

Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

Nauki fizyczne temat nr 13	Physical sciences topic No. 13
Pomiar polaryzacji indukowanej w reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem	Measurement of polarization induced in the reaction of deuteron breakup in collision with a proton
PhD supervisor: dr hab. Elżbieta Stephan, prof. UŚ	
<p>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</p> <p>Projekt ma charakter eksperymentalny; głównym celem jest pomiar polaryzacji indukowanej jednego z protonów emitowanych w reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem, $2H(p,pp)n$. Eksperyment jest kontynuacją szeregu projektów poświęconych badaniu układów kilku nukleonów, a w szczególności reakcji rozbitcia (breakupu) deuteronu w jego zderzeniu z protonem, zrealizowanych w międzynarodowych zespołach z wykorzystaniem nowoczesnych detektorów o dużej akceptancji kątowej: SALAD, BINA i WASA. Projekty te dostarczyły unikalnych informacji o roli tzw. siły trójnukleonowej (3NF), wpływie oddziaływania kulombowskiego i efektach relatywistycznych. W ostatnich latach detektor BINA jest wykorzystywany do takich badań w Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB) w Krakowie. W ramach projektu OPUS został skonstruowany polarymierz protonów BINAPol, obecnie będący w fazie testów, który działa w oparciu o rozpraszanie protonów na jądrach węgla i precyzyjną rekonstrukcję ich śladów w komorze MWDC. W niedalekiej przyszłości BINAPol zostanie zintegrowany z detektorem BINA. Więcej informacji o idei pomiaru można znaleźć w załączonej publikacji.</p> <p>Proponowany projekt doktorski obejmuje czynny udział doktoranta w przygotowaniach eksperymentu i dwóch seriach pomiarowych,</p>	<p>Brief description of research assumptions and goals</p> <p>The main experimental objective of this project is to measure induced polarization of a proton for a set of kinematic configurations of the $2H(p, pp)n$ breakup reaction.</p> <p>The experiment is a continuation of a series of projects devoted to the study of few-nucleon systems, in particular the breakup of a deuteron in its collision with a proton, carried out by international collaborations using modern large acceptance detectors, SALAD, BINA, and WASA. These projects have provided unique information about the role of the so-called three-nucleon force (3NF), the influence of Coulomb interaction and relativistic effects. In recent years, the BINA detector has been used for such research at the Bronowice Cyclotron Center (CCB) in Krakow. As part of the OPUS project, the BINAPol proton polarimeter was constructed, currently in the testing phase, which is based on the scattering of protons on carbon nuclei and the precise reconstruction of their tracks in the MWDC chamber. In the near future, BINAPol will be integrated with the BINA detector. More information about the idea of measurement can be found in the attached publication.</p> <p>The proposed doctoral project involves the active participation of the doctoral student in the preparation of the experiment and two measurement runs, conducting Monte Carlo</p>



przeprowadzenie symulacji Monte Carlo i analizę zebranych danych. Główne cele badawcze projektu to:

1. Wyznaczenie efektywnej zdolności analizującej AC polarymetru BINAPol przy różnych energiach protonów. Istniejące dane literaturowe odpowiadają innym grubościom rozpraszacza grafitowego, więc uzyskany wynik uzupełni tę bazę danych i posłuży do weryfikacji zależności efektywnego AC od grubości. Ponadto dzięki dobrze określonej energii, dużemu przekrojowi czynnemu i wysokiej polaryzacji protonów z rozpraszania sprężystego analiza takich zdarzeń pozwoli na precyzyjne kontrolowanie różnych własności BINAPol, takich jak wydajność, akceptancja kątowa, precyzja rekonstrukcji kątów rozproszenia.

2. Pomiar polaryzacji indukowanej w reakcji breakupu, P_y , przy energii wiązki 160 MeV. Przedmiotem analizy będą wybrane konfiguracje kątowe, kiedy jeden z protonów został zarejestrowany w polarymetrze, a drugi w przeciwległym sektorze detektora BINA. Parametry BINAPol wynikające z wcześniejszej analizy (punkt 1) zostaną uwzględnione w symulacji, która pozwoli na określenie efektów systematycznych związanych z rekonstrukcją wierzchołka rozproszenia. Następnie zostaną przeanalizowane dane pomiarowe w celu wyznaczenia P_y . Będzie to główny wynik fizyczny projektu.

simulations, and analyzing the collected data. The main research objectives of the project are:

1. Determination of the effective analyzing power AC of the BINAPol polarimeter at various proton energies. Existing literature data correspond to different thicknesses of the graphite scatterer, so the obtained result will supplement this database and will be used to verify the dependence of the effective analyzing power on the scatterer thickness. In addition, due to the well-defined energy, large cross section, and high polarization of protons from elastic scattering, the analysis of such events will allow for precise control of various properties of BINAPol, such as efficiency, angular acceptance, and precision of scattering angle reconstruction.

2. Measurement of the polarization induced in the breakup reaction, P_y , at a beam energy of 160 MeV. The analysis will focus on selected angular configurations where one of the protons was recorded in the polarimeter and the other in the opposite sector of the BINA detector. The BINAPol parameters resulting from the previous analysis (point 1) will be included in the simulation, which will allow the systematic effects associated with the reconstruction of the scattering vertex to be determined. Next, the measurement data will be analyzed to determine P_y . This will be the main physical result of the project.

Planowany wkład w rozwój dyscypliny

Podstawą do zrozumienia struktury jąder, równania stanu materii jądrowej (np. w gwiazdach neutronowych), czy procesów jądrowych, jest właściwy opis oddziaływań między nukleonami. Szeroko stosuje się do tego celu tak zwane realistyczne potencjały oddziaływań nukleon-nukleon w połączeniu z modelami siły trójnukleonowej (3NF), które z sukcesem opisują wiele danych, choć mają problem z niektórymi obserwabkami polaryzacyjnymi. Obecnie najbardziej zaawansowany teoretycznie opis oddziaływań jądrowych jest rozwijany w ramach Chiralnej Efektywnej Teorii Pola (ChEFT), która jest pomostem między fizyką jądrową a chromodynamiką kwantową (QCD) opisującą oddziaływanie między kwarkami. ChEFT jest oparta

Planned contribution to the development of the discipline

The basis for understanding the structure of nuclei, the equation of state of nuclear matter (e.g., in neutron stars), or nuclear processes is a proper description of the interactions between nucleons. So-called realistic nucleon-nucleon interaction potentials are widely used for this purpose in combination with three-nucleon force (3NF) models, which successfully describe large data sets, although they have problems with certain polarization observables. Currently, the most theoretically advanced description of nuclear interactions is being developed within the framework of Chiral Effective Field Theory (ChEFT), which is a bridge between nuclear physics and quantum chromodynamics (QCD) describing





o symetrii QCD, w tym częściowo łamaną symetrię chiralną i ma charakter perturbacyjny. Badania reakcji w układach trzech nukleonów (3N) dostarczają bardzo cennych informacji o oddziaływaniu jądrowym i pozwalają na testy jego modeli, w tym przewidywań w ramach ChEFT. Ostatnio teoretycy rozważają wykorzystanie precyzyjnych danych dla układów 3N do znalezienia pewnych parametrów ChEFT, tzw. LECs (Low Energy Constants). Obserwable polaryzacyjne są bardzo oczekiwaną bazą dla weryfikacji przewidywań teoretycznych ze względu na swoją czułość na subtelne przyczynki do oddziaływania. Breakup deuteronu w zderzeniu z protonem jest słabo zbadany pod względem obserwabli polaryzacyjnych. Polaryzacja indukowana P_y jest jedną z najtrudniejszych do zmierzenia i do tej pory cała światowa baza danych to kilka punktów zmierzonych przy jednej energii wiązki w RIKEN (Japonia).

Wkład proponowanego projektu w rozwój badań to:

1. Uzupełnienie układu BINA o polarymetr protonów, co znacznie poszerza możliwości eksperymentalne. Gdyby pojawiła się możliwość wykorzystania układu BINA w pomiarach z wiązką spolaryzowaną (protonową lub deuteronową) polarymetr pozwoli na pomiary kolejnych istotnych obserwabli: współczynników transferu polaryzacji.
2. Pomiar polaryzacji indukowanej P_y . Uzyskane wyniki dostarczą bazy do testów przewidywań ChEFT, a potencjalnie także dostarczą ograniczeń na parametry siły 3NF.
3. Analiza możliwości (pierwszego w świecie) pomiaru polaryzacji indukowanej P_x . Określenie parametrów polarymetru, maksymalnego prądu wiązki i przepustowości układu akwizycji danych pozwolą ocenić, czy pomiar taki jest wykonalny w warunkach CCB.

Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata

Wymagana jest podstawowa wiedza z fizyki jądrowej i cząstek, przydatne będą umiejętności programowania (najlepiej w języku C++); od kandydata oczekuje się zainteresowania fizyką eksperymentalną i gotowości do pracy w zespole.

interactions between quarks. ChEFT is based on QCD symmetries, including partially broken chiral symmetry, and is perturbative in nature. Studies of reactions in three-nucleon (3N) systems provide very valuable information about nuclear interactions and allow for testing of models, including predictions within ChEFT. Recently, theorists have been considering the use of precise data for 3N systems to find certain ChEFT parameters, known as LECs (Low Energy Constants).

The breakup of deuteron in collision with a proton has been poorly studied in terms of polarization observables. P_y -induced polarization is one of the most difficult to measure, and so far the entire global database consists of a few points measured at a single beam energy at RIKEN (Japan).

The contribution of the proposed project to the research is as follows:

1. Supplementing the BINA system with a proton polarimeter, which significantly expands the experimental possibilities. If it becomes feasible to use the BINA detector in measurements with a polarized beam (proton or deuteron), the polarimeter will allow measurements of the other important observables: polarization transfer coefficients.
2. Measurement of induced polarization P_y in the breakup reaction. The results obtained will provide a basis for testing ChEFT predictions and potentially also provide constraints on the parameters of the 3NF force.
3. Analysis of the possibility of (the world's first) measurement of induced polarization P_x . Determination of the polarimeter parameters, maximum beam current, and data acquisition system throughput will allow us to assess whether such a measurement is feasible under CCB conditions.

Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate

Basic knowledge of nuclear and particle physics is required, programming skills (preferably in C++) will be useful; candidates are expected to have an interest in experimental physics and a willingness to work in a team.

