

Prof. dr hab. Włodzimierz Jaskólski
Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
w Toruniu

**Opinia na temat osiągnięcia naukowego oraz dorobku i aktywności
w zakresie badawczym i dydaktycznym
w postępowaniu habilitacyjnym dr. Janusza Jacaka**

I. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe to jednotematyczny cykl czternastu publikacji i jednej monografii, zatytułowany „*Topologiczne efekty kwantowe w niejednorodnych przestrzeniach 2D i zastosowania do fizyki hallowskiej w 2DEG GaAs i w grafenie jednowarstwowym i dwuwarstwowym*”. Wszystkie publikacje powstały w latach 2012-2018. Habilitant jest jedynym autorem czterech prac a w siedmiu jest pierwszym autorem; jest też pierwszym autorem 160 stronicowej monografii (czterech autorów) wydanej przez World Scientific w 2012 r. Połowa publikacji ukazała się w czasopiśmie o IF nieco poniżej 2; w cyklu jest jednak kilka publikacji w wysoko punktowanych czasopiśmie, np. Scientific Reports, Phys. Rev. A, Sci. Technol. Adv. Mat i Annalen der Physik. W wieloautorskich publikacjach (nigdy więcej niż 4 autorów) habilitant określa zwykle swój wkład na co najmniej 70%, tylko w dwóch artykułach wkład ten wynosi 50% i 60%. Do dokumentacji dołączono oświadczenia współautorów, potwierdzają one dominującą rolę dr. Janusza Jacaka w osiągnięciu habilitacyjnym. Publikacje składające się na osiągnięcie habilitacyjne doczekały się zaledwie 26 cytowań. Najwięcej, bo łącznie 17 razy cytowane były publikacje o numerach 5 i 9, jednak 15 z nich to tylko autocytaowania. Należy jednak uczciwie zauważyć, że aż połowa z artykułów składających się na cykl habilitacyjny opublikowana została w latach 2017-2018, a zatem nie można oczekiwać, że będą znacząco cytowane już w 2018 r.

Poniżej pokrótce odniosę się do osiągnięć przedstawionych w piętnastu pozycjach składających się na osiągnięcie habilitacyjne, w kolejności ich powstawania.

Monografia wydana w 2012 roku przez World Scientific [15] jest w zasadzie angielskim tłumaczeniem rozprawy doktorskiej z 2011 r. Nowym elementem jest 30-sto stronicowy rozdział 5 zatytułowany „Recent progress in FQHE”. W podrozdziałach 5.3 i 5.4 autorzy odnieśli się do niedawno odkrytych (2010) izolatorów topologicznych i stanów topologicznych w sieciach optycznych. Niewątpliwą nowością są podrozdziały 5.1 i 5.2. W pierwszym z nich w bardzo interesujący sposób powiązano wprowadzony w doktoracie formalizm warkoczowych

grup cyklotronowych w opisie FQHE w grafenie, z zaobserwowaną w eksperymencie rolą jaką wysoka mobilność nośników odgrywa w organizacji stanów FQHE. Pomysł ten został powtórzony i rozwinięty w publikacji [10] z 2013 r. To spostrzeżenie jest jednym z argumentów przemawiającym za wprowadzaniem i rozwijaniem przez habilitanta koncepcją powiązywania oraz wyjaśniania pewnych właściwości FQHE za pomocą argumentów topologicznych.

W publikacji z 2015 r. oznaczonej jako [8], wprowadzoną wcześniej (dla przypadku najniższego poziomu Landaua w FQHE) koncepcję topologicznej współmierności orbit cyklotronowych ze strukturą grup warkoczowych, z sukcesem zastosowano do wyjaśnienia hierarchii stanów i ułamkowych zapełnień dla wyższych poziomów Landaua.

W pracy [5] podejście to wykorzystano do dogłębnego przeanalizowania i wyjaśnienia hierarchii zapełnień w grafenie, natomiast w publikacji [9] wskazano na różnice jakie występują w przypadku grafenu dwuwarstwowego. W publikacji [7] z 2016 r. wyjaśniono obserwowane doświadczalnie ułamkowe zapełnienia z parzystymi mianownikami, w szczególności dla $\nu = -1/2$; w pracy [14] rezultaty te zostały powtórzone, ale dodatkowo autor dokonał też analizy obserwowanej w doświadczeniu hierarchii zapełnienia dla wyższych poziomów Landaua w innych niż grafen układach hallowskich, takich jak np. heterostruktury GaAs/AlGaAs. Zwieńczeniem badań prowadzonych dla grafenu są dwie publikacje, pierwsza o numerze [6] z 2016 r., w której autorzy z sukcesem podjęli się wyjaśnienia niekonwencjonalnej hierarchii stanów FQHE obserwowanych w eksperymencie dla grafenu jedno- i dwu-warstwowego, oraz samodzielna publikacja habilitanta [2] z 2017, w której autor niekonwencjonalną hierarchię wyjaśnił także dla wyższych poziomów Landaua. W publikacji [13] dokonano dodatkowego podsumowania topologicznego podejścia do opisu wyższych poziomów Landaua oraz przeglądu wyników (i ich porównania z eksperymentem) uzyskanych dla jedno- i dwu-warstwowego grafenu. Ta grupa publikacji poświęconych grafenowi stanowi istotne potwierdzenie znaczenia rozwijanego przez habilitanta formalizmu topologicznego w opisie i przy wyjaśnianiu nietypowych właściwości FQHE w rozmaitych układach 2D.

W dwóch kolejnych samodzielnych publikacjach [3] i [4] z 2018 r. autor rozwija zagadnienie dwuwarstwowych układów hallowskich i bada dwa przypadki, dopuszczania lub nie, tunelowania nośników pomiędzy warstwami, skutkujące różną hierarchią stanów. Najbardziej interesujący jest przypadek z barierą niedopuszczającą tunelowania a jedynie kulombowskie oddziaływanie nośników. Tworząc diagramy fazowe dla różnych grubości barier i zapełnień poszczególnych warstw autor wskazuje na istnienie dwóch reżimów: nadprzewodzącej fazy kondensatu pośrednich ekscytonów oraz fazy RIQHE (R - *reentrant*) obserwowanych w układach jednowarstwowych. Ten bardzo interesujący rezultat autor dodatkowo porównał z wynikami eksperymentów dla heterostruktur GaSb/GaAlAs/GaAs i dla układów BLG/hBN/BLG.

W publikacji nr. [12] z 2017 r. podejście topologiczne zostało zastosowane do pełnego opisu struktury wypełnień dla najniższego poziomu Landaua, z jednoczesnym wytłumaczeniem obecności wszystkich, niewyjaśnionych dotychczas, „tajemniczych” czynników wypełnienia o nieparzystych mianownikach. Autorzy wykazali też i wyjaśnili dlaczego w układach hallowskich funkcje falowe opisujące stany wielu fermionów mogą nie być w pełni antysymetryczne.

Obszerny artykuł [11] opublikowany w 2018 w *Annalen der Physik* poświęcony jest badaniu korelacji przestrzennych elektronów w układzie wielu cząstek w reżimie kwantowego efektu Halla. Pokazano w nim, że najbardziej preferowane wzajemne położenia cząstek tworzą nietrywialne struktury geometryczne, które dla stanów Laughlina odpowiadają kryształom Wignera. Rezultaty tej publikacji rzucają też dodatkowe światło na ogólny problem korelacji w hallowskich cieczach kwantowych.

Ostatnia praca z cyklu [1], jednoautorska publikacja w *Phys. Rev. A* z 2018 r. poświęcona jest zastosowaniu całkowania po trajektoriach Feynmana do kwantowania w układzie nierozróżnialnych naładowanych cząstek 2D w polu magnetycznym i powiązaniu tego formalizmu z topologicznymi aspektami FQHE. Stosując uogólnioną regułę Bohra-Sommerfelda autor pokazuje związek pomiędzy rozmiarem orbit cyklotronowych i odległością pomiędzy cząstkami a strukturą warkoczowych podgrup cyklotronowych. Dzięki temu udaje mu się jednoznacznie powiązać pojęcie *złożonego fermionu* (w ogólności dowolnej cząstki) z dołączaniem dodatkowych pętli w „warkoczu” w ramach podejścia topologicznego.

Ten mocno pobieżny i wybiórczy opis dokonań przedstawionych w 15, na ogół bardzo obszernych, pracach składających się na osiągnięcie habilitacyjne nie oddaje w pełni ich rozmiaru i znaczenia. Osiągnięcie habilitacyjne jest pełne różnych rezultatów szczegółowych, jednak jego najcenniejszym elementem jest sformułowanie, rozwijanie i stosowanie matematycznie ścisłego topologicznego modelu układów hallowskich i opisu występujących w nich korelacji. Model ten jest zasadniczo różny od tradycyjnego opisu stanów FQHE w układach 2D elektronów w polu magnetycznym (posługującego się pojęciem *złożonych fermionów*); jest nowatorski, zgodny z doświadczeniem i wnosi szersze spojrzenie na fizykę takich układów. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedstawione do recenzji osiągnięcie stanowi znaczny wkład autora w rozwój fizyki.

II. Ocena dorobku i aktywności naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej oraz w zakresie współpracy międzynarodowej

A. Dorobek i aktywność naukowa

Na pozahabilitacyjny dorobek dr. inż. Janusza Jacaka składa się 18 publikacji w recenzowanych i punktowanych czasopismach naukowych, jedna monografia i trzy rozdziały w książkach oraz 8 innych publikacji (konferencyjnych i w arXiv). Wszystkie

publikacje habilitanta zostały zacytowane dotychczas zaledwie 77 razy (bez autocytowań) i złożyły się na raczej niski indeks $H=7$. Dorobek ten, choć ilościowo znaczący nie został jak dotąd wyraźnie zauważony. Przyczyn takiego stanu rzeczy można doszukiwać się m.in. w relatywnie krótkim czasie jaki upłynął od ukończenia studiów przez habilitanta – 11 lat, a także w dość częstym publikowaniu wyników swoich badań w mniej znaczących czasopismach. Ostatnie publikacje autora w wiodących czasopismach, takich jak np. Scientific Reports czy Phys. Rev. A, powinny wkrótce zmienić ten stan rzeczy. Niemniej jednak, choć tematyka badań prowadzonych przez dr. inż. Janusza Jacaka jest niezwykle aktualna i ważna, to wysoki poziom zmatematyzowania i pewna hermetyczności formalizmu jaki rozwija i którym posługuje się habilitant, może utrudniać nie tylko publikowanie w czasopismach przeznaczonych dla szerokiego grona odbiorców ale także sam odbiór jego prac.

Bardzo dobrze wyglądają inne aspekty aktywności naukowej dr. Jacaka. W czasie swojej kariery naukowej kierował jednym projektem badawczym NCN (Sonata) i pełnił rolę wykonawcy w sześciu innych projektach finansowanych przez NCBiR i NCN. Wygłosił 10 referatów na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych o międzynarodowym zasięgu i prezentował 23 plakaty; ponadto wygłosił dwa referaty w innych polskich ośrodkach naukowych, w tym jeden na Zjeździe Fizyków Polskich w Poznaniu w 2013 r. Czterokrotnie brał udział w komitetach organizacyjnych krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych odbywających się we Wrocławiu. Uczestniczył w pracach polskich (LFPPI, NLTK i CompSecur) i międzynarodowych (Qurope) sieciach i konsorcjach naukowych. Habilitant jest laureatem ogólnopolskiego konkursu PTF na najlepszą rozprawę doktorską, a jeszcze jako student był kilkakrotnie wyróżniany w konkursach na najlepszego absolwenta i za prace dyplomowe. Kilkakrotnie otrzymał Nagrodę Dziekana WPPT PWr za wyniki w nauce, granty w programie Młoda Kadra WPPT PWr, a po doktoracie Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej. Jest członkiem PTF, ETF, oraz członkiem międzynarodowych komitetów naukowych CMQCRD – konsorcjum monitorującego rozwój kryptografii kwantowej i Instytutu EITCI w zakresie standaryzacji i certyfikacji kryptografii kwantowej. Jest współautorem pięciu patentów krajowych. Był recenzentem szeregu międzynarodowych czasopism naukowych, w tym m.in. *Nature Communications*.

B. Współpraca międzynarodowa

Na tym polu dr inż. Janusz Jacak nie może pochwalić się imponującymi osiągnięciami. Nie odbył w swojej karierze żadnego dłuższego zagranicznego stażu naukowego a jedynie kilka krótkich wizyt naukowych i szkoleniowych w University of Texas w Austin, na uniwersytetach w Leeds, Stanford i Antwerpii, w Austrian Institute of Technology w Wiedniu i na uniwersytecie w Odessie. Ta ostatnia współpraca

zaowocowała wspólnymi publikacjami. Habilitant uczestniczy w programie EU COST action MultiscaleSolar.

C. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji

Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie dr. inż. Janusza Jacaka oceniam bardzo pozytywnie. W ramach kształcenia kadr pełni on rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim mgr inż. Patrycji Łydźby. Wypromował jednego magistranta, i sześciu inżynierów; jest opiekunem kolejnych dwóch prac magisterskich i jednej pracy inżynierskiej. Prowadził szereg wykładów m.in. z *mechaniki kwantowej I i II, podstaw fizyki kwantowej, wstępu do optyki kwantowej oraz informatyki i kryptografii kwantowej*. Prowadził też ćwiczenia zarówno do tych wykładów jak i do *termodynamiki i fizyki statystycznej oraz podstaw elektrodynamiki i fizyki ogólnej*. Jest współtwórcą skryptów elektronicznych do prowadzonych wykładów i odpowiednich programów nauczania. Jest współorganizatorem staży i wyjazdowych szkół naukowych dla studentów, oraz organizatorem cyklu wizyt studenckich w pracowniach NLTK. W ramach cyklu wykładów popularyzujących fizykę wygłosił wykład przybliżający wiedzę nt. kryptografii kwantowej, a na Wydziale Informatyki i Zarządzania PWr wygłosił serię wykładów dla studentów poświęconych tej tematyce.

Podsumowanie

Choć publikacje habilitanta nie znajdują na razie szerszego oddźwięku w społeczności naukowej, co poniekąd może wynikać także z zamknięcia się w wąskiej grupie lokalnych współpracowników, to znaczenie zarówno poznawcze jak i praktyczne podejmowanych badań oraz opisane wyżej inne aspekty aktywności naukowej pozwalają na bardzo pozytywną ocenę całokształtu jego działalności. Habilitant posiada bardzo duży zasób ogólnej wiedzy fizycznej i matematycznej, jest znakomitym specjalistą z zakresu hallowskich układów dwuwymiarowych, topologii, informatyki i kryptografii kwantowej oraz fizyki układów niskowymiarowych. Tematyka podejmowanych badań jest zawsze niezwykle aktualna, a powstające w rezultacie tych badań koncepcje i wyniki są interesujące i naukowo ważne. Habilitant wykazuje się dużą samodzielnością w pracy badawczej i bierze aktywny udział w procesie kształcenia i dyplomowania studentów oraz młodych kadr naukowych. Wszystko to pozwala na stwierdzenie, że jest on dojrzałym badaczem. Wnoszę zatem o nadanie dr. inż. Januszowi Jacakowi stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych w zakresie fizyki (lub w dyscyplinie nauk fizycznych z uwagi na wchodzącą w życie nową ustawę).

Toruń, 19-11-2018

