

## Cel projektu

Głównym celem naszego projektu jest pogłębienie wiedzy na temat właściwości, struktury i życia gwiazd zmiennych – cefeid, które są jednym z najważniejszych i najczęściej wykorzystywanych obiektów w astrofizyce. Związek między długością ich cyklu pulsacji a jasnością pozwala na precyzyjne określenie odległości we Wszechświecie. W przeszłości metoda ta doprowadziła do przełomu w naszym rozumieniu struktury i wielkości Wszechświata, dowodząc, że wiele mgławic to w rzeczywistości odległe galaktyki.

Dzisiaj cefeidy zachowały swą ważność, będąc podstawą najlepszej metody wyznaczania stałej Hubble'a, tzw. drabiny odległości. Ponieważ obecnie naszym celem jest 1%-dokładność wyznaczenia tej stałej, nie możemy ograniczyć się do używania tych gwiazd jako narzędzi – musimy je zrozumieć. Celem tego projektu jest zbadanie fizycznych właściwości gwiazd, takich jak masy i rozmiary, a także ich życia i pochodzenia. Aktualnie uważa się, że większość cefeid rodzi się w układach wielokrotnych, ale ich liczebność, cechy ich towarzyszy, czy oddziaływania między gwiazdami w takich układach są nadal słabo poznane. Wszystko to może bezpośrednio wpływać na obserwowaną jasność i inne właściwości cefeid.

Istnieją dwie powszechnie używane techniki wyznaczania odległości dla cefeid, zależność okres-jasność oraz metoda Baade-Wesselink, ale żadna nie jest wolna od problemów ograniczających ich precyzję. Jednak dla cefeid w podwójnych układach zaćmieniowych dostępna jest bardziej bezpośrednia i geometryczna metoda, którą można wykorzystać do sprawdzenia i udoskonalenia dwóch pierwszych metod.

## Opis badań

Projekt jest podzielony na trzy części: rozszerzoną analizę już potwierdzonych układów podwójnych zaćmieniowych z cefeidami, obserwacje i analizę kandydatów na takie układy oraz badanie nowo zidentyfikowanej grupy podwójnych cefeid złożonych z gwiazd olbrzymów.

Aktualnie znamy sześć cefeid w zaćmieniowych układach podwójnych, dla których zmierzylśmy masy i promienie. Ich konfiguracja i jasność czynią je najlepszym celem do bardziej kompleksowej analizy. Korzystając z nowych danych (np. z misji kosmicznej TESS) będziemy w stanie zbadać szczegóły budowy i zachowania cefeid. Określimy również odległości do tych systemów za pomocą trzech różnych metod. Porównanie wyników posłuży ich usprawnieniu, prowadząc do lepszych pomiarów odległości do innych obiektów we Wszechświecie.

Istnieje też jeszcze osiem niepotwierdzonych systemów zaćmieniowych z cefeidami. Wykorzystamy już zebrane dane i przeprowadzimy nowe obserwacje, aby po pierwsze, potwierdzić ich podwójność, a po drugie, określić właściwości fizyczne tych gwiazd, w tym najważniejsze – masy i promienie. Przyjrzymy się też historii i przyszłości wszystkich cefeid występujących w układach podwójnych, co pozwoli na lepsze zrozumienie pochodzenia i ewolucji wszystkich cefeid. W podobnym celu badamy również tajemniczą grupę ponadstandardowo jasnych cefeid, którym najprawdopodobniej towarzyszą gwiazdy olbrzymy. Obserwacje tej grupy posłużą do scharakteryzowania zarówno cefeid, jak i ich towarzyszy.

Oprócz wykorzystania danych archiwalnych, będziemy musieli też wykonać wiele nowych fotometrycznych i spektroskopowych obserwacji astronomicznych naszych obiektów. Obserwacje te będą prowadzone przy użyciu najlepszych, światowej klasy teleskopów w kilku obserwatoriach zlokalizowanych w Chile.

## Efekty badań

Wyniki naszych badań będą miały znaczący wpływ na wiele różnych dziedzin współczesnej astrofizyki, począwszy od sprawdzenia i możliwego udoskonalenia dwóch głównych metod wyznaczania odległości, które pomogą w precyzyjnej kalibracji skali odległości we Wszechświecie. Dokładnie zbadamy też budowę i życie cefeid. Planujemy czterokrotnie zwiększyć liczbę cefeid o znanych masach i podwoić liczbę tych ze znanymi promieniami. Określimy również ich skład chemiczny i właściwości ich atmosfer. Takie informacje są kluczowe dla teoretycznego zrozumienia pulsacji i ewolucji tych obiektów. Zbadamy również ich wielokrotność, w tym ich gwiazd-towarzyszy, którzy poza wpływem na ich ewolucję i budowę, bezpośrednio wpływają na obserwowaną jasność cefeid, co dodatkowo zwiększa błąd wyznaczanych do nich odległości. Ponadto na podstawie wyników uzyskanych w tym projekcie możliwe będzie przeprowadzenie wiele różnego rodzaju badań w przyszłości.