

Ocena wniosku habilitacyjnego dr inż. Janusza Edwarda Jacaka

Kandydat od września 2011 roku jest zatrudniony na stanowisku naukowo-dydaktycznym na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Na tym wydziale Kandydat w 2011 roku obronił rozprawę doktorską pt. *Zastosowanie grup warkoczowych w fizyce układów hallowskich 2e (wyjaśnienie struktury złożonych fermionów)* przygotowaną pod opieką prof. Ryszarda Gonczarka. Praca została wyróżniona nagrodą doktorską Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Ocena osiągnięcia naukowego

Prace przedstawione jako osiągnięcie habilitacyjne dotyczą kwantowego efektu Halla. Efekt jest badany doświadczalnie i teoretycznie od przeszło trzech dekad, lecz tematyka badawcza pozostaje aktualna i wciąż się rozwija, a nowe wyniki doświadczalne oraz nowe teorie opisujące to złożone zjawisko, publikowane są w czasopismach najwyższej rangi.

Prace habilitanta zgłoszone do recenzji prowadzone są w ujęciu modelu topologicznego tzw. cyklotronowych grup warkoczowych i wykorzystują teorię przedstawioną w 1984 roku przez Yong-Shi Wu [PRL 52 2103], który w ramach formalizmu całek Feynmana wprowadził propagator dany przez sumę całek po klasach homotopii. W tej pracy zauważono również, że w dwuwymiarowej grupie warkoczowej N cząstek, wynik zamiany cząstek wprowadzić może dowolne przesunięcie fazowe do funkcji falowej, przy czym faza zależy od sposobu przestawienia cząstek, a grupa ma wiele jednowymiarowych reprezentacji unitarnych odpowiadającym anyonom o ułamkowych statystykach kwantowych.

W autoreferacie dr Janusz Jacak wskazuje, że w silnym polu magnetycznym ważna jest tzw. cyklotronowa podgrupa grupy warkoczowej, w której trajektorie zbudowane są z połówek orbit cyklotronowych. Ze względu na dwuwymiarowe uwięzienie, zamiana cząstek możliwa jest tylko wtedy gdy orbity cyklotronowe sięgają najbliższych sąsiadów w kryształie Wignera.

Kandydat przedstawił do recenzji cykl piętnastu prac. W autoreferacie na stronach 29 i 30 Autor wskazuje 20 najważniejszych osiągnięć, z których wiele jest związanych z dwoma, trzema a nawet czterema artykułami. Prac w cyklu jest zbyt wiele, a w artykułach występują liczne powtórzenia. Ponadto, wybrany cykl prac ułożony jest w losowej kolejności, co nie ułatwia lektury. Autoreferat jest przygotowany bardzo starannie i czyta się go łatwo, niemniej jednak recenzji podlega osiągnięcie naukowe, czyli cykl prac.

Jako jedną z prac cyklu, oznaczoną numerem [15], Autor umieścił 157 stronicową monografię pt. *Composite Fermion Structure (autorzy J. Jacak, R. Gonczarek, L. Jacak, I. Jóźwiak)*, World Scientific z 2012 roku. Dzieła tej objętości są często podawane jako oddzielne osiągnięcia habilitacyjne zastępujące cykl publikacji. Jednakże, porównanie tekstu monografii [15] z rozprawą doktorską Kandydata wskazuje, że pozycja [15] stanowi tłumaczenie na język polski doktoratu Habilitanta. Autor w monografii przenosi na język obcy rozdziały od pierwszego do szóstego ze swojego doktoratu, przy czym rozdziały 1-4 doktoratu trafiają do rozdziałów o tym samym numerze w monografii, a rozdziały 5 i 6 rozprawy występują w monografii jako rozdziały 6 i 7. Nowym



materiałem jest liczący około 30 stron rozdział pt *Recent progress in FQHE field*, w którym Autor uwzględnia między innymi izolatory topologiczne. Monografia nie spełnia ustawowych wymagań stawianych osiągnięciu habilitacyjnemu¹, które określają, że osiągnięcie ma być uzyskane a nie opublikowane po doktoracie.

W artykule [1] (J. Jacak, "Application of the path integral quantization to indistinguishable particle systems topologically confined by a magnetic field," *Phys. Rev. A* 97, p. 012108, 2018) Habilitant wyjaśnia stosowaną już w doktoracie ideę, że stany, którym odpowiadają skwantowane ułamkowe wartości współczynnika wypełnienia, występują w warunkach współmierności między odległościami elektron-elektron w kryształ Wignera a rozmiarami orbity cyklotronowej. Dla dwuwymiarowego gazu elektronowego Autor dyskutuje generatory grupy w reprezentacji jednowymiarowej, oparte na elementarnych operacjach zamiany cząstek do q -krotnej pętli separując ją na $(q-1)$ pętli pojedynczych z zamianą x -tego sąsiada oraz pętlę ostatnią z zamianą elektronów y oraz x przy $y > x$. Autor podaje wyrażenie na współczynniki wypełnienia, dla których pętle z określonym x oraz y spełniają warunki współmierności. Autor wskazuje, że warunek współmierności odpowiada w szczególności współczynnikom wypełnienia, dla których obserwowane są stopnie (*plateaux*) oporu Halla poza opisem w ramach funkcji próbnej z teorii złożonych fermionów. Autor zapisuje funkcję falową przez modyfikację czynnika Jastrowa i jego zastąpienie przez iloczyn dwóch czynników, z których pierwszy, dla nieparzystego q , jest symetryczny względem zamiany elektronów. Dla pętli pojedynczych, ograniczonych do zamiany najbliższych sąsiadów, funkcje falowe odpowiadają stanom opisanym w teorii złożonych fermionów. Autor porównuje wyniki oszacowania energii dla tego przypadku z wynikami dokładnej diagonalizacji. W przypadku ogólnym Autor wskazuje, że zazwyczaj istnieje wiele nierównoważnych przyczynków w sumowaniu całek Feynmana, dla których spełnione są warunki współmierności. Autor spekuluje, że przyczynki te odpowiadają stanom wzbudzonym. Ich ewentualna superpozycja miałaby odpowiadać stanowi niestacjonarnemu. Liczba różnych konfiguracji topologicznych wykreślona w funkcji współczynnika wypełnienia przedstawia krzywą o pewnym podobieństwie do doświadczalnej zależności oporu podłużnego od współczynnika wypełnienia [Fig.4], co jest wynikiem ciekawym. Autor sugeruje możliwość dyssypacji energii w warunkach istnienia wielu konfiguracji o podobnej energii. Jednak, energii dla tych wielu różnych konfiguracji autor nie wylicza i nie weryfikuje dalej swojej hipotezy.

Artykuł [2] J. Jacak, "Unconventional fractional quantum Hall effect in bilayer graphene," *Sci. Rep.* 7, p. 8720, 2017. W zakresie całkowitego efektu Halla w grafenie monowarstwowym ze względu na dodatkowy, dolinowy stopień swobody, obserwuje się stopnie oporu Halla dla współczynników wypełnienia, które są dane przez $\nu = 4(n+1/2)$, gdzie n jest liczbą całkowitą. W zakresie ułamkowego efektu Halla w grafenie monowarstwowym obserwowane są współczynniki wypełnienia typowe dla dwuwymiarowego gazu elektronowego w GaAs. Dla grafenu dwuwarstwowego ułamkowe współczynniki wypełnienia obserwowane są również dla drugiego poziomu Landaua. W artykule [2] Autor opisuje literaturowe dane doświadczalne, z przeniesieniem wielu rysunków, w sposób typowy dla prac o charakterze przeglądowym, a nie oryginalnym. Oryginalny materiał pracy [2] zawiera dyskusję pętli wymiany elektronów z uwzględnieniem przeskoków między warstwami. Dodatkowy, warstwowy stopień swobody modyfikuje warunki współmierności i wzbogaca klasy homotopii, które należy uwzględnić w sumowaniu całek Feynmana. Ponadto, międzywarstwowy stopień swobody można wyłączyć przez przyłożenie odpowiednio silnego

1 Do postępowania habilitacyjnego może zostać dopuszczona osoba, która posiada stopień doktora oraz osiągnięcia naukowe lub artystyczne, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej lub artystycznej oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową lub artystyczną (Art. 16.1. Ustawy o stopniach ... Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późn zm.

poła elektrycznego, które lokalizuje stany z pobliza poziomu Fermiego na jednej z warstw. Artykuł dyskutuje obserwowane plateaux w kontekście warunków współmierności. W konkluzjach autor wskazuje między innymi, że podana dyskusja wyjaśnia osobliwy charakter hierarchii stanów ułamkowego efektu Halla. W mojej ocenie taka konkluzja powinna być jednak poparta rachunkiem wskazującym na stabilność stanu podstawowego o proponowanych cechach topologicznych. Tego wyniku jednak brakuje, nie tylko w tej pracy osiągnięcia.

Z zaskoczeniem znalazłem, że autor wykorzystał w pracy [1] *supplementary material* artykułu [2], w tym wzory na generatory grupy (7), funkcje próbne (8-9), tabelę I pokazującą porównanie wartości energii z wynikiem dokładnej diagonalizacji oraz rysunki 1 i 2. Dla utrwalenia, materiał ten został powtórzony w autoreferacie, tak aby recenzenci mieli okazję zapoznać się z nim po raz trzeci. Wielokrotne podawanie tego samego materiału jest niestety sposobem uprawiania przez habilitanta działalności publikacyjnej, o czym poniżej.

Artykuł [3] inspirowany jest możliwą nadciekłością skośnych stanów ekscytonowych w układach z ekstremalnie silnym polem elektrycznym w dwuwarstwowym grafenie [H.Min i inni PRB 78 121401(R) 2008], oraz pomiarami hallowskimi dla podwójnych studni kwantowych w GaAs [prace Westa i Tsui z lat 90], w których możliwa jest niezależna kontrola gęstości elektronów i dziur w każdej ze studni [Seamons i inni PRL 102, 026804 (2009)]. Według autoreferatu osiągnięciem Habilitanta jest „znalezienie wykresu fazowego konkurencji nadciekłości i IQHE-reentrant w podwójnym układzie Halla oraz „wyjaśnienie synergii i konkurencji tunelowanie-oddziaływanie w układach podwójnych i wyjaśnienie zagadkowych stanów FQHE 1/4 i 1/2 w podwójnych układach GaAs z tunelowaniem międzywarstwowym [3]. Autor zaczyna artykuł [3] od omawiania wyników doświadczalnych Westa i Tsui dla układów elektronowych w podwójnych studniach GaAs/AlGaAs. W układach tych interesujące jest skorelowanie gazów elektronowego i dziurowego w obydwu warstwach, które mogą przewodzić prądy zgodne, lub przeciwnie. Prądy zgodne odpowiadają przepływowi elektronów i dziur w przeciwnych kierunkach (*counterflow*). Prądy przeciwnie, w których elektrony i dziury poruszają się w tym samym kierunku są – stabilizowane przez skośne wiązanie ekscytonów i nośniki jednego znaku ciągną (*drag*) nośniki przeciwnie. Według literatury skośne ekscytony w niskiej temperaturze podlegają kondensacji Bosego-Einsteina, a ze względu na ich efektywne odpychanie mogą tworzyć układy nadciekle. Autor dyskutuje konkurencję między zapełnionym poziomem Landaua oraz fazą ekscytonową. Oryginalny ilościowy wkład w tej pracy to dwuwarstwowo, paskowy model, mający rozstrzygnąć stabilność stanu podstawowego w funkcji parametrów struktury i gazu elektronowego. Autor zakłada, że gęstość ładunku w każdej warstwie tworzy paski o jednorodnej gęstości. Model uwzględnia energię elektrostatyczną, przy czym szczegóły modelu autor umieszcza w dodatku, by w ramach artykułu zmieścić szczegółową dyskusję wyników. W modelu uwzględniono również energie związane z oddziaływaniem elektron-elektron w skorelowanym stanie hallowskim. Dowiadujemy się, że Autor wyznaczył te energie metodą Monte Carlo Metropolisa. W pracy nie podano żadnych szczegółów rachunku. Opis modelu jest bardzo ogólnikowy, natomiast opis wyników, zbyt szczegółowy, choć też przyznam się – nie całkiem dla mnie jasny. Brak szczegółów i wyjaśnienia oryginalnego wyniku i oryginalnych wyników autor razi szczególnie w zestawieniu z sążnistym tekstem dyskusji i przeglądu prac literaturowych. Rysunek 4 zatytułowany jest jako ‘comparison with experiment’, przy czym panel (a) oraz (b) pochodzą z pracy Wiersma i inni PRL 93 (2004) 266805, (c-f) z pracy Li i inni z Nat. Phys. 13 (2017) 746. Żaden wynik z tego rysunku nie jest oryginalnym wynikiem autora publikacji. Podsumowując, praca zawiera mnóstwo materiału z prac innych autorów, a wkład oryginalny oparty jest na prostym modelowaniu, bez wyjaśnionych szczegółów rachunku.



W artykule [4] znajdują te same rysunki i ten sam model co w pracy [3]. Na przykład Rys. 2b z pracy [4] jest Rys. 3c w pracy [3], Rys. 3(a,b,d) [4] odpowiadają Rys. 3(a,b,d) w [3]. Szczegóły modelu pominięte w [3] podane są w pracy [4]. Autor wysłał przekrywający się materiał do dwóch czasopism mniej więcej w tym samym czasie, a następnie obydwie artykuły zamieścił w osiągnięciu habilitacyjnym. Bez wyników modelu, w pracy [3] zostają wyłącznie wyniki literaturowe. W opisie modelu w pracy [4] autor wyjaśnia, że poprawka na skorelowanie stanów z całkowitym współczynnikiem wypełnienia została wyliczona dla funkcji Laughlina (czynnik 0.85 we wzorze 6). W modelu jest również poprawka arbitralnie dobrana (czynnik 0.92 we wzorze 6) dla fazy nieskorelowanej, tak aby autor mógł wyliczyć granice faz hallowskiej oraz fazy ekscytonowej. Taką granicę Autor znalazł dla GaAs/AlAs, ale nie dla dwuwarstwowego grafenu, gdzie brakuje stabilnej fazy hallowskiej, co ma tłumaczyć wyniki doświadczalne. Materiał oryginalny jest do prześledzenia w pracy [4], po oddzieleniu od komentarza i interpretacji, która – oparta na prostym modelu ma ambicję iść bardzo głęboko. Model rozważa stabilność ładunkową wybranych konfiguracji w dwuwarstwach w zerowej temperaturze i paskowym układzie ładunku. Na tej podstawie autor swobodnie dyskutuje kondensację Bosego-Einsteina i nadciekłość. Zauważyłem, że w pracy [3] autor twierdził (ostatni paragraf *appendixu*), że czynnik 0.92 jest wynikiem wyznaczonym metodą MC. W pracy [4] autor przyznaje jednak, że wartość została dowolnie przyjęta.

W cyklu prac prezentowanych jako osiągnięcie habilitacyjne kolejność nie jest bez znaczenia. Moim zdaniem Autor nie powinien publikować oddzielnie prac [3] i [4], a już na pewno nie zamieszczać je w cyklu habilitacyjnym i to w takiej kolejności, aby czytelnik zastanawiał się nad opisem modelu w pracy [3], aby stwierdzić następnie, że został on opisany w pracy [4]. Prace [3] i [4] rozliczają grant Sonata NCN Kandydata, a praca [4] dodatkowo grant Maestro, w którym uczestniczył.

Praca [5] P. Łydzba, L. Jacak and J. Jacak, *Hierarchy of fillings for the FQHE in monolayer graphene*, Sci. Rep. 5:14287 (2015), została – jak wynika z oświadczeń – przygotowana w ramach badań doktorskich pierwszej autorki, której promotorem jest drugi autor, a promotorem pomocniczym Habilitant. Habilitant oświadcza, że jego wkład w ten artykuł wynosi 70%, jako że problem postawił i w większości rozwiązał. Praca stosuje warunki współmierności dla wielopętłowej trajektorii cyklotronowej opracowane przez habilitanta przy realizacji swojej pracy doktorskiej. Autorzy dyskutują możliwe współczynniki wypełnienia dla zerowego poziomu Landaua – w punkcie Diraca, a następnie pierwszego poziomu Landaua. Dyskusja rozważa zajmowanie kolejnych podpoziomów Landaua ze zniesioną degeneracją podpoziomów względem spinu i doliny. Z teorii wyprowadzone zostają współczynniki wypełnienia, zależnie od liczby pętli w warkoczach. Część ze współczynników wypełnienia jest obserwowana doświadczalnie. Autorzy wskazują, że wyliczone przez nich ułamkowe współczynniki wypełnienia są obserwowane w doświadczeniu [F. Amet et al. Nat. Commun. 6, doi: 10.1038/ncomms6838 (2015)] o ile różnią się od najbliższej liczby całkowitej o więcej niż 0.3. Praca powstała w ramach współpracy zespołu. Jej tekst i prowadzony wywód jest bardziej spójny i czytelniejszy niż pierwsze cztery – jednoautorskie - prace cyklu.

Praca kolejna [6] J.Jacak and L. Jacak, *Science and Technology of Advanced Materials*, 17 149 (2016) pt. *Unconventional fractional quantum Hall effect in monolayer and bilayer graphene*, zawiera uogólnienie wyników z pracy [5] o grafen dwuwarstwowy oraz stany powyżej najniższego poziomu Landaua. Teoria wyjaśnia w szczególności obserwowane w dwuwarstwowym grafenie ułamkowe współczynniki wypełnienia z parzystym mianownikiem, których opis w ramach podstawowej funkcji falowej z modelu złożonych fermionów jest niemożliwy.



Praca [7] J.Jacak, and L. Jacak pt *Explanation of $\nu = -1/2$ fractional quantum Hall state in bilayer graphene*. Proc. R. Soc. A 472: 20150330 (2016) zawiera podobny, częściowo przekrywający się z pracą [6] materiał (rysunki z Fig. 1 ,2 z [7], tabele 1 i 2 z [7] znajdują się w pracy [6]) Również praca [9] z Physics Letters A oparta jest o ten sam materiał (Rysunek 1, tabele podane w poprzednich pracach). Podobnie praca [14] z Physica Scripta powtarza fragmenty materiału z innych prac (Fig. 1, Fig. 4 – jak Fig. 2 z pracy [7], tabele 2, 3 – jak tabele 2 i 3 z pracy [7]). Fig. 11 z pracy [6] to Fig. 1 z pracy [2]. Autorzy zmieniają zestawienia rysunków, tasują materiał, albo modyfikują format tabel. Całe akapity są przenoszone, z małymi zmianami lub bez. Jako przykład – akapit z pracy [7]:

„The Factor $p - 1$ in the formula Boveri arises from the fact that when the effective cyclotron orbits are enlarged, the only orbits participating are those from the ideal two-dimensional sheet of bilayer graphene (no matter where the doubling loops are located; note that the largest size effective orbit is attained in this way) with the exception of a single orbit located in the sheet opposite the first one. This sole loop contributes to the total flux with an additional flux quantum because of its own surface, and this loop must be omitted. The next orbits must duplicate the former ones without departing from the surface; and which sheet they are located in is irrelevant because they will duplicate loops already present in either. Thus, only $p - 1$ loops take part in the enhancement of the effective p -looped cyclotron orbit.”

Akapit z pracy [6]:

„The factor $p - 1$ in Equation (3) is caused by the fact that only orbits from the ideal 2D sheets of bilayer graphene contribute to the enlargement of the effective cyclotron orbits (no matter in which are located doubling loops) with exception of a single orbit which may be located in the opposite sheet to the first one. This sole loop contributes to the total flux with the additional flux quantum due to its own surface and this loop must be omitted. The next orbits must duplicate the former ones (in fact two) without rising to the surface and no matter in which sheet are they located, because in both they will duplicate loops already present there. Thus, in the enhancement of the effective p -looped cyclotron orbit take part only $p - 1$ loops.”

Akapit z pracy [9]:

„The factor $p - 1$ in the formula above arises from the fact that when the effective cyclotron orbits are enlarged, the only orbits participating are those from the ideal 2D sheet of bilayer graphene (no matter where the doubling loops are located; note that the largest size effective orbit is attained in this way) with the exception of a single orbit located in the sheet opposite the first one. This sole loop contributes to the total flux with an additional flux quantum because of its own surface, and this loop must be omitted. The next orbits must duplicate the former ones without departing from the surface; and which sheet they are located in is irrelevant because they will duplicate loops already present in either. Thus, only $p - 1$ loops take part in the enhancement of the effective p -looped cyclotron orbit.”

Akapit z pracy [14]:

„The factor $p - 1$ in the formula above arises from the fact that when the effective cyclotron orbits are enlarged, the only orbits participating are those from the ideal 2D sheet of bilayer graphene (no matter where the doubling loops are located; note that the largest size effective orbit is attained in this way) with the exception of a single orbit located in the sheet opposite the first one. This sole loop contributes to the total flux with an additional flux quantum because of its own surface, and this loop must be omitted. The following loops must duplicate the former ones without departing from the surface, and which sheet they are located in is irrelevant because they will duplicate loops already

present in either. Thus, only $p - 1$ loops take part in the enhancement of the effective p -looped cyclotron orbit”

Taka technologia produkcji prac robi wrażenie, ale nie jest to wrażenie dobre. Autor stara się z tego samego materiału wyprodukować wiele prac, tj. sztucznie powiększyć objętość dorobku naukowego, przy czym prace o przekrywającym się materiale rozliczają granty NCN.

Praca [8] z JETP Letters omawia zastosowanie podejścia do stanów ułamkowo obsadzonych powyżej najniższego poziomu Landaua, - tutaj wyniki przekrywają się z pracą [14] (Fig. 2 z pracy [8], oraz Fig. 2 z pracy [14]). W tym samym czasopiśmie ukazał się również artykuł [10], który streszcza wyniki teorii dla grafenu. Praca [13] opisuje jak wyżej ideę współmierności w języku cyklotronowej grupy warkoczy, w tym dla wyższych poziomów Landaua, również w grafenie mono i dwuwarstwowym oraz podaje współczynniki wypełnienia, z wyróżnieniem obserwowanych doświadczalnie. W pracy [12] poza opisem metodologii, który pojawia się również w pozostałych pracach, autorzy (tutaj – doktorantka P. Łydźba jako pierwszy autor, oraz Habilitant jako drugi autor, przy czym doktorantka przypisuje sobie tylko ‘uczestnictwo w dyskusji’ oraz ‘uczestnictwo w redakcji’ pracy, a Habilitant 60% wkładu) wyliczają metodą Monte Carlo energię przypadającą na pojedynczy elektron dla funkcji próbnich skonstruowanych z inspiracji teorii warkoczy. Rachunki wykonane są dla funkcji falowych odpowiadających zarówno współczynnikom wypełnienia ν , które można opisać z funkcja falową złożonych fermionów, jak i dla innych wartości ν . W literaturze, stany takie wyznaczane są metodą dokładnej diagonalizacji, w tym przez diagonalizację w bazie funkcji falowych złożonych fermionów [PRB 91, 045109 (2015).] Funkcje falowe w pracy [12] odbiegają od antysymetrii ze względu na zamianę cząstek, co uzasadniane jest przez ideę anyonów. Autorzy znajdują wyniki zbliżone do literaturowych obliczeń uzyskanych metodą dokładnej diagonalizacji z pełną antysymetrią względem zamiany cząstek (prace z grupy T. Chakrabortyego z 1984 r. oraz J.K. Jaina z 1997 i 2015 r). Prace literaturowe, które są cytowane tutaj, omawiają również przypadki, w których funkcja falowa nie odpowiada całkowitej polaryzacji spinowej. Wtedy, nie można mówić o separacji części przestrzennej i spinowej funkcji falowej i ich oddzielnych symetriach względem zamiany cząstek. W przypadku niespolaryzowanym, tylko dla dwóch elektronów jest to możliwe. W pracy [12] autorzy zaniedbują spin – co odpowiada założeniu całkowitej polaryzacji spinowej, natomiast pracują tylko z przestrzenną funkcją falową, dopuszczając jej odstępstwa od antysymetrii względem zamiany cząstek. Wyniki – są zbliżone do dokładnych, literaturowych. W szczególności w przypadku wypełnienia $4/11$ energia na elektron wg pracy [12] dla 400 cząstek wynosi -0.4124 , podczas gdy wynik dokładnej diagonalizacji z pracy Balram, i inni PRB 91, 045109 (2015) to -0.4166 . Wynik pracy [12] jest rozsądnie dobry. Trzeba mieć jednak na uwadze, że w dyskusji funkcji falowych dla ułamkowego efektu Halla, porównywane są dalekie miejsca znaczące w energii na elektron. W warunkach ułamkowego efektu Halla, elektrony są dobrze rozdzielone w przestrzeni, tak, że węzły związane z zamianą elektronów mają ograniczony wpływ na energie.

Praca [11] (Annalen der Physik) omawia skorelowanie elektronów w funkcjach falowych konstruowanych podobnie jak w pracy [12]. Autorzy pokazują sieć trójkątną odpowiadającą kryształowi Wignera dla wypełnień z sekwencji Laughlinowskiej, oraz odstępstwa od tego rozkładu dla ułamkowych współczynników wypełnienia spoza tej sekwencji.

Podsumowując ocenę osiągnięcia należy stwierdzić, że Autor jeszcze na etapie rozprawy doktorskiej opanował teorię cyklotronowych grup warkoczowych, którą stosuje z powodzeniem do dyskusji możliwych do realizacji współczynników wypełnienia w cząstkowym efekcie Halla, w tym dla materiałów dwuwarstwowych i grafenu. Autor bardzo dobrze orientuje się w wynikach

doświadczalnych, oraz stosowanych do ich opisu teoriach, co zasługuje na uznanie w związku ze złożoną naturą skorelowania elektronów w warunkach ułamkowego efektu Halla i bogactwem literatury. Większa część materiału przedstawionego jako osiągnięcie habilitacyjne stanowi jakościowe dyskusje oraz komentarze wyników doświadczalnych w świetle teorii warkoczy, warunków współmierności oraz jednowymiarowych reprezentacji unitarnych grupy warkoczowej. Dla grafenu dwuwarstwowego ta jakościowa dyskusja jest ciekawa, zwłaszcza w związku z możliwością redukcji problemu do jednowarstwowego z wykorzystaniem prostopadłego pola elektrycznego [Maher i inni Science 345, 61, 2014]. W kilku pracach Autor wskazuje funkcje falowe inspirowane przez teorię, oraz wylicza energię na elektron w celu porównania z istniejącymi wynikami dokładnej diagonalizacji. W pracy [1] porównana jest liczba konfiguracji topologicznych z doświadczalnym. Jako oryginalne wyniki ilościowe podano również [11] analizę skorelowania przestrzennego elektronów w zaproponowanych funkcjach falowych oraz prosty model oddziaływania w dwuwarstwach [3,4] z konkurencją fazy hallowskiej oraz ekscytonowej. Po uwzględnieniu powtórzeń w publikacjach materiał oryginalny Autora, zwłaszcza wyniki ilościowe, nie jest bardzo obszerny. Dla skompensowania tego faktu Autor publikuje go z wielokrotnymi powtórzeniami, co sztucznie powiększa dorobek naukowy oraz objętość cyklu. Prace z osiągnięcia pozostają w ścisłym związku z doktoratem, którego idee przytaczane są obszernie w większości artykułów, a podana jako część cyklu monografia habilitacyjna [15] stanowi tłumaczenie doktoratu na język angielski.

Obowiązkiem recenzenta jest wydanie opinii w sprawie osiągnięcia naukowego w świetle wymogów ustawowych¹. Uwzględniając powyższe uwagi, pomijając monografię jako materiał z doktoratu, jestem bliższy wydania opinii pozytywnej. Stwierdzam więc, że prezentowane osiągnięcie naukowe spełnia wymogi ustawowe dla habilitacji. Do dobrego obyczaju nie należy publikowanie tego samego materiału w wielu artykułach naukowych mających uchodzić za oryginalne.

Pozostałe prace kandydata po doktoracie dotyczą, poza ułamkowym efektem Halla, również efektów plazmonowych związanych z nanocząstkami metalicznymi dla optymalizacji ogniw fotowoltaicznych, kropkami kwantowymi, oraz problemowi dystrybucji klucza kwantowego w zastosowaniu do kryptografii kwantowej. Kandydat jest autorem monografii na temat kryptografii kwantowej [Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2013] oraz aż pięciu zgłoszeń patentowych z zakresu zastosowania splątania kwantowego w przetwarzaniu informacji kwantowej.

Wskaźniki bibliometryczne. Kandydat opublikował 45 artykułów, z tego 32 po uzyskaniu doktoratu. Wskaźniki cytowań prac kandydata są dość niskie: 77 cytowań bez autocytowań oraz indeks Hirscha 7 według Web of Science, ale do przyjęcia dla wniosku habilitacyjnego z fizyki teoretycznej. Uprawiana przez Autora praktyka zwielokrotniania dorobku przez powtarzanie materiału w różnych artykułach nie zachęca do lektury prac. Stosunkowo skromny zakres istotnie nowych wyników ilościowych, pozostający w dysproporcji z objętością tekstu i głębią prowadzonych dyskusji, również nie może zachęcać czytelników.

Projekty badawcze. Kandydat pracował w granicy Maestro prof. L. Jacaka oraz prowadzi grant Sonata NCN. Zgłoszenia patentowe – pojawiają się w związku z grantami NCBiR, w których Autor działał jako wykonawca.

Konferencje naukowe. Autor po doktoracie (tj. po 2011 roku) prezentował wyniki w formie 19 komunikatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych, w tym sześciu referatów. Aktywność kandydata w tym zakresie jest bardzo wysoka. Autor wygłosił również 4 wykłady zaproszone na imprezach krajowych, w tym prezentacja habilitacyjna, oraz referat na Zjeździe Fizyków Polskich.



Działalność dydaktyczna. Kandydat uczestniczył w trzech dydaktycznych projektach europejskich, w tym finansowanych z Funduszy Strukturalnych w ramach POKL. Autor jest współautorem czterech skryptów w zakresie kwantowego przetwarzania informacji oraz optyki kwantowej. To wynik wybitny biorąc pod uwagę wiek autora. Autor prowadzi wykłady z ww tematów oraz z mechaniki kwantowej. Poza tym autor ma doświadczenie jako prowadzący ćwiczenia, również z fizyki ogólnej.

Działalność popularyzatorska. Kandydat uczestniczył w licznych przedsięwzięciach popularyzatorskich prowadzonych w ramach oraz przez PWr, w tym wykłady i wycieczki ze studentami. Pracę [15] z osiągnięcia zaliczam do dorobku popularyzatorskiego.

Kształcenie kadr. Kandydat sprawował opiekę na sześcioma zakończonymi pracami inżynierskimi, oraz jedną zakończoną pracą magisterską. Dodatkowo, Kandydat prowadzi jedną pracę inżynierską oraz dwie prace magisterskie. Jest również promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim p. mgr inż. Patrycji Łydźby, która jest współautorem części prac z osiągnięcia.

Współpraca naukowa i działalność organizacyjna. Autor podaje jako osiągnięcia we współpracy wizyty studyjne, w tym w renomowanych ośrodkach (m.inn. Austin , prof. MacDonald; Antwerpia prof. Peeters; Stanford, prof. Goldhaber-Gordon), oraz udział w pracach europejskich instytucji standaryzujących i projektach badawczych (w tym EU Cost). Kandydat działał m.in. przy organizacji sympozjów LFPPI, spotkania projektu Cost, uczestniczył w europejskiej sieci naukowej Quope oraz Narodowym Laboratorium Technologii Kwantowych. W ramach projektów NCBiR Autor współpracował z przedsięwzięciami B+R.

Wniosek

Wiele kryteriów określonych w ustawie o stopniach i tytule naukowym i w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1.09.2011 Kandydat spełnia z naddatkiem, w szczególności w zakresie działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej, organizacyjnej oraz udziału w projektach badawczych. Mimo zastrzeżeń, jakie zgłosiłem wyżej, co do przekrywania się materiału w artykułach zgłoszonych w osiągnięciu naukowym, uważam, że zaprezentowane osiągnięcie habilitacyjne może zostać przyjęte. Rekomenduję więc komisji habilitacyjnej wydanie pozytywnej opinii w sprawie nadania dr inż. Januszowi Jacakowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie fizyka.

Bartłomiej Refo