

Ocena osiągnięć i aktywności naukowej dr Katarzyny Roszak w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

Jako podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych pani dr Katarzyna Roszak przedstawiła osiągnięcie naukowe w postaci cyklu ośmiu prac oryginalnych pod wspólnym tytułem *Wpływ otoczenia na koherencję i korelacje kwantowe w układach kropek kwantowych*.

Prace składające się na osiągnięcie naukowe zostały opublikowane w latach 2009-2015 w bardzo dobrych czasopismach o zasięgu światowym: *Physical Review A i B* (6 prac), *EPL* (1 praca) oraz *Scientific Reports* (1 praca). Wszystkie prace są wieloautorskie. Oświadczenia współautorów zgodnie wskazują na decydujący wkład pani dr Roszak w ich powstanie i redakcję. Prace stanowią spójny cykl publikacji połączonych wspólną tematyką. Znalazły one spory rezonans w literaturze światowej – były dotychczas cytowane 45 razy, co jest liczbą znaczną, z uwagi na niedługi okres, jaki upłynął od ich publikacji.

Całkowity dorobek publikacyjny pani dr Roszak obejmuje ponad 30 prac oryginalnych, cytowanych ponad 180 razy (bez autocytowań). Index h pani dr Roszak wynosi 7 (wszystkie dane bibliograficzne na podstawie Web of Science z 20 kwietnia 2016). W autoreferacie pani dr Roszak podaje również tzw. „całkowity impact factor” wynoszący w jej wypadku 46,155. Ponieważ nie wiem co i po co wskaźnik ten mierzy, a w szczególności, z czym miałbym go porównać, podaję jego wartość wyłącznie z obowiązku recenzenckiego, czując się do tego zobligowanym stosownym rozporządzeniem MNiSW.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Cykl ośmiu prac składających się na zaprezentowane przez panią dr Roszak osiągnięcie naukowe poświęcony jest kilku aspektom dekoherencji w kropkach kwantowych. Problematyka ta jest ważna z punktu widzenia ewentualnych, kwantowo-informatycznych zastosowań (układów) kropek kwantowych. Kontrola dekoherencji, a więc zaniku kwantowego charakteru stanów układu, jest kluczowym zagadnieniem, z którym konfrontowane są planowane urządzenia mające stanowić konkurencję dla klasycznych układów przetwarzania i przesyłania informacji. Tylko w wypadku, gdy uda się odpowiednio kontrolować wpływ otoczenia powodujący dekoherencję, możemy liczyć na skuteczne wykorzystanie mechaniki kwantowej do pokonania klasycznych ograniczeń na efektywność, bezpieczeństwo i szybkość przetwarzania informacji. Układy kwantowe skonstruowane za pomocą struktur ciała stałego, takich jak kropki kwantowe, stanowią obiecujące rozwiązania w zakresie informatyki kwantowej. Dlatego więc, badania ich nabrały w ostatnim okresie szczególnej intensywności. Wyniki uzyskane przez panią dr Roszak dobrze się w tym nurcie sytuują i bez wątplenia stanowią ważne osiągnięcie.

W sposób naturalny cykl ośmiu prac pani dr Roszak można podzielić na dwie grupy: 1) prace [H1], [H4], [H7] i [H8] oraz 2) [H2], [H3], [H5] oraz [H6]. Prace pierwszej grupy dotyczą samego procesu dekoherencji w najprostszycy układach (jedno-kubitowych), podczas gdy w pracach z drugiej grupy podstawowym zagadnieniem jest wpływ dekoherencji na zanik splątania w układach złożonych.

Praca [H1] dotyczy dekoherencji kubitów zbudowanych z kropek kwantowych w wyniku oddziaływania z fononami. W takich układach realizowany jest najbardziej elementarny proces dekoherencyjny, (tzw. dekoherencja fazowa), w którym niezmiennie pozostają obsadzenia stanów (diagonalne elementy macierzy gęstości), natomiast oddziaływanie powoduje zanik koherencji kwantowych (elementów pozadiagonalnych). Najważniejszym wynikiem pracy [H1] jest pokazanie mechanizmu dekoherencji fazowej w kubicie spinowym, tzn. układzie, w którym stany kubitów wyznaczone są przez spinowe stopnie swobody. W rozpatrywanym wypadku, układem takim jest tzw. podwójna kropka kwantowa, a stanami kubitów są stan singletowy i trypletowy dwóch elektronów w dwóch kropkach kwantowych. W takim układzie dekoherencja kwantowa powinna być mało istotna ze względu na brak bezpośredniego oddziaływania spinowo-fononowego. W pracy pokazano jednak, że dekoherencja fazowa, w tym wypadku zanik koherencji w superpozycji stanu singletowego i trypletowego, w istocie występuje w takim układzie. Jest ona skutkiem tego, iż rozpraszanie fononów zależy od stanu (singletowego lub trypletowego) kropki. Mechanizm ten nie jest zależny od oddziaływania spinów, nie da się więc kontrolować (w tym wypadku zneutralizować) metodami inżynierii materiałowej. Jest to wynik istotny z punktu widzenia potencjalnych zastosowań.

W pracach [H4] i [H7] poświęcone są analizie wpływu fononów na pomiar stanu opisanego powyżej singletowo-trypletowego kubitów spinowego zbudowanego na bazie podwójnej kropki kwantowej. Zasadniczym wynikiem pracy [H4] jest pokazanie, że analizowane uprzednio sprzężenie z fononowymi stopniami swobody prowadzi do redukcji rozróżnialności stanów kubitów, niezbędnej w zaproponowanym schemacie pomiarowym wykorzystującym styk punktowy. W pracy [H7] pokazano w jaki sposób analizowana wcześniej dekoherencja fononowa (zgodna dla efektywności pomiaru w niskich temperaturach, jak wykazano w pracy [H4]) wspomaga rozróżnialność stanów w wyższych temperaturach. Wyniki obu prac są interesujące, a przede wszystkim ważne w ewentualnych zastosowaniach, pokazują bowiem ograniczenia i realistyczne możliwości, jakie pojawiają się w układach fizycznych proponowanych jako podstawowe elementy urządzeń kwantowo-informatycznych.

W pracy [H8] zaproponowany ogólny schemat kontroli dekoherencji (w szczególności ograniczenia minimalnej wielkości pozadiagonalnych elementów macierzy gęstości) kubitów oddziałującego z otoczeniem. Najważniejszym wynikiem jest pokazanie, że proponowany schemat operujący prostym modelem niemarkowskiego otoczenia o jednym stopniu swobody może zostać przeniesiony do opisu realistycznego procesu dekoherencji w kropce kwantowej realizującej kubit za pomocą stanów ekscytonowych. Stwarza to nadzieję na efektywną możliwość kontroli dekoherencji w takim układzie, co w oczywisty sposób może mieć niebagatelne znaczenie praktyczne.

Pozostałe prace, jak już napisałem powyżej, dotyczą wpływu dekoherencji na korelacje w układach złożonych. Celem pracy [H2] jest analiza ważnego z punktu widzenia zastosowań zagadnienia pomiaru splątania w układzie dwóch kropek kwantowych realizujących dwa kubity ekscytonowe, w sytuacji gdy niemożliwa jest pełna tomografia stanu układu, tzn. gdy dysponujemy tylko ograniczonymi możliwościami pomiarowymi wyznaczonymi przez dostępne techniki pomiarowe. W pracy [H3] zbadano wpływ dekoherencji na zanik tzw. dysonansu kwantowego – ilościowej charakterystyki „kwantowości” stanu układu dwuskładnikowego (w tym wypadku dwóch kropek kwantowych realizujących kubity ekscytonowe), która to charakterystyka pozwala uchwycić kwantową naturę korelacji niezwiązaną bezpośrednio ze splątaniem kwantowym. Wyniki tej pracy, choć interesujące z punktu widzenia czysto teoretycznego (szczególnie dotyczy to pokazania różnic w zanikaniu dysonansu i splątania), nie wydają mi się jednak mieć szczególnego znaczenia z punktu widzenia jakichkolwiek zastosowań. Duże znaczenie natomiast mogą mieć wyniki prac [H5] i [H6]. Przeanalizowano w nich zanik splątania i dysonansu w układach dwóch kropek kwantowych realizujących kubity spinowe. Dekoherencja wywołana jest w takich układach na skutek oddziaływania nadsubtelnego. Najważniejszym, niezwykle istotnym z punktu widzenia potencjalnych zastosowań rezultatem jest propozycja wykorzystania stanów takich układów w magnetometrii.

W podsumowaniu oceny merytorycznych walorów osiągnięcia naukowego, które pani dr Roszak przedstawiła jako podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, należy podkreślić przede wszystkim to, że otrzymane wyniki dotyczą realistycznych, dostępnych doświadczalnie układów fizycznych mających dużą szansę na stanie się podstawowym elementem planowanych rozwiązań kwantowo-informatycznych. Pokazują ograniczenia, ale też możliwości takich układów, co ma istotne znaczenie praktyczne przy projektowaniu urządzeń do przetwarzania informacji na poziomie kwantowym i niewątpliwie zostaną w takich projektach uwzględnione.

2. Ocena aktywności naukowej kandydatki

Pani dr Katarzyna Roszak ukończyła studia na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej w roku 2004, a stopień doktora uzyskała w roku 2008 w Instytucie Fizyki tejże uczelni. Od początku jej kariery naukowej jej badania dotyczyły fizyki kropek kwantowych w powiązaniu z problemami ich zastosowań w informatyce kwantowej. Tej tematyce poświęcona była zarówno jej praca magisterska, jak i doktorska.

Pani dr Roszak kierowała w ostatnich trzech latach projektem Narodowego Centrum Nauki. Ponadto była głównym wykonawcą lub wykonawcą w pięciu projektach krajowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, Fundację na rzecz Nauki Polskiej oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz w dwóch projektach międzynarodowych: finansowanych przez Fundację Alexandra von Humboldta oraz dwustronną czesko-niemiecką. Świadczy to dobrze o umiejętnościach pani dr Roszak w zakresie współpracy naukowej oraz w pozyskiwaniu środków na badania naukowe.

Pani dr Roszak współpracuje z naukowcami z trzech ośrodków naukowych w Niemczech (uniwersytety w Münster, Bayreuth i Hanowerze) oraz dwóch w Czechach (uniwersytety w Pradze i Ołomuńcu), czego efektem jest blisko dziesięć publikacji naukowych. Intensywnie współpracuje również z grupami krajowymi w Gdańsku i Warszawie w ramach współrealizacji krajowych projektów badawczych. O dużej aktywności w prezentowaniu otrzymanych rezultatów świadczy udział w ponad trzydziestu konferencjach naukowych, zarówno o zasięgu krajowym, jak i międzynarodowym. Na trzech spośród tych konferencji, w Dreźnie, Sopocie i Orlando pani dr Roszak wygłaszała referaty zaproszone.

Pani dr Roszak ma odpowiednie doświadczenie w opiece nad studentami, zarówno na poziomie doktorskim – była promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich, jak i magisterskich – opiekowała się dwoma pracami dyplomowymi. Dysponuje też sporym doświadczeniem dydaktycznym uzyskanym w ramach standardowych zajęć uczelnianych w postaci wykładów i ćwiczeń.

Ogólna ocena działalności naukowej pana dr Roszak, a także jej pozostałych osiągnięć i walorów oczekiwanych od naukowca sposobiącego się do uzyskania samodzielności naukowej potwierdzonej stopniem doktora habilitowanego, wypada więc wielce pozytywnie – nie ulega wątpliwości, że dotychczasowa działalność kandydatki pozwala stwierdzić, że jest ona bardzo dobrze przygotowana do takiej roli.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawione przez panią dr Katarzynę Roszak osiągnięcia naukowe pt. *Wpływ otoczenia na koherencję i korelacje kwantowe w układach kropek kwantowych* spełnia wszelkie wymagania ustawowe i zwyczajowe, aby stać się podstawą habilitacji. Także całość dorobku naukowego oraz dotychczasowa aktywność naukowa, organizacyjna i dydaktyczna kandydatki wskazują na zasadność wniosku o nadanie jej stopnia doktora habilitowanego. Bez zastrzeżeń wniosek ten popieram.

Warszawa, 28.04.2016



prof. dr hab. Marek Kuś