

Recenzja rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Agaty Roszkiewicz zatytułowanej

„Generacja plazmonów polarytonów powierzchniowych na strukturach periodycznych”

Rozprawa dotyczy fizycznych podstaw elektroniki ośrodków ciągłych, dokładniej zaś ciał stałych i dobrze wpisuje się w jeden z uprawianych przez nas kierunków badawczych, który w minionym okresie był określany jako teoria pól sprzężonych. Kierunek ten obejmuje szeroki wachlarz zagadnień związanych z wzajemnym oddziaływaniem pól mechanicznych i elektromagnetycznych, a także pól termicznych. Wiele lat temu zbliżonymi zagadnieniami zajmowały się u nas zespoły profesorów Maleckiego i Filipczyńskiego, oczywiście dotyczyło to ówczesnej wersji teorii, aczkolwiek brane tam były też pod uwagę efekty kwantowe. W tej chwili wydaje mi się, że bardzo współczesną, wręcz rewolucyjną wersję tych zagadnień uprawia w IPPT promotor pani Roszkiewicz, profesor Wojciech Nasalski, który zajmuje się fotoniką i pokrewnymi zagadnieniami zarówno w sensie teorii, jak i od pewnego czasu doświadczalnie. Należy zaznaczyć, że tematyka ta jest bardzo współczesna i koncentruje się wokół zagadnień intensywnie badanych w przodujących ośrodkach na świecie. Rozprawa pani mgr Roszkiewicz jak najbardziej należy do tego kierunku badawczego. Głównym tematem jest dynamika plazmonów i plazmonów-polarytonów powierzchniowych. Są to wzbudzenia w ośrodku, które można traktować jako swego rodzaju cząstki. Plazmony to skwantowane drgania gazu elektronów przewodzących. Polarytony są to quasi-cząstki, jakie powstają w ośrodku w wyniku oddziaływania fali elektromagnetycznej ze wzbudzeniami ośrodka. Plazmony polarytony powierzchniowe to drgania swobodnych elektronów w metalu sprzężone z polem elektromagnetycznym. Ich cechą istotną jest rozchodzenie się wzdłuż styku materiałów o stałych dielektrycznych przeciwnych znaków. Można powiedzieć, że są to quasicząstki powstałe z plazmonów ograniczone w swym zachowaniu do powierzchni metalu. Cechują się one silnym oddziaływaniem z fotonami, czyli kwantami pola elektromagnetycznego. Obiekty te są bardzo istotne we współczesnej optyce zintegrowanej i fotonice.

Rozdziały I, II i III rozprawy dotyczą przedstawienia obecnego stanu wiedzy w dziedzinie badanej przez autorkę. Trzeba przyznać, że przedstawia ona bardzo szczegółowo ten problem na gruncie elektrodynamiki, równań Maxwella i warunków brzegowych na styku dwóch ośrodków. Niezależnie od swej roli w badanych przez nią zagadnieniach, analiza ta jest bardzo pożyteczna, zbierając i przypominając zagadnienia, których w jej masie na ogół nie pamięta się zbyt dokładnie. Niezależnie od roli tego rozdziału w prezentacji, uważam, że w swej obecnej postaci pełni on rolę swego rodzaju cennego przeglądu mogącego pomóc wszystkim interesującym się zagadnieniami oddziaływania pola elektromagnetycznego z materia skondensowaną, niezależnie nawet od głównego tematu pracy. Być może duża ilość materiału przeglądowego nieco rozprasza uwagę, ale uważam że jest to znacznie lepsze niż

pisanie suchej pracy referującej wyłącznie własne wyniki. Osadzenie tych wyników w całokształcie teorii i zastosowań jest bardzo cenne.

Rozdziały IV, V i VI dotyczą przedstawienia właściwego tematu pracy, w szczególności rozdział IV oparty jest głównie na równaniach Maxwella i modelu Drudego. Zwraca uwagę analiza wiązek Gaussa i oparta na niej analiza wiązek Hermite'a-Gaussa typu „elegant”, a więc z uwzględnieniem zespolonych argumentów dla badanych funkcji falowych. Z matematycznego punktu widzenia ciekawe jest, że wiązki te są rozwiązaniami równania własnego dla operatora nie-Hermitowskiego. Zbiór tych funkcji jest bi-ortogonalny do zbioru funkcji własnych operatora Hermitowsko sprzężonego. Trzeba przyznać, że niedoświadczony czytelnik, przywykły do powszechnej w mechanice kwantowej analizy równań własnych operatorów Hermitowskich ma pewne trudności ze zrozumieniem tego zagadnienia, choć Autorka wyjaśnia je szczegółowo. Ze względu na numeryczną motywację Autorki, szczególną rolę pełni rozdział V dotyczący podstaw analizy numerycznej stosowanej w pracy. Punktem wyjścia jest pełna, dokładna analiza metody fal sprzężonych. Uważam opracowany algorytm za ciekawy i bardzo udany. W rozdziale VI obok układów o strukturze symetrycznej przedyskutowano różne rodzaje asymetrii i ich wpływ na charakter zjawiska. Rozdział VII poświęcony jest oddziaływaniu między modami rozmaitych typów. W rozdziale VIII omówiono ogólne wyniki i metody pracy doktorskiej, ze szczególnym uwzględnieniem procedury numerycznej.

Autorka wielokrotnie zwraca w swej pracy uwagę na zastosowania praktyczne otrzymanych rezultatów, ich znaczenie dla badań spektroskopowych i biomedycznych. Przedyskutowane zostały zastosowania polarytonów powierzchniowych dla fotoniki i optyki zintegrowanej i detekcji pojedynczych cząsteczek.

Należy zaznaczyć, że mimo swego młodego wieku, Autorka ma już znaczący i uznany w świecie specjalistów dorobek w dziedzinie fizycznych podstaw współczesnej elektroniki.

Osobiście oceniam tę rozprawę bardzo wysoko, zarówno w kontekście czysto teoretycznym, jak i ze względu na możliwość zastosowań technicznych w rozmaitych zagadnieniach nanofizyki, biologii, optyki zintegrowanej i fotoniki. Chcę też zwrócić uwagę, że uzyskane wyniki mogą być bardzo istotne w badaniach ściśle fizycznych dotyczących kwantowej natury promieniowania elektromagnetycznego i tym samym w nowoczesnej mechanice materii skondensowanej. Autorka wykazała się ogromnym wkładem pracy i inwencji teoretycznej. Rozprawa doktorska, niezależnie od swych walorów naukowych, imponuje można powiedzieć w sensie „artystycznym”, doskonałym opracowaniem licznych ilustracji, pozwalających łatwiej wniknąć w istotę omawianych problemów. Uważam, że niezależnie od swej wartości jako rozprawa doktorska, jest ona doskonałym omówieniem szerokiego wachlarza zagadnień i może być użyta jako swego rodzaju opracowanie książkowe. Przynajmniej na pewno dotyczy to niektórych jej części. Z tego powodu uważam, że mgr Agata Roszkiewicz udowodniła, że zasługuje na stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie elektroniki i wnoszę o uruchomienie dalszych etapów przewodu doktorskiego. Rozprawę zaś uważam za wyróżniającą.

Warszawa, 11. 04. 2012

Prof. dr hab. Jan Jerzy Sławianowski