

Prof. dr hab. Stanisław Chwirot
Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Grudziądzka 5-7
87-100 Toruń
chwirot@fizyka.umk.pl

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 5.03.2015
podpis 

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Filipa Ozimka zatytułowanej
"Porównanie optycznych wzorców częstości za pomocą stabilizowanego łącza
światłowodowego"

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr. Filipa Ozimka liczy 136 stron tekstu. Składa się ze Wprowadzenia, trzech części poświęconych kolejno omówieniu zagadnień związanych z konstrukcją optycznych wzorców częstości oraz ich porównywania na odległość, doświadczalnej realizacji dwóch niezależnych wzorców oraz optycznego toru przesyłowego zapewniającego możliwość wzajemnego porównania tych wzorców i omówieniu wyników przeprowadzonych pomiarów. Pracę kończy podsumowanie, dwa dodatki zawierające parametry zastosowanej wnęki ULE oraz schematy skonstruowanych przez Doktoranta urządzeń elektronicznych i zestawienie 115 odnośników literaturowych istotnych dla rozważań zawartych w rozprawie. Odnotować należy bardzo staranną edycję rozprawy.

Badania mgra Ozimka dotyczą aktualnej i ważnej tematyki. Rozwijane w ostatnich latach badania podstawowe w zakresie fizyki atomowej i optyki stworzyły podstawy dla jakościowego postępu w zakresie metrologii czasu i podjęcia prac nad konstrukcją i wdrożeniem nowej generacji wzorców czasu – optycznych zegarów atomowych opartych na promieniowaniu o częstościach o kilka rzędów przekraczających częstości mikrofalowe będące podstawą pomiaru czasu w przypadku stosowanych do tej pory zegarów cezowych. W chwili obecnej, rozwiązano podstawowe problemy konstrukcyjne i optyczne zegary atomowe działają już w szeregu laboratoriów badawczych, w tym w Polsce. Warunkiem dalszego postępu i przejścia do ewentualnych zastosowań praktycznych jest zapewnienie możliwości porównywania ich pracy w kontekście stabilności i precyzji wyznaczania odcinków czasu.

Rozprawę rozpoczyna krótkie, liczące kilka stron „Wprowadzenie”, w którym Autor w bardzo jasny sposób przedstawia aktualny stan rozwoju dziedziny i uzasadnia potrzebę podjętych badań, a na tym tle przedstawia cel swojej pracy – „przeprowadzenie badań doświadczalnych nad porównaniem wzorców (częstości optycznych) poprzez łącze światłowodowe”. Autor, jako pierwszy cel pracy wymienia wprowadzenie „budowę stabilnych źródeł częstości optycznych”, ale ten pierwszy cel ma wyłącznie znaczenie operacyjne, jako środek warunkujący realizację zasadniczego celu, wykonanie badań nad porównywaniem tych wzorców. Za drobną usterkę tej części rozprawy uznać można pierwszy ustęp „Wprowadzenia”, zbędny z punktu widzenia treści pracy a zawierający kontrowersyjne, zwłaszcza dla filozofów przyrody, przypisanie czasowi roli „bytu”.

Cele badawcze postawione przed Doktorantem oceniam jako bardzo ambitne. Już samo wykonanie badań prowadzących do zbudowania de novo stabilnych źródeł częstości optycznych o odpowiednio wysokiej stabilności mogłoby wystarczyć dla przygotowania pracy doktorskiej. Tego rodzaju prace prowadzone są zazwyczaj przez grupy badawcze, a jak zapewnił mnie Promotor, Doktorant wykonał tę pracę samodzielnie. Z pewnością miał okazję korzystania z doświadczenia Opiekuna i współpracowników, tym niemniej lektura rozprawy wyraźnie wskazuje na ogrom pracy jakiej wymagało zdobycie adekwatnej wiedzy teoretycznej i następnie przełożenie jej na opracowanie konstrukcji i zbudowanie tych źródeł.

W Rozdziale 2, nie do końca adekwatnie zatytułowanym „Optyczny wzorzec częstości” Autor na trzydziestu stronach wyczerpująco omawia problemy stanowiące wyzwanie dla optymalizacji pracy optycznych wzorców częstości oraz ich porównania. W częściach 2.1 i 2.2 Doktorant wyczerpująco analizuje problemy natury, źródeł i sposobów oceny szumu oscylatora oraz znaczenia tych szumów dla widma emisji źródła częstości. Podrozdziały 2.3 i 2.4 przedstawiają tematykę porównywania wzorców częstości i stanowią wprowadzenie do rozwijanego w kolejnych częściach zagadnienia porównywania takich wzorców na odległość, w szczególności przy zastosowaniu torów światłowodowych, które same w sobie są dodatkowym źródłem szumu i zaburzeń porównywanych sygnałów. Rozdział 2 kończy część poświęconą własnościom etalonu Fabry-Perot, jako niezbędnego elementu zapewniającego stabilne zmniejszenie szumów częstości lasera i bardzo dokładne omówienie czynników wpływających na stabilność takiego rezonatora. Za drobne potknięcie uznać należy niefortunne upraszczające sformułowanie, że „W odróżnieniu od rezonansów atomowych, wnęki nie wykazują poszerzenia linii rezonansowej zależnej od natężenia światła” (str.27-28), poprzedzające odnotowanie przez Autora na str. 32 wpływu natężenia światła, przejawiającego się lokalnym nagrzewaniem podkładu luster (analiza na str. 32-33).

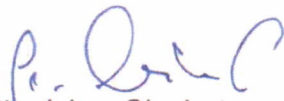
Rozdział 3 poświęcony jest omówieniu skonstruowanego przez Doktoranta układu doświadczalnego obejmującego dwa optyczne wzorce częstości oraz tor światłowodowy umożliwiający ich porównywanie. Rozdział ten doskonale ilustruje wielki nakład pracy Doktoranta, Jego troskę o uwzględnienie wszystkich czynników mogących mieć wpływ na końcowy wynik planowanych doświadczeń, a także szeroką wiedzę i wszechstronność. Oceniając tę część pracy i uzyskane wyniki pamiętać należy, że, co sam Autor odnotowuje na str. 43, celem nie było zbudowanie wzorca optycznego o bardzo dobrze i bezwzględnie określonej częstości (do tego potrzebna byłaby istotna rozbudowa skonstruowanych wzorców), a uzyskanie dużej stabilności. Ten cel został osiągnięty w bardzo dużym stopniu. Podobnie efektywne okazały środki podjęte w celu stabilizacji toru przesyłowego, którym był nawinięty na szpulę jednomodowy światłowód o długości ok. 50 km. Wszystkie te działania w połączeniu z niewątpliwym talentem Doktoranta pozwoliły na skonstruowanie wysoce stabilnych źródeł częstości o dobrze określonych szumach resztkowych uwarunkowanych w znacznej mierze drganiem dochodzącymi ze środowiska zewnętrznego oraz niedoskonałą stabilizacją temperatury. Zaprojektowany i skonstruowany przez Doktoranta tor światłowodowy niewątpliwie umożliwia porównywanie stabilności wzorców częstości optycznych umieszczonych na jego obu końcach.

W Podsumowaniu Doktorant dokonuje zestawienia odchyleń Allana dla torów przesyłowych o różnych długościach badanych w ostatnich latach przez różne grupy badawcze. Widać że, przy włączonej stabilizacji, układ przedstawiony w tej pracy

pozwała na uzyskanie odchylenia Allana o rząd większego niż pozostałe systemy. Praca nie stanowi więc przełomu w dziedzinie będącej przedmiotem badań, ale stwierdzić należy, że już na etapie sformułowania programu pracy, nie można było takiego przełomu oczekiwać. Po pierwsze, zastosowany system stabilizacji laserów z natury rzeczy nakłada ograniczenie na stabilności przesyłanych sygnałów, po drugie znane są, również Doktorantowi, możliwości dalszej optymalizacji toru przesyłowego. Tym niemniej, na co zwraca uwagę Doktorant, analiza wyników uzyskiwanych do tej pory przez różne grupy badawcze wskazuje, że w praktyce osiągnięto już granice poprawiania stabilności torów przesyłowych. Tym samym omawiana praca doktorska stanowi przykład implementacji w Polsce systemu opartego o know-how odpowiadające aktualnemu rozwojowi tej dziedziny na świecie. Jest to bardzo istotne osiągnięcie, zwłaszcza jeśli rozpatrywać je w kontekście prowadzonych na świecie i w Polsce prac nad nową generacją optycznych wzorców częstości. Program budowy polskiego optycznego zegara atomowego POZA doprowadził w ostatnim roku do zbudowania pierwszych dwóch działających zegarów optycznych, co zapewnia nam miejsce w dość elitarniej i wąskiej grupie zespołów badawczych rozwijających takie systemy. Warunkiem niezbędnym dalszego rozwoju tych badań jest zapewnienie możliwości przesyłania sygnałów z tych zegarów, tak jako źródła odniesienia jak i dla porównań ich jakości z innymi tego rodzaju wzorcami. Praca mgra F. Ozimka ma więc istotne znaczenie dla programu Polskiego Optycznego Zegara Atomowego i w nadchodzących latach z pewnością okaże się, ja bardzo jest i będzie istotna dla dalszego rozwoju tego programu.

Podsumowując, jestem pod głębokim wrażeniem skali i poziomu i nakładu pracy włożonej w przeprowadzenie zaprezentowanych badań. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa z nadmiarem spełnia wszystkie zwyczajowe i ustawowe kryteria stawiane pracom doktorskim i z przyjemnością rekomenduję Wysokiej Radzie dopuszczenie mgra Filipa Ozimka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Toruń, 28.02.2015


Stanisław Chwirot