

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

w Jednostce: IFJ PAN

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	<p>Zbadanie możliwości stosowania metod uczenia maszynowego do przewidywania i klasyfikacji zaburzeń plazmy podczas pracy tokamaka.</p> <p>Zaburzenia plazmy w tokamakach to wysokoenergetyczne zdarzenia, które prowadzą do utraty uwięzienia oraz dużego obciążenia mechanicznego i termicznego komponentów urządzenia. W skali reaktora fuzyjnego szkody spowodowane takim zdarzeniem mogą być katastrofalne. Zaburzenia plazmy stanowią więc poważne zagrożenie dla stabilnej pracy tokamaków, dlatego bardzo ważne jest ich wcześnie wykrywanie oraz przeciwdziałanie im. W przeciągu ostatnich lat, techniki uczenia maszynowego stały się potencjalnie obiecującym narzędziem do tego celu. Nie polegają one na modelowaniu procesów magneto hydrodynamicznych z pierwszych zasad, ale na wykorzystaniu dużych zbiorów danych, pozyskanych eksperymentalnie z diagnostyk plazmowych, w celu wytrenowania modelu do znajdowania pewnych wzorców związanych z występowaniem niestabilności.</p> <p>Celem tej rozprawy doktorskiej będzie zbadanie możliwości zastosowania wybranych metod uczenia maszynowego do przewidywania i klasyfikacji niestabilności plazmy, wybranie najlepszych i najwydajniejszych metod, a następnie powiązanie wyników otrzymanych za pomocą uczenia maszynowego ze zjawiskami fizycznymi zachodzącymi w plazmie.</p> <p>Pierwszym krokiem będzie stworzenie dobrze scharakteryzowanej i opisanej bazy danych eksperymentalnych z diagnostyk plazmowych (np. wyniki pomiarów temperatury elektronowej, gęstości elektronowej, prądu plazmy, mocy grzania, indukcji pola magnetycznego i in.) w celu</p>

		<p>wytrenowania, przetestowania oraz ewaluacji metod uczenia maszynowego. W następnym kroku wybrane zostanie kilka metod, które zostaną poddane testom. Do tego celu wykorzystane zostaną narzędzia numeryczne dostępne na superkomputerze Ares w Akademickim Centrum Komputerowym CYFRONET (np. TensorFlow). Ostatecznie najlepsza metoda zostanie zastosowana do analizy dużych zbiorów danych eksperymentalnych pochodzących z wyładowań plazmy z zaburzeniami w kilku urządzeniach typu tokamak.</p> <p>Wyniki otrzymane przy użyciu technik uczenia maszynowego zostaną powiązane z procesami magnetohydrodynamicznymi w plazmie.</p> <p>Możliwość zastosowania układów graficznych (GPU) lub chipów FPGA w perspektywie użycia opracowanej metody w czasie rzeczywistym pozostaje potencjalnym rozszerzeniem doktoratu.</p>
4	<p>Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności/kursy)</p>	<p>Wymagana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Znajomość fizyki ogólnej, • Podstawowa znajomość fizyki plazmy, • Znajomość statystyki i doświadczenie w analizie danych, • Doświadczenie z technikami uczenia maszynowego (np. sieci neuronowe, maszyny wektorów nośnych, drzewa decyzyjne etc.), <p>Zalecane:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doświadczenie ze środowiskiem Linux/UNIX, • Umiejętność programowania (np. C++, Python), • Doświadczenie w analizie i przetwarzaniu dużych zbiorów danych, • Doświadczenie ze środowiskiem TensorFlow lub PyTorch, • Doświadczenie z klastrami obliczeniowymi (HPC).
5	<p>Wskazanie możliwych źródeł i zakresu finansowania spoza subwencji, np. stypendium naukowego, kosztów badań, wyjazdów itp.</p>	

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	<p>Study of the possibility to use Machine Learning methods for prediction and classification of plasma disruption events in tokamak operation.</p> <p>Disruptions are highly energetic events in tokamak fusion devices, which result in loss of plasma confinement and significant thermal and mechanical stress on device components. When the machine is scaled to the reactor size, the damage caused by such events can be severe. Disruptions therefore pose a serious threat and avoiding or mitigating them is a high priority for future fusion devices. In recent years, machine learning methods have become a promising tool in attaining this goal. These methods do not rely on a first principle understanding of plasma physics. Instead, they use large sets of experimental data, available from plasma diagnostics, to train models in order to detect patterns associated with disruptions.</p> <p>The aim of the PhD thesis is to study the possibility to apply various methods of Machine Learning for disruption prediction and classification, select the best performing ones and then to connect the results obtained from ML techniques with underlying physical phenomena.</p> <p>The first step will be to create a well-described set of experimental data from plasma diagnostics (e.g. electron temperature, electron density, plasma current, heating power, toroidal magnetic field strength and others) to create the training, test and evaluation datasets. Next, several ML methods will be selected and tested. For this purpose, dedicated tools available at Ares supercomputer at Academic Computer Centre CYFRONET will be applied (e.g. TensorFlow). Finally, the best performing methods will be applied for multi-device datasets of plasma discharges for disruption prediction and classification. The obtained results will be connected with underlying physical phenomena of magnetohydrodynamic instabilities.</p>

		As a potential extension of the project, the usage of GPU or FPGA chips can be investigated in the perspective of real-time disruption prediction.
4	Additional requirements to the candidate (education, skills / courses)	<p>Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • General physics, • Basic knowledge of plasma physics, • Experience with statistics and data analysis, • Experience with Machine Learning methods (e.g. Neural Networks, Support Vector Machine, decision trees etc.) <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linux/UNIX environment, • programming skills (e.g. C++, Python) • experience with analysis of large data sets, • experience with TensorFlow, PyTorch, • Experience with High Performance Computing Clusters
5	Possible sources of financing, other than subsidy, e.g., scientific scholarship, research and travel costs, etc.	