



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Fizyki
Instytut Fizyki Teoretycznej

Warszawa, 14.12.2022

dr hab. Rafał Demkowicz-Dobrzański, prof. ucz.
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
ul. Pasteura 5
02-093 Warszawa
demko@fuw.edu.pl
tel: +48 692484944

Recenzja dorobku naukowego dra Kamila Korzekwy w związku z jej postępowaniem habilitacyjnym

Podstawą wniosku habilitacyjnego Pana dra Kamila Korzekwy jest cykl 15 prac zebranych pod wspólnym tytułem „Optymalizacja przetwarzania informacji kwantowej w obecności więzów”. Są to prace z dziedziny kwantowej teorii informacji, kwantowej termodynamiki oraz podstaw mechaniki kwantowej. Mimo niepozornego tytułu prace obejmują bardzo szeroki zakres tematyczny i zostały przez habilitanta podzielone na cztery obszary tematyczne:

- (a) więzy termodynamiczne [prace H1, H4, H5, H6, H12]
- (b) więzy pamięci [prace H9, H14, H15]
- (c) więzy symetrii [prace H., H8, H13]
- (d) więzy klasyczności [prace H3, H7, H10, H11]

Wspólnym mianownikiem wszystkich prac, jest analiza wpływu obecności różnego rodzaju więzów na możliwości przetwarzania kwantowej informacji, lub mówiąc nieco ogólniej na możliwości przekształcania jednych stanów kwantowych w inne. Mimo, bardzo różnego kontekstu fizycznego prezentowanych wyników (termodynamicznego, informacyjnego, dotyczącego splątania kwantowego czy też ewolucji układów otwartych), łączy się one poprzez wspólny formalizm tzw. kwantowej teorii zasobów, dzięki której na wszystkie wyniki można patrzeć ze wspólnej perspektywy. Poniżej pozwolę sobie podsumować najważniejsze w mojej ocenie wyniki zawarte w cyklu.

- (a) W ramach zagadnień związanych z więzami termodynamicznymi, habilitant prowadził badania w ramach podejścia określanego mianem termodynamiki kwantowej. Podstawowym pytaniem w dziedzinie, jest określenie możliwych transformacji stanów pod wpływem tzw. operacji termicznych (operacje zachowujące stan Gibbsa oraz zachowujące energie). Większość ścisłych analitycznych wyników w ramach tej dziedziny daje się uzyskać jedynie w granicy bardzo małej (obliczenia ścisłe) lub bardzo dużej (granica termodynamiczna) liczby elementarnych układów fizycznych. Wyjątkowym osiągnięciem habilitanta, jest uzyskanie analitycznego wyrażenia na możliwość konwersji stanów w granicy dużej (ale nie bardzo dużej) liczby układów, co pozwala na obserwacje wiodących poprawek przy odchodzeniu od granicy termodynamicznej [H4, H5]. Wynik ten pozwolił jednocześnie na ilościowe opisanie nieodwracalnego charakteru operacji termicznych poza

granicą termodynamiczną oraz na sformułowanie nowego pojęcia rezonansu zasobowego [H6], wskazującego na cechy stanów, które mimo pozornej asymptotycznej równoważności, pozwalają na znacznie efektywniejszą konwersję stanów w reżimie skończonej liczby kopii. Jest to w mojej ocenie jeden z najważniejszych wyników habilitanta w ramach tematu więzów termodynamicznych, a może wręcz najważniejszy wynik całego cyklu.

- (b) Przez więzy pamięci, habilitant rozumie ograniczenia jakie na ewolucję stanów nakłada założenie braku (lub skończonej wielkości) pamięci otoczenia w modelach ewolucji kwantowych układów otwartych. Tu najważniejszym wynikiem jest wprowadzenie pojęcia termomajoryzacji pozwalającego scharakteryzować możliwość konwersji stanów w ramach operacji termicznych przy dodatkowym założeniu markowowskości ewolucji [H14]. Wskazano również na praktyczne konsekwencje uzyskanych wyników, w postaci możliwości znajdowania optymalnych protokołów termalizacji [H15] i dowiedziono w szczególności optymalność tzw. protokołu state-reset- Γ w przypadku modeli qubitowych. Ponadto dr Korzekwa wykazał przewagę modeli kwantowych w symulowaniu klasycznych procesów stochastycznych przy ograniczonej pamięci (lub jej braku) [H9].
- (c) Odnośnie więzów symetrii, habilitant badał ograniczenia na ewolucję stanów kwantowych wynikającą z symetrii translacyjnej w czasie, wyprowadzając nowe ograniczenie na możliwe procesy dekoherencji w układach wielopoziomowych [H2]. Ponadto, analizując głównie symetrie $SU(2)$, analizował ograniczenia na możliwości przekształcania stanów spinowych [H8] oraz wykorzystania grupy symetrii jako elementu zapewniającego bezpieczeństwo komunikacji [H13].
- (d) Ostatni obszar tematyczny dotyczy więzów klasyczności, gdzie habilitant badał, kiedy na klasyczny nieodwracalny proces stochastyczny można patrzeć jako na kwantowy proces odwracalny [H3] oraz przeprowadził ogólną analizę zbioru kanałów kwantowych skutkujących taką samą efektywną dynamiką klasyczną [H7, H11].

W mojej ocenie, uzyskane przez habilitanta wyniki naukowe są na najwyższym światowym poziomie. Zwłaszcza jego wkład w termodynamikę kwantową czyni go jednym z wiodących badaczy w tej dziedzinie. Spektrum pomysłów naukowych krążących wokół pozornie niezbyt atrakcyjnego zagadnienia „wyzów” dowodzi niezwyklej dojrzałości naukowej autora i pokazuje, że potrafi on patrzeć na problemy fizyczne z nieoczywistej perspektywy, łącząc pozornie niezwiązane ze sobą koncepcje fizyczne. Mimo, że większość narzędzi badawczych stosowanych przez habilitanta, wywodzi się z dziedziny kwantowej teorii informacji, same wyniki badawcze nie mają tego „suchego posmaku teoretycznego”, charakterystycznego dla części prac w tej dziedzinie. Wręcz przeciwnie, autor swobodnie posługuje się fizycznymi pojęciami termodynamiki (energia swobodna), fizyki statystycznej (twierdzenie fluktuacyjno-dysypacyjne), czy ewolucji układów otwartych i zgrabnie łączy je z zaawansowanymi pojęciami geometrycznymi i teorio-informacyjnymi. W większości prac, widać chęć wyciągnięcia jak najciekawszych fizycznych konsekwencji z uzyskanych wyników teoretycznych. Jedyna moja uwaga do cyklu to jego może nieco zbytnia obszerność. W szczególności wydaje mi się, że można by spokojnie opuścić pozycję H11, która ma charakter wybitnie matematyczny i jej związki z resztą prac cyklu jest luźny. Materiał z pozostałych prac cyklu jest i tak więcej niż wystarczający jako dorobek habilitacyjny. Inna drobna uwaga terminologiczna: chyba lepszym terminem jest „kąpiel cieplna” zamiast „łaźnia cieplna”, który brzmi nieco egzaltowanie.

Z deklaracji habilitanta i współautorów wynika, że w większości prac należących do cyklu jego rola była wiodąca i co ważne podkreślenia, w większości przypadków był pomysłodawcą lub współpomysłodawcą kierunku prowadzonych badań. Nie pozostawia to dla mnie żadnych wątpliwości co do jego samodzielności naukowej.

Ogólny dorobek naukowy habilitanta jest również doskonały: 27 publikacji (w tym 3 PRX, 2 PRL), ponad 700 cytowań i index H równy 10. Należy przy tym zauważyć, że ponad 300 cytowań stanowi praca w PRX z okresu końca doktoratu w Imperial College, co oznacza, że liczba cytowań nowszych i bardziej samodzielnych prac habilitanta jest jednak wyraźnie niższa. Nie mniej, nawet uwzględniając ten fakt, habilitant jest cytowany oraz rozpoznawany w środowisku jako wiodący badacz w dziedzinie. Potwierdza to również jego udział w wielu konferencjach naukowych w tym często jako wykładowca zaproszony.

Habilitant ma również bardzo bogate doświadczenie we współpracy naukowej z wieloma międzynarodowymi grupami badawczymi w tym w Imperial College (gdzie robił doktorat), University of Sydney, Uniwersytet Gdański, ICFO Barcelona, Delft University of Technology i kilka innych. Są to bez wyjątku bardzo dobre grupy w bardzo dobrych ośrodkach naukowych. Warto podkreślić, że habilitant publikuje w bardzo różnych „zestawach autorskich” co dowodzi jego samodzielności, bardzo szerokich horyzontów naukowych i dość otwartej tematyki badawczej.

Jeśli chodzi o działalność dydaktyczną, nie jest może ona imponująca, ale jest to związane z charakterem stanowisk jakie habilitant zajmował, które miały charakter głównie badawczy. Nie mniej habilitant posiada pewien dorobek w tym zakresie, w postaci kilku cykli wykładów z dziedziny kwantowej teorii informacji oraz opieki lub współopieki nad studentami i doktorantami. Habilitant jest aktywnym recenzentem w wielu czasopismach naukowych oraz angażuje się w popularyzację nauki. Współorganizował warsztaty naukowe oraz jedną szkołę letnią. Ponadto, jest kierownikiem grupy badawczej Quantum Resources Group, do której należy 3 post-doców i jeden doktorant. Jest również laureatem wielu nagród, w tym stypendium MEiN dla wybitnych młodych naukowców. Jedyne niedosyt pozostawia fakt, że habilitant nie może pochwalić się żadnym kierowanym przez siebie grantem.

Podsumowując. Nie mam najmniejszych wątpliwości, że Pan dr Kamil Korzekwa zasługuje na przyznanie stopnia doktora habilitowanego i z prawdziwą przyjemnością rekomenduje komisji habilitacyjnej nadanie mu tegoż stopnia. Uważam również, że dorobek naukowy zawarty w cyklu jest wyróżniający się, zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym i w związku z tym wniosku o wyróżnienie habilitacji.

Rafał Demkaniq - Dobmały