wytworzonymi mikroskopowymi strukturami wykonane zostały również komplementarne obliczenia metodą elementów skończonych pozwalające m.in. na otrzymanie fononicznej struktury pasmowej. Należy docenić przemyślaną koncepcję budowy zaproponowanych struktur. Ich wyjątkowość polega na możliwości przeprowadzenia między nimi (przy pewnych ustalonych parametrach) wzajemnie odwracalnej transformacji. Daje to, jak wykazano w pracy, możliwość kontrolowanej zmiany współczynnika Poissona w szerokim zakresie jego wartości. Kolejnym wartym podkreślenia, istotnym wynikiem jest pokazanie jak, odpowiednie wprowadzenie inkluzji magnetycznych do zaproponowanych struktur pozwala na kontrolowanie zmiany „ujemnej” właściwości za pomocą zewnętrznego, jednorodnego pola magnetycznego. Uważam, że wykazanie możliwości realizacji zdalnego przełączania właściwości mechanicznych metamateriału jest bardzo znaczącym dla dziedziny wynikiem i dużym osiągnięciem habilitanta. Praca posiada przemyślane i dobrze przygotowane przedstawienie

graficzne zastosowanych metod pomiarowych, badanych struktur oraz otrzymanych wyników. Badania przeprowadzone zostały z dużą starannością i można oczekiwać, że uzyskane wyniki będą znajdować trwały oddźwięk w literaturze tematu.

Podsumowując tę część opinii, stwierdzam, że w rezultacie przeprowadzonych badań dr Dudek uzyskał szereg wyników rzucających nowe światło na możliwości kontroli właściwości mechanicznych metamateriałów. Zaprojektował i przedstawił realizację różnych sposobów osiągnięcia takiej kontroli przez wykorzystanie struktury kompozytowej, wprowadzenie określonych zmian w rozkładzie masy elementów tworzących układ, wykorzystanie koncepcji struktury hierarchicznej oraz wprowadzenie do układów oddziaływań magnetycznych. W mojej ocenie, kluczowym i trwałym wkładem przedłożonego głównego osiągnięcia w dziedzinę nauk fizycznych są: pokazanie możliwości realizacji w ramach jednej struktury „ujemnych” wielkości mechanicznych w szerokim zakresie ich wartości, rozwinięcie koncepcji struktur hierarchicznych oraz możliwości zdalnego przełączania między różnymi zachowaniami mechanicznymi układu. Uzyskane wyniki mogą mieć wpływ m.in. na rozwój funkcjonalizacji metamateriałów mechanicznych oraz na wprowadzanie niestandardowych rozwiązań strukturalnych w ich budowie. Prezentowane koncepcje oraz dobór różnych metod badawczych, wytworzenie modeli i przeprowadzone eksperymenty, a także analizy uzyskanych wyników świadczą niewątpliwie o dużych umiejętnościach i samodzielności naukowej habilitanta.

### **Ocena istotnej aktywności naukowej, osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę**

Dr Krzysztof Dudek jest autorem i współautorem 34 publikacji. Z tej liczby 14 prac zostało opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora. Wszystkie prace opublikowane zostały w czasopismach z listy JCR w większości o wysokim czynniku wpływu. Habilitant jest współautorem wielu doniesień konferencyjnych w materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych. Należy też odnotować, znaczną liczbę (12) wystąpień konferencyjnych habilitanta w tym wygłoszenie dwóch wykładów na zaproszenie.

Główne zainteresowania naukowe habilitanta w naturalny sposób związane są z tematyką habilitacji, tzn. właściwościami fizycznymi metamateriałów mechanicznych. Część prac w dorobku naukowym stanowi rozszerzenie, kontynuację lub uzupełnienie prac H1-H9. W mojej ocenie można to postrzegać jako przejaw konsekwentnego i dojrzałego podejścia habilitanta do rozwiązywania problemów badawczych.

Obszar zainteresowań i osiągnięć naukowych dr Dudka nie ogranicza się jednakże tylko do tematyki habilitacji. Przedmiotem przeprowadzonych przez niego badań były również m.in., możliwości obserwacji zachowania auksetycznego w różnych strukturach krystalicznych, możliwości detekcji deformacji mechanicznych w cienkich elastycznych warstwach z wykorzystaniem nanocząsteczek magnetycznych, efekt magnetokaloryczny i ujemna rozszerzalność cieplna. Uważam, że istotnym osiągnięciem było pokazanie, za pomocą symulacji komputerowych i obliczeń numerycznych, istnienia częściowych lub kierunkowych zachowań auksetycznych w krystalicznych fazach lodu i dwutlenku węgla pod znacznym ciśnieniem. Innym znaczącym osiągnięciem habilitanta jest powiązanie (dzięki wykorzystaniu nanocząsteczek magnetycznych) deformacji mechanicznych ze współczynnikiem absorpcji energii. Zauważyć też warto, jako ważny element aktywności naukowej habilitanta jego szeroką międzynarodową współpracę badawczą. Całościowa ocena osiągnięć naukowych jest zatem bardzo pozytywna.

Wskaźniki dokonań naukowych są bardzo wysokie. Sumaryczny czynnik wpływu wynosi ~ 180. Średni IF publikacji wynosi zatem ponad 5, co można określić jako bardzo znaczną wartość. Liczba cytowań według bazy Web of Science jak podaje habilitant wynosi ~500 (bez autocytowań), a indeks Hirscha 14. Oba te wskaźniki można uznać, za wynik bardzo dobry i ponadprzeciętny w postępowaniach habilitacyjnych w naukach fizycznych .

Dr Dudek uczestniczył w badaniach realizujących projekty (krajowe) finansowane w drodze konkursów. Realizował lub realizuje trzy projekty NCN (Miniatura, Sonatina, Sonata) i projekt FNP (START). Należy podkreślić, że we wszystkich tych projektach pełnił funkcje kierownika projektu. Był też członkiem komitetu organizacyjnego trzech konferencji. Po doktoracie Dr Dudek odbył staże podoktorskie w Instytucie FEMTO-ST, CNRS i w ENS (wizyta na zaproszenie) w Besancon we Francji, w łącznym wymiarze ponad 12 miesięcy. Należy też wspomnieć wcześniejsze, dłuższe pobyty Dra Dudka na Uniwersytecie Maltańskim, najpierw w ramach programu ERASMUS, następnie w związku z realizacją pracy doktorskiej. Powyższa aktywność jest dobrym prognostykiem dalszego pomyślnego rozwoju kariery naukowej habilitanta. Ten fragment oceny wypada bardzo pozytywnie.

Pozytywnie przedstawiają się również osiągnięcia dydaktyczne habilitanta. Dr Dudek aktywnie uczestniczy w procesie dydaktycznym Uniwersytetu Zielonogórskiego. Przygotowywał i przeprowadzał ćwiczenia, laboratoria, wykłady z fizyki i metod numerycznych, w tym część w języku angielskim. Był promotorem pracy magisterskiej i był zaangażowany w pomoc w prowadzeniu studentów studiów doktoranckich. Dr Dudek wykazywał aktywność w działaniach organizacyjnych oraz popularyzujących naukę. Pełnił rolę opiekuna studenckiego koła naukowego, wygłaszał wykłady promocyjne i popularyzatorskie w szkołach województwie lubuskim oraz wykłady w ramach programu ERASMUS. Był członkiem kilku komisji uczelnianych oraz współuczestniczył w organizacji konkursów związanych z zakupem aparatury badawczej.

Reasumując chciałbym stwierdzić, że wyniki zawarte w przedstawionym do oceny cyklu powiązanych tematycznie dziewięciu publikacji stanowią znaczny wkład habilitanta w rozwój dyscypliny nauki fizyczne. Moja ocena aktywności naukowej habilitanta jest pozytywna. Tym samym osiągnięcia naukowe doktora Dudka spełniają ustawowe warunki stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Mając powyższe na uwadze, wnioskuję o dopuszczenie dra Krzysztofa Dudka do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Arkadiusz Brańka