

**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. Jakub Bielecki IFJ PAN jakub.bielecki@ifj.edu.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego (opcjonalnie), jednostka, adres e-mail	Dr Axel Jardin IFJ PAN axel.jardin@ifj.edu.pl
3	Temat zagadnienia badawczego+ krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	Badanie wpływu elektronów nadtermicznych na właściwości jonizacji, transportu i promieniowania plazmy fuzyjnej z domieszkami pierwiastków o dużej liczbie atomowej Z. Proponowany temat pracy doktorskiej jest częścią szerszego projektu realizowanego w ramach grantu NCN OPUS we współpracy z czterema instytucjami naukowymi oraz z wykorzystaniem dużej infrastruktury badawczej (tokamak WEST, CEA, Francja). Projekt stara się odpowiedzieć na pytanie w jaki sposób populacja elektronów suprathermicznych może wpływać na właściwości jonizacji, transportu i promieniowania plazmy fuzyjnej zawierającej domieszki pierwiastków o dużej liczbie atomowej Z. Zastosowanie grzania elektronowego w urządzeniach fuzyjnych, takich jak tokamaki, powoduje, że funkcja rozkładu prędkości elektronów przestaje mieć charakter Maxwellowski i tworzy się znaczący ogon nadtermiczny. Ponadto problem domieszek jonami o dużym Z, takimi jak wolfram, staje się poważnym wyzwaniem dla stabilnej i wydajnej pracy tokamaka. Te fakty rodzą wiele nowych, nierozwiązanych, lecz kluczowych pytań. Główne zadania doktoranta będą obejmować: • Prowadzenie symulacji dynamiki elektronów nadtermicznych oraz analizę sygnałów twardego promieniowania rentgenowskiego pochodzącego z hamowania prędkich elektronów, przy uwzględnieniu domieszek jonów o dużej liczbie atomowej. • Pomoc przy rozwijaniu i modyfikacji kodów numerycznych, w celu uwzględnienia niemaxwellowskiego rozkładu prędkości elektronów w plazmie.

		- Dobór odpowiednich scenariuszy plazmowych oraz wykonywanie zintegrowanych symulacji z użyciem zaktualizowanych kodów numerycznych. - Analizę danych eksperymentalnych z diagnostyk tokamaka WEST, w celu ich walidacji i porównania z wynikami symulacji.
4	Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności/kursy)	Wymagane: - Ogólna wiedza z zakresu fizyki, - Podstawowa znajomość fizyki jądrowej i fizyki plazmy, - Dobra znajomość klasycznej elektrodynamiki, - Podstawowe doświadczenie w statystyce i analizie danych, - Komunikatywna znajomość języka angielskiego (praca w zespole międzynarodowym), - Umiejętność pracy w międzynarodowym zespole. Mile widziane: - Podstawy mechaniki kwantowej, - Biegłość w modelowaniu plazmy oraz w korzystaniu z narzędzi numerycznych, takich jak solwery Fokkera-Plancka i zintegrowane narzędzia symulacyjne, - Ogólna wiedza z zakresu fizyki tokamaków, dynamiki elektronów nadtermicznych i transportu cząstek, - Znajomość środowiska Linux/UNIX, - Umiejętność programowania (np. C++, Python), - Znajomość pakietów MATLAB lub Mathematica, - Doświadczenie w analizie dużych zbiorów danych, - Doświadczenie w pracy z klastrami obliczeniowymi dużej mocy (HPC), - Znajomość języka angielskiego na poziomie B2 lub wyższym, - Doświadczenie w pracy w (międzynarodowym) zespole.
5	Wskazanie możliwych źródeł i zakresu finansowania spoza subwencji, np. stypendium naukowego, kosztów badań, wyjazdów itp.	OPUS 57 (2025/57/B/ST2/04168)

1	Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address	Dr hab. Jakub Bielecki IFJ PAN jakub.bielecki@ifj.edu.pl
---	--	--

2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation,e-mail address	Dr Axel Jardin IFJ PAN axel.jardin@ifj.edu.pl
3	Research subject title Short description, up to 250 words	Study of suprathermal electrons influence on ionization, transport and radiation properties of fusion plasma with high-Z impurities The proposed PhD topic is part of a wider study performed in the framework of an NCN OPUS project executed in cooperation with four scientific institutions and with the use of a large scientific facility (WEST tokamak, CEA, France). It concerns investigations into how a population of suprathermal electrons can affect ionization, transport, and radiation properties of fusion plasma containing high-Z impurities. The presence of dominant electron heating in fusion devices like tokamaks causes the electron velocity distribution function to stop following a Maxwellian distribution, and a significant suprathermal tail arises. Besides, the issue of contamination by high-Z impurities like tungsten (W) is becoming a major source of concern for the stable and efficient operation of tokamaks. These facts trigger many unsolved, but essential questions. The primary role of the PhD student will be to: ▪ Perform suprathermal electron dynamics simulations and analyze the hard x-ray signals from fast electron bremsstrahlung plasma diagnostics, including high-Z impurities; ▪ Assist in the upgrading and development of numerical codes in order to take into account the non-Maxwellian distribution of electrons in plasma; ▪ Select relevant plasma scenarios and perform integrated simulations with the updated numerical codes; ▪ Analyze experimental data from the WEST tokamak diagnostics in order to validate and compare them with the simulation results.
4	Additional requirements to the candidate (education, skills / courses)	Essential: • General physics, • A basic knowledge of nuclear and plasma physics, • A good knowledge of classical electrodynamics • A basic experience with statistics and data analysis, • At least communicative English (work in an international team). • An ability to work in an international team Optional: • Basics of quantum mechanics,

		• A proficiency in plasma modelling and in using numerical tools such as Fokker-Planck solvers and integrated simulation tools, • A general knowledge in tokamak physics, suprathermal electron dynamics and particle transport, • Linux/UNIX environment, • Programming skills (e.g. C++, Python), • A knowledge of MATLAB or Mathematica package • An experience with analysis of large data sets, • An experience with High Performance Computing Clusters, • An English proficiency of B2 or higher • An experience of working in (an international) team.
5	Possible sources of financing, other than subsidy, e.g., scientific scholarship, research and travel costs, etc.	OPUS 57 (2025/57/B/ST2/04168)