



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

Dyrektor: (+48 12) 662 8200
Centrala: (+48 12) 662 8000
Fax: (+48 12) 662 8458
E-mail: dyrektor@ifj.edu.pl

Prof. dr hab. Marek Kowalski

Kraków, 19 maja 2020

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Dominika Aromińskiego pt. "Beam-induced Background at the Compact Linear Collider"

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Dominika Aromińskiego zawiera wyniki symulacji komputerowych tła pochodzącego od efektów związanych z wiązką przyspieszanych cząstek w projektowanym akceleratorze CLIC (Compact Linear Collider). Rozprawa składa się ze wstępu, 6 rozdziałów merytorycznych i podsumowania. W dodatku *A* autor umieścił plik konfiguracyjny programu Guinea-Pig, służącego do symulacji wpływu pola elektrycznego wzbudzonego w jonowodzie na świetlność akceleratora.

Compact Linear Collider (CLIC) to projekt przyszłego akceleratora, zderzacza e^+e^- , mogącego osiągać energię zderzenia sięgającą Teraelektronowoltów. Zderzacze e^+e^- to urządzenia pozwalające na precyzyjne pomiary w obszarze fizyki Modelu Standardowego i poza nim. Mimo, że nie oferują tak wysokich energii jak zderzacze hadronów, mają nad nimi niewątpliwą przewagę, jeżeli chodzi o tzw. czyste przypadki, czyli ze znacznie zredukowanym tłem. Eksperymenty na takich zderzaczach nie wymagają np. zaawansowanych systemów wyzwalania.

Budowa zderzacza CLIC jest dyskutowana od wielu lat i od wielu lat prowadzone są studia mające na celu jego ostateczny projekt i budowę. Jak w przypadku każdego projektu o takiej skali, ostateczne rozwiązania techniczne muszą być oparte na zaawansowanych szczegółowych symulacjach.

Rozprawa pana Aromińskiego dotyczy dwóch, skrajnych z punktu widzenia energii, etapów budowy zderzacza CLIC, 380 GeV i 3 TeV. Rozprawa pana mgr. inż. Dominika Aromińskiego, będąca rezultatem takich symulacji, jest istotnym wkładem do projektu CLIC.

We wstępie doktorant przedstawił zarys Modelu Standardowego oraz główne idee fizyczne stojące za budową liniowego zderzacza e^+e^- . Szczegółowy opis zderzacza CLIC a także innych przyszłych liniowych zderzaczy e^+e^- zawarty jest w Rozdziale 2. Autor umieszcza tu ogólne zasady działania CLIC, podaje informacje dotyczące głównej części przyspieszającej oraz systemu doprowadzania wiązki, oraz dyskutuje ogólny model detektora, który miałby pracować na zderzaczach.

Zasadnicza część Rozprawy zawarta jest w rozdziałach 3-8. Jakość wyników symulacji komputerowych jest tak dobra, jak dobre są używane modele Monte-Carlo. Symulacje takich zagadnień jak transport wiązki w systemie BDS, z uwzględnieniem wpływu pola elektrycznego indukowanego w jonowodzie, emisja promieniowania synchrotronowego i jego oddziaływanie z rurą próżniową wiązki czy produkcja przypadków tła w oddziaływaniach wiązek są zadaniami nieanalitycznymi, dlatego też należy stosować zaawansowane metody Monte-Carlo. W Rozdziale 3 pan mgr. inż. Aromiński zamieścił opis używanych specjalistycznych pakietów symulacyjnych, przedstawił również poglądowe wyniki przy ich użyciu otrzymane. W tym rozdziale autor umieścił też szczegółową dyskusję problemu zajętości (okupacji) detektora. Kwestia ta jest ważna dla wyboru technologii, w której mają być budowane detektory śladowe. Rozdział 4, istotny dla prowadzonych dalej rozważań, poświęcony jest efektom związanym z emisją tła wywołanego różnorodnym oddziaływaniem wiązki. Efekty te są znaczne, co wynika przede wszystkim z dużej koncentracji ładunku elektrycznego w nanometrowych rozmiarach wiązki. Poza tym wiązki są odchylane i ogniskowane w silnym polu magnetycznym, co skutkuje emisją promieniowania synchrotronowego. Doktorant opisuje mechanizm oddziaływania wiązek na siebie, i związaną z tym emisję promieniowania wiązki, koherentną i niekoherentną produkcję par cząstek, produkcję hadronów i kończy ten rozdział podsumowaniem. Dyskutuje także wpływ wspomnianych efektów na pracę i parametry akceleratora.

Następny Rozdział, 5, zawiera dyskusję optymalizacji apertury systemu doprowadzenia wiązki. Autor przeprowadził symulacje dla dwóch energii, 380 GeV i 3 TeV. Głównym problemem diskutowanym w tym Rozdziale są efekty związane z wpływem pola elektrycznego indukowanego w oporowych ścianach jonowodu. Doktorant podaje aparat matematyczny opisujący wspomniane zjawisko, metodę symulacji a następnie dyskutuje jego wpływ na pracę akceleratora i systemu doprowadzania wiązki i świetlność urządzenia. W Rozdziale 6 pan mgr inż. D. Aromiński przedstawia symulacje promieniowania synchrotronowego w systemie doprowadzania wiązki. Promieniowanie to jest obecne nie tylko w akceleratorach kołowych, ale także liniowych, a na skutek odbić od ścian rury próżniowej systemu doprowadzania wiązki może prowadzić do istotnego depozytu energii w detektorze. Podobnie jak w poprzednim rozdziale, autor podaje formalizm matematyczny, a następnie przedstawia metodę symulacji. Efekty dyskutowane w tym rozdziale to straty energii wiązki i jej czystość (jakość), poziom promieniowania w tunelu, wzrost temperatury rury próżniowej. Efekty w obszarze detektora, to głównie depozyt energii w obszarze aktywnym detektora, zwłaszcza w detektorze wierzchołka i detektorze śladowym, wywołany przez fotony o energii przekraczającej 1 keV. Przedstawione są również wyniki optymalizacji apertury systemu doprowadzenia wiązki, z uwzględnieniem chropowatości ścianek jonowodu. Problem depozytu energii przez fotony promieniowania synchrotronowego w obszarze detektora jest dyskutowany bardzo szczegółowo dla obu energii, 380 GeV i 3 TeV, a wyniki ilustrowane są wieloma wykresami. Doktorant nie ogranicza się do podania wyników symulacji, przedstawia także metody zmniejszenia niekorzystnego wpływu promieniowania synchrotronowego na detektor. Wpływ ten jest szczególnie widoczny dla energii 380 GeV, gdzie wpływ promieniowania synchrotronowego przy szorstkości miedzianej powierzchni jonowodu poniżej 1 μm czyni detektory wierzchołka i śladowego beżytecznymi. Pan mgr inż. Aromiński podaje kilka sposobów pozwalających ograniczyć efekty pochodzące od promieniowania synchrotronowego – zwiększenie chropowatości, zastosowanie kształtu zębów pily dla wewnętrznych ścianek rury próżniowej, czy, podobnie jak w akceleratorze LEP, zastosowanie masek w obszarze detektora. Możliwe jest też zastosowanie podejścia kombinowanego. W Rozdziale 7 doktorant przedstawia szczegółową dyskusję tła pochodzącego z efektów w rurze próżniowej na poszczególne elementy detektora: centralne detektory krzemowe, detektor śladowy, kalometry obszaru centralnego, tzw. beczki, kalometry tzw. korków, zamykających akceptację detektora i systemu detekcji mionów. Wyniki symulacji dyskutowane w Rozdziale 7 pozwalają na optymalizację detektora, co zostało opisane w Rozdziale 8. Podsumowaniem rozprawy jest Rozdział 9. Rozprawa doktorska pana mgr inż. Dominika Aromińskiego zawiera wyniki ogromnej pracy wykonanej przez doktoranta. Recenzentowi trudno było znaleźć braki czy niedociągnięcia. Jedyne, na co zwróciłbym uwagę, to bezosobowy sposób prezentacji – „zrobiono, policzono” itp., co nieco utrudnia recenzentowi ocenę własnego wkładu doktoranta. Jednakże całość wskazuje na olbrzymią, bez przesady można powiedzieć, że ekspercką wiedzę i kompetencję autora. Wyniki uzyskane przez doktoranta są nowe, uzyskane po raz pierwszy i mają niewątpliwie wpływ na rozwój fizyki akceleratorowej. Rozprawa niewątpliwie będzie niezwykle pomocna przy decydowaniu o ostatecznym kształcie zarówno zderzacza, jak i pracującego na nim detektora.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska napisana jest na poziomie rozprawy habilitacyjnej, a więc tym bardziej spełnia warunki ustawowe stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie pana mgr. inż. Dominika Aromińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Dominika Aromińskiego zatytułowanej „Beam-induced Backgrounds at the Compact Linear Collider”

Wyniki przedstawione w rozprawie mają dużą wartość merytoryczną i niewątpliwie są bardzo przydatne dla projektowanego akceleratora CLIC. Wiele z nich zostało uzyskanych po raz pierwszy. Rozprawa pana mgr. inż. Dominika Aromińskiego ma również istotną wartość dydaktyczną i stanowi kompendium wiedzy na temat zjawisk zachodzących wywołanych efektami związanymi z wiązką akceleratora i ich wpływem zarówno na pracę samego zderzacza, jak i umieszczonego na nim detektora. Mając to na względzie, stawiam wniosek o wyróżnienie recenzowanej rozprawy.

Marek Wocalk