



Wilga, 30 lipca 2022 r.

prof. dr hab. Ryszard Romaniuk

**Ocena rozprawy doktorskiej dla Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne  
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie**

**Tytuł rozprawy:** Non-invasive beam diagnostics with Schottky signals and Cherenkov diffraction radiation

**Autor rozprawy:** mgr Kacper Łasocha

Podstawą recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego powołująca mnie na recenzenta powyżej wymienionej pracy, oraz pismo w tej sprawie z dnia 23.06.2022 r. od Pana Profesora Jacka Golaka, Przewodniczącego RD NF UJ. Do wykonania recenzji zostałem zaproszony przez Panią Profesor Elżbietę Richter-Wąs, Promotora Doktoranta.

**Obecność i pozycja Doktoranta w środowisku naukowym, zapisy bibliometryczne, publikacje związane z pracą doktorską, zespół i otoczenie laboratoryjne Doktoranta**

Mgr Kacper Łasocha jest doktorantem w Instytucie Fizyki im prof. Mariana Smoluchowskiego, na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego, od 2018 roku. Pracę doktorską wykonywał w latach 2018 – 2022 pod kierownictwem prof. Elżbiety Richter-Wąs, oraz dr Diogo Miguel Louro Alves (CERN SY-BI-IQ). W Ośrodku CERN w Genewie przebywał w latach 2018-2021. Podwójne promotorstwo jest dobrym rozwiązaniem, także z własnego doświadczenia recenzenta, w przypadku kilkuletniego pobytu Doktoranta i ciągłej realizacji pracy doktorskiej w CERN. Lokalizacja merytoryczna Doktoranta była następująca, według formalnego złożonego schematu organizacyjnego CERN, oznaczanego także skrótami: początkowo BE-BI-IQ, potem przemianowanego na SY-BI-IQ, Wydział Systemów Akceleratorowych SY, Wydział Wiązek Cząsteczkowych BE, Grupa Instrumentacji Wiązki BI, Sekcja Pomiarów Intensywności i Strojenia IQ. Sekcja IQ w Grupie BI jest odpowiedzialna za pomiary natężenia i strojenia wiązki we wszystkich maszynach kompleksu akceleratorowego LHC. W ramach Grup i Sekcji powoływane są także doraźne Zespoły Zadaniowe i Panele. Doktorant jest także klasyfikowany w CERN ([kacper.lasocha@cern.ch](mailto:kacper.lasocha@cern.ch)) jako członek EP-UAT, czyli użytkownik CERN, członek Wydziału Fizyki Doświadczalnej EP, i w szczególności użytkownik CERN-owskiego eksperymentu ATLAS, członek wielkiej wielotysięcznej międzynarodowej społeczności UAT. Miejsce pracy Doktoranta było zlokalizowane na terenie kampusu Preveessin.

Ogólnym obszarem działania Doktoranta jest szeroki obszar diagnostyki wiązki cząsteczkowej. Węższym obszarem jest bardzo istotna diagnostyka nieinwazyjna wiązki. A jeszcze węższym, wybrane nieinwazyjne metody diagnostyczne wiązki cząsteczkowej wymienione w tytule rozprawy. Odpowiedzialne za ten obszar Sekcje wewnątrz Grupy BI to: Pomiary Pozycji Wiązki BP, Pomiary Profilu Wiązki PM, oraz Obszary Eksperymentalne AE/XEI. Również w BI znajdują się Sekcje Mechaniki i Logistyki ML, oraz Oprogramowania SW. Ta lista jest tutaj cytowana intencjonalnie w celu dokładnego usytuowania Doktoranta w koordynatach badawczych „przemysłu naukowego” wielkiego ośrodka CERN. Mimo formalnego usytuowania w wąskiej Sekcji BE-BI-IQ Doktorant

działa i korzysta w praktyce badawczej z doświadczeń szerszego środowiska bardzo znaczącej dla eksperymentów w CERN Grupy BI.

We wszystkich tych grupach i sekcjach naukowych i technicznych prowadzona jest obszerna dyskusja nad prowadzonymi pracami, i podejmowane są wspólnie decyzje dotyczące ścisłych wytycznych tematycznych, czasowych, ekonomicznych, logistycznych, osobowych i innych. Oczywiście zawsze pozostawiany jest znaczny margines na indywidualne działania badawcze poza takimi porozumieniami. Ale takie działania muszą mieć znaczny potencjał twórczy, addytywny, inspirujący pomysły badawcze, muszą być usprawiedliwione i muszą ciągle, bezustannie podlegać dyskusji w grupie realizującej konkretny temat. Ścieżka akceptacji jest niejednokrotnie niełatwa, z powodu konieczności dokładnego uwzględnienia takich czynników jak: realizowalność pomysłu, koszty, nakład pracy, czas, złożoność, utrzymanie i eksploatacja, odporność na promieniowanie jonizujące i inne „przemysłowe” warunki szkodliwe w miejscu pracy urzędnika, zgodność z najbliższym otoczeniem instrumentalnym, zapotrzebowanie na energię i przestrzeń, i wiele innych.

Należy podkreślić, że konieczne rozważenie wszystkich tych powyżej wymienionych czynników, odnośnie warunków działania Doktoranta, znacznie przekracza Jego możliwości. To zadanie dla grupy badawczej. Lista czynników jest ponownie wymieniana intencjonalnie aby podkreślić jak liczne są czynniki określające twarde warunki brzegowe działalności twórczej młodego uczonego w takim ośrodku jak CERN, także w innych podobnych ośrodkach, ale także często w przypadku dobrych twórczych doktoratów wdrożeniowych. Takie warunki określają wolną przestrzeń dla pracy badawczej Doktoranta i jego twórczych decyzji. Jednak nadal, i cały czas te twórcze decyzje muszą podlegać negocjacom z grupą. Mimo tego, jeśli Doktorant rozumie co oznacza uczestnictwo w wielkim projekcie, przestrzeń dla znacznej kreatywności badawczej pozostaje ogromna. Takie są dokładnie warunki pracy badawczej w których działa mgr Kacper Łasocha.

Wyniki własnych oryginalnych działań badawczych przedstawione w rozprawie doktorskiej świadczą o tym, że Doktorant znakomicie potrafił zaadaptować się do wymagających warunków pracy w Grupie BI w CERN, potrafił wykorzystać istniejącą swobodę naukową w ramach wymienionych i dość twardo narzuconych ograniczeń, i pozytywnie zrealizował cele badawcze. Takie cele są niewielką, ale zawsze bardzo ważną, częścią szerokiego frontu naukowego i technicznego który w odpowiedzialny sposób realizuje Grupa BI w skali całej Organizacji CERN. To nie są żarty, odpowiedzialność przy realizacji każdego zadania jest znaczna. Doktorant musiał zdawać sobie z tego sprawę. Dla niektórych może to być znaczne obciążenie, a dla niektórych przeciwnie motywacja i wyzwanie. Doktorant miał spore szczęście. Dostał znakomite stypendium doktoranckie w CERN i z klasy wyników i czasu ich osiągnięcia można wnioskować że było to dla Niego pozytywne wyzwanie. Wykorzystał dobrze swoją niepowtarzalną szansę realizując dobrą pracę doktorską.

Bazy danych UJ posiadają dość dokładny zapis osobowy i bibliograficzny Doktoranta. W macierzystej uczelni Doktorant jest afiliowany w zakładzie Fizyki Gorącej Materii pod kierownictwem dr hab. Pawła Staszela, prof. UJ. Sporo pracowników ZFGM jest zaangażowanych w działania naukowe wokół eksperymentu ATLAS, oprócz innych licznych eksperymentów fizyki wielkich energii, np. w GSI/FAIR. Strona osobista Doktoranta w serwisie Zakładu [zefir.if.uj.edu.pl](http://zefir.if.uj.edu.pl) zawiera Jego deklarację tematyczną, listę artykułów naukowych linkowaną do bazy repozytoryjnej RG, wykaz niektórych publikacji w lokalnym repozytorium bibliograficznym, bezpośrednie linki do plików pdf doniesień konferencyjnych IBIC Międzynarodowej Konferencji Instrumentacji Wiązki, konferencji IPAC, oraz relatywnie niedawne (2020 i 2021) prezentacje na forum ZFGM dotyczące analizy sygnału Schottky. Jednak repozytorium UJ [ruj.uj.edu.pl](http://ruj.uj.edu.pl) zawiera tylko cztery publikacje Doktoranta. Portal USOS UJ zawiera informacje o prowadzonych zajęciach przez Doktoranta, ćwiczenia z Matematyki dyskretnej i Wprowadzenia do analityki danych.

Oficjalna krajowa baza naukowa PolOn w dziale PBN Polska Bibliografia Naukowa zawiera niewypełniony (przez Uczelnię) tylko pusty zapis obecności Doktoranta w Nauce Polskiej. Inne krajowe portale społecznościowe zawierają informacje np. o udzielaniu się Doktoranta w zakresie popularyzacji nauki. Doktorant wygłaszał referaty popularne przeznaczone dla młodzieży, na temat

działań ośrodka badawczego CERN np. w Starachowicach w filii biblioteki wojewódzkiej i w Jagodnem w szkole.

Serwer CDS (CERN Document Server, cds.cern.ch) zawiera zapis 6 abstraktowanych publikacji Doktoranta. W ważnym dla środowiska HEP serwisie iNSPIRE Doktorant posiada zapis chyba prawie wszystkich (kilkunastu) publikacji ale rozbity na dwa rekordy (Łasocha, Kacper oraz K.Lasocha.1). Warto to może połączyć poprzez odpowiednią prośbę o korektę do Biblioteki CERN. Najliczniej cytowana jest publikacja (10 razy) Deep neural network applications: Higgs boson CP state mixing angle in H to tau tau decay at the LHC, PRD 2021. Publikacja Recent developments for instability monitoring at the LHC, IBIC 2016, napisana we współautorstwie z jednym z szefów Grupy BI dr Thibaut Lefevre, jest cytowana 7 razy. W profilu k.Lasocha.1 obecna jest także ostatnia publikacja z r.2022 Estimation of transverse bunch characteristics in the LHC using Schottky-based diagnostics, PRAB. W repozytorium CERN – UE ZENODO Doktorant jest nieobecny.

Doktorant posiada skromny profil w bazie ORCID (0000-0002-0383-5957). Miejsca zatrudnienia są tam odnotowane jako doktoranta w CERN (BE-BI-IQ) oraz na Uniwersytecie Jagiellońskim. Indeksowana są tam tylko trzy prace Doktoranta z lat 2020-2022. Te trzy prace są opublikowane we współautorstwie z promotorem od strony CERNu dr Diogo Alvesem w czasopiśmie APS, kluczowym dla reprezentowanej przez Doktoranta tematyki, Physical Review Accelerators and Beams.

Baza bibliometryczna Elsevier Scopus indeksuje 7 opublikowanych dokumentów Doktoranta w latach 2016-2022, cytowanych 14 razy przez 14 dokumentów oraz indeks Hirscha Scopusu równy 3. Doktorant jest tam afiliowany z CERN. W bazie Publons Web of Science recenzent nie mógł znaleźć profilu Doktoranta.

Popularna naukowa baza repozytoryjna ResearchGate indeksuje 11 opublikowanych prac Doktoranta, które są cytowane 29 razy, a indeks Hirscha RG wynosi 4 z autocytowaniami i 3 bez autocytoowań. Index Research Interest RG Doktoranta jest stosunkowo wysoki i wynosi ok. 50. Zadeklarowane w RG dyscypliny to matematyka stosowana i fizyka akceleratorowa a umiejętności to standardowa analiza statystyczna, programowanie Python, dynamika wiązki cząsteczkowej, fizyka akceleratorowa. Wśród indeksowanych prac w RG to 5 artykułów w czasopismach i 6 artykułów konferencyjnych. RG odnotowuje następujące fakty z życiorysu zawodowego Doktoranta: (pierwsza) coroczna nagroda Oddziału Toruńskiego Polskiego Towarzystwa Matematycznego im Józefa Marcinkiewicza dla najlepszej studenckiej pracy matematycznej (czerwiec 2019), ukończenie studiów magisterskich z matematyki na UJ w roku 2018, praca w Instytucie Farmakologii PAN w latach 2017-2018, doktorant w UJ od 2018 r., doktorat realizowany jako stypendysta CERN w Grupie BI w latach 2018-2021. Opis pozycji w CERN jest następujący: Analysis of Schottky signal for longitudinal and transverse bunched-beam characteristics. Studying the feasibility of using the Cherenkov Diffraction Radiation as a tool for beam monitoring.

W portalu RG Doktorant prowadzi zapis dwóch projektów. Log projektu Cherenkov diffraction radiation in beam diagnostics zawiera publikacje Doktoranta na ten temat wykonane w zespole międzynarodowym oraz nieco szersze sformułowanie celu projektu jako badanie możliwości zastosowania dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa jako narzędzia do monitoringu wiązki cząsteczkowej. Optymalizacja wyboru projektu radiatora i systemu pomiarowego. Log projektu Analysis of Schottky signals także gromadzi prace Doktoranta na ten temat opublikowane wspólnie z dr D.Alvesem i określa cel projektu jako: ulepszenie analizy sygnału Schottky wiązki zgęstkowanej. Opracowanie procedury dopasowania polegającej na symulacji kształtu widma Schottky i porównaniu go z wynikami pomiaru. Profil RG Doktoranta jest połączony ze współautorami opublikowanych prac, oraz z innymi współpracownikami głównie z CERNu, ale także Royal Holloway Univ.London. Najliczniej cytowana (7 razy) praca Doktoranta (jest tam pierwszym autorem) indeksowana w RG to Deep neural network application: Higgs boson C P state mixing angle in H to tau tau Decay at the LHC, PRD 2021, napisana we współautorstwie z Panią Promotor i innymi osobami.

Globalna baza Google Scholar zawiera zapis 19 publikacji Doktoranta afiliowanego na UJ, cytowanych łącznie 72 razy, a indeks Hirscha GS wynosi 5. Rozkład czasowy publikacji jest 2015-1,

2016-1, 2017-2, 2018-1, 2019-5, 2020-4, 2021-4, 2022-1. Publikacje cytowane najliczniej według RG to: Recent developments for instability monitoring at the LHC, Proc. IBIC 2016 – 19 razy; Cherenkov diffraction radiation as a tool for beam diagnostics, Proc IBIC 2019 – 13 razy, i opublikowane w repozytorium konferencji akceleratorowych JACoW.

Analizując publikacje Doktoranta, ich rolę w powstaniu pracy doktorskiej i ich bardzo wczesny impakt w środowisku naukowym można stwierdzić, że główne wyniki prezentowane w pierwszej części rozprawy (sygnał Schottky) są dobrze opisane w pracach współautorskich z dr D. Alvesem: [63] Estimation of longitudinal bunch characteristics in the LHC using Schottky-based diagnostics, PRAB 2020, [64] Estimation of transverse bunch characteristics in the LHC using Schottky-based diagnostics, PRAB 2022. Wyniki prezentowane w drugiej części pracy (Cherenkov DR) były publikowane w trzech głównych pracach zespołowych: [65] Simulation of Cherenkov Diffraction Radiation for Various Radiator Designs, IBIC2020; [66] Feasibility Study of ChDR Diagnostic Device in the LHC, IPAC2021; [67] Experimental Verification of Several Theoretical Models for ChDR Description, IPAC2022. Oprócz tych prac fundamentalnie związanych z rozprawą Doktorant jest autorem kilkunastu prac współautorskich związanych bezpośrednio lub pośrednio z badaniami zaprezentowanymi w pracy doktorskiej. Praca doktorska rozwija twórczo oraz rozszerza analitycznie i opisowo wyniki przedstawione w tych artykułach.

Podsumowując, obecność Doktoranta w lokalnym i globalnym publicznym naukowym wirtualnym środowisku naukowym ogólnie fizyki a w szczególności fizyki wielkich energii jest wyraźnie zaznaczona w bardzo pozytywny sposób. Jakość tej obecności jest wysoka, publikacje prezentowane w dobrych źródłach znajdują już pozytywne wczesne odzwierciedlenie w cytowaniach, a więc znajdują potwierdzenie akceptacji środowiska naukowego. Relatywnie jeszcze krótka – lata 2018-2022 aktywna działalność naukowa Doktoranta już znalazła znaczną dokumentację o zasięgu globalnym. Recenzent stwierdza bez wątpliwości, że obecność Doktoranta i jakość wyników Jego pracy w naukowej sieci publicznej jest bardzo dobra, ponadnormatywna dla okresu jego aktywnej działalności naukowej i przez to bardzo dobrze rokuje na przyszłość Doktoranta jako rozwijającego się młodego uczonego. Obecne znaczenie naukowej sieci publicznej i naukowych portali społecznościowych (np. Cernowskich stron wewnętrznych dotyczących poszczególnych eksperymentów i ich wyposażenia instrumentalnego, także stron odnoszących się do samych wiązek, i ich dynamiki, jak BI), jest tak znacząca, i w środowisku naukowym dokładnie zrozumiała, że stwierdzenie z poprzedniego zdania odnosi się w dużym stopniu do docenienia wartości prac, w tym wypadku docenienia konkretnych prac Doktoranta.

**Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Bez wątplenia, problematyka ciągłego postępu w nieinwazyjnej diagnostyce wysokoenergetycznych skolimowanych wiązek cząsteczkowych przyspieszanych w akceleratorach liniowych i kołowych jest szerokim i bardzo interesującym zagadnieniem naukowym. Autor realizuje pracę doktorską w CERN więc w sposób naturalny pracuje w grupach badawczych i na rzecz postępu wyposażenia instrumentalnego dla wiązek tam występujących, czyli wiązek protonowych i jonowych. Diagnostyka wiązki jest oczywiście różna dla wiązek hadronowych i leptonowych. Autor wyjaśnia te różnice i ograniczenia i definiuje zakres swoich autorskim prac badawczych.

Specyfiką działań zespołów badawczych w CERN (i podobnych wielkich ośrodkach badawczych) jest, że w studialnych pracach wyprzedzających jak liczne prace doktorskie wykonywane wokół wielu rozwijanych tematów (także niniejsza praca doktorska), systematycznie gromadzony jest adekwatny materiał i tworzona jest atmosfera potencjalnej potrzeby uzupełnienia metod diagnostycznych i wzbogacenia instrumentarium, tutaj wokół wiązki. Waga nagromadzonego materiału na poziomach podstawowym naukowym, aplikacyjnym, ale także modelowym funkcjonalizacji wykorzystywanego do pomiaru zjawiska, i dalej na poziomie technicznym, musi narosnąć w czasie do takiej wartości, że zastosowanie staje się oczywiste, nieodzowne. Doktorant na ogół nie trafia na

tematykę całkowicie nieznaną. To także się zdarza w takich laboratoriach jak CERN, ale jest znacznie rzadsze. W dużym stopniu zależy to od mentora.

Obie metody diagnostyczne których dotyczy rozprawa są znane, ale nie wszędzie standardowo stosowane. Są relatywnie nowe i pozytywną tendencją jest przebadanie ich dokładniejsze pod względem funkcjonalizacji instrumentalnej, dla różnych warunków konkretnych aplikacji. Funkcjonalizacja wymaga szeregu działań o charakterze badawczym zjawiska w konkretnych warunkach, często uzupełniających w odniesieniu do warunków brzegowych, wyjaśnieniu niektórych szczegółów wpływu, nie tylko pierwszego ale i wyższych rzędów, projektu sprzętu, oprogramowania, projektu praktycznego eksperymentu weryfikującego, i wiele innych.

W rozprawie doktorskiej Autor przekonuje wąskie grono czytelników, znacznie węższe niż opublikowanych artykułów poprzedzających rozprawę, a głównie komisję i przede wszystkim recenzentów, że proponowane przez Niego i częściowo zrealizowane pomysły zastosowania analizy sygnałów Schottky'ego (SSch) oraz obserwacji dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa (DPCz) mają sens aplikacyjny w stosownych technikach nieinwazyjnej diagnostyki wiązki cząsteczkowej. Ta próba przekonania do jedynie częściowo stosowanych metod jest silnie wzmocniona, jak to bywa w dobrych współczesnych pracach doktorskich, przez zaakceptowane w czasopiśmie publikacje, oraz przez jeszcze silniejszy filtr jakim jest opinia własnej grupy badawczej (a tutaj nawet dwóch nieco różnych grup specjalizujących się w nieco odmiennych tematykach).

Zagadnienie badawcze dotyczące sygnału Schottky'ego polega na pokazaniu, że „śrutowy” charakter sygnału natężenia wiązki wewnątrz każdej zgęstki, po transformacji do domeny częstotliwości nie tylko niesie wiele informacji o wiązce, ale ta informacja daje się funkcjonalizować. W odniesieniu do ciągłych wiązek hadronów metoda analizy SSch jest standardem. W odniesieniu do wiązek zgęstkowanych trzeba uwzględnić metody modulacji, oddziaływania systemu RF i jest to trudniejsze, wymaga symulacji i optymalizacji, aby układ pomiarowy stał się rzeczywiście funkcjonalny.

Zagadnienie badawcze dotyczące zastosowania diagnostycznego DPCz polega na analizie różnych odmian geometrii radiatora, w tym wielowarstwowego, a także pokrytego cienką warstwą metaliczną w celu wzbudzenia elektronowo-fotonowych zjawisk plazmonowo-polaritytonowych. Zjawiska te wzmacniają diagnostyczny sygnał pomiarowy oraz redukują szkodliwe wzbudzenie chmur elektronowych w przestrzeni wiązki w akceleratorze.

Podsumowując, recenzent stwierdza że zagadnienia badawcze i tezy rozprawy zostały przez Doktoranta sformułowane prawidłowo, jasno i jednoznacznie. Rozprawa ma charakter zarówno teoretyczny obejmujący analizę zjawisk, wyprowadzenie wzorów, modelowanie, symulacje, itp.), oraz eksperymentalny (wykorzystanie danych z systemów alternatywnych diagnostyki wiązki akceleratora LHC do porównań, oraz zaplanowanie i przeprowadzenie własnego eksperymentu).

**Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań / świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Rozprawa zawiera odnośniki do 148 pozycji literatury. Odnośniki literaturowe są powoływane w pracy adekwatnie do prowadzonego przez Autora wywodu. We wstępie powołuje pozycje historyczne dotyczące po kolei akceleratorów cząsteczkowych poczynając od elektrostatycznych a kończąc na wnękach rezonansowych RF. Cytuje wykres Livingstona ewolucji energii wiązki. Charakterystyki wiązki cząsteczkowej są wyłożone dokładnie w kilku podstawowych i na ogół bardzo dobrych podręcznikach fizyki akceleratorowej. Diagnostyka wiązki jest opisana w bardzo licznych publikacjach. Ze względu na szybkie zmiany w metodach diagnostyki najczęściej są to publikacje w czasopiśmie. Autor powołuje kilkanaście takich prac dotyczących ogólnie metod diagnostycznych oraz metod będących przedmiotem pracy. Bibliografia zawiera także prace ogólne dotyczące filtrów Kalmana, cyfrowego przetwarzania sygnałów, wybranych zagadnień matematycznych, tablic funkcji, funkcji Bessela, metod optymalizacji, niestabilności wiązki modulowanej, teorii prawdopodobieństwa, procesów stochastycznych, itp.

Rozdział drugi dotyczący analizy sygnału Schottkiego zawiera szczegółowe odnośniki literaturowe dotyczące tej tematyki od pozycji [61-101]. Zbiór zawiera prace zarówno ogólne o charakterze tutorialowym i dotyczące poszczególnych zagadnień jak: status monitorów Schottkiego akceleratora LHC, rola diagnostyki Schottkiego w akceleratorze LHC, symulacje dyfrakcyjnego promieniowania Schottkiego dla różnych radiatorów, estymacja charakterystyk podłużnych i poprzecznych wiązki cząsteczkowej, diagnostyka Schottkiego w Fermilab/Tevatron, monitor Schottkiego w SPS, systemy pomiaru wiązki w LEAR, deceleratorze i akumulatorze antyprotonów, itp.

Rozdział trzeci dotyczący dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa zawiera adekwatne i szczegółowe odnośniki literaturowe dotyczące tej tematyki od pozycji [117] do [128]. Na ogół są to tematy dotyczące występowania zjawiska dla różnych geometrii badanego systemu promieniującego.

Dalsze odnośniki literaturowe dotyczą kilku różnych tematów związanych z końcowymi częściami rozprawy: nowe techniki akceleratorowe, laserowe, plazmowe, powierzchniowe zjawiska plazmowo-polarytonowe, właściwości pokryw węglem amorficznym, itp.

Podsumowując, recenzent stwierdza że pod względem jakościowym i ilościowym odnośniki bibliograficzne są odpowiednio powoływane do treści rozprawy, w dobry sposób wspierając ciągłość wyводу naukowego i technicznego. W rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań. Analiza literatury świadczy o odpowiedniej wiedzy autora zgromadzonej w czasie realizacji rozprawy doktorskiej. Wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący. Wnioski te w połączeniu z wiedzą na temat stanu i wyposażenia akceleratora LHC doprowadziły Autora do odpowiedniego sformułowania i następnie realizacji tej pracy.

### **Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

Rozprawa jest napisana w języku angielskim. Pisanie prac doktorskich w języku polskim ma duże znaczenie w wielu aspektach popularyzacji tematyki, tworzenia i stabilizacji nomenklatury, wzbogacania literatury krajowej, budowy w kraju szkół naukowych, itp. Jednak w praktyce okazuje się to trudne do utrzymania. Potencjalne wykorzystanie rezultatów ocenianej pracy dotyczy wyłącznie infrastruktur występujących tylko w dużych ośrodkach akceleratorowych, i ta wartość jest trudna do przebicia przez inne, nawet wysoko ideologiczne. Rozprawa zawiera 144 strony, część wstępną (osobno numerowane 18 stron), 3 rozdziały, spis literatury i dodatek. Część wstępna zawiera: streszczenie po polsku i angielsku, słowo wstępne Autora, listę rysunków oraz podziękowania. Słowo wstępne opisuje kontekst powstania pracy i tło wyboru tematyki, oraz rozszerzoną listę wkładu własnego z krótkimi komentarzami. Wkład własny Autor komentuje osobno do każdej z realizowanych tematów i wspiera go wykazem opublikowanych prac z tego obszaru. Komentuje także zakres innych opublikowanych przez siebie (we współautorstwie) prac. Stypendium doktoranckie w CERN trwało 3 lata, a 4 rok studiów na UJ Autor spędza na macierzystej uczelni wspomagając działania zespołu krakowskiego SOLARISa.

Pierwszy rozdział ma charakter wstępny do tematyki. Autor opisuje ogólnie akceleratory cząsteczkowe, na poziomie wiedzy zupełnie podstawowej. Dalej charakteryzuje wiązki cząsteczkowe, przedstawiając rozszerzone definicje kluczowych parametrów wiązek jak np. pęd i energia, charakterystyki spektralne, natężenia, ładunki, prądy, pozycja i profil poprzeczny i podłużny wiązki, emitancja, chromatyczność, i inne. Niektóre z tych parametrów są potem przedmiotem dalszego zainteresowania Autora, jako podlegające monitoringowi przez proponowane przez Niego metody. Dalej, opisuje sposoby diagnostyki wiązki i parametry podlegające najczęściej obowiązkowemu monitorowaniu. Pierwszy rozdział Autor kończy opisem zakresu działań badawczych i technicznych wykonanych w ramach rozprawy doktorskiej. Rozdziały dwa i trzy dotyczą badań własnych dwóch proponowanych nieinwazyjnych metod diagnostyki wiązki cząsteczkowej.

Rozdział drugi poświęcony jest ogólnej a następnie autorskiej analizie sygnału Schottkiego. Autor zaczyna rozdział od historii zastosowania tej ważnej metody diagnostycznej. Przybliża jej charakter fizyczny. Podkreśla różnice w zastosowaniu tej metody dla wiązek ciągłych i modulowanych.

Zwraca uwagę na uproszczone metody analizy, warunki tych różnego rodzaju uproszczeń i rozbieżność z warunkami rzeczywistymi, gdzie występuje ruch ładunku wewnątrz indywidualnych zgęstek. Naturalną metodą jest analiza spektrum Schottkiego składającego się z prążków głównych i ich obustronnych prążków bocznych oraz obwiedni sygnału. Charakterystyki wiązki są odzwierciedlone w spektrum Schottkiego. Chodzi o ich prawidłowe odczytanie, wiarygodne, powtarzalne, dokładne, itp. Wiązka zgęstkowana posiada dwa spektra Schottkiego podłużne i poprzeczne, inaczej natężeniowe i dipolowe. Autor wyjaśnia czemu oba są mierzone najczęściej łącznie i dlaczego trudne jest uzyskanie znacznych wartości parametru CMRR, usuwania modu wspólnego. Rozróżnia przypadek jedno i wielocząsteczkowy.

Przyjmując i wyjaśniając założenia upraszczające, niezbędne dla przeprowadzenia analizy wiązki zgęstkowanej, Autor wyprowadza zależności na składową wzdłużną i poprzeczną sygnału Schottkiego. Na podstawie analizy wykreśla spektralną gęstość mocy dla obu składników spektrum wzdłużnego i poprzecznego. Na wykresach SGM pokazuje symetrię lub brak symetrii pasm bocznych spektrum w zależności od wartości chromatyczności wiązki. W osobnym podrozdziale, przyjmując i dyskutując pewne założenia, wyprowadza rygorystycznie znaną zależność pasm bocznych w poprzecznym sygnale Schottkiego od chromatyczności. Tym samym pokazuje dokładnie zakres jej obowiązywania w obszarze parametrów wiązki i systemu jej generacji. Parametry odnosi do wiązki i wartości stosowanych w monitorze Schottkiego akceleratora LHC.

Przeprowadzona analiza spektrum Schottkiego umożliwia Autorowi przedstawienie i następnie zaproponowanie technik diagnostycznych wiązki. Przedstawia takie zagadnienia jak dopasowanie charakterystyk spektralnych, estymacja spektralnej gęstości mocy, estymacja podłużnych i poprzecznych parametrów wiązki LHC. Opracowuje i proponuje kilka scenariuszy diagnostyki wiązki. Omawia cechy tych scenariuszy. Wykorzystuje do symulacji dane dla wiązki LHC Pb<sup>82+</sup>. Do porównań stosuje wyniki z monitora prądu ścianki CWM. Dla różnych scenariuszy estymuje i mierzy chromatyczność wiązki, a także estymuje rozkład amplitud synchrotronowych. Przedstawia koncepcję bramkowania zgęstek w celu poprawy jakości sygnału.

Rozdział trzeci poświęcony jest dyfrakcyjnemu promieniowaniu Czerenkowa (ChDR), jako drugiej rozpatrywanej w pracy nieinwazyjnej metodzie diagnostyki wiązki cząsteczkowej. Przypomina teorię dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa dla różnych geometrii układu promieniującego, oraz dla modelu stacjonarnego i niestacjonarnego, także w odniesieniu do zastosowań w technice akceleratorowej. Rozważa różne przypadki rozkładu spektralnego ChDR dla różnych modeli: F-T, Olsena, Ulricha i niestacjonarny PCA. Rozróżnia zakresy spektralne dla składników promieniowania koherentnego (zgęstka jako jedno źródło promieniowania), oraz niekoherentnego (zgęstka rozciągnięta). Rozważa zależność ChDR od kilku kluczowych parametrów, a w tym odległości wiązki od radiatora oraz profilu wiązki, i przedstawia adekwatne rodziny charakterystyk spektralnych i czasowych.

Opracowuje stosowne rozszerzenie kodu Impedance-Wake2D IW2D w celu obliczeń dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa. Rozważa kilka podstawowych geometrii układu wiązka radiator – cylindryczny wielowarstwowy i płaski. Implementuje kod i dokonuje porównań z innymi metodami powszechnie stosowanymi, uzyskując znaczną zgodność wyników. Prowadzi rozważania i obliczenia nad zastosowaniem cienkiej warstwy przewodzącej w radiatorze w celu uzyskania kwantowego pobudzenia kolektywnego fotonowo-elektronowego w postaci powierzchniowej fali plazmonowo-polarytonowej. Przedstawia analogiczne do poprzednich spektralne charakterystyki energii wypromieniowanej z układu. Wzmocnienie sygnału ma charakter rezonansowy, a więc silnie wąskopasmowy. Czyli potencjalny układ pomiarowo diagnostyczny musiałby mieć inną konstrukcję od stosowanych obecnie szerokopasmowych.

Rozważa potencjalną możliwość i zalety stosowania diagnostyki wiązki LHC bazującej na zjawisku ChDR. Swoje obliczenia odnosi ściśle do parametrów wiązki LHC i przedstawia rodziny charakterystyk spektralnych promieniowanej energii dla protonów, jonów, wiązek Gaussowskiej i nie-Gaussowskiej (rzeczywisty profil zgęstki wiązki LHC). Porusza zagadnienia potencjalnych korzyści zastosowania takiej diagnostyki w postaci uniknięcia zjawisk niekorzystnych jak generacji chmury elektronowej, tworzenia wiązki wtórnej.

Na zakończenie rozdziału 3 przeprowadza odważną próbę eksperymentalnej weryfikacji modeli ChDR. Przedstawia możliwości i ograniczenia eksperymentu w infrastrukturze niewielkiego Cernowskiego badawczego liniaka elektronowego dostępnego dla użytkowników i różnych eksperymentów tego typu. Pokazuje zbudowany zestaw pomiarowy, dokonuje pomiarów, zbiera i prezentuje wyniki w funkcji odległości wiązki od radiatora teflonowego, i przeprowadza ich dyskusję.

**Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?**

Autor podsumowuje swój osobisty autorski wkład w rozwój nieinwazyjnych metod diagnostyki wiązki cząsteczkowej w trzech miejscach pracy: przedmowie oraz podsumowaniach rozdziałów drugiego i trzeciego. Także w treści rozprawy w adekwatnych miejscach podkreśla swój autorski udział w opracowaniu konkretnych szczegółów i rozwiązań niektórych problemów badawczych. W przedmowie listę opracowanych tematów wspiera odpowiednimi powołaniami własnych publikacji współautorskich. Część z tych zagadnień recenzent wymienił i omówił na początku niniejszej opinii dotyczącej publikacji Autora związanych z realizacją rozprawy, a także w części dotyczącej rozwiązania postawionych zagadnień. Recenzent, zgadzając się z wymienionymi przez Doktoranta zagadnieniami nie będzie powtarzał tutaj tej podwójnej listy Autora dotyczącej problematyki uważanej za opracowania autorskie w rozważanych dwóch metodach nieinwazyjnej diagnostyki wiązki cząsteczkowej.

W skrócie można wymienić, na podstawie analizy publikacji i tekstu dysertacji, niektóre zagadnienia dotyczące obu rozważanych metod nieinwazyjnej diagnostyki wiązki: wyprowadzenie zależności na sygnał Schottkiego, zastosowanie formalizmu macierzowego, do wielo-cząsteczkowego spektrum Schottkiego, propozycja bramkowania specyficznych zgęsteń w celu poprawy jakości sygnału Schottkiego, rozwój oprogramowania IW2D dotyczącego dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa, symulacja promieniowania Czerenkowa przez powierzchniowe polarytomy plazmowe, ocena zastosowania diagnostyki Czerenkowa w LHC, przeprowadzenie eksperymentu z wiązką w infrastrukturze CLEAR.

Podsumowując, recenzent stwierdza że rozprawa zawiera znaczny poziom samodzielnego i oryginalnego wkładu autorskiego, odpowiedniego dla bardzo dobrych rozpraw doktorskich. Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki akceleratorowej reprezentowanych przez literaturę światową oraz w szczególności stanu wiedzy gromadzonej w różnych formach, także nieklasycznych, wokół infrastruktury akceleratorowej LHC jest wysoka, i przydatna do wykorzystania do potencjalnego pozytywnego rozwoju tej infrastruktury.

**Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?**

Rozprawa doktorska jest zredagowana poprawnie. Doktorant jest współautorem kilkunastu publikacji, wśród których w kilku jest pierwszym autorem. Przeszedł więc zapewne w swojej grupie badawczej odpowiednią szkołę redakcji prac naukowych. Także w grupach badawczych w CERN, i innych dużych ośrodkach, ostateczna forma pracy jest życzliwie sprawdzana i komentowana przez członków grupy. Prawie nigdy się nie zdarza aby grupa przepuściła Doktorantowi większe niedoróbki. Taka pomoc wewnętrzna to jedna z wartości nie do przecenienia z kilkuletniej dobrej współpracy z grupą poświęconą badaniu wspólnej tematyki. Czy tak było, tego nie wiemy dokładnie, ale takie są dobre zwyczaje. Tutaj chodzi o efekt końcowy, który jest pozytywny, a w szczegółowej kwestii pomocy w różnych sprawach merytorycznych, technicznych i edycyjnych Autor odnosi się w podziękowaniach zamieszczonych w rozprawie.

Formalna struktura pracy jest logiczna. Wyniki własne są poprzedzone adekwatnymi częściami wstępnymi, niezbyt rozbudowanymi, ale wystarczającymi aby usytuować własny wysiłek badawczy wobec prac zastanych. Własne wyprowadzenia zależności sygnałowych są przekonujące i dobrze



ukierunkowane na stworzenie modeli pozwalających w następnym kroku na zaproponowanie swoich modyfikacji metod diagnostycznych.

Podsumowując, recenzent stwierdza, że Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia przez siebie wyników pracy własnej. Zwięzłość, jasność i poprawność redakcyjna pracy nie budzą zastrzeżeń.

### **Seminarium i pytania do Doktoranta**

Doktorant przyjechał na zaproszenie recenzenta do Domu Pracy Twórczej Politechniki Warszawskiej w Wildze nad Wisłą, gdzie można było w czasie kilkugodzinnych rozmów porównać poglądy na różne tematy związane z metodami diagnostyki wiązek cząsteczkowych, pracy w zespołach Cernowskich, a w szczególności dotyczące szczegółów uzyskanych oryginalnych wyników badań, oraz związanych z nimi licznych współautorskich publikacji i finalnie autorskiej redakcji dysertacji. Dyskusja i pytania recenzenta dotyczyły np. przyjmowanych założeń upraszczających wprowadzonych w analizach i ich uzasadnienia, zakres uwzględniania i nieuwzględniania efektów wyższych rzędów, wpływ parametrów akceleratorów i wiązek ekstremalnych następnych generacji na zaprezentowane analizy w dysertacji, obszar obowiązywalności analiz doktoranta dla różnych wiązek cząsteczkowych, jaki był dokładnie cel przeprowadzonego własnego eksperymentu z wiązką, a także dalszych planów zawodowych Doktoranta. Takie osobiste spotkanie zawodowe umożliwia przedyskutowanie tematyki związanej z dysertacją na zupełnie innym poziomie i w innej formie niż ta możliwa podczas obrony doktorskiej. Niemożliwe było, ze względu na okres wakacyjny, zorganizowanie szerszej osobistej prezentacji seminaryjnej prac Doktoranta i rozprawy w zespole recenzenta. Członkowie zespołu są w rozjazdach wakacyjnych pomiędzy ośrodkami badawczymi.

Recenzent zwrócił się do swoich znacznie młodszych współpracowników, w wieku Doktoranta i tylko nieco starszych, i także działających w dużych ośrodkach badawczych, o ich opinię o recenzowanej pracy. Aby uniknąć ewentualnie jednostronnej oceny, wyrozumiałego starszego profesora, powiedzmy 60+, który spędził sporo czasu w dużych ośrodkach badawczych, zacerpnięcie opinii wiekowo prawie kolegów Doktoranta stanowiło pokusę „obiektywizacyjną” nie do odparcia. Otóż, opinie były także pozytywne, ale akcenty na wartość poszczególnych fragmentów pracy była kompletnie inna niż przedstawiona w niniejszej recenzji. Recenzent podzielił się tymi uwagami w czasie osobistego spotkania z Doktorantem.

Osobiste spotkanie z Doktorantem w indywidualnej formie quasi-seminaryjnej utwierdziło recenzenta o znacznej wiedzy młodego uczonego wokół tematyki pracy doktorskiej. Spotkanie to potwierdziło także opinie wyrażone w niniejszej recenzji.

### **Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk fizycznych i technicznych?**

Charakter tej rozprawy doktorskiej jest z oczywistych względów w perspektywie czasowej aplikacyjny, z początkowym niezbędnym podłożem analitycznym. Od początku realizacji tematyka dysertacji zakłada jakiś poziom przydatności funkcjonalnej dla akceleratora LHC. Realizacja rozprawy przez mgr Kacpra Łasochę w ciągu trzech lat w CERN przebywającego tam jako stypendysta-doktorant musiała skończyć się w miarę konkretnym opracowaniem i wynikami dającymi podstawy do ewentualnych dalszych prac nad wdrożeniem modyfikowanej, nowej, w każdym razie w jakiś sposób lepszej, bardziej efektywnej, lub uzupełniającej dane metody pomiarowej. Tak właśnie się stało bardzo pozytywnie w przypadku tej pracy.

Mgr K. Łasocha jest w pewnym sensie typowym Doktorantem CERNu, których tam jest bardzo wielu z całego świata. Realizowana tematyka badawcza, zakres zakładanych prac w dysertacji, sposób prezentacji wyników, poziom naukowy i techniczny bliski funkcjonalizacji w infrastrukturze instrumentalnej kompleksu akceleratorowego LHC, są dość typowe dla tej klasy wymagających prac doktorskich powstających w CERN i innych podobnych ośrodkach jak np. GSI, DESY, Fermilab, BNL i wielu innych w których recenzent miał okazję podobne prace oceniać. Typowym, nie oznacza że średnim. Według recenzenta oceniana rozprawa doktorska reprezentuje wysoką klasę, znacznie powyżej przeciętnej, zasługującej na wyróżnienie.

Oceniana praca doktorska, i prace tej klasy, mają sens jeśli są dobrze usytuowane na froncie badawczym tematyki zespołu tematycznego w konkretnym eksperymencie (a tutaj w CERN BI). Z takim usytuowaniem pracy wiąże się odpowiedzialność Doktoranta oraz zespołu. Zawalenie czegokolwiek jest praktycznie nie do pomyślenia. Podsumowując, Doktorant przedstawił rozprawę jako wynik kilkuletnich prac badawczych i technicznych wysoce przydatnych dla rozwoju wyposażenia instrumentalnego kompleksu akceleratorowego LHC, a także potencjalnie innych dużych akceleratorów. Doktorant nie pracował jednak na tak zwanym froncie gorącym, eksploatacyjnym, gdzie wyniki analiz są potrzebne natychmiast. Taki obszar prac badawczych stanowi zupełnie inną kategorię. Tutaj mamy do czynienia z niezbędnymi badaniami, ale możliwymi do wykonywania w miarę spokojnie bez dużego napięcia nerwowego bardzo często obecnego i związanego z wielkimi eksperymentami na froncie eksploatacyjnym.

**Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę oraz podsumowanie :**

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera wszystkie elementy, które powinny być obecne w pracy usytuowanej w takim miejscu jak grupa instrumentacji wiązki cząsteczkowej BI CERN. Ze względu na matematyczne wykształcenie Doktoranta, praca zawiera kilka nietrywialnych wątków analitycznych, które potem są dobrze wykorzystane w rozważaniach nad ich funkcjonalizacją diagnostyczną dla zgęstkowanej (ogólnie modulowanej) wiązki cząsteczkowej.

Praca nie dotyczy zagadnienia bezwzględnej natychmiastowej funkcjonalizacji proponowanych metod, ale stanowi bardzo dobry przyczynek nad przybliżeniem takiego potencjalnego rozwoju metod diagnostycznych wiązki. Takich przyczynkowych prac analitycznych ukierunkowanych na rozwój szczegółowych metod diagnostyki wiązki cząsteczkowej musi na ogół powstawać wiele, aby proces ciągłej modernizacji infrastruktury instrumentalnej mógł postępować w sposób prawidłowy, ewolucyjny. Oceniana praca bardzo dobrze wpisuje się w ten ciągły proces modernizacji. Doktorant, poprzez pozytywne wyniki realizacji pracy świetnie wpisuje się we wkład polskiej społeczności badawczej w wielkim środowisku naukowym i technicznym CERNu.

Autor rozprawy posiada znaczący dorobek publikacyjny dotyczący tematyki rozprawy. Rozprawa doktorska jest dobrze zakotwiczona w opublikowanych artykułach Doktoranta w adekwatnych czasopiśmie archiwalnych oraz konferencjach poświęconych tematyce instrumentacji wiązki, i ocenionych odrębnie pozytywnie przez szersze środowisko naukowe i techniczne. Recenzowana praca jest dobrym rozszerzeniem opisowym i merytorycznym opublikowanych prac, tworząc dobrą, pełną, typową strukturalnie dysertację doktorską. Podsumowując, recenzent wnioskuje o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów procesu doktryzowania w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych i dyscyplinie nauki fizyczne.

Ponadto, recenzent uważa, po analizie dorobku publikacyjnego Doktoranta, jego obecności twórczej w lokalnym i globalnym publicznym środowisku naukowym, oraz wysokiego poziomu dysertacji, że praca doktorska spełnia wszystkie warunki formalne i zwyczajowe dotyczące wyróżniania rozpraw doktorskich. Recenzent nie zamieszcza odrębnego wniosku o wyróżnienie pracy. Recenzent uważa, że pozytywne elementy opinii dotyczące poszczególnych składowych całościowej oceny Doktoranta i w szczególności dysertacji stanowią wystarczające uzasadnienie do wyróżnienia pracy, równoważne odrębnemu wnioskowi. Recenzent wyraża nadzieję, że w ten sposób sformułowany wniosek o wyróżnienie będzie wsparty wzorowym przebiegiem obrony pracy doktorskiej.

