

Celem projektu jest badanie procesów, które istotnie wpływają na ewolucję gwiazd masywnych a nie są w pełni poznane. Gwiazdy masywne, tj. gwiazdy o masach większych 8 razy od masy Słońca, są poprzedniczkami supernowych, których wybuch jest spowodowany przez zapadnięcie jądra pozbawionego źródła reakcji jądrowych. Podczas wybuchu supernowej, w procesach szybkiego wychwytu neutronów, produkowana jest większa liczba pierwiastków cięższych od żelaza. Ponadto gwiazdy masywne są silnym źródłem promieniowania ultrafioletowego i odgrywają istotną rolę w ewolucji składu chemicznego oraz struktury galaktyk. Z powodu swoich dużych jasności, gwiazdy masywne mogą służyć do wyznaczania odległości. Wybuch supernowej może również zapoczątkować proces formowania się nowych gwiazd. Ewolucja gwiazd masywnych jak i warunki panujące na początku wybuchu supernowej są silnie zdeterminowane przez procesy mieszania pierwiastków, rotacji oraz utraty masy.

Powyższe procesy nie są jednak do końca zrozumiane. Na przykład nie wiemy jaka jest efektywność mieszania pierwiastków na granicy jądra konwektywnego. Proces ten istotnie modyfikuje ewolucję gwiazdy, ponieważ dostarcza do jądra dodatków materii wodorowej co powoduje wydłużenie czasu życia. Podobnie nie wiemy jak rotują wnętrza gwiazd. Z niektórych badań wynika, że jądro rotuje szybciej niż otoczka, ale dokładny profil nie został otrzymany. Z drugiej strony wiadomo, że musi istnieć efektywny mechanizm transportu momentu pędu z jądra do otoczki, w przeciwnym razie jądro osiągnęłoby krytyczną prędkość rotacji, tak zwaną prędkość rozerwania. Również ilość traconej masy znacznie modyfikuje ewolucję oraz może zmienić ostateczny los gwiazdy. Istnieją wciąż duże niepewności w modelach opisujących wiatry gwiazdowe.

W ramach projektu, informacje na temat wyżej wymienionych procesów uzyskamy poprzez analizę pulsacji gwiazd masywnych. Pulsacje te związane są z obecnością wewnątrz niektórych gwiazd fal hydrodynamicznych, które powodują okresowe kurczenia i rozszerzanie, ogrzewanie i chłodzenie powierzchni gwiazdy. Przejawem tego zjawiska są zmiany jasności, prędkości radialnej oraz kształtu profili linii widmowych. Analiza szeregów czasowych takich obserwacji pozwala na wydobycie czystotliwych odpowiadających modów pulsacji. Czystotliwość oraz rodzaje wzbudzanych modów zależą od warunków fizycznych panujących w obszarze propagacji. Różne mody mają różne obszary propagacji. Zatem mając wiele modów pulsacji możemy „skanować” gwiazdę warstwa po warstwie. W podobny sposób geofizycy badają budowę wnętrza Ziemi, tj. analizują rozchodzenie się fal sprężystych wywołanych trzęsieniami. W ostatnich latach liczba wykrywanych czystotliwych ogromnie wzrosła głównie dzięki misjom satelitarnym takim jak MOST, CoRoT i Kepler. Precyzja obserwacji na poziomie mikromagnitudo oraz długie bazy czasowe sprawiły, że dane te są „złota” dla badania gwiazd pulsujących. Ponadto dostępne są już obserwacje z misji satelitarnej BRITE, która jest wspólnym przedsięwzięciem Austrii, Kanady i Polski. Dokładność obserwacji BRITE jest znacznie niższa od np. danych Keplera, ale BRITE jest pierwszym projektem kosmicznym, który dostarczy fotometrii dwubarwną, która jest kluczowa do identyfikacji modów, tj. do przypisania danej czystotliwej obserwowanej konkretnej modu pulsacji. W projekcie zostaną wykorzystane zarówno dane satelitarne jak i naziemne.

W celu uzyskania ograniczeń na rotację wnętrza gwiazd, mieszanie pierwiastków oraz utratę masy, badacze konstruowali tak zwane *modele sejsmiczne*, tj. modele, które w granicach błędów obserwacyjnych odtwarzają obserwowane czystotliwie. Ta nowa gałąź astrofizyki, nazwana *asterosejsmologią*, dostarcza najdokładniejszego jak do tej pory testu teorii budowy wnętrza gwiazdowych i ewolucji. Ponadto, korzystając z tej metody, zamierzamy uzyskać ograniczenia na dane mikrofizyki, w szczególności na nieprzezroczystość materii gwiazdowej. Dane te są bardzo ważne ponieważ determinują transport energii. Dlatego uzyskanie nowych poprawek do nieprzezroczystości jest istotne dla wszystkich gałęzi astrofizyki. Modele pulsacyjne gwiazd masywnych są bardzo czułe na przyjęte dane nieprzezroczystości. Z kolei dane te zależą od własności atomów i jonów. Istnieją przesłanki, że obecnie używane modele atomu nie są dokładne. Naszym celem jest wyznaczenie poprawek do nieprzezroczystości w funkcji temperatury.

Nowatorskość projektu będzie polegała na jednoczesnym wyznaczaniu poprawek sejsmicznych do modelu, profilu rotacji oraz danych nieprzezroczystości. W przypadku gwiazd pulsujących w co najmniej kilkunastu modach, podejmiemy próbę wyznaczenia tych poprawek w ramach rozwiązania tak zwanego *problemu odwrotnego*. Podejście takie będzie zastosowane po raz pierwszy do gwiazd innych niż Słońce. W pozostałych przypadkach wykonamy analizę sejsmiczną w ramach rozwiązania tak zwanego *problemu wprost*, tj. poprzez bezpośrednie dopasowywanie teoretycznych czystotliwych pulsacji do wartości obserwowanych.