

Wpływ elektronów nadtermicznych na właściwości jonizacyjne, transportowe i radiacyjne plazmy fuzyjnej z domieszkami jonów o dużej liczbie atomowej

Tokamaki stanowią obecnie jedno z najbardziej obiecujących rozwiązań osiągnięcia kontrolowanej fuzji jądrowej, jako bezpiecznego i powszechnego źródła energii. Niedawno ustanowiono kilka światowych rekordów przez kilka tokamaków pod względem ciągłej mocy fuzji, energii uwolnionej w reakcji syntezy i długości impulsu.

Niestety problem zanieczyszczenia plazmy domieszkami jonów o dużej liczbie atomowej Z , takimi jak wolfram (W), spowodowany erozją ścian tokamaka, staje się głównym źródłem obaw o stabilną i wydajną pracę tych urządzeń fuzyjnych. Zanieczyszczenia wolframem emitują dużo energii z plazmy w zakresie promieniowania rentgenowskiego, co uniemożliwia osiągnięcie dużej wydajności reakcji syntezy. Potencjalnym rozwiązaniem przy zapobieganiu gromadzenia się domieszek wolframu w rdzeniu plazmy jest zastosowanie grzania elektronowego falami elektromagnetycznym. Jednak w obecności dominującego ogrzewania elektronowego funkcja rozkładu prędkości elektronów przestaje mieć rozkład Maxwella i powstaje znaczny ogon nadtermiczny.

Dlatego głównym celem tego projektu jest zbadanie w jaki sposób populacja prędkich elektronów może wpływać na właściwości jonizacji, transportu i promieniowania plazmy fuzyjnej z domieszkami jonów o dużej liczbie atomowej Z .

Pierwszym celem jest opracowanie teoretycznych i numerycznych narzędzi umożliwiających obliczenie równowagi jonizacji domieszek o dużej liczbie atomowej Z w plazmie z niemaxwellowskim rozkładem prędkości elektronów i umiarkowanym transportem cząstek, jak ma to miejsce w tokamakach z silnym ogrzewaniem elektronowym.

Drugim celem jest oszacowanie nowych szybkości chłodzenia plazmy w obecności domieszek i określenie, w jakim stopniu różnią się one od referencyjnych (tj. bez frakcji elektronów nadtermicznych i efektów transportu). Szczególny nacisk zostanie położony na domieszki wolframu, ponieważ wolfram jest głównym pierwiastkiem przewidzianym dla elementów konstrukcyjnych nowoczesnych tokamaków (ITER, WEST).

Bezpośrednią konsekwencją która zostanie zbadana jako trzeci cel tego projektu, jest określenie, w jakich przypadkach zaburzenie szybkości chłodzenia plazmy przez domieszki jest wystarczające, aby znacząco zmienić bilans mocy plazmy i dlatego powinno to zostać uwzględnione w zintegrowanych kodach symulujących działanie tokamaka, używanych do opracowywania scenariuszy plazmowych.

Ostatnim celem jest przeprowadzenie lub udział w eksperymentach plazmowych na tokamaku WEST w Cadarache (Francja) oraz analiza danych pochodzących z diagnostyk promieniowania fotonowego, aby przetestować hipotezę, przewidywania numeryczne oraz zweryfikować narzędzia diagnostyczne opracowane w trakcie projektu.

Projekt ten będzie częścią istniejącej międzynarodowej współpracy z instytutem IRFM, gdzie znajduje się tokamak WEST. Zaangażowane zespoły badawcze, polskie i z IRFM wniosą uzupełniające się umiejętności, kompetencje oraz wiedzę specjalistyczną w zakresie teorii, modelowania numerycznego, analizy wyników symulacji i opracowania eksperymentalnych danych diagnostycznych.