

Kraków, 28 grudnia 2020

**Recenzja wniosku i osiągnięcia habilitacyjnego dr. Andrzeja Poszwy,
tj. cyklu publikacji pt. *“Efekty związane ze spinem i efekty
relatywistyczne w układach niskowymiarowych”***

1. Sumaryczny dorobek naukowy i sylwetka habilitanta

Dr Andrzej Poszwa uzyskał tytuł magistra fizyki na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w 1997 roku, a następnie stopień naukowy doktora na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu w 2005 roku. Nieprzerwanie od 1992 roku pracuje w polskich placówkach naukowych i akademickich, początkowo w Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego w Krakowie (jako asystent-stażysta), następnie w Uniwersytecie Warszawskim, Filia w Białymstoku (asystent, 1993–1997), Wyższej Szkole Pedagogicznej w Olsztynie (asystent, 1998–1999), zaś od 1999 roku Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie (w latach 1999–2005 na stanowisku asystenta, od 2005 roku na stanowisku adiunkta).

Od magisterium, zainteresowania naukowe habilitanta koncentrują się wokół metod matematycznych mechaniki kwantowej układów wielu ciał, początkowo służących opisowi stanów ciężkich mezonów, zaś od studiów doktoranckich — stanów związanych elektronów w atomach i kropkach kwantowych.

Łącznie, dorobek naukowy dr. Andrzeja Poszwy stanowi 21 artykułów w czasopiśmie recenzowanych (z których 7 tworzy cykl przedstawiony jako osiągnięcie habilitacyjne). Prace te są cytowane łącznie 110 razy (68 po odjęciu cytowań własnych), zaś indeks Hirscha wynosi 7. Aktywność naukowa habilitanta to także udział w siedmiu konferencjach, na których przedstawił pięć plakatów, jeden referat i jeden komunikat (wykazane prezentacje ustne miały miejsce przed uzyskaniem stopnia doktora).

Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego jednej konferencji krajowej oraz recenzował artykuły dla szeregu czasopism o zasięgu międzynarodowym.

W załączonych materiałach nie wykazano kierowania lub udziału w projektach badawczych, brak też staży zagranicznych. Habilitant nawiązał jednak współpracę z Dr. Mustafą Kemalem Baharem i Dr. Asimem Sogliu z uniwersytetów tureckich, której owocem są trzy artykuły dotyczące fizyki plazmy, opublikowane w latach 2015—2016; można zatem uznać, że spełnione zostało kryterium ustawowe “aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednym ośrodku”.

Z pewnością, istotną część działalności zawodowej habilitanta stanowiła praca dydaktyczna, w tym liczne wykłady z fizyki i matematyki dla studentów kilku kierunków. Nieco dziwi, że opis tych form aktywności przedstawiony w Autoreferacie jest szczątkowy, brak nawet pełnych tytułów wybranych wykładów i dokładniejszych informacji na jakich latach i stopniach studiów były prowadzone. (Rzecz jasna, wskazane braki nie wpływają na ocenę recenzowanego wniosku).

2. Osiągnięcie naukowe będące podstawą Wniosku

Dr Andrzej Poszwa, jako osiągnięcie stanowiące podstawę wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego (dalej: *Wniosku*), przedstawił cykl siedmiu artykułów naukowych, opatrzonych tytułem: *Efekty związane ze spinem i efekty relatywistyczne w układach niskowymiarowych*. Prace wchodzące w skład cyklu, oznaczane dalej (za Autoreferatem) jako [H1]—[H7], zostały opublikowane w latach 2009—2018, w następujących czasopismach: *Few-Body Systems* (praca [H1]), *Physica Scripta* (prace [H2], [H4], [H6], [H7]), *Physica E* (praca [H3]), oraz *Acta Physica Polonica A* (praca [H5]). Pięć prac jest monoautorskich ([H1]—[H3], [H6], oraz [H7]), dwie pozostałe habilitant opublikował wspólnie z promotorem rozprawy doktorskiej, Prof. dr. hab. Andrzejem Rutkowskim. Załączone oświadczenie współautora wskazuje jednoznacznie, że wkład pracy habilitanta był istotny w przypadku pracy [H4], gdzie polegał na znalezieniu większej części rozwiązań analitycznych, oraz wiodący w przypadku pracy [H5].

W Autoreferacie, habilitant wymienia dwie kolejne, blisko związane tematycznie z prezentowanym cyklem, monoautorskie prace przyjęte do druku w czasopismach *Acta Physica Polonica A*, oraz *Physica E*, które to prace (w chwili pisania tej recenzji) są już opublikowane.

Badania opisane w pracach tworzących cykl [H1]—[H7] koncentrują się wokół czterech zasadniczych obszarów tematycznych. Są nimi: (i) indukowane polem magnetycznym przejście singlet-tryplet w dwuelektronowej kropce kwantowej [H1], (ii) wpływ sprzężenia spinowo-orbitalnego typu Rashby na jedno- i dwuelektronowe

stany kwantowe układów niskowymiarowych [H2], [H3], *(iii)* spójny opis analityczny dwu- i trójwymiarowych atomów Diraca i Diraca-Weyla z jednym elektronem [H5]—[H7], oraz *(iv)* rozwiązania nieperturbacyjne dla podobnych dwuwymiarowych atomów w silnym polu magnetycznym [H4], [H6].

Główne wyniki, otrzymane w ramach wspomnianych wyżej kierunków badań, przedstawiają się następująco.

Ad (i) — Habilitant porównał wyniki numeryczne, otrzymane w ramach dwu- i trójwymiarowych modeli dwuelektronowej kropki kwantowej utworzonej w heterostrukturze na bazie arsenku galu, z odpowiednimi wynikami doświadczalnymi dostępnymi w literaturze, pokazując, że źródłem rozbieżności pomiędzy wczesnymi wynikami teoretycznymi a doświadczeniem było właśnie nieuwzględnienie rozciągłości przestrzennej w trzecim wymiarze. Od strony metodologicznej, problem został sprowadzony do konstrukcji stabilnych numerycznie szeregów potęgowych, i sposobu ich sumowania pozwalającego otrzymywać wyniki z dowolną dokładnością dla silnych pól magnetycznych (patrz praca [H1]).

Ad (ii) — Habilitant charakteryzował, używając jako miary tzw. entropii von Neumanna, stopień splątania stanów układów niskowymiarowych, tj. nanodrutów (praca [H2]) i kropek kwantowych (praca [H3]), ze sprzężeniem typu Raschby. Okazuje się, że stopień splątania pojedynczego spinu z otoczeniem, który pozostaje w stosunkowo prostym związku z wektorem polaryzacji spinowej, wykazuje zachowanie oscylujące jako funkcja parametru sprzężenia. Habilitant badał także transport balistyczny w nanodrucie, pokazując w jakich warunkach efekty sprzężenia typu Raschby będą widoczne w pierwszym, a w jakich w drugim rzędzie (względem parametru sprzężenia) [H2]. Z kolei w pracy [H3] pokazano, że związek splątania z polaryzacją spinową pozostaje słuszny dla stanów jedno- i dwuelektronowych w kropce kwantowej z parabolicznym potencjałem uwięzienia. W sposób charakterystyczny dla habilitanta, główny wysiłek koncentrował się na konstrukcji przybliżonych funkcji falowych stanów jedno- i dwuelektronowych, i numerycznej diagonalizacji hamiltonianu w skończonej bazie; przy czym cała procedura zaprojektowana została w sposób umożliwiający precyzyjną kontrolę dokładności przybliżenia w arytmetyce o stałej precyzji.

Ad (iii) — W kolejnym wątku badawczym, habilitant (w przypadku prac [H4] i [H5] wspólnie z prof. Andrzejem Rutkowskim) analizował poprawki relatywistyczne do energii stanów własnych atomów wodoropodobnych w jednym i dwóch wymiarach ([H4]—[H6]), rozszerzając następnie dyskusję na przypadek cząstki o spinie $1/2$ w ekranowanym potencjale Debya-Yukawy, której fizyczną realizacją może być ekscyton [H7], celem stworzenia spójnego opisu dla przypadków o różnej wymiarowości, jak również sytuacji z zerową lub niezerową masą spoczynkową

elektronu. Okazało się, że realizacja takiego programu jest możliwa, wymaga m.in. przetłumaczenia niektórych rozwiązań dostępnych w literaturze w notacji dwuspinorowej na notację czterospinorową, a dzięki temu łatwiejsze staje się prowadzenie rachunku zaburzeń w obecności dodatkowych czynników (np. pól zewnętrznych) łamiących symetrię zagadnienia.

Ad (iv) — Niejako na marginesie problemów rozważanych w pracach [H4] i [H6], habilitant zaproponował podejście nieperturbacyjne, w ramach którego rozwiązanie szczególne równań Kleina-Gordona i Diraca opisujących elektron w potencjale kulombowskim i polu magnetycznym zostały tak dobrane, aby zachowanie asymptotyczne rozwiązania ogólnego gwarantowało całkowalność z kwadratem. Podejście takie zapewnia kontrolę nad dokładnością przybliżenia w przypadku silnych pól, a wyniki zostały zweryfikowane przez innych autorów [zob. R. Szmytkowski, *Annals of Physics* 401:174–192, 2019].

3. Ocena Wniosku i uwagi końcowe

Przystępując do oceny przedłożonego Wniosku należy wskazać, że zarówno Autoreferat jak i pozostałe materiały zostały przygotowane z należytą starannością, opis wyników habilitanta jest zwięzły i jasny, zaś wszystkie informacje niezbędne dla potrzeb postępowania habilitacyjnego zostały przedstawione. (Jak zaznaczyłem wyżej, w niektórych przypadkach dziwi, że np. informacje o pracy dydaktycznej są nadzwyczaj skąpe, jest to jednak decyzja habilitanta, która nie stoi w sprzeczności z wymaganiami formalnymi.)

Dorobek naukowy w ujęciu ilościowym (patrz pkt. 1 recenzji) przedstawia się typowo dla osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego w zakresie fizyki. Zaskakuje jednak znikoma aktywność konferencyjna, a w szczególności całkowity brak wystąpień ustnych w okresie po otrzymaniu stopnia naukowego doktora (w 2005 roku), nawet na konferencjach krajowych. W Autoreferacie nie znalazłem także informacji, czy habilitant prezentował swoje wyniki wygłaszając referaty na seminariach grupowych, katedralnych itp. w polskich lub zagranicznych ośrodkach naukowych.

Artykuły [H1]–[H7] tworzące recenzowane osiągnięcie naukowe zostały opublikowane w przeważającej mierze w przeciętnych czasopismach, ocenianych na 40 pkt. wg tabeli MNiSW; jedynym wyjątkiem jest praca [H3] opublikowana w *Physica E*, ocenianym na 70 pkt. Zaskakuje, że habilitant nie zdecydował się na złożenie Wniosku nieco później, tak aby formalnie możliwe było włączenie dwóch bliskich tematycznie artykułów, które ukazały się w tym roku w *Acta Physica Polonica A* oraz *Physica E*, a które w chwili składania Wniosku były już przyjęte do druku.

Należy jednak zaznaczyć, że chociaż najnowsze prace habilitant publikuje głównie w czasopismach o niskich współczynnikach oddziaływania, ich cytowalność jest jednak zupełnie dobra: typowo, prace opublikowane w okresie ostatnich 5 lat są cytowane 5–10 razy, co jest niezłym wynikiem dla prac koncentrujących się na aspektach matematycznych fizyki materii skondensowanej.

Wydaje się, że właśnie wspomniana wyżej koncentracja na aspektach matematycznych, a niekiedy wręcz technicznych (w znaczeniu technik obliczeniowych) sprawia, iż prace nie są interesujące dla szerszego kręgu odbiorców, muszą się ukazywać w mało eksponowanych periodykach naukowych.

Dobrym przykładem ilustrującym wskazany problem jest praca [H6], w której habilitant prezentuje rozwiązania równania Diraca-Weyla dla bezmasowej cząstki o spinie $1/2$ w polu kulombowym w dwóch wymiarach, w notacji czteroskładnikowej. Konsekwentnie omówiona jest analogia z przypadkiem trójwymiarowym, i wprowadzona zostaje spójna klasyfikacja spektroskopowa stanów niezaburzonych, która może okazać się pomocna w przypadku, gdy zaszła by potrzeba użycia stanów niezaburzonych do konstrukcji rozwinięcia perturbacyjnego. Chociaż autor wskazuje, że fizycznej realizacji rozważanego problemu należy poszukiwać w układach grafenowych, w ogóle odnosi się do obszernej literatury [zob. np. Pereira i in., *Phys. Rev. Lett.* 99:166802 (2007) oraz liczne prace cytujące wymienioną], w której omówiono liczne konsekwencje dirakowskiej natury elektronów dla wielkości mierzalnych, jak lokalne fluktuacje gęstości ładunku i gęstości stanów. Zapewne, zwrócenia uwagi na możliwe konsekwencje rozważań teoretycznych habilitanta dla nowych układów niskowymiarowych byłoby dobrą drogą do uzyskania wyników fizycznych zrozumiałych i interesujących dla szerszego kręgu odbiorców, które mogłyby zostać opublikowane w czasopismach wyższej rangi.

Niestety, bez sugerowanej wyżej pogłębionej dyskusji fizycznej, większość wyników habilitanta uznać należy za poprawki do wyników innych autorów, co czyni je interesującymi jedynie dla wąskiej grupy ekspertów. W niektórych przypadkach można nawet mieć wątpliwości, czy prezentowane wyniki teoretyczne w ogóle są weryfikowalne: obliczenia podatności magnetycznych dla trójwymiarowych, wodoropodobnych atomów Diraca z dokładnością do 12 cyfr znaczących, aby mogły kiedykolwiek być porównane z doświadczeniem, najprawdopodobniej należałoby skorygować uwzględniając efekty elektrodynamiki kwantowej.

Co ciekawe, w przeszłości (tj. w latach 2001–2010) habilitant opublikował serię prac w *Physical Review A* (w tym jedną pracę monoautorską i cztery dwuautorskie), publikował także w *J. Phys. A*. Wydaje się zatem, że umowy “środek ciężkości” aktywności publikacyjnej przesunął się w okresie ostatnich 10 lat z czasopism dobrych i bardzo dobrych w stronę czasopism przeciętnych. Najprawdopodobniej, bez wyraźnej

zmiany tematyki w kierunku zagadnień aktualnych, jak również zdecydowanie bardziej wnikliwych rozważań konsekwencji fizycznych otrzymywanych wyników, publikowanie przyszłych artykułów w lepszych czasopismach oraz aktywny udział w konferencjach międzynarodowych będą trudne; perspektywy rozwoju naukowego nie rysują się zatem obiecująco.

4. Podsumowanie

Pomimo wymienionych wyżej uwag krytycznych uważam, że przedstawiony mi do oceny cykl publikacji [H1]—[H7] zawiera kilka ciekawych i oryginalnych wyników fizycznych, które łącznie można uznać za istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Podobnie, całościowy dorobek habilitanta, Jego bieżąca aktywność naukowa, i inne opisane w Autoreferacie aspekty działalności zawodowej, spełniają wszelkie ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w zakresie fizyki.

Rekomenduję zatem pozytywne rozpatrzenie Wniosku i nadanie dr. Andrzejowi Poszwie stopnia naukowego doktora habilitowanego.



Adam Rycerz