

Cefeidy klasyczne jako laboratoria teorii ewolucji i pulsacji gwiazd

Na niebie możemy zaobserwować wiele grup gwiazd zmieniających jasność. Wśród nich, Cefeidy odgrywają rolę szczególną. To olbrzymy, palące w swoich jądrach hel. Na diagramie Hertzsprunga-Russella (HR), znajdują się w szczególnym obszarze, wewnątrz klasycznej ścieżki niestabilności, gdzie gwiazdy zmieniają swoją jasność, rozmiary i temperaturę dzięki oscylacjom radialnym. Gwiazda rytmicznie rozszerza się i kurczy z dobrze określonym okresem, odwrotnie proporcjonalnym do średniej gęstości gwiazdy. Dzięki rachunkom ewolucyjnym, potrafimy prześledzić drogę Cefeidy na diagramie HR. Im bardziej masywna jest gwiazda, tym jest jaśniejsza podczas palenia helu, gdy na diagramie HR zakreśla charakterystyczną pętlę. Z dobrze określonego położenia na diagramie HR, oraz z powyższych relacji, wynika wyjątkowa rola Cefeid. Okres oscylacji jest proporcjonalny do jasności absolutnej gwiazdy – Cefeidy są więc doskonałymi świecami standardowym, służą pomiarom odległości w kosmosie. Są niezbędnym szczeblem tak zwanej kosmicznej drabiny odległości; dzięki nim możemy oszacować z jakim tempem rozszerza się Wszechświat.

Ewolucja Cefeid wciąż nie jest dobrze poznana. Jednym z problemów jest tzw. rozbieżność mas. Masy przewidywane przez teorię ewolucji są zbyt duże w porównaniu z masami wyznaczonymi innymi metodami, np. przy użyciu modeli pulsacyjnych. Różnica wynosi kilkanaście procent. Podobnie, mierzone tempa zmiany okresu pulsacji nie są zgodne z przewidywaniami modeli. Podczas ewolucji zmieniają się średnie rozmiary gwiazdy, a tym samym zmienia się okres pulsacji. Jednak w wielu gwiazdach obserwowane tempo zmiany okresu jest inne od oczekiwanego oraz dodatkowo widzimy nieregularną zmienność okresu w krótkich skalach czasowych, której nie rozumiemy.

Jak rozwiązać ten i inne problemy związane z Cefeidami? Potrzebujemy bogatego i różnorodnego materiału obserwacyjnego, który można porównać z przewidywaniami modeli. Potrzebujemy niezależnych wyznaczeń parametrów fizycznych Cefeid, takich jak masa, metaliczność, czy położenie na diagramie HR. Takie wyznaczenia są możliwe dla ograniczonej ilości gwiazd. Wartości parametrów fizycznych mogą być również ukryte w kształcie krzywych blasku. Zbadamy to, wykonując nowe obserwacje Cefeid i spróbujemy skalibrować relację pomiędzy np. metalicznością gwiazdy a kształtem krzywej blasku. Takie podejście umożliwi oszacowanie parametrów fizycznych dla znacznie większych próbek Cefeid. W ramach projektu policzymy szereg modeli ewolucyjnych Cefeid, zakładając różne scenariusze (np. uwzględniając rotację, zwiększone tempo utraty masy, zwiększone przestrzeliwanie na granicy jądra konwektywnego) oraz policzymy krzywe blasku dla takich modeli.

Porównanie modeli z obserwacjami wykonamy na dwa sposoby. W pierwszym skoncentrujemy się na kilku Cefeidach, składnikach zaćmieniowych układów podwójnych, dla których parametry fizyczne (masy, promienie, położenie na diagramie HR) znamy z dużą dokładnością. W drugim, uwagę skoncentrujemy na Obłokach Magellana, w których znamy niemal wszystkie Cefeidy. Dzięki temu możliwe będzie globalne spojrzenie na ewolucję całych populacji gwiazdowych, o różnym składzie chemicznym (Wielki i Mały Obłok Magellana). Dzięki relacjom wyznaczonym w ramach projektu, będziemy potrafili umiejscowić Cefeidy na teoretycznym diagramie HR. Porównamy również wyznaczone tempa zmian okresów z oczekiwanymi oraz wyliczone krzywe blasku z obserwowanymi. Przez porównanie z obserwacjami, mamy nadzieję nauczyć się jakie procesy fizyczne są istotne i nie zaniebdywalne w ewolucji Cefeid. Określimy jakie są ograniczenia współczesnych teorii ewolucji i oscylacji Cefeid i spróbujemy odpowiedzieć w jakim kierunku powinny iść dalsze badania. Wyniki te będą ważne nie tylko dla ewolucji Cefeid, ale ogólnie dla teorii ewolucji i budowy gwiazd średnio masywnych. Pulsacje, choć stanowią krótki epizod w skali życia gwiazdy, dają unikalny wgląd w procesy fizyczne zachodzące w jej wnętrzu.