



**Instytut Fizyki Molekularnej  
Polskiej Akademii Nauk**  
Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań  
[www.ifmpan.poznan.pl](http://www.ifmpan.poznan.pl)  
tel. 61 8695 100, fax 61 8684 524

Poznań, 01.10.2019 roku

Prof. dr hab. Jan Martinek,

Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu

**Ocena osiągnięcia naukowego:**

„Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych”

**oraz dorobku naukowego, dr Anny Sitek**

zatrudnionej w Katedrze Fizyki Teoretycznej na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej w związku z postępowaniem  
**o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.**

**Informacje ogólne o Kandydatce i jej działalności dydaktyczno-organizacyjnej**

Dr Anna Sitek ukończyła studia magisterskie w 2006 roku na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Pracę magisterską pod tytułem „Dekoherencja stanów ładunkowych zlokalizowanych w układach kropek kwantowych” przygotowała pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Pawła Machnikowskiego. Po ukończeniu studiów kontynuowała pracę naukową jako doktorant na tym samym wydziale oraz na Technical University of Berlin, gdzie współpracując z grupą Nonlinear optics and quantum electronic profesora Andreea Knorra spędziła rok akademicki 2008/2009 prowadząc badania w ramach pracy doktorskiej. W roku 2010 obroniła pracę doktorską zatytułowaną „Efekty kolektywne w emisji spontanicznej z podwójnych kropek kwantowych”, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Pawła Machnikowskiego. W tym samym roku uzyskała stopień doktora nauk fizycznych nadany przez Radę Instytutu Fizyki Politechniki Wrocławskiej.

Działalność naukowa Habilitantki była dalej związana z Instytutem Fizyki Politechniki Wrocławskiej, gdzie po doktoracie otrzymała Ona stanowisko asystenta naukowo-dydaktycznego, a w 2013 roku zatrudniona została jako adiunkt. W okresie tym odbyła dwa staże podoktorskie w latach 2014-2016 w Science Institute, University of Iceland

w Reykjavíku na Islandii oraz w latach 2016-2018 w School of Science and Engineering i Nanophysics Center, Reykjavik University, również w Reykjavíku na Islandii.

Dzięki tej aktywności dr Anna Sitek miała możliwość uczestniczenia w trzech krajowych projektach naukowych finansowanych przez NCN oraz MNiSW, kierowanych przez prof. dr hab. inż. Pawła Machnikowskiego. Wzięła też udział w roli wykonawcy w czterech projektach zagranicznych, kierowanych przez prof. Tilmann Kuhn (Niemcy), prof. Andrei Manolescu (Islandia) i prof. Vidar Gudmundsson (Islandia). Uzyskała też 3 stypendia, 2 w ramach Politechniki Wrocławskiej i jednego zagranicznego (DAAD). Z przedstawionych informacji wynika, że Kandydatka w trakcie pracy badawczej dotychczas nie uzyskała samodzielnego grantu (kierownik grantu).

Jej praca naukowa została wyróżniona dwoma stypendiami Ministra Edukacji Narodowej i MNiSW, Nagrodą Rektora Politechniki Wrocławskiej (2011), z czego jedno stypendium dotyczyło badań prowadzonych w ramach doktoratu.

Współpracowała i opiekowała się dwoma magistrantami w Science Institute, University of Iceland oraz czterema doktorantami – jednym z Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej oraz trzema z University of Iceland oraz, School of Science and Engineering, Reykjavik University. Prowadziła też szereg zajęć dla studentów na Politechnice Wrocławskiej. Brała też udział w wykładach popularyzujących naukę.

### **Ocena całego dorobku naukowego**

Dorobek naukowy dr Anny Sitek, łącznie z 7 pracami wchodzącymi w skład rozprawy habilitacyjnej, obejmuje 28 publikacji w czasopismach z bazy Web of Science (z czego 22 w czasopismach za 30 i więcej punktów zgodnie z punktacją MNiSW), 5 artykułów w materiałach konferencyjnych oraz 1 rozdziału przeglądowego. Wśród tych 28 prac znajduje się również 8 prac wykonanych przed doktoratem. Wszystkie te publikacje to prace współautorskie. Trzeba podkreślić, że Kandydata do stopnia dra habilitowanego w połowie prac, w 14 (z tego 7, które wchodzi do rozprawy habilitacyjnej), jest pierwszym z współautorów i jej wkład w te prace jest dominujący, gdyż przekracza 50%. W pozostałych publikacjach (14) Habilitantka znajduje się na dalszej pozycji na liście autorów i jej udział w pracy nie przekracza 20%.

W działalności naukowej dr Anny Sitek można wyodrębnić dwa okresy. Okres pierwszy obejmuje lata przed uzyskaniem stopnia doktora w 2010 roku oraz okres do roku 2013. Był to okres bardzo aktywnej działalności publikacyjnej Kandydatki. W okresie przed

doktoratem ukazało się aż 8 prac naukowych i kolejnych 3 bezpośrednio po doktoracie z których 1 weszła do rozprawy habilitacyjnej. Prace te powstały we współpracy z promotorem prof. dr hab. inż. Pawłem Machnikowskim, oprócz jednej która powstała we współpracy z prof. Andreasem Knorrem z Technical University of Berlin. Drugi okres obejmuje lata od 2013 do 2018 roku, kiedy Kandydatka przebywała na kolejnych stażach podoktorskich w Science Institute, University of Iceland w Reykjavíku na Islandii oraz w School of Science and Engineering i Nanophysics Center, Reykjavik University, również w Reykjavíku na Islandii, gdzie powstało kolejnych 17 prac już we współpracy tylko zagranicznej, których współautorami wszystkich są częściowo razem dwóch opiekunów staży podoktorskich Habilitantki prof. Andrei Manolescu i prof. Vidar Gudmundsson. Prace te powstały bez udziału promotora pracy doktorskiej, co wskazuje na pełne usamodzielnienie się względem wcześniejszego promotora. Z tych 17 prac 6 prac weszło do zbioru prac habilitacyjnych.

Wśród prac przygotowanych po uzyskaniu stopnia doktora znajdują się artykuły opublikowane w dobrych czasopismach z dziedziny fizyki m.in.: *Nano Letters* (1), *ACS Photonics* (1), *Sci. Rep.* (1), *Physical Review B* (7), *Physical Review A* (1), *Nanotechnology* (1), *Comput. Phys. Commun.* (1), *Beilstein J. Nanotechnol.* (1), *Ann. Phys.* (3), i innych. Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy JCR zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 95. Całkowita liczba cytowań wynosi 181, a bez autocytowań 115. Jednakże ich dynamika sugeruje, iż może nastąpić ich dalszy wzrost w następnych latach. Indeks Hirscha podany w autoreferacie wynosi 6 i należy do raczej niewielkich jak na habilitację, ale obecnie w ciągu dziesięciu miesięcy wzrósł już do 8 co pokazuje znaczącą dynamikę cytowań.

Tematyka prac naukowych wchodzących do dorobku naukowego (z wyłączeniem prac wchodzących do habilitacji) obejmuje badania teoretyczne struktury elektronowej, własności transportowych i optycznych różnych nanostruktur – układów kropek kwantowych oraz nanodrutów o różnych geometriach.

Kandydatka podzieliła te prace, opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, na dwie grupy, z których pierwsza dotyczy prac związanych z tematem rozprawy habilitacyjnej, w których analizowano różne ciekawe zastosowania układów i wyników badanych w pracach habilitacyjnych. Miedzy innymi zbadano wpływ zewnętrznego pola magnetycznego, które może prowadzić do lokalizacji w tych układach. Szczególnie ciekawe prace dotyczą efektów indukowanego topologicznego nadprzewodnictwa w stanach krawędziowych nanodrutów dzięki zjawisku bliskości pochodzącego od nadprzewodzących elektrod. Co ciekawe dzięki lokalizacji elektronów wzdłuż ostrych krawędzi w nanodrutach,

takie stany mogą być traktowane jak wiązki kilku jednowymiarowych przewodników, które w obecności nadprzewodzących elektrod mogą prowadzić do powstawania pseudo stanów Majorany w takich układach. Badano również proces rekombinacji ekscytonów związanych w układach złożonych z dwóch sprzężonych kropek kwantowych oddziałujących z rezerwuarem fotonowym i fononowym.

Druga grupa dotyczy prac, powstałych po doktoracie nie związanych z tematyką głównego osiągnięcia naukowego, opisujących własności transportowych drutów i podwójnych kropek kwantowych umieszczonych we wnęce optycznej. Były to nanodrutu kwantowe bez lub z dodatkowo podłączonymi dwoma kropkami kwantowymi. Określono dwa zakresy, promienisty i niepromienisty, w ewolucji układu elektronów. Jednym z ciekawszych wyników może być zademonstrowanie, iż w prądach przepływających w tych układach można zaobserwować oscylacje Rabiego, oraz to, że oddziaływanie z fotonami może wzmocnić odpychające oddziaływanie Kulomba.

Dorobek naukowy obejmuje również prezentacje na konferencjach krajowych i zagranicznych. W tym zakresie dorobek dr A. Sitek wygląda dość dobrze. Habilitantka uczestniczyła łącznie w 18 konferencjach. W okresie ostatnich lat wygłosiła 9 referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych. W podsumowaniu całego dorobku dr Sitek, zawierającego się w 28 publikacjach, pragnę podkreślić dużą samodzielność Kandydatki, gdyż w połowie prac jest pierwszym współautorem oraz utrzymywanie intensywnej i twórczej działalności w całym okresie pracy naukowej. Jak można wnioskować z autoreferatu, działalność ta jest, i będzie, z powodzeniem kontynuowana.

**Ocena osiągnięcia naukowego (rozprawy habilitacyjnej) zatytułowanego "Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych", stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego.**

Rozprawa habilitacyjna "*Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych*" dr Anny Sitek dotyczy teoretycznych badań własności elektronowych i optycznych półprzewodnikowych kropek, pierścieni, oraz drutów kwantowych wykonanych z arsenku indu (InAs). W szczególności analizowany był wpływ geometrii tych struktur, ich kształtu oraz przestrzennego rozmieszczenia różnych elementów wchodzących w skład tych układów na ich własności fizyczne.

Całość osiągnięcia naukowego obejmuje 7 prac naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej. Z tych 7 prac, 3 prace są

dwuautorskie, a kolejne 2 są pracami z czterema autorami, a 2 ostatnie prace z sześcioma autorami. We wszystkich 7 pracach dr Sitek jest pierwszym autorem z przeważającym wkładem większym niż 60%.

Współautorem tylko 1 pracy jest prof. dr hab. inż. Paweł Machnikowski promotor pracy doktorskiej, z którego oświadczenia wynika, że jego wkład polegał na wykonaniu obliczeń do jednego rozdziału i późniejszej redakcji tego rozdziału. Również z oświadczeń Habilitanta można wywnioskować, że w tym przypadku jego wkład jest dominujący. Wszystkie 7 prac oprócz jednej omówionej powyżej są efektem pracy prowadzonej w ramach zagranicznych stażów podoktorskiego w ramach prowadzonej tam tematyki i prowadzonych w tych grupach grantów badawczych. Współautorami tych prac są liderzy zagranicznych grup badawczych.

Prace wchodzące w skład rozprawy opublikowane zostały w dobrych czasopismach: *Nano Letters* (1), *Sci. Rep.* (1), *Physical Review B* (2), *Physical Review A* (1), *Nanotechnology* (1) oraz *Comput. Phys. Commun.* (1).

W pracy [H1] badano zjawisko wzmacniania koherencji w układach podwójnych kropek kwantowych poprzez kolektywne oddziaływanie z rezerwuarem fotonów, które określa się jako koherencję indukowaną przez próżnię (*vacuum-induced coherence*). W układach składających się z kilku kropek kwantowych efekt ten może być czuły na niejednorodność parametrów kropek i ich struktury energetycznej, co może prowadzić do znacznego ograniczenia tego efektu. Autorka wykazała, że ten niszczący wpływ może być znacząco ograniczony poprzez włączenie sprzężenia pomiędzy kropkami, przy czym koniecznym warunkiem jest, aby w układzie kropek była również dyspersja ich momentów dipolowych, które decydują o prędkości rekombinacji promienistej.

W kolejnych dwóch pracach przeanalizowano układy kropek kwantowych o innych geometriach, trzech i czterech sprzężonych ze sobą kropek umieszczonych w wierzchołkach trójkątów i kwadratów. W układach tych badano tworzenie się stanów Dickego – zlokalizowanych stanów podpromienistych oraz tylko jednego zdelokalizowanego stanu nadpromienistego oraz ich własności, a także możliwości spontanicznej generacji splątanych stanów ekscytonowych.

W kolejnych pracach badane były pierścienie kwantowe wykonane z krótkich nanodrutów typu rdzeń-powłoka o przekrojach odpowiadających wielokątom foremnym, gdzie materiały rdzenia i powłoki są tak dobrane, aby elektrony zostały związane tylko w obszarze powłoki. Mogą to też być nanorurki o skończonej grubości otrzymane poprzez wytrawienie rdzenia. W układach tych pokazano, że wielokątny kształt takich pierścieni

kwantowych powoduje powstanie charakterystycznego układu dwu- i czterokrotnie zdegenerowanych poziomów energetycznych oraz prowadzi do nierównomiernego rozkładu elektronów wzdłuż obwodu pierścienia. Elektrony związane o niskich energiach zajmują w takich strukturach obszary narożne, natomiast elektrony o wyższych energiach znajdują się raczej na bokach wielokątów. Autorka wykazała, iż efekt ten osłabia się ze wzrostem liczby wierzchołków czyli najsilniejsze efekty związane z kształtem występują w przypadku struktur o najmniejszej liczbie wierzchołków czyli struktur trójkątnych. Tworzenie się takiej złożonej struktury elektronowej, występowanie stanów również wewnątrz przerwy energetycznej może umożliwiać absorpcję fotonów z różnych zakresów promieniowania elektromagnetycznego, co może prowadzić do ich zastosowania w budowie ogniw słonecznych czy nanoanten.

W kolejnych pracach pokazano, że absorpcja wielokątnych pierścieni kwantowych jest bardzo czuła na wartość indukcji zewnętrznego stałego pola magnetycznego, co umożliwia bezdotykową kontrolę własności optycznych tych układów.

W ostatniej pracy Habilitantka badała pojedyncze ekscytony związane w powłokach o wielokątnym przekroju poprzecznym, których opis wymagał uwzględnienia również pasma walencyjnego ze względu na charakter wzbudzenia ekscytonowego. Pojawiające się stany ekscytonowe w przerwie energetycznej pomiędzy pasmami, tak jak ich odpowiedniki w paśmie przewodnictwa badane w pracy [H.6] a wspomniane powyżej, mogą również prowadzić do wyjątkowych własności optycznych.

Siedem prac wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej jest raczej dobrze cytowanych, około 52 razy, biorąc pod uwagę, iż są one stosunkowo nowe - większa część powstała mniej niż pięć lat temu. Można mieć nadzieję, że ich rozpoznawalność w przyszłości jeszcze wzrośnie. Może trochę brakuje w dorobku pracy bez współautorstwa liderów grup, w których Habilitantka dotychczas pracowała czyli promotora pracy doktorskiej i dwóch liderów grup, w których była na stażach podoktorskich.

Niestety niezbyt wysoko można ocenić przewodnik po pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, gdyż pomimo że w tytule osiągnięcia znajduje się fraza „zależne od geometrii” to w opracowaniu nie zostały zamieszczone żadne rysunki ułatwiające czytelnikowi lepiej zrozumieć, które konkretnie geometrie są opisywane w pracy. Również brak wykresów opisujących najważniejsze rezultaty. Opracowanie moim zdaniem jest zbyt szczegółowe, to powinien być raczej przegląd najważniejszych wyników i ich znaczenia, a nie szczegółowy detaliczny opis uzyskanych wyników w kolejnych pracach, które bez wykresów i schematów jest słabo czytelny. Trudno też korzystać z rysunków z publikacji, gdyż do końca nie wiadomo, których wykresów dotyczy dany opis. W opracowaniu znajduje

się sporo błędów językowych, stylistycznych oraz literówek, co również utrudnia czytanie tekstu i może wskazywać na niewystarczającą staranność w przygotowaniu opracowania. W tekście jest szereg raczej niepoprawnych określeń np.: „kwadraty równoboczne”; zamiast „trójkąta równobocznego” powinno być określenie „trójkąt równoramienny”, gdyż autorzy zmieniają wartość jednego z kątów w tym trójkącie; wydaje mi się, że w j. polskim nie ma słowa „radianzny” – raczej chyba chodzi o „promienisty” czy „nadpromienisty”, itp.

Podsumowując prace stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego pragnę stwierdzić, że reprezentują one dobry poziom, a wkład Habilitanta jako osoby prowadzącej obliczenia, a następnie dokonującej analizy uzyskanych wyników, jest istotny. Przedstawiony cykl artykułów świadczy o dobrej znajomości własności elektronowych i optycznych półprzewodnikowych kropek, pierścieni oraz drutów kwantowych. Tworzą one również dobrą podstawę do kontynuacji prac badawczych w tym kierunku. Biorąc pod uwagę wszystkie uwagi pozytywne jak i krytyczne, przedstawione w jednotematycznym cyklu osiągnięcia naukowe oceniam jako wystarczające i spełniające wymagania stawiane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

### **Wniosek końcowy**

Przedstawione wyżej uwagi pozytywne jak i krytyczne pozwalają stwierdzić, że zarówno cykl prac oraz rozprawa habilitacyjna zatytułowana *”Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych”* jak i pozostały dorobek naukowy dr Anny Sitek spełniają wymagania stawiane przez Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym. W swoich pracach dr Anny Sitek uzyskała szereg interesujących wyników a tematyka jej prac niewątpliwie obejmuje ważne i aktualne zagadnienia fizyki półprzewodnikowych kropek, pierścieni, oraz drutów kwantowych istotnych również dla przyszłych nanotechnologii. Dlatego też pozytywnie oceniam pracę habilitacyjną i całość dorobku naukowego dr Anny Sitek. W związku z tym wnoszę o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej dr Anny Sitek i uważam za uzasadnione nadanie Autorce tej rozprawy stopnia doktora habilitowanego.

Prof. dr hab. Jan Martinek

