

Zgłoszenie tematu pracy dyplomowej na studiach 1-go stopnia (inżynierskiej)  
w roku akademickim 2015/2016 (semestr dyplomowy – zimowy 2016/2017)  
Kierunek studiów: **Fizyka Techniczna**

**Temat: Studium wykonalności pomiarów femtoskopii barionów w zderzeniach proton-proton w eksperymencie ALICE na Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN**

**Subject: Feasibility studies of baryon femtoscopy measurements in proton-proton collisions with the ALICE experiment at the Large Hadron Collider at CERN**

Opiekun naukowy: **Łukasz Graczykowski, dr inż., lgraczyk@if.pw.edu.pl, 22 234 7343, pok. 117d**  
(imię i nazwisko, tytuł naukowy, instytucja, e-mail, tel.)

Kierujący pracą dyplomową pracownik Wydziału Fizyki PW:  
(należy podać, jeśli temat jest zgłaszany przez osobę nie będącą pracownikiem Politechniki Warszawskiej)

*Praca dyplomowa związana jest ze specjalnością:*  
(należy zaznaczyć jedną lub więcej specjalności)

.. Fizyka komputerowa ..... Fizyka medyczna  
..... Materiały i nanostruktury ..... Optoelektronika

### **Opis pracy**

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) jest jednym z 4 głównych eksperymentów zlokalizowanych na Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w ośrodku CERN w Genewie. Głównym celem badawczym eksperymentu jest próba zrozumienia najbardziej podstawowych mechanizmów opisujących jedną z faz rozwoju wczesnego Wszechświata, gdy cała materia znajdowała się w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej (ang. Quark-Gluon Plasma – QGP; czyli takim stanie materii, w którym kwarki i gluony nie były związane w cięższych cząstkach – hadronach). Tego typu warunki odtwarzane są eksperymentalnie w LHC poprzez zderzenia przyspieszonych do ogromnych energii jąder ołowiu. Zrozumienie mechanizmów fizycznych obserwowanych w fazie QGP wymaga również analizy zderzeń elementarnych typu proton-proton oraz proton-ołów, w których prawdopodobieństwo powstania fazy QGP jest znacznie mniejsze.

Jedną z technik służących do analizy rozmiaru oraz kształtu powstałej plazmy kwarkowo-gluonowej jest tzw. femtoskopia. Polega ona na pomiarze oraz analizie siły korelacji występującej między cząstkami, np. pomiędzy dwoma hadronami. W wyniku analizy otrzymuje się funkcje korelacyjne w przestrzeni pędów względnych dwóch cząstek i obserwuje się m.in. wzrost siły korelacji dla niewielkich pędów względnych wynikający z oddziaływań w stanie końcowym, np. statystyki kwantowej, oddziaływania silnego i kulombowskiego. Wielkość korelacji zależna jest również od rozmiaru przestrzennego powstałego źródła (próbki QGP). W typowym pomiarze femtoskopowym, wykonywanym dla par identycznych mezonów (piony, kaony), z bardzo dużą dokładnością znamy parametry oddziaływania w stanie końcowym, co pozwala nam na obliczenie rozmiaru powstałej próbki.

Nowatorskim podejściem jest odwrócenie techniki femtoskopowej w taki sposób, że dla znanego rozmiaru powstałego źródła chcielibyśmy zmierzyć parametry oddziaływania w stanie końcowym dla takich par, gdzie nie jest ono określone. Przykładem takich cząstek są pary barionów, dla których parametry oddziaływania silnego znane są tylko dla kilku podstawowych systemów (np. par proton-proton, czy proton-neutron), nie są zaś znane dla bardziej egzotycznych par, np. par cząstka-antycząstka czy par, gdzie jedną cząstką w parze jest hiperon lambda (barion zawierający jeden kwark dziwny s).

Badania tego typu są obecnie intensywnie prowadzone w zderzeniach ciężkich jonów zarówno w ALICE jak i innych eksperymentach ciężkojonowych. Badań takich nie przeprowadzano natomiast do tej pory w zderzeniach elementarnych typu proton-proton. W

tego typu zderzeniach, gdzie powstały w ich wyniku system jest znacznie mniejszy niż w zderzeniach ciężkich jonów, pomiary korelacji par barionów powinny być czułe na efekty wynikające z samej struktury barionu oraz kształtu potencjału oddziaływania silnego między dwoma barionami. Co więcej, pomiary femtoskopii barionów w zderzeniach elementarnych, poprzez jednoczesną analizę cząstek i antycząstek, umożliwiają poszukiwanie potencjalnego łamania tzw. symetrii CPT (C – sprzężenia ładunkowego, P – odbicia przestrzennego i T – odbicia czasu), która jest jedną z fundamentalnych właściwości Przyrody. Ewentualne odkrycie różnicy we właściwościach barionów i antybarionów mogłoby rzucić nowe światło na istniejącą we Wszechświecie nadwyżkę materii nad antymaterią.

Celem proponowanej pracy inżynierskiej jest przeprowadzenie studium wykonalności pomiarów femtoskopii barionów w zderzeniach protonów w eksperymencie ALICE. W tym celu wykorzystane zostaną dane eksperymentalne zebrane przez ALICE w latach 2010-2015, środowisko programistyczne eksperymentu (systemy ROOT i AliRoot) oraz system komputerowy do analiz rozproszonych GRID. Wynikiem pracy będzie uzyskanie femtoskopowych funkcji korelacyjnych barionów, przede wszystkim dla par proton-proton, proton-antyproton i antyproton-antyproton, oraz przeprowadzenie wstępnego ich dopasowania teoretycznymi modelami. Wyznaczone eksperymentalne funkcje korelacyjne mogą zostać następnie wykorzystane do porównania z analogicznymi funkcjami teoretycznymi otrzymanymi z modeli teoretycznych typu Monte Carlo. Proponowana praca jest częścią programu naukowego eksperymentu ALICE

W ramach pracy inżynierskiej możliwy jest równi wyjazd do laboratorium CERN. Po ukończeniu pracy inżynierskiej przewiduje się możliwość kontynuacji rozpoczętych badań w ramach pracy magisterskiej. Wskazana jest dobra znajomość języka angielskiego oraz umiejętność programowania w językach C/C++.

Warto podkreślić, że powyższe badania dotyczą fundamentalnych właściwości barionów, które mają znaczenie dla całej fizyki jądrowej jako dziedziny nauki. Tylko w 2015 roku wyniki badań, spisane w trzech artykułach naukowych, zostały opublikowane w jednym z najważniejszych czasopism naukowych – Nature.

### ***Problem inżynierski z zakresu fizyki technicznej, którego rozwiązanie ma opracować dyplomant***

1. zapoznanie się ze środowiskiem analizy danych eksperymentu ALICE, w tym z systemami ROOT i AliRoot
2. uzyskanie dostępu do właściwych danych eksperymentalnych
3. zapoznanie się z systemem analiz rozproszonych GRID dla eksperymentu ALICE
4. wyznaczenie funkcji korelacyjnych dla wybranych układów barionów (przede wszystkim proton-proton, antyproton-antyproton, proton-antyproton),
5. zapoznanie się z oprogramowaniem do dopasowywania funkcji teoretycznych do wyznaczonych funkcji eksperymentalnych
6. napisanie tekstu pracy

### ***Bibliografia***

1. *Measurement of interaction between antiprotons*, STAR Collab., Nature 527 (2015) 345-348
2. *Precision measurement of the mass difference between light nuclei and anti-nuclei*, ALICE Collab., Nature Physics 11 (2014) 811-814
3. *High precision comparison of the antiproton-to-proton charge-to-mass ratio*, BASE Collab., Nature 524 (2015) 196-199

3. *Extracting baryon-antibaryon strong interaction potentials from proton-antilambda femtoscopic correlation function*, A. Kisiel, H. Zbroszczyk, M. Szymański, Phys. Rev. C 89 (2015) 054916
4. *One-dimensional pion, kaon, and proton femtосcopy in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV*, ALICE Collab., Phys. Rev. C 92 (2015) 054908
5. *Femtосcopy in relativistic heavy-ion collisions: two decades of progress*, M. Lisa, S. Pratt, R. Soltz, U. Wiedemann, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 55 (2005) 090704.151533
6. *Femtосcopic analysis of hadron-hadron correlations in ultrarelativistic collisions of protons and heavy-ions registered by ALICE at the LHC*, PhD. Thesis (2015), Ł. Graczykowski, <https://cds.cern.ch/record/2066992?ln=pl>