

dr hab. inż. Agnieszka Obłąkowska-Mucha, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek

Kraków 16.03.2026r.

Recenzja pracy doktorskiej pana mgr inż. Krystiana Rosłona pt.:

„ Particle Detection in High-Radiation Environment:

A Case Study of the ALICE – Fast Interaction Trigger at the LHC”

wykonanej pod kierunkiem dr hab. Łukasza Graczykowskiego oraz prof. dr hab. Jacka Otwinowskiego.

Rozprawa doktorska dotyczy problematyki starzenia detektorów promieniowania pracujących w wysokich polach promieniowania, na przykładzie systemu Fast Interaction Trigger (FIT) eksperymentu ALICE działającego na akceleratorze Large Hadron Collider w CERNie.

1. Cel naukowy rozprawy:

Autor podjął się zadania opracowanie ilościowego opisu starzenia się detektora FIT, opartego na pomiarach in-situ za pomocą wiązek laserowych i dedykowanych pomiarów na wiązkach oraz danych kontrolnych z systemu sterowania detektorem FIT w eksperymencie ALICE. W pracy postawionych jest pięć hipotez modeli starzenia. Wyniki te mają bezpośrednie znaczenie dla pracy detektorów w czasie bieżącego okresu zbierania danych Run 3 oraz przewidywań jakości pracy detektora w erze HL-LHC.

2. Ocena realizacji celu naukowego, zastosowanych metod badawczych i omówienia wyników badań.

Praca ma charakter interdyscyplinarny, zdecydowanie aplikacyjny, eksperymentalno-inżynierski i obejmuje:

- analizę środowiska radiacyjnego FT0,
- badania degradacji parametrów fotopowielaczy MCP-PMT,
- modelowanie zależności parametrów detektora od zintegrowanego ładunku anodowego,
- opracowanie metod kompensacji starzenia,
- rozwój i wdrożenie systemu sterowania (DCS),
- projekcje czasu życia detektora FT0 dla High-Luminosity LHC.

Główna część rozprawy poświęcona jest degradacji parametrów MCP-PMT w warunkach Run 3 oraz przewidywaniu zachowania się detektora w eksperymencie na High-Luminosity LHC.

Tematyka rozprawy jest bardzo aktualna i istotna. W kontekście planowanych eksperymentów z coraz wyższą świetnością oraz problemem zapewnienia jak najdłuższej eksploatacji detektorów w LHC, zagadnienie starzenia fotopowielaczy MCP-PMT ma bezpośredni wpływ na jakość danych fizycznych i stabilność systemu wyzwalania, a utrzymanie optymalnych parametrów pracy detektorów jest kluczowe do uzyskania wartościowych wyników fizycznych. Studia nad efektami starzenia się mają tu na celu wyznaczenie ewolucji czasowej całkowitego ładunku fotopowielaczy i utrzymania odpowiedniej rozdzielczości czasowej w elementach detektora, który powinien w sposób ciągły pracować optymalnie w środowisku LHC przez wiele lat.

Jednocześnie należy podkreślić, że problem starzenia MCP-PMT jest zagadnieniem znanym i szeroko opisywanym w literaturze detektorowej. Nowość pracy nie polega zatem na odkryciu nowych mechanizmów fizycznych, lecz na:

- ilościowym opisie degradacji w konkretnych warunkach ALICE Run 3,
- projekcie i integracji monitoringu DCS z analizą fizyczną,
- przewidzeniu zmian parametrów detektora w czasie.

Rozdział dotyczący starzenia FT0 stanowi zasadniczy składnik pracy, w którym Autor:

- wykorzystuje dane doświadczalne z okresu zbierania danych LHC Run 3,
- analizuje prądy anodowe i parametry kalibracyjne,
- modeluje degradację jako funkcję ładunku zintegrowanego,
- uwzględnia niepewności systematyczne,
- stosuje symulacje FLUKA do oceny środowiska radiacyjnego.

Ekspotencjalny model degradacji całkowitego ładunku, znany z literaturą, został przez autora zastosowany do badania parametrów starzenia się kanałów FT0, gdzie znalazł swoje potwierdzenie.

Oceniam, iż pan mgr inż. Krystian Rosłon osiągnął zarówno główny cel pracy, opis starzenia MCP-PMT, pokazał jego znaczenie dla poprawnej pracy eksperymentu ALICE (tryger, pomiar tła, wyznaczenie świetności), jak również opisał wpływ tego komponentu na wyniki fizyczne. Ponadto wykazał się samodzielnością i umiejętnościami informatycznymi (projekt systemu do monitoringu detektora, integracja architektury AGRANA) i inżynierskimi (prace przy DSS, implementacja systemów, automatyzacja kalibracji laserowej). Oceniam wkład autora w fizyczny program eksperymentu ALICE jako znaczący, zastosowane metody badawcze jako właściwe, a opracowane metody analizy jako mające zastosowanie również do studiów efektów starzenia się w następnych okresach zbierania danych.

Praca ma charakter zdecydowanie aplikacyjny, autor zaprezentował ogólną wiedzę teoretyczną z zakresu fizyki plazmy kwarkowo-gluonowej, fizyki

detektorów i elektroniki odczytu. Stanowi ona wartościowy wkład w obszar detektorów dla fizyki wysokich energii i łączy analizę danych eksperymentalnych, modelowanie matematyczne oraz rozwój systemów sterowania.

Z przedstawionych informacji wynika, że Autor pełnił istotne funkcje w eksperymencie jako FIT DCS Technical Coordinator, System Run Coordinator oraz ALICE Run Manager. Zakres odpowiedzialności operacyjnej jest imponujący i wykracza poza standardowy wkład doktoranta. W pracach związanych z FIT FT0 pan mgr inż. Krystian Rosłon pełni rolę kierowniczą.

Jednocześnie, jak w każdej dużej kolaboracji (ALICE liczy kilka tysięcy członków), trudność może stanowić jednoznaczne oddzielenie wkładu indywidualnego od zespołowego w części technicznej. W pracy znajduję wyraźne zaznaczenie opisu wkładu własnego.

3. Opis formalny rozprawy:

Rozprawa liczy 10 rozdziałów głównych oraz rozbudowane aneksy techniczne. Struktura pracy jest logiczna i odzwierciedla pełny cykl badawczy: od kontekstu fizycznego, poprzez architekturę systemu, analizę degradacji, modelowanie, aż po implementację metod kompensacji i prognozy dla HL-LHC.

Wstęp pracy przedstawia motywację i plan badań, jest również jasno przedstawiona rola Autora w eksperymencie ALICE, a mianowicie kierowanie grupą zajmującą się systemem FIT i rozwojem narzędzi do jego monitorowania i zapewnienia prawidłowego działania w skali obecnego i przyszłego planu badań na LHC. Rozdziały 2, 3 i 4 opisują pokrótce fizykę plazmy kwarkowo-gluonowej, CERN oraz fizykę detektorów, głównie wykorzystujących produkcję fotonów przy przejściu cząstek przez materiał ze szczególnym naciskiem położonym na efekty starzenia się fotopowielaczy.

Szeroko omówiony jest w Rozdziale 4 system Fast Interaction Trigger (FIT), zarówno od strony budowy, jak i przesyłania i formowania sygnału. Te elementy systemu są następnie poddane analizie dotyczącej efektów starzenia, opisanemu w następnym, najobszerniejszym rozdziale rozprawy. Rozdział ten przedstawia bardzo dobry opis detektorów składających się na system FIT i jego integrację z detektorem ALICE. Metodę opisu efektów starzenia się FT0 poznajemy w Rozdziale 5, gdzie pokazany jest sposób, w jaki parametryzowane jest pole radiacyjne, metodologia pozyskania i analizy sygnału oraz dopasowany model.

W Rozdziale 6 Autor pokazuje, jakie narzędzia programistyczne opracował do kontroli działania FIT, a Rozdziale 7 architekturę systemu kontroli (DCS) dla tego komponentu eksperymentu. Rozdziały 8 i 9 pokazują, jaki jest wpływ omawianego systemu na wyniki fizyczne – działanie układu wyzwalań, pomiar świetlności i eliminację tła. Pracę kończy podsumowanie, po którym jest kilka dodatków z detalicznymi technicznymi parametrami omawianych systemów oraz wyników symulacji i pomiarów wszystkich modułów.

Od strony edytorskiej do rozprawy nie mam żadnych zastrzeżeń. Język angielski użyty w pracy jest poprawny, organizacja treści w rozdziałach jest przemyślana, co sprawia, że tekst czyta się z przyjemnością, nawet jak jest wypełniony technicznymi szczegółami. Następujące po sobie rozdziały stanowią spójną historię, której główną osią jest rozwój systemu detekcyjnego w celu osiągnięcia wartościowych wyników fizycznych. Praca napisana jest z niezwykłą dbałością o detale graficzne – rysunki są przejrzyste, podpisy czytelne, rozmieszczenie ich na stronie jest optymalne, bez pustych przestrzeni. Referencje są prawidłowo zrobione, literówek nie znalazłam.

4. Uwagi dodatkowe

Parametryzując efekty starzenia się w polu wysokiego promieniowania LHC autor musiał zmierzyć się z wyznaczeniem fluencji w badanych poddetektorach. Dostępna dla Autora symulacja fluencji okazała się niewystarczająca, wykonał on zatem jej modyfikacje, jak również wprowadził własną metodę szacowania dodatkowego tła.

Jednakże w Rozdziałach 5 i 6 kilka zagadnień nie zostało w mojej ocenie wyjaśnione:

- a) Czynniki skalujące świetność – pojawia się różniczkowa zależność liczby cząstek naładowanych w jednostkach pseudorapidity – jak została ona wyznaczona? Co oznacza σ_t w tabeli na s. 70? Czy symbol „ $\mathcal{L}$ ” w Rozdz. 5 i „ L ” w Rozdz. 8 oznacza tę samą świetność? Co mają do niej słowa „Delivered” i „Recorded” zaznaczone na Rys. 5.1? Przy wyliczeniach w rozdziale tym nie podane są żadne niepewności, czy można je oszacować?
- b) Symulacja fluencji – wyniki uzyskane w programie Fluka podają wielkości dozymetryczne na jedno oddziaływanie proton-proton, jak Autor przeskalał te wyniki do swojej analizy? Czy nie należy uwzględnić dodatkowo czynnika μ (lub ν)? Czy wiadomo Autorowi o niepewnościach związanych z ϕ_{eq} , czyli jakie mogą być fizyczne źródła niepewności modelu wyznaczenia fluencji?
- c) Tło – czy wartości otrzymane w wyniku obliczeń wzorami 5.15 i 5.16 nie powinny mieć jednostki 1/czas (jeśli uznać, że symbol „ T ” jest czasem)? We wzorze 5.19 powinno być R_{ch} . W jaki sposób wykonane zostało porównanie r_{ch} i różniczkowej krotności cząstek naładowanych opisane w ostatnim akapicie na str. 75?
- d) Na rysunkach 5.8 i 5.9 widoczne są fluktuacje parametrów starzenia. Skąd się one biorą? Czy w przypadku fotopowielaczy możliwe są efekty związane z tzw. annealingiem, jak w przypadku detektorów krzemowych?
- e) Czy Autor może podać przewidywania efektów starzenia się w funkcji fluencji? W ten sposób nie trzeba by rozpatrywać różnych scenariuszy opisanych w Rozdz. 5.5, aby przewidzieć, kiedy fotopowielacze będą podawać zbyt

małe sygnały, aby nadawały się do dalszego zbierania danych. Jaki poziom degradacji jest akceptowalny z punktu widzenia eksperymentu ALICE?

- f) W pracy przyjęto efektywny model degradacji amplitudy w funkcji całkowitego ładunku – czy można podać mikroskopowe uzasadnienie takiej zależności? Jakie efekty fizyczne mają wpływ na degradację sygnału? Czy jest poziom fluencji, przy którym model ten przestaje pracować?
- g) Rozdział 6, s. 101 – jak długo i w jaki (ogólnie) sposób przeprowadzana jest rekonstrukcja on-line?

Pomimo powyższych uwag, analiza danych jest wykonana rzetelnie, a metodologia estymacji niepewności systematycznych – poprawna.

5. Ocena końcowa:

Przedstawiona praca jest rzetelnie przeprowadzoną i poprawnie opisaną pracą badawczą, oceniam ją jednoznacznie pozytywnie. Rozprawa podejmuje rozwiązanie problemu fizycznego, użyte metody badawcze są nowatorskie, a dodatkowo Autor pokazuje szereg rozwiązań inżynierskich i informatycznych zastosowanych w dużej, międzynarodowej grupie. Praca stanowi spójną całość charakteryzującą się znacznym potencjałem badawczym.

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Krystiana Roślona spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym (z późn. zm.) i wnoszę o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.