



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Chemii



Warszawa dnia 14 listopada 2022

Prof. dr hab. Mikołaj Donten

kierownik Wydziałowego Laboratorium Pomiarowego WChUW

i Laboratorium Mikroskopii i Spektroskopii Elektronowej CNBChUW.

Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

u. Pasteura 1, 02-072 Warszawa

Ocena osiągnięcia naukowego, zatytułowanego:

"Oddziaływanie atomów złota z powierzchniami półprzewodników jedno (Ge) i wieloskładnikowych (AII-BV) oraz przemiany fazowe im towarzyszące badane za pomocą technik mikroskopii elektronowej oraz narzędzi bazujących na Machine Learning" oraz aktywności naukowej, organizacyjnej i dydaktycznej **dr Benedykta Janego**, ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Ocena dorobku naukowego

Dr Benedykt Jany ukończył studia i uzyskał stopień zawodowy magistra w roku 2006 na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kontynuując prace w macierzystej Uczelni uzyskał stopień naukowy doktora w roku 2011. W obu przypadkach prace dyplomowe zostały wyróżnione przez Radę Naukową Wydziału. Obecnie dr Jany zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego, Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego

Dorobek publikacyjny dr Benedykta Janego jest imponujący i według bazy Scopus z listopada 2022 składa się z 54 prac opublikowanych w czasopismach z Listy Filadelfijskiej z czego zdecydowana większość prac ukazała się po dacie uzyskania stopnia doktora. Niemal wszystkie z nich zostały wydane przez renomowane oficyny takie jak Elsevier, American Physical Society, Springer Nature, Royal Society of Chemistry, American Chemical Society. Do listopada 2022 publikacje te były cytowane 1341 razy. Warto dodać, że liczba autocytowań wynosi tylko 51, a cztery prace uzyskały ponad 100 cytowań. Wszystkie przytoczone dane scientometryczne wskazują na naukową dojrzałość Habilitanta i zachęcają/upoważniają go do

rozpoczęcia pisania artykułów przeglądowych i monografii, których jeszcze nie ma w dorobku publikacyjnym dr Janego.

Udział w trzydziestu konferencjach naukowych (dwudziestu trzech po uzyskaniu doktoratu) i wiele wygłoszonych na tych konferencjach referatów świadczy o dużej aktywności dr Janego w środowisku naukowym. Jest to ponownie dorobek kilkakrotnie przekraczający wymagania stawione kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Należy także pamiętać o dużej aktywności dr Benedykta Janego we współpracy naukowej z renomowanymi jednostkami z Niemiec, Belgii i Austrii. Dowodem tego są nie tylko bardzo dobre publikacje, ale również dwie doskonałe opinie wystawione przez znanych profesorów z placówek w Belgii i Niemczech. W swoich opiniach autorzy podkreślają dużą, wszechstronną wiedzę dr Janego, jego umiejętności planowania i przeprowadzania eksperymentów naukowych oraz zdolność do krytycznej interpretacji uzyskanych wyników. Z lektury tych opinii wynika zdecydowane poparcie dla kandydatury Habilitanta do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawiona do recenzji rozprawa to cykl dziewięciu powiązanych ze sobą tematycznie publikacji opatrzonych wstępem (autoreferatem), zawierającym syntetyczny, krytyczny opis najważniejszych osiągnięć Habilitanta z odniesieniem do aktualnej literatury poświęconej tematyce jego rozprawy habilitacyjnej.

Wskazane przez Autora kluczowe osiągnięcia jego pracy habilitacyjnej dotyczą oddziaływania atomów złota z powierzchniami półprzewodników jednoskładnikowych (Ge) i wieloskładnikowych (AIII – BV). Ważnymi aspektami dysertacji są obserwacje i badania przemian fazowych powiązanych z tymi oddziaływaniami badane za pomocą technik mikroskopii elektronowej oraz użycie narzędzi analitycznych bazujących na Machine Learning. Uzyskane wyniki mają poważne znaczenie w poznaniu natury i możliwości wytwarzania kontaktów elektrycznych w układach o wielkiej skali integracji. Istotny akcent został położony na sposób wykorzystujący samoorganizację przy ich powstawaniu (w tym przypadku złota) na poziomie atomowym. Otrzymywane tą drogą struktury nie przekraczają rozmiarów nanometrycznych. Zazwyczaj obiekty takie są charakteryzowane metodami oddziaływań lokalnych wykorzystując techniki takie jak STM, AFM czy też SPM. Jak wiadomo, metody te są wygodnym i doskonałym narzędziem badawczym do obrazowania morfologii powierzchni lecz zawodzą gdy konieczne jest określenie lokalnych zmian składu chemicznego. I tu wyraźnie widać istotny naukowy wkład Habilitanta w rozwój takich badań, który w swej pracy rozwinął techniki mikroskopii elektronowej zarówno transmisyjnej jak i skaningowej by w sposób kompleksowy scharakteryzować analizowany układ. Należy podkreślić, że wartościowe wyniki badań zostały uzyskane dzięki umiejętnemu zastosowaniu algorytmów uczenia maszynowego z ang. Machine Learning

Zastosowanie mikroskopii elektronowej do określenia struktury krystalicznej i składu chemicznego jest jak najbardziej efektywne i pożądane dla badanych nanoukładów. Przedstawione w załączonych pracach wyniki uzyskane technikami mikroskopii transmisyjnej

są bardzo interesujące, chociaż dla porządku, w częściach eksperymentalnych publikacji warto dodać informacje dotyczące rozdzielczości punktowej lub ewentualnie limitu informacyjnego zastosowanych transmisyjnych mikroskopów elektronowych. W artykułach znajdują się jedynie dane producenta i typ mikroskopu (odpowiednio Ozyrys 200 kV oraz Tytan (Belgia) oraz Tytan G2 (Kraków)). Moim zdaniem taka dodatkowa informacja byłaby istotna ponieważ, daje wyobrażenie o jakości wyników otrzymanych bezpośrednio oraz tych, które zostały wyraźnie poprawione dzięki późniejszym cyfrowym procesom poprawiających rozdzielczość. Nie umniejsza to skali osiągnięć opisanych w pracy, ale dołączenie informacji o parametrach używanych aparatów wydaje się wskazane choćby ze względu na różnice pomiędzy z pozoru identycznymi jednostkami.

Osiągnięcie naukowe zaprezentowane w autoreferacie wspiera się na 9 artykułach wiążących się tematycznie i stanowiących spójną całość.

Pierwsza z publikacji [H1] - „Probing the electronic transport on the reconstructed Au/Ge (001) Surface” otwiera cykl prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego. Habilitant jest piątym autorem z całkowitym składzie dziewięciu współautorów w czasopiśmie Beilstein Journal of Nanotechnology z dziedziny nanonauki i nanotechnologii. Jest to także pierwsza praca w której Habilitant podjął tematykę badań oddziaływania atomów złota z powierzchnią Ge(001). W obserwowanym układzie wykryto struktury typu 1D oraz struktury typu nanowyspa, a także klastry atomowe 3D. W pracy badano, za pomocą STM przewodnictwo elektryczne zaobserwowanych struktur i wykazano, obok spodziewanego przewodnictwa typu 1D oraz 3D dodatkowo przewodnictwo typu 2D. Wykonane do celów pomiarowych przekroje poprzeczne preparatu przy użyciu FIB i obserwacja w transmisyjnym mikroskopie elektronowym pozwoliły na powiązanie tegoż przewodnictwa z warstwami złota osadzonymi/zagłębionymi w strukturze germanu.

Kontynuacją badań w zakresie charakteryzacji zaobserwowanych struktur typu 3D jest publikacja [H2] zamieszczona w CrysEngCom i zatytułowana: „Dynamics of thermally induced assembly of Au nanoislands from a thin Au layer on Ge(001)”. W tej pracy dr Jany jest drugim autorem. Opisano w niej dynamikę i zmiany morfologii wzrostu nanowysp w czasie wygrzewania. W badaniach zastosowano proste i skuteczne narzędzie pomiarowe jakim jest SEM. Przy zastosowaniu tego aparatu dokonano pomiaru kształtu i rozmiarów zaobserwowanych nanostruktur w funkcji temperatury. Celem tych badań było wyznaczenie energii aktywacji dla dyfuzji atomów złota na powierzchni. Interesującym zjawiskiem jakie zaobserwowano było wystąpienie nieciągłości w zmianie rozmiarów nanostruktur w funkcji temperatury. Bardziej dokładne badania przy użyciu TEM ponownie wykazały istnienie zagrzebanych w podłożu germanowym nanowysp co powiązano z temperaturą topnienia eutektycznego dla układu Au-Ge.

Następna praca opatrzona symbolem [H3]: “SEM studies of vacuum condition influence on thermally induced Au self-organization on Ge (001) surface” została opublikowana w Surface and Coatings Technology. Poświęcona jest również zagadnieniom związanym z termicznym wzrostem samoorganizujących się struktur Au tym razem w

warunkach zmieniającej się próżni. W artykule tym Habilitant jest drugim autorem spośród pięciu. Przewodnią ideą tej publikacji jest wykorzystanie techniki mikroskopii SEM i AFM do pełnego opisu badanego zjawiska. Użycie dwóch komplementarnych metod SEM i AFM umożliwiło kompleksową ocenę analizowanego procesu. Umiejętne zastosowanie ESEM w niskiej próżni (Environmental SEM) połączone z wygrzewaniem struktur Au w atmosferze 3 mbar wody pozwoliły na obserwację dynamiki procesu samoorganizacji.

W następnych pracach Habilitant przejmując dominującą rolę w badaniach samoorganizujących się układów i wykorzystuje bardziej zaawansowane metody badawcze takie jak EELS, EBSD czy też obliczeniowe jak Machine Learning. W pracy [H4] zatytułowanej: "Controlled growth of hexagonal gold nanostructures during thermally induced self-assembling on Ge (001) Surface" - Habilitant jest pierwszym i jednocześnie korespondencyjnym autorem. W pracy tej, wykorzystując techniki dyfrakcji rozproszenia wstecznego elektronów, Autor dochodzi do wniosku, że nanowyspy formowane w warunkach wysokiej próżni i temperatury wyższej od temperatury eutektycznej nie mogą być indeksowane już jako struktura Au fcc. Ogólnie wiadomo, że złoto, a także i srebro nie krystalizują w strukturze hcp. Jest to możliwe, lecz najczęściej wynika z istnienia zanieczyszczeń w ich strukturach. W swoich eksperymentach Habilitant także próbował określić, czy w tak samoorganizującej się nanowyspie występuje german. W tym celu wykonał badania EELS wykazując, że w analizowanych warunkach złoto krystalizując w strukturze hcp jest pozbawione wtrąceń atomów germanu. Inną ciekawą obserwacją jest stabilność tej fazy w wiązce elektronowej, co jest nietypowe. Interesujące byłoby powtórzenie tych badań po kilku latach, aby stwierdzić czy doszło do relaksacji (transformacji) tych struktur i czy nadal struktury te są odporne na działanie wiązki elektronowej. W podsumowaniu omawianej pracy Habilitant zaproponował mechanizmy formowania się tej nowej fazy i przedstawił diagram fazowy z uwzględnieniem wykrytej nietypowej struktury Au.

Należy dodać że praca została zaakceptowana w Scientific Report i ma obecnie 26 cytowań (2022), dodatkowo analiza parametrów sieci otrzymana ze świetnych zdjęć HAADF została jako ogólnodostępny plik CIF w bazie danych struktur krystalograficznych. Jest to poważne osiągnięcie naukowe Autora

W następnej pracy opublikowanej w Nanoletters zatytułowanej: „Retrieving the quantitative chemical information at nanoscale from scanning electron microscope energy dispersive X-ray measurements by machine learning”, Habilitant jest zarówno pierwszym autorem jak i autorem korespondencyjnym. Dotyczy ona już układów InSb i moim zdaniem mogłaby być zaprezentowana w późniejszej kolejności, a przynajmniej po publikacji [H7], która jakoby zamyka badania układu Au – Ge.

Dlatego też przeskoczę do omówienia pracy [H7], w której, Habilitant również jako pierwszy i także korespondencyjny autor implementuje metodę analizy obrazów mikroskopowych w oparciu o technikę lokalnej transformacji Fouriera powiązaną z metodami Machine Learning i usprawnia proces analizy zdjęć HR HAADF. W tym przypadku wykorzystuje program do różnicowania fazy fcc od hcp, by zidentyfikować obszary ich występowania w sposób automatyczny. Uzyskane wyniki mają walor ogólny ponieważ można

się spodziewać, że program jest na tyle elastyczny i ogólnie sformułowany, iż będzie przydatny do różnicowania także innych faz dla zdjęć wysokorozdzielczych otrzymanych technikami TEM i STEM. Idea została elegancko i przejrzyście zaprezentowana w autoreferacie, a praca zawierająca szczegóły techniczne umożliwiające implantacje metody była opublikowana w branżowym czasopiśmie dla mikroskopistów Micron i moim zdaniem będzie użyteczna dla osób, które analizują zdjęcia w wysokiej rozdzielczości. Tym bardziej, że Habilitant udostępnił ją dla szerszego ogółu użytkowników w repozytorium Mandelley Data.

Następne prace dotyczące badań nad samoorganizacją układów złota zostają rozszerzone na układy wieloskładnikowe z grupy półprzewodników AIII – BV takich jak INSb, InAs, GaSb, GaS oraz GaP. Kryterium doboru tych półprzewodników związane jest z ich potencjalnym zastosowaniem w układach elektronicznych także tych o wysokich stopniach integracji. Są to częściowo powtórzone, ale też rozszerzone badania jakie zostały przez Habilitanta przeprowadzone dla germanu. Odnoszą się one do bardziej złożonych, nowych struktur wpływających na sposób samoorganizacji atomów złota. W pracy [H6] zatytułowanej: „Nanostructure Phase and interface engineering via controlled Au self-assembly on GaAs (001) Surface” opublikowanej w Applied Surface Science, Habilitant jest drugim autorem ale należy podkreślić, także korespondencyjnym. Praca ta jest bardziej zaawansowana technicznie, prezentująca trudniejsze eksperymenty co bez wątpienia wynika z faktu, że pewne podstawowe techniki wraz z metodyką badań zostały już wcześniej przez Autora opanowane. W pracy przeprowadzono statystykę zmienności parametrów morfologicznych od temperatury wykazując, że temperatura ok. 798K jest parametrem różnicującym sposób wzrostu nanostruktur. W tej pracy nie zastosowano EELS, lecz wykorzystano spektrometrię EDX by wyznaczyć ilościowo skład chemiczny powstałych nanostruktur. Dekonwolucja sygnału EDX z wykorzystaniem Machine Learning pozwoliła na wyznaczenie składu fazowego w zależności od temperatury samoorganizacji. Zaobserwowano, że w wąskim oknie temperatury podłoża, około 798 K, powstają nanostruktury fazy AuGa o kształcie typu kwadratów/prostokątów, podczas gdy dla wyższych temperatur osadzania, obserwuje się dobrze ukształtowane ośmiokątne nanowyspy o wielkości około 100 nm,. Habilitant korzystając z otrzymanych wyników wyznaczył także średnią energię aktywacji dla dyfuzji atomów złota na zrekonstruowanej powierzchni GaAs wraz z określeniem najmniejszego stabilnego rozmiaru klastra. Końcowo wyznaczono diagramy fazowe dla wszystkich zaobserwowanych nanostruktur wraz z uwzględnieniem granicy międzyfazowej.

Artykuł opatrzony w autoreferacie symbolem [H8]: „Towards the understanding of the gold interaction with AIII-BV semiconductors at the atomic level” jest jedną z najbardziej rozbudowanych prac pod względem liczby przebadanych materiałów i podparta jest obliczeniami teoretycznymi bazującymi na metodach DFT. Warto dodać, że i tutaj Habilitant jest pierwszym a także korespondencyjnym autorem pracy. Została ona opublikowana w Nanoscale, ale pomimo bardzo prestiżowego czasopisma jest rzadko cytowana (5 cytowań do 2022) Tu podzielę się moim trochę smutnym przemyśleniem, że w czasach „twitterowej” komunikacji z pracami starannymi i pełnymi wygrywają krótkie komunikaty. W pracy tej Autor podjął się próby usystematyzowania oddziaływania atomów Au z powierzchniami aż sześciu

półprzewodników – trzech związków indu: InSb, InAs, InP oraz trzech z grupy Ga: GaSb, GaAs, GaP. Dla wszystkich układów przeprowadzono badania SEM i AFM morfologii oraz wykonano przekroje poprzeczne używając zogniskowanej wiązki jonów galu (FIB) co pozwoliło na identyfikację fazową każdej zaobserwowanej struktury. Dla jednego przypadku - Au/InSb zaobserwowano obszar przenikania złota do matrycy InSb. Habilitant podjął się próby ilościowego opisu zaobserwowanej dyfuzji atomów złota do sieci atomowej InSb korzystając z obrazu z detektora HAADF, którego kontrast jest proporcjonalny do liczby atomowej oraz grubości próbki. O ile założenie, że grubość próbki w tak małym obszarze powinna być jednakowa jest jak najbardziej poprawne, to pojawia się inny problem. Po pierwsze kontrast dla lekkich pierwiastków jest proporcjonalny do drugiej potęgi Z , ale im bardziej rośnie liczba atomowa, tym odchylenie od tej prawidłowości może być większe czyli im cięższy pierwiastek tym ekranowanie jądra przez elektrony będzie większe. Wykorzystanie eksperymentalnych wzorców intensywności może być niezbyt dokładne. Jest to trudny do przezwyciężenia problem w symulacjach obrazów wysokorozdzielczych HAADF, wymagający uwzględnienia wielu zmiennych. Dodatkowo często występuje dość uciążliwy i indywidualny problem detektora HAADF. Gdy wstawimy wzorec w postaci płaskorównoległej płytki z czystego pierwiastka to jednak zaobserwujemy zmianę w kontraście, której amplituda będzie modelowana sinusoidą lub funkcją do niej zbliżoną. Detektor HAADF jest zasilany napięciem kilkuset woltów i niestety nie ma idealnych zasilaczy, dlatego też zwykle obserwuje się tętnienia, a im bardziej starsza elektronika tym tętnienia są bardziej zauważalne. Dlatego też wyznaczenie Au w matrycy może być obarczone pewnym błędem, co nie znaczy, że przeprowadzone badania są niewiarygodne. Zaprezentowano w nich dobre i rzetelne eksperymentalne podejście, jednakże zastanowiłbym się nad uwzględnieniem w opracowaniu wyników powyżej zasygnalizowanych niedomagań aparatury i być może nałożenia na obraz jeszcze jednej siatki, która zniweluje tętnienia zasilania. Ponadto antymon, obok indu to z punktu widzenia operatora mikroskopu najbardziej problemowe dla TEM pierwiastki. Jest to znany od lat problem - rozmycie się studni kwantowych wzbogaconych indem spowodowane wyłącznie kilkusekundowym faktem obserwacji. Ten związek może być niestabilny na tyle, że dyfuzja złota zachodzi w trakcie obserwacji TEM.

Zasygnalizowane powyżej wątpliwości nie znajdują jednak silnego potwierdzenia, ponieważ końcowo otrzymany wynik rozkładu atomów złota został porównany z obliczeniami DFT i uzyskał zadowalającą zgodność. Wykorzystując techniki MDS oraz K-Means zostały znalezione relacje, które w podsumowaniu pracy zostały wykorzystane przez Habilitanta do podkreślenia różnicy w oddziaływaniu złota ze związkami galu oraz indu. Wyróżniłbym tu rysunek „Fig.6” z pracy [H8] jako bardzo klarowny i syntetyczny sposób prezentowania wyników.

Wracając do pracy [H5], którą należy zaliczyć do prac typu „metodyka”. Wiadomo, że koszty badań TEM są wysokie i często wymagają kosztownej i czasochłonnej preparatyki na przykład wykonania preparatów w postaci lameli. W swoim zamyśle Habilitant zaproponował zastąpienie takich badań odpowiednio zmodyfikowanymi pomiarami wykorzystującymi ogólnie dostępny i znacznie tańszy SEM wyposażony w detektor EDX. W tym celu należało zmierzyć się z ogólnie znanym problemem niedostatecznej rozdzielczości obrazu wynikającej

z tego, że mapy dystrybucji danego pierwiastka z preparatu o dużej grubości zawierają sygnał zarówno z interesującej powierzchni jak i z poważnej objętości podłoża. Odseparowanie analitycznego sygnału od niechcianego szumu wydaje się w tym przypadku niemal niewykonalne, ale warto dodatkowego wysiłku. Habilitant podejmując się tego trudu postanowił analizować dane uzyskane z EDX przy użyciu algorytmów Machine Learning. Sformułowane procedury okazały się skuteczne i w końcowym efekcie pozwoliły na dekonwolucję sygnałów, odfiltrowanie szumu od informacji i określenie składu chemicznego struktur o rozmiarach nanometrów.

W skrócie można stwierdzić, że algorytmy zaproponowane przez Autora oparte o separację sygnałów z różnych głębokości próbki okazały się skuteczne. Zastosowanie BSS (ślepej separacji sygnałów) w formie dekompozycji macierzowej non-Negative Matrix Factorization pozwala na uzyskanie czystych, niezmiyszanych sygnałów z widma EDX oraz odpowiadających im map przestrzennych. Końcowo można użyć standardowej metody ZAF by dokonać kwantyfikacji sygnałów dla poszczególnych pierwiastków otrzymując ilościowy ich skład chemiczny w nanostrukturze. O ile metoda jest tańsza to jednak pozostaje pewien niedosyt w jakości otrzymanych końcowo obrazów zwłaszcza, że obecnie nanodrut buduje się z wielu warstw o zróżnicowanych własnościach magnetycznych i elektrycznych. Wydaje się że metoda wymaga dalszego doskonalenia aby w pełni sprostać dzisiejszym wymaganiom technicznym badania nanostrukturalnych materiałów.

Ostania praca [H9]: "Into the origin of electrical conductivity for the metal-semiconductor junction at the atomic level." to praca dotycząca zagadnienia zastosowania złota jako kontaktu elektrycznego. Została opublikowana w Applied Surface Science, Habilitant jest w niej przedostatnim autorem, ale także korespondencyjnym. Praca ta oprócz ważnego wkładu naukowego w badania mikro- i nanaozłączy elektrycznych tworzonych pomiędzy półprzewodnikiem i metalem ma duży potencjał aplikacyjny ułatwiający wytwarzanie dobrze działających połączeń elektrycznych w obrotach elektronicznych o wielkiej skali integracji.

Moja ocena staranności edytorskiej i poprawności językowej autoreferatu jest bardzo dobra. Trudno doszukać się w nim nawet drobnych błędów. Dla porządku przytoczę kilka z nich: w jednostkach temperatury podawanej w stopniach Celsjusza brakuje „stopnia”, jest 360 C, a powinno być 360 °C. Niezręcznością językową jest użycie żargonowego określenia „zfokuszowana” zamiast zogniskowana wiązka przy omawianiu techniki FIB. Zauważyłem też niekonsekwencję w zapisie wyrazów z przedrostkiem nano. Wydaje mi się, że poprawna forma to zapisywanie tego przedrostka bez myślnika czyli nanowyspy i nanopręty podobnie jak nanorurki i inne nanostruktury. O tych niedociągnięciach wspominam wyłącznie z recenzenckiego obowiązku, ponieważ nie mają one istotnego wpływu na ocenę edycji Autoreferatu. Dla jego wartość merytorycznej w ogóle nie mają znaczenia.

Ocena działalności naukowej

Jak już zaznaczyłem we wstępie osiągnięcia naukowe Habilitanta są ponadprzeciętne. Dane scientometryczne byłyby wystarczające nie tylko do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego, ale także są wystarczające do uzyskania tytułu naukowego

profesora. Inne aspekty działalności naukowej takie jak uczestnictwo w wykonaniu dużych grantów naukowych, kierowanie grantami, kreowanie nowych zajęć dydaktycznych są również bardzo bogate. W dostępnych mi materiałach nie znalazłem informacji o kierowaniu pracami magisterskimi i licencjackimi, ale stanowisko promotora pomocniczego w obronionym doktoracie jest dowodem umiejętności naukowej współpracy dr Janego ze studentami.

Doświadczenia zdobyte podczas licznych krótkich staży i szkoleń naukowych w placówkach zagranicznych i polskich oraz długoterminowy pobyt w Forsungszentrum-Jeulich stanowią bardzo ważny element kształtowania się osobowości naukowca. To dodatkowe argumenty świadczące o gotowości Habilitanta do podjęcia samodzielnej aktywności naukowej.

Charakterystyka dorobku dydaktycznego

W tej części recenzji świadomie użyłem słowa „charakterystyka” ponieważ najważniejszą oceną dorobku dydaktycznego dr Janego jest bardzo dobra ocena otrzymana od studentów uczestniczących w zajęciach. Z recenzenckiego obowiązku dodam, że Habilitant prowadził zajęcia laboratoryjne, wykazał inicjatywę w rozwoju dydaktyki przez stworzenie nowego kursu dla studentów i doktorantów i wydaje się, że jest gotowy do podjęcia się prowadzenia kursowego kierowanego do studentów fizyki i chemii lub specjalizacyjnego wykładu z dziedzin związanych z inżynierią materiałową, mikroskopią elektronową lub pokrewnych. Uczestnictwo w nadprogramowych zajęciach popularyzujących naukę upewnia mnie, że dydaktyka jest aktywnością doceniana i lubiana przez dr Janego, a nie jest jedynie obowiązkiem wynikającym z zatrudnienia na stanowisku akademickim.

Ocena dorobku organizacyjnego

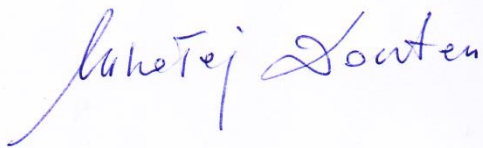
Z przedstawionych w autoreferacie informacji wynika, że pan dr Jany jest zaangażowany w naukowo administracyjną działalność macierzystego Wydziału. Od kilku lat jest członkiem Rady Wydziału Fizyki i Rady Instytutu Fizyki UJ. Jest osobą koordynującą działania międzynarodowej sieci PCMA. Za swoje zaangażowanie w różne aspekty działalności Uniwersytetu Jagiellońskiego otrzymał dwie nagrody Rektora i nagrodę Dziekana Wydziału Fizyki.

Wnioski końcowe

Zaprezentowany dorobek naukowy dr Benedykta Janego, osiągnięcia dydaktyczne oraz działalność organizacyjna wskazują wyraźnie, że jest on już naukowcem dojrzałym, doskonale zorientowanym w swojej dziedzinie naukowej. Ogromną zaletą Habilitanta jest otwartość na zmianę tematu badawczego, co widać w różnorodności dorobku naukowego. Świadczy to o otwartości intelektu i uzyskaniu zdolności do samodzielnego wyboru tematyki badawczej, gotowości do budowania własnego zespołu i możliwości skutecznego składania wniosków grantowych, czyli spełnieniu wymogów stawianych samodzielnym pracownikom

naukowym. Zdobyte doświadczenie w wykonywaniu dużych grantów naukowych, umiejętność kierowania mniejszymi daje uzasadnioną nadzieję na skuteczne pozyskanie środków na realizację własnych pomysłów badawczych dzięki pozyskaniu subsydiów z organizacji wspierających badania. Biorąc pod uwagę kontakty naukowe z renomowanymi jednostkami naukowymi z zagranicy dr Jany może być współkierującym grantami europejskimi. Uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego niewątpliwie ułatwi mu taką działalność.

W ostatecznej konkluzji, na podstawie analizy cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym i biorąc pod uwagę cały dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny pana dr Benedykta Janego stwierdzam, że z nawiązką spełnia on wymagania ustawowe stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego zgodnie z ustawą: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.). W świetle powyżej przedstawionych faktów stawiam wniosek do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego o dopuszczenie dr Benedykta Janego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

A handwritten signature in blue ink, reading "Lucretia Zousten". The signature is written in a cursive, flowing style.