

## STRESZCZENIE

---

Gwiazdy typu widmowego PG 1159 to gorące gwiazdy przed etapem białego karła, których atmosfery są bogate w hel, węgiel i tlen. Uważane są za głównych protoplaszów białych karłów ubogich w wodór. Gwiazdy te leżą w pasie niestabilności GW Virginis i niektóre z nich wykazują krótkookresowe oscylacje w obserwacjach fotometrycznych. W tej pracy prezentujemy nowe szeregi czasowe naziemnych obserwacji fotometrycznych 31 gwiazd typu PG 1159. Obserwacje te stanowią znaczący krok w kierunku otrzymania pierwszej statystycznie istotnej próbki dobrze zbadanych gwiazd typu PG 1159 z informacją na temat ich historii ewolucji i mechanizmu wzbudzenia pulsacji.

Pulsacje gwiazd wzbudzone mechanizmem  $\epsilon$  przewidywano teoretycznie prawie 100 lat temu. Obliczenia teoretyczne wykazały, że mechanizm  $\epsilon$  może działać w gwiazdach przed etapem białego karła, w których zachodzi synteza helu w powłoce, powodując wzbudzenie krótkookresowych modów grawitacyjnych. Centralna gwiazda mgławicy planetarnej VV 47 została zaproponowana jako najbardziej obiecująca kandydatka mogąca pulsować w wyniku mechanizmu  $\epsilon$ . Pulsacje w VV 47 doczekały się obserwacyjnego potwierdzenia dopiero w 2006 roku, chociaż próby weryfikacji podejmowane były przez różne grupy na przestrzeni lat. Obecność modów o wysokich częstotliwościach przypisano mechanizmowi  $\epsilon$ , ale detekcja była marginalna. Przeprowadziliśmy nowe obserwacje VV 47, osiągając lepszy próg wykrywalności, aby zweryfikować tę detekcję i nie wykryliśmy żadnej zmienności. Dlatego ponownie przeanalizowaliśmy oryginalne dane, stosując te same metody, co w przypadku naszych nowych obserwacji i nie wykryliśmy rzekomych pulsacji. Wykrycie modów przez innych autorów przypisaliśmy szczególnie dobranemu przez nich kryterium detekcji.

Poprzednie obserwacje ujawniły podział gwiazd typu PG 1159 na dwie grupy: gwiazdy pulsujące bogate w azot (N) i niepulsujące ubogie w N, przy czym jednym z kontrprzykładów jest PG 1144+005, jedyna bogata w N gwiazda typu PG 1159, w której nie wykryto pulsacji. Ten obiekt obraliśmy za drugi przedmiot badań. Przeprowadziliśmy obserwacje tej gwiazdy, a wykonana przez nas fotometria wstępnie wykazała istnienie dwóch modów pulsacji charakterystycznych dla obiektów typu GW Vir. Kolejne wykonane przez nas obserwacje potwierdziły te ustalenia oraz pozwoliły scharakteryzować pulsacje jako wielookresowe. W tym badaniu potwierdziliśmy istnienie dychotomii N w gwiazdach typu PG 1159, wyciągając ważny wniosek, że gwiazdy pulsujące i niepulsujące typu PG 1159 mają różne historie ewolucji, podczas gdy N jest wyznacznikiem tych historii i wydaje się konieczne, aby gwiazda doświadczyła bardzo późnego pulsu termicznego (VLTP), aby pulsacje mogły zostać wzbudzone.

W latach 2014–2022 przeprowadziliśmy ambitny przegląd w kierunku wykrycia zmienności w gwiazdach typu PG 1159 przy użyciu teleskopów o średnicy apertury od 1 do 10.4 metra, zlokalizowanych na obu półkulach. Dzięki nowo uzyskanym obserwacjom

fotometrycznym w postaci szeregów czasowych dla 29 gwiazd odkryliśmy pulsacje w centralnej gwiazdzie mgławicy planetarnej Abell 72, zmienność w RX J0122.9–7529, której podłożem mogą być pulsacje, układ podwójny lub inne źródła, i wyznaczyć istotne ograniczenia na brak zmienności fotometrycznej dla pozostałych gwiazd. Uzyskaliśmy jak dotąd najsolidniejszą frakcję pulsujących gwiazd typu PG 1159 (36%), co niezbicie dowodzi, że występowanie niepulsujących gwiazd typu PG 1159 w pasie niestabilności GW Vir nie jest wynikiem biasu obserwacyjnego. Zestawiliśmy dane z literatury na temat parametrów atmosferycznych, zmienności i zawartości azotu wszystkich znanych gwiazd PG 1159 z dostępnymi pomiarami z misji *Gaia*, co pozwoliło nam obliczyć jasności i po raz pierwszy umieścić wszystkie gwiazdy typu PG 1159 na teoretycznym diagramie Hertzsprunga-Russella. Na koniec dokonaliśmy analizy gwiazd pulsujących jako grupy i zakwestionowaliśmy obecnie stosowaną nomenklaturę.

Niniejsza praca przedstawia najpełniejszy obraz gwiazd typu GW Vir, który pozwoli nam zbadać całą grupę gwiazd typu PG 1159. Praca ta domknięta jest dyskusją na temat możliwych ulepszeń zaprezentowanych wyników, perspektyw badań gwiazd typu GW Vir oraz omówieniem naszych przyszłych planów badawczych. W szczególności, aby w pełni zbadać gwiazdy typu PG 1159 jako grupę, musimy uzupełnić obserwacje fotometryczne obserwacjami spektroskopowymi, w projekcie, który już rozpoczęliśmy.