



Recenzja rozprawy doktorskiej pana **mgr. Piotra Gładysza** pod tytułem  
***Interaction of light with quantum systems of different degrees of symmetry***

Rozprawę doktorską pana mgr. Piotra Gładysza stanowią trzy artykuły naukowe, z czego dwa zostały opublikowane w recenzowanym czasopiśmie naukowym *Scientific Reports*, a jeden jako preprint w repozytorium arxiv.org. We wszystkich tych publikacjach doktorant jest pierwszym autorem, ostatnim autorem jest promotorka doktoratu, a w przypadku dwóch z tych prac występuje jeszcze jeden współautor. Wszystkie prace mają charakter teoretyczny i poświęcone są opisowi oddziaływania światła z układami 2- i 3-poziomowymi. Prace te są więc powiązane tematycznie, a także spójne metodologicznie, choć poruszają różne tematy, poświęcone są różnym układom i badają różne efekty. Oświadczenie o wkładzie własnym, przedstawione przez p. Gładysza, wraz ze spójnymi z nim oświadczeniami współautorów, pozwalają jednoznacznie wydzielić indywidualny wkład doktoranta w opublikowane prace, a nawet wskazują na jego wyłączny wkład w realizację obliczeń numerycznych, dominujący wkład w opracowanie opisu teoretycznego, interpretację wyników i redagowanie tekstów, a także udział w formułowaniu celów badawczych. Rozprawa zaopatrzona jest w streszczenia po polsku i po angielsku. Formalne kryteria art. 187 ust. 3 i 4 PoSWiN są więc spełnione.

Przedstawione jako podstawa do nadania stopnia artykuły zostały poprzedzone ogólnym wstępem, w którym doktorant wprowadza w temat układów kilkupoziomowych oddziałujących ze światłem, definiuje podstawowe pojęcia i omawia podstawy teorii. Wstęp ten zawiera podręcznikowe wiadomości i – w świetle zapisów ustawowych – nie powinien być traktowany jako część rozprawy i poddawany ocenie. Nadmienię tylko, że tekst ten jest bardzo sprawnie napisany, zrozumiały i moim zdaniem ma duży walor dydaktyczny. Jedynym poważniejszym zgrzytem był dla mnie akapit omawiający równanie Lindblada, który miesza założenia z wnioskami, jest nieprecyzyjny, nie odnosi się w ogóle do przybliżenia Markowa i dla nieznającego tematu czytelnika może być mylący. Rozdział wprowadzający byłby też zapewne bardziej wartościowy, gdyby doktorant odwołał się tam do standardowej podręcznikowej literatury, która zresztą jest źródłem przedstawionych tam wywodów, bo przecież nie są one oryginalnymi osiągnięciami autora rozprawy.

W pierwszej publikacji wchodzącej w skład rozprawy (w kolejności prezentacji w rozprawie), oznaczonej jako A1, pan Piotr Gładysz wyprowadza przybliżone równania ewolucji układu dwupoziomowego posiadającego statyczny moment dipolowy, stosując kolejne transformacje unitarne, częściowo bazujące na istniejącej literaturze. Nie do końca jest jasne, dlaczego człony niewiekowe w wyjściowym równaniu są ważne, podczas gdy człony o podobnym charakterze w przetransformowanym hamiltonianie się pomijają. Jak się wydaje, zastosowane transformacje eliminują człony niewiekowe w wiodącym rzędzie,



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

wppt.ift@pwr.edu.pl  
www.ift.pwr.edu.pl  
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Nr konta:

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



## Instytut Fizyki Teoretycznej

a pozostałe wyrazy są rzędu co najmniej  $\Omega/\omega$  (gdzie  $\Omega$  i  $\omega$  to, odpowiednio, częstość Rabięgo i częstość optyczna) i tylko to jest podstawą do ich zaniedbania. Widzę tu pokrewieństwo z różnymi metodami quasi-zdegenerowanego rachunku zaburzeń (np. transformacja Foldy'ego-Wouthuysena czy też eliminacja Löwdina), co być może stałoby się oczywiste, gdyby zapisać problem w języku teorii Floqueta. Jeśli tak, to zastosowana procedura ma charakter perturbacyjny względem  $\Omega/\omega$ , a w takich przypadkach przedział parametrów, w którym już są widoczne poprawki najniższego rzędu, ale wyższe rzędy dają wkład ilościowo zaniedbywalny, jest zwykle wąski. Niemniej, pan Piotr Gładysz wyprowadził równania, które w pewnym niezbyt szerokim przedziale parametrów ( $\Omega/\omega \sim 0,5$ ) dają wyniki ilościowo poprawne, a jednocześnie wykazują różnice w stosunku do standardowego modelu Rabięgo. Co ważniejsze, jakościowe wnioski uzyskane na podstawie bardzo przejrzystych, analitycznych równań uzyskanych przez doktoranta pozostają w mocy również dla silniejszych pól, kiedy model przestaje dobrze pracować ilościowo. Istotnym oryginalnym osiągnięciem mgr. Piotra Gładysza jest tu znalezienie analitycznych zależności opisujących istotne parametry ewolucji, takie jak przesunięcia częstości, nieliniowa renormalizacja częstości Rabięgo, czy też modyfikacja szybkości emisji spontanicznej. Podejście to zostało przez doktoranta zastosowane do wyliczenia widma rezonansowej fluorescencji atomu ze stałym momentem dipolowym, co stanowi oryginalny wynik pracy.

W kolejnej publikacji (A2) pan Piotr Gładysz analizuje propagację wiązki optycznej przez ośrodek złożony z atomów posiadających statyczny moment dipolowy. Praca ta rozszerza analizę prezentowaną we wcześniejszej literaturze na efekty propagacji w ośrodku. Analiza prowadzona jest w przybliżeniu RWA w standardowym reżimie  $\Omega/\omega \ll 1$  i polega na wyprowadzeniu równań dla dwóch propagujących wiązek sprzężonych z polaryzacją ośrodka na poziomie półklasycznych równań Blocha-Maxwella z dyssypacją. Doktorant opracował też kod do numerycznej symulacji takich wiązek. Dzięki temu był w stanie opisać i przeanalizować generację wiązki o częstościach mikrofalowych w takim ośrodku, a także wykazał, że charakterystyki tej wiązki zależą od parametrów pompującej wiązki optycznej. Lekką niespójnością wydaje mi się założenie o izotropowości ośrodka, przy jednoczesnym jawnym złamaniu symetrii poprzez zewnątrz pole polaryzujące dipole. Być może przy przyjętych upraszczających założeniach co do kierunków propagacji i polaryzacji nie ma to znaczenia. Do ewentualnej dyskusji pozostaje znaczenie takiej metody generacji fal w zakresie częstości, w którym techniki radiowe pozwalają łatwo generować fale dużej mocy, a w związku z tym także rozwinięcie wspomnianej w artykule idei przeniesienia tej metody do zakresu terahercowego. Niezależnie od tego, uzyskane w tej pracy wyniki są ciekawe i oryginalne.

Publikacja A3 poświęcona jest propagacji światła w ośrodku złożonym z atomów trójpoziomowych przy różnym uporządkowaniu poziomów, tym razem bez dipoli stałych.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

wppt.ift@pwr.edu.pl  
www.ift.pwr.edu.pl  
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Nr konta:

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



## Instytut Fizyki Teoretycznej

Zastosowane podejście, podobnie jak w poprzedniej pracy, opiera się na równaniach Blocha-Maxwella. Głównym wynikiem uzyskanym w tej pracy jest wykazanie, że w układach typu  $\Xi$  (struktura drabinkowa: poziom górny i dolny optycznie sprzężone ze środkowym) pobudzanych w pobliżu rezonansu dwufotonowego, ale z dala od rezonansów jednofotonowych, realizuje się nadświetlna propagacja z minimalną deformacją impulsu. Pan Piotr Gładysz zaproponował ilościowe charakterystyki procesu propagacji, zaproponował parametr jakości, uwzględniający kompromis pomiędzy obniżeniem indeksu grupowego a wzrostem absorpcji, i wykazał, że kompromis ten można optymalizować w różny sposób dla różnych zestawów parametrów – częstości Rabięgo i odstrojenia wiązki kontrolnej. Zastosowanie opracowanej teorii do par rubidu pozwoliło przewidzieć nadświetlną propagację w odpowiednich warunkach w tym realistycznym układzie. Istotnym elementem przeprowadzonych przez doktoranta badań jest też optymalizacja symulacji numerycznych. Zagadnienie nadświetlnej propagacji było intensywnie badane w literaturze, lecz zwykle w odniesieniu do znacznie częściej badanych układów typu V i  $\Lambda$ . Dokładna i systematyczna analiza ośrodka złożonego z układów w drabinkowej strukturze poziomów ( $\Xi$ ) jest oryginalnym wkładem doktoranta, a wykazanie, że takie właśnie ośrodki są pod tym względem optymalne, jest ciekawym wynikiem.

Jeżeli za problem naukowy będący przedmiotem rozprawy uznać sformułowanie opisu dynamiki optycznie pobudzanych układów dwupoziomowych ze statycznym momentem dipolowym oraz propagacji impulsów przez gaz atomów opisywanych przez taki model, a także poprzez gaz atomów opisywanych modelami trójpoziomowymi, to bez wątpliwości należy uznać, że problem ten został przez doktoranta rozwiązany w sposób oryginalny. Pan Piotr Gładysz zaproponował metodę przybliżonego opisu takich układów bądź zaimplementował symulacje numeryczne, porównując je z uproszczonymi podejściami analitycznymi, i dzięki temu podał opis ich kluczowych własności, w niektórych przypadkach analityczny, przewidując zjawiska nowe bądź zachodzące z większą efektywnością niż w układach badanych wcześniej. Wykazał się przy tym znajomością tematyki, rozwijanej od niemal 40 lat, a także dobrym opanowaniem technik rachunkowych optyki kwantowej stosowanych w tym obszarze zagadnień oraz metod numerycznych, czym – w mojej ocenie – dowiódł swojej umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (choć, jak zawsze, wymaga ona jeszcze dalszego szlifowania np. w ramach stażu doktorskiego). To wyczerpuje ustawowe kryteria merytorycznej oceny rozprawy doktorskiej określone w art. 187 ust. 1 i 2 PoSWiN i w mojej ocenie kryteria te są spełnione.

Mam wątpliwości co do stosowalności opisu zaproponowanego w pracy A1 do realnych układów w domenie optycznej, a stąd też do potencjalnego wpływu uzyskanych tej pracy wyników na ten obszar badań. Argument podany przez Allena i Eberly'ego w klasycznej książeczce *Optical resonance and two-level atoms* wskazuje, że w polach, w których wprawy niewielkie mają znaczenie, atom powinien się rozpaść. Nie umiem ocenić słuszności



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

wppt.ift@pwr.edu.pl  
www.ift.pwr.edu.pl  
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Nr konta:

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



# Politechnika Wroclawska

## Instytut Fizyki Teoretycznej

tego argumentu (choć wydaje mi się dość przekonujący), ale przynajmniej warto podjąć z nim dyskusję. Z kolei w układach półprzewodnikowych, na których trochę lepiej się znam, poza fundamentalnym przejściem istnieje cała masa innych optycznie aktywnych przejść, energetycznie nieodległych, których nierezonansowe pobudzenie tak silnymi polami optycznymi da znacznie większy wkład do dynamiki niż silnie nierezonansowy statyczny dipol, nawet jeśli konfiguracja ładunkowa układu przetrwa takie pobudzenie. Nie zmienia to faktu, że problem postawiony przez doktoranta sam w sobie jest dobrze zdefiniowany i został rozwiązany poprawnie.

W mojej ocenie pan Piotr Gładysz w swojej rozprawie przedstawił ciekawe i oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazał się wiedzą w swoim obszarze badań i posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. W związku z tym, przedstawioną mi do recenzji rozprawę doktorską pana mgr. Piotra Gładysza oceniam pozytywnie.

*Paweł Machnikowski*  
Prof. Paweł Machnikowski



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

wppt.ift@pwr.edu.pl  
www.ift.pwr.edu.pl  
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Nr konta:

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434