

**Zgłoszenie zagadnienia badawczego realizowanego
w Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej
w dyscyplinie nauki fizyczne**

**w Jednostce: Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk**

1	Nazwisko i imię promotora, tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	dr hab. Piotr Lebiedowicz IFJ PAN piotr.lebiedowicz@ifj.edu.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego (opcjonalnie), jednostka, adres e-mail	dr inż. Izabela Babiarz IFJ PAN izabela.babiarz@ifj.edu.pl
3	Temat zagadnienia badawczego + krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	Procesy dyfrakcyjne i elektromagnetyczne w zderzeniach hadronów i jąder atomowych. Zagadnienie badawcze ma związek z fizyką wysokich energii i dotyczy analizy różnych procesów z elementami dyfrakcyjnej i elektromagnetycznej produkcji cząstek w fizyce hadronów. Celem projektu jest praca nad modelami teoretycznymi dla procesów przy wysokich energiach i z małymi przekazami kwadratu czteropędu, mającymi zastosowanie w nieperturbacyjnym zakresie oddziaływań silnych. W tych procesach, gdzie standardowe metody perturbacyjnej chromodynamiki kwantowej nie mogą być wiarygodnie stosowane, główną rolę odgrywa wymiana pośredniego obiektu zwanego Pomeronom (w najprostszej postaci para gluonów będąca singletem kolorowym). Chociaż fenomenologia wymiany Pomeronu w kontekście teorii Reggego opisuje pewne własności rozpraszania dyfrakcyjnego przy wysokich energiach, dokładna natura Pomeronu ($C = +1$), a także Odderonu ($C = -1$), nadal nie jest dobrze poznana. Obliczenia analityczne i numeryczne procesów dyfrakcyjnych typu $p + p \rightarrow p + X + p$, gdzie neutralny stan X (np. pojedynczy mezon, system hadronów) formowany jest przez oddziałujące Pomerony, pozwolą na test sprzężeń (rezonansów) mezonów (pseudo)skalarnych, aksjalnych, tensorowych z Pomeronom. W przypadku, gdy wszystkie cząstki stanu X są odseperowane od wyjściowych protonów (lub produktów ich fragmentacji) mówi się o procesach centralnej ekskluzywnej produkcji. Badania te wymagają analizy szeregu procesów rezonansowych i nierezonansowych z uwzględnieniem efektów interferencyjnych pomiędzy różnymi mechanizmami produkcji. Badane także będą zagadnienia procesów indukowanych przez oddziaływania

		elektromagnetyczne w wyniku fuzji foton-Pomeron (produkcja mezonów wektorowych) i foton-foton (np. egzotyczne rezonanse, czarmonium). Procesy te są interesujące ze względu na ich pomiar w zderzeniach proton-jądro i jądro-jądro. Celem analizy będzie przygotowanie narzędzi badawczych i otrzymanie przewidywań teoretycznych, które zostaną porównane z dostępnymi danymi eksperymentalnymi dla danej reakcji lub też będą one weryfikowane w przyszłości przez szereg eksperymentów, takich jak STAR, ALICE, LHCb, ATLAS-ALFA, CMS-TOTEM, EIC.
4	Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności/kursy)	Zainteresowanie fizyką cząstek. Znajomość j. angielskiego w stopniu komunikatywnym, od kandydata oczekuje się prezentacji otrzymanych wyników na spotkaniach międzynarodowych. Umiejętność programowania w C++/Fortran/Python.
5	Wskazanie możliwych źródeł i zakresu finansowania spoza subwencji, np. stypendium naukowego, kosztów badań, wyjazdów itp.	Przewidywane wystąpienie o grant PRELUDIUM BIS (NCN) z uwzględnieniem stażu badawczego finansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA) i/lub stypendium w ramach programu im. Mieczysława Bekkera (Bekker NAWA): https://nawa.gov.pl/naukowcy/program-imienia-bekkera

1	Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address	dr hab. Piotr Lebedowicz IFJ PAN piotr.lebedowicz@ifj.edu.pl
2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation, e-mail address	dr inż. Izabela Babiarz IFJ PAN izabela.babiarz@ifj.edu.pl
3	Research subject title Short description, up to 250 words	Diffraction and electromagnetic processes in hadron-hadron and heavy-ion collisions. The research subject is related to high-energy physics and concerns the analysis of different processes with elements of diffractive and electromagnetic particle production in hadron physics. The aim of the project is to work on theoretical models for processes in the non-perturbative range of strong interactions, i.e. at high energies and small momentum transfers. In these processes, where standard methods of perturbative quantum chromodynamics cannot be reliably applied, the exchange of a colourless object called Pomeron (in its simplest form, a pair of gluons in a colour singlet) plays a central role. Although some properties of high-energy diffractive scattering are described by the phenomenology of Pomeron exchange in the context of Regge theory, the exact nature of the Pomeron (with $C = +1$) and also the Odderon ($C = -1$), the crossing-odd counterpart of

		the Pomeron, still remains elusive. The analytical and numerical calculations of diffractive processes of the type $p + p \rightarrow p + X + p$, where a neutral state X (e.g. a single meson, system of hadrons) is formed by interacting Pomerons, will allow tests of the coupling of (pseudo)scalar, axial and tensor mesons (resonances) to the Pomeron. In the case where all X-state particles are separated from outgoing protons (or their fragmentation products) one speaks of central exclusive production processes. This research requires the analysis of both resonant and non-resonant processes, including interference effects between different production mechanisms. Processes induced by electromagnetic interactions due to photon-Pomeron (production of vector mesons) and photon-photon fusion (e.g. exotic charmonium states) will also be studied. These processes are interesting because of their measurements in proton-nucleus and heavy-ion collisions. The goal of the analysis is to prepare research tools and obtain theoretical predictions that will be compared with available experimental data for a given reaction or be verified in the future by a series of experiments such as STAR, ALICE, LHCb, ATLAS-ALFA, CMS-TOTEM, EIC.
4	Additional requirements to the candidate (education, skills / courses)	Strong interest in particle physics. Knowledge of English at a communicative level, as the candidate will be expected to present his/her results at international meetings. Basic programming skills in C++/Fortran/Python.
5	Possible sources of financing, other than subsidy, e.g., scientific scholarship, research and travel costs, etc.	It is planned to apply for the grant PRELUDIUM BIS (NCN) which will include a foreign research fellowships funded by the National Agency for Academic Exchange (NAWA) and/or the Bekker NAWA Programme: https://nawa.gov.pl/en/scientists/the-bekker-programme