



**Opinia o rozprawie habilitacyjnej dr inż. Katarzyny Roszak  
„Wpływ otoczenia na koherencję i korelacje kwantowe w układach kropek  
kwantowych” oraz o jej dorobku naukowym, dydaktycznym i  
organizacyjnym**

Pani dr inż. Katarzyna Roszak ukończyła studia magisterskie na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej w 2004 roku. Pracę magisterską zatytułowaną „Dekoherencja informacji kwantowej w technologii kropek kwantowych” przygotowała pod opieką prof. dr. hab. inż. Pawła Machnikowskiego. Następnie rozpoczęła studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej, w trakcie których, również pod opieką prof. Machnikowskiego, prowadziła dalsze badania związane z problematyką kropek kwantowych i ich zastosowaniem w informatyce kwantowej. Wyniki badań prowadzonych w trakcie studiów doktoranckich zostały przedstawione w 9 publikacjach naukowych, które ukazały się w wiodących czasopismach naukowych (m.in. dwie prace w *Phys. Rev. B*, po jednej w *Phys. Rev. A* i *Phys. Lett. A*), oraz w rozdziale książki *Quantum Dots: Research Developments* wydanej przez Nova Science Publishers. Na podstawie uzyskanych wyników habilitantka przygotowała rozprawę doktorską pt. „Dekoherencja informacji kwantowej w technologii kropek kwantowych”, którą obroniła w 2008 roku. Dysertacja została wyróżniona Nagrodą Prezesa Rady Ministrów w 2009 roku.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych dr Roszak została zatrudniona na Politechnice Wrocławskiej, najpierw na stanowisku asystenta, potem specjalisty, a od 2014 roku jest adiunktem w Katedrze Fizyki Teoretycznej. Po doktoracie kandydatka kontynuowała i rozszerzała podjętą w trakcie doktoratu tematykę, skupiając się w ogólności na badaniu wpływu otoczenia na stany ładunkowe i spinowe oraz na analizie różnego typu korelacji kwantowych w układach opartych na kropkach kwantowych. Dorobek naukowy habilitantki obejmuje łącznie 29 artykułów naukowych, z czego po doktoracie powstało 19 prac. Łączna liczba cytowań wynosi 215 (175 bez autocytowań), a indeks Hirscha jest równy 7. Są to dobre parametry bibliometryczne, adekwatne dla obecnego etapu kariery naukowej kandydatki.

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego dr Roszak przedłożyła monotematyczny cykl publikacji zatytułowany „Wpływ otoczenia na koherencję i korelacje kwantowe w układach

kropek kwantowych”. Tematyka cyklu należy do intensywnie rozwijanego kierunku badań mechaniki kwantowej pod kątem możliwych zastosowań kwantowo-informatycznych. Badania przeprowadzono dla realistycznych układów opartych na kropkach kwantowych, w których możliwa jest realizacja stanów splątanych, co wymagało szerokiej wiedzy zarówno z teorii fizyki ciała stałego, jak i z informatyki kwantowej. Cykl składa się w szczególności z 8 prac opublikowanych w latach 2009-2015, z których 4 ukazało się w *Physical Review A*, 2 w *Physical Review B* oraz po jednej w *Europhysics Letters* i w *Scientific Reports*. Są to bardzo dobre czasopisma o zasięgu międzynarodowym, które w wykazie czasopism naukowych MNiSW zostały ocenione na 35 punktów (40 punktów dla *Scientific Reports*). Ponieważ wszystkie publikacje zostały opublikowane w czołowych czasopismach branżowych i były poddane wnikliwemu procesowi recenzji, nie będę ich tutaj ponownie szczegółowo omawiał, tylko pokrótce opiszę najistotniejsze zagadnienia, których dotyczą.

Głównym celem cyklu prac było przeprowadzenie kompleksowej analizy wpływu oddziaływania z otoczeniem na kubity realizowane na odpowiednich stanach półprzewodnikowych kropek kwantowych. Badano dwa rodzaje kropek kwantowych, tzw. samorosnące kropki kwantowe oraz elektrostatyczne kropki kwantowe. Pierwszy rodzaj kropek kwantowych tworzy się samoistnie podczas nanoszenia warstwy półprzewodnika na inny półprzewodnik o nieznacznie różnej stałej sieciowej. Natomiast elektrostatyczne kropki kwantowe są tworzone w heterostrukturach półprzewodnikowych z dwuwymiarowego gazu elektronowego poprzez odpowiednie przyłożenie potencjałów bramkujących. Takie kropki kwantowe dają większą możliwość kontroli poszczególnych parametrów układu. W cyklu habilitacyjnym badano wpływ dekoherencji fononowej oraz oddziaływania z polem nadsubtelnym na kubity oparte na stanach ekscytonowych lub spinowych kropek kwantowych.

Wszystkie publikacje wchodzące w skład cyklu są wieloautorskie. Prace H1, H4 i H7 powstały w ścisłej współpracy z promotorem kandydatki - prof. Machnikowskim. Artykuły H2, H3, H5, H6 powstały we współpracy z prof. P. Horodeckim z Politechniki Gdańskiej, natomiast praca H8 została opublikowana we współpracy z prof. T. Novotnym z Uniwersytetu Karola w Pradze. Pierwsza i ostatnia publikacja dotyczy badania wpływu dekoherencji fononowej na kubity spinowe w układach podwójnych kropek kwantowych (H1) oraz kubity ekscytonowe w pojedynczych kropkach kwantowych (H8). Ciekawym wynikiem jest pokazanie, iż stopień dekoherencji kubitu ekscytonowego może zostać zminimalizowany poprzez dokonanie dodatkowego pomiaru, który wpływa korzystnie na asymptotyczny stopień koherencji kubitu. W przypadku kubitów singletowo-trypletowych w podwójnych kropkach kwantowych pokazano, iż sprzężenie elektron-fonon prowadzi do czystej dekoherencji fazowej, która nie zależy od spinu i jest istotna także w niskich temperaturach. Wyznaczony teoretycznie czas dekoherencji wynikający z tego oddziaływania jest rzędu mikrosekund i zgadza się z danymi eksperymentalnymi. Kubity spinowe realizowane w podwójnych kropkach kwantowych stanowiły także przedmiot badań prac H4 i H7. Pierwszy artykuł dotyczy analizy wpływu dekoherencji fononowej na charakterystyki transportowe kwantowego kontaktu punktowego, który umożliwia dokonanie pomiaru stanów singletowych i trypletowych w podwójnej kropce kwantowej. Poprzez wyznaczenie funkcji korelacji prądu i czynnika Fano pokazano, iż silne sprzężenie elektron-fonon redukuje

rozdzielność stanów singletowych i trypletowych, co zmniejsza użyteczność protokołu pomiaru. Z kolei w pracy H7 wykazano, iż rozdzielność powyższych stanów może zostać wzmocniona wraz ze wzrostem temperatury. Artykuły H2, H3, H5, H6 dotyczą badania wpływu otoczenia na splątanie oraz dysonans kwantowy kubitów ekscytonowych i spinowych. Habilitantka przeanalizowała między innymi wpływ pola magnetycznego na dekoherencję kubitów w układzie dwóch kropek kwantowych. Pokazano między innymi, że czas nagłej śmierci splątania zależy w sposób niemonotoniczny od wielkości pola magnetycznego, co pozwoliło zaproponować nowe potencjalne zastosowanie badanego układu w magnetometrii.

W pięciu publikacjach cyklu habilitacyjnego kandydatka jest pierwszym autorem. Świadczy to o jej decydującym wkładzie w powstanie tych prac, co jest potwierdzone w oświadczeniach współautorów. Natomiast w pozostałych trzech artykułach dr Roszak jest drugim autorem. Zdziwiło mnie uwzględnienie w cyklu habilitacyjnym publikacji, w których wkład kandydatki raczej nie jest wiodący. Chodzi w szczególności o prace H4, H5 i H6, gdzie pierwszym autorem jest doktorant, którego kandydatka jest/była promotorem pomocniczym. Jak wynika z załączonych oświadczeń, rachunki do powyższych prac zostały wykonane przez doktorantów pod opieką kandydatki. Ponadto, artykuły H5 i H6 zostały przedstawione w cyklu publikacji stanowiącym dysertację dra Pawła Mazurka. Uważam, iż prace H4-H6 faktycznie stanowią istotny wkład do dorobku naukowego i dydaktycznego dr Roszak, natomiast trudno traktować je jako osiągnięcie naukowe samej już kandydatki. Zastanawiające jest dlaczego do cyklu habilitacyjnego nie włączono dwuautorskich prac E1 i E10, gdzie dr Roszak jest pierwszym autorem. Mankament ten w pewien sposób rekompensują pozostałe prace, gdzie wkład habilitantki jest zdecydowanie wiodący.

Z recenzenckiego obowiązku chciałbym zwrócić uwagę na jeszcze jeden problem. Acz można polemizować z wymogiem określania procentowego wkładu w powstanie danej publikacji, to jednak należy oszacować go rzetelnie. I tak, w pracy H7 (autorzy: Roszak, Marcinkowski, Machnikowski) dr Roszak określa swój wkład na 90%. Wkład ten wydaje się przeszacowany, ponieważ rachunki niezbędne do pracy wykonał drugi autor, jak wynika z jego oświadczenia. Podobnie zastanawiać może określenie wkładu na 65% przy pracy H4 (autorzy: Marcinkowski, Roszak, Machnikowski, Krzyżosiak). Ponieważ kolejność autorów nie jest alfabetyczna, należałoby oczekiwać, że największy wkład ma pierwszy autor, który, jak sam pisze, wykonał rachunki pod opieką dr Roszak i przygotował pierwszą wersję manuskryptu.

Jeżeli chodzi o pozostały dorobek naukowy kandydatki, to pewien niedosyt pozostawia fakt, że składają się na niego głównie prace z okresu przed doktoratem. Po doktoracie, poza cyklem publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną, dr Roszak przedstawia listę 9 prac w recenzowanych czasopismach naukowych, jeden rozdział przeglądowy w książce oraz dwie prace pokonferencyjne opublikowane w *AIP Conference Proceedings*. Niestety spośród wymienionych 9 prac, 6 publikacji to raczej krótkie prace pokonferencyjne, przy czym 5 z nich jest z konferencji „Jaszowiec” *International School and Conference on the Physics of Semiconductors*. Na uwagę natomiast zasługują prace E1 i E10, opublikowane odpowiednio w *Phys. Rev. A* i *EPL*, powstałe we współpracy z prof. Ł. Cywińskim oraz praca



doświadczalno-teoretyczna E2 opublikowana w *Scientific Reports* we współpracy z prof. R. Haugiem i prof. T. Novotnym. Te trzy prace stanowią główny przyczynek do dorobku naukowego kandydatki opublikowanego po doktoracie. Ponieważ ukazały się one w wysoko punktowanych czasopismach, rekompensuje to w pewien sposób mniejszą liczbę publikacji.

Istotny dla oceny dorobku naukowego habilitantki oraz Jej samodzielności naukowej jest niewątpliwie fakt, iż była ona kierownikiem jednego projektu NCN. Dr Roszak była także głównym wykonawcą w kilku innych projektach: trzech z NCN, w projekcie TEAM FNP, a także w jednym projekcie MNiSW. Ponadto, kandydatka uczestniczyła w *Research Group Linkage Grant* z Fundacji im. A. von Humboldta oraz w dwustronnym, czesko-niemieckim grantcie. Wyniki badań prezentowała na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych, w formie referatów proznych, referatów i plakatów, a także na seminariach wygłoszonych w różnych grupach badawczych w kraju i za granicą. Na uznanie zasługuje dość szeroka współpraca naukowa, poparta publikacjami i wspólnymi grantami. Dr Roszak za swoje dotychczasowe osiągnięcia naukowe została wyróżniona nagrodą Rektora Politechniki Wrocławskiej (2009), Nagrodą Premiera za doktorat (2009) oraz Stypendium Start FNP (2011). Z rekomendacji FNP brała również udział w spotkaniu z laureatami Nagrody Nobla w Lindau w 2012 roku. Kandydatka odbyła także kilka zagranicznych staży naukowych. Już w trakcie studiów magisterskich w ramach programu Socrates-Erasmus wyjechała na Uniwersytet w Hanowerze, następnie w trakcie studiów doktoranckich przebywała na Uniwersytecie w Muenster w ramach stypendium DAAD. Natomiast po doktoracie blisko dwa lata spędziła na Uniwersytecie Karola w Pradze.

Jeżeli chodzi o osiągnięcia dydaktyczne kandydatki, prowadziła Ona wykłady i ćwiczenia z Fizyki ogólnej 1 i 2, ćwiczenia do Mechaniki kwantowej i Zaawansowanej mechaniki kwantowej oraz Laboratorium podstaw fizyki. Dr Roszak była promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich oraz opiekunem prac dyplomowych dwóch studentów. Habilitantka uczestniczyła również w organizacji konferencji *20th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensionnal Systems* oraz *Polish-German Workshop on the Optical Properties of Nanostrucutres*, które odbyły się we Wrocławiu.

**W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowane osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny spełniają kryteria określone w art. 16 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Dlatego też popieram wniosek o nadanie dr inż. Katarzynie Roszak stopnia naukowego doktora habilitowanego.**

  
dr hab. Ireneusz Weymann