

## **Asterosejsmiczne ograniczenia na parametry fizyczne i powstawanie błękitnych maruderów** (*streszczenie popularnonaukowe*)

Błękitnymi maruderami (BM) nazywamy gwiazdy, które wydają się znacznie młodsze niż populacja, do której należą i w której powstały. Obiekty te zostały zidentyfikowane głównie w gromadach gwiazdowych i różnią się od większości pozostałych gwiazd tym, że są dużo jaśniejsze i gorętsze. Błękitni maruderzy są znacznie młodszy niż przewiduje standardowa teoria ewolucji gwiazd pojedynczych. Gwiazdy pojedyncze podążają określoną ścieżką ewolucji zależną od masy i składu chemicznego. Masy i wiek błękitnych maruderów zaprzeczają tej standardowej ścieżce i wydaje się, że obiekty te „ociągają” się (marudzą) w ewolucji, stąd ich nazwa. Dlatego BM muszą powstać w inny, niestandardowy sposób. Zaproponowano dwa mechanizmy ich „odmłodzenia”. Pierwszy z nich polega na transferze masy lub zlaniu gwiazd w układach podwójnych. Drugi mechanizm to zderzenia gwiazd w gęstych obszarach gromad. Jak rozróżnić, który mechanizm przyczynił się do powstania danego błękitnego marudera? Pomimo wielu wysiłków teoretycznych i obserwacyjnych, procesy fizyczne rządzące powstawaniem i dalszą ewolucją BM nadal nie są w pełni zrozumiałe. Ponadto, nie wiemy dokładnie jak dynamika gromady wpływa na powstawanie tych osobliwych gwiazd.

Jak dotąd, jedyną metodą szczegółowego badania budowy wewnętrznej gwiazd jest asterosejsmologia. Ta stosunkowo młoda gałąź astrofizyki opiera się na analizie okresowych zmian jasności gwiazd spowodowanych propagacją w ich wnętrzach fal akustycznych i wypornościowych. Konstruując modele sejsmiczne, czyli modele odtwarzające obserwowane częstotliwości modów pulsacji, można uzyskać silne ograniczenia na masę, wiek, skład chemiczny oraz prędkość rotacji. Ponadto można uzyskać informacje na temat profilu rotacji, wydajności transportu energii przez konwekcję oraz wydajności różnych procesów mieszania we wnętrzu gwiazdy.

Pulsujące błękitne marudery odkryto w gromadach kulistych, starych gromadach otwartych oraz galaktykach karłowatych z Grupy Lokalnej. Obserwuje się głównie pulsacje o krótkich okresach, wynoszących około 0.01–0.15 dnia. W gromadach kulistych i galaktycznym halo pulsujące BM nazywa się zmiennymi typu SX Phoenicis. Pomimo ogromnego znaczenia BM z punktu widzenia teorii ewolucji gwiazdowej i dynamiki gromad, badania sejsmiczne pulsujących BM są wciąż w powijakach i czekają na wykorzystanie swojego ogromnego potencjału. Ten innowacyjny projekt ma na celu wypełnienie tej luki.

Na podstawie modelowania sejsmicznego błękitnych maruderów wyznaczymy masy, wiek, obfitość metali i helu oraz profil rotacji. Modele ewolucyjne będą liczone dla gwiazd pojedynczych, podwójnych oraz obiektów powstałych w wyniku zderzeń. Możemy spodziewać się różnic zarówno w wartościach częstotliwości jak i we wzbudzeniu pulsacji z powodu zmiany składu chemicznego w wyniku transferu masy lub zderzenia. Wszystkie otrzymane parametry fizyczne mogą pomóc wyjaśnić pochodzenie i historię powstawania BM. Ponadto, ponieważ BM są jednymi z najmasywniejszych obiektów w gromadach, znajomość ich dokładnych mas i wieku jest kluczowe w badaniu dynamiki gromad. W halo galaktycznym znajduje się około 10 gwiazd SX Phoenicis, które nadają się do naszych badań. Niektóre z nich są w układach podwójnych. Zamierzamy zbudować modele sejsmiczne tych gwiazd i porównać ich własności z własnościami BM w gromadach.

Nasze badania sejsmiczne będą dotyczyły głównie gwiazd pulsujących w dwóch modach radialnych. Stosunek okresów takich modów przyjmuje wartości w bardzo wąskim przedziale. Z drugiej strony współczesne obserwacje, w szczególności satelitarne (np. z misji Kepler lub TESS), dają dokładności do szóstego miejsca po przecinku w stosunku okresów.

Dodatkowo spróbujemy znaleźć korelacje między własnościami pulsujących BM a parametrami gromad do których należą. Również w obrębie danej gromady mogą zachodzić pewne korelacje, np. w gromadzie kulistej  $\omega$  Cen znaleziono zależność między wiekiem a metalicznością różnych populacji.

Na koniec, biorąc wartości mocy promieniowania otrzymane z modelowania asterosejsmicznego, wyznaczymy zależność okres-jasność dla pulsujących BM. Zależność ta jest wykorzystywana do wyznaczania odległości we Wszechświecie.