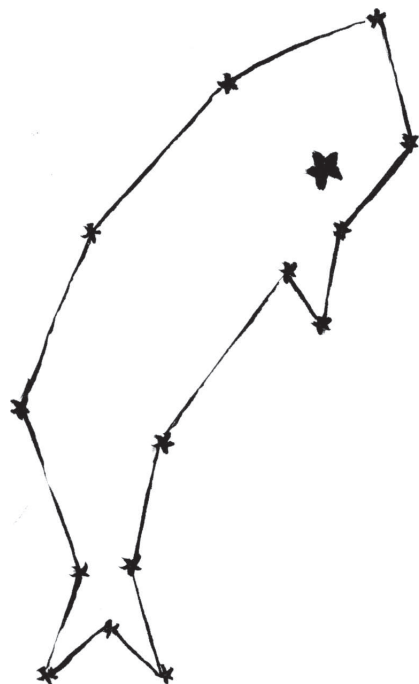


Mira Ceti – Cudowna Wieloryba

Agnieszka MAJCZYNA*, Mirosław NALEŻYTY**

Trochę historii. W 1596 roku holenderski astronom David Fabricius, obserwując Merkurego, odkrył nową gwiazdę o jasności 3 mag. Obserwując ją nadal, zanotował, że w ciągu następnych dwóch tygodni zwiększyła swą jasność o 1 mag, a następnie zaczęła ją zmniejszać, by dwa miesiące później stać się niewidoczną. Fabricius założył, że była to gwiazda nowa – jedyny w tym czasie znany rodzaj gwiazdy zmiennej. Siedem lat później, w 1603 roku, Johann Bayer umieścił ją w swym katalogu pod nazwą *o Ceti*. Najpopularniejszą nazwę – Mira – nadał jej w 1662 roku Jan Heweliusz, opisując ją w jednym ze swych licznych dzieł. Już w 1638 roku holenderski astronom Johannes Phocylides Holwarda zauważył, że gwiazda ta pojawia się i znika w cyklu 330 dni. Jest to pierwsza odkryta okresowa gwiazda zmienna. Wyznaczenie okresu zmian poprawił w 1667 roku Ismael Boulliau, otrzymując 333 dni, wielkość zaledwie o jeden dzień większą od współcześnie wyznaczonej. Z kolei w 1923 roku R. G. Aitken odkrył na podstawie obserwacji fotograficznych, że *o Ceti* jest układem podwójnym o separacji składników $0,9''$. Współcześnie zmierzona przez zespół M. Karovskiej w 1997 roku separacja wynosi $0,6''$. Okres orbitalny jest słabo znany i wynosi 500 dni (niektórzy badacze podają 400 dni). Tak więc to, co przez 400 lat uważano za gwiazdę pojedynczą *o Ceti*, jest układem podwójnym ze składnikiem głównym *o Ceti* (Mira A) i składnikiem wtórnym VZ Ceti (Mira B). Jest to stosunkowo bliski układ, ale odległość do niego jest znana ze słabą dokładnością: 103–130 parseków.



Mira A. Mira A jest czerwonym olbrzymem leżącym na diagramie Hertzsprunga–Russella (diagram H–R) na asymptotycznej gałęzi olbrzymów. Szacuje się, że jej promień jest 500 razy większy niż promień Słońca, ale sama Mira A jest niewiele cięższa niż Słońce – jej masa wynosi $1,18 M_{\odot}$. Jej typ widmowy zmienia się od M6e w maksimum jasności do M9e w minimum. Tutaj litera „e” przy symbolu oznacza, że w widmie gwiazdy, w odróżnieniu od normalnych gwiazd tego typu, występują linie emisyjne. Wielkość gwiazdowa absolutna w filtrze V wynosi $+0,96$ mag (dla Słońca wielkość ta wynosi $+4,82$ mag). Jak każdy czerwony olbrzym, Mira A traci masę poprzez silny wiatr gwiazdowy, w jej przypadku w tempie $\sim 10^{-7} M_{\odot}/rok$. Mechanizm fizyczny odpowiadający za powstawanie wiatrów gwiazdowych w przypadku pulsujących czerwonych olbrzymów nie jest w pełni poznany. Obserwacje w zakresie ultrafioletu wykonane za pomocą teleskopu GALEX (*Galaxy Evolution Explorer* – kosmiczna misja NASA) w 2007 roku ujawniły niezwykle mgławicę w kształcie komety otaczającą Mirę. Jej długość szacuje się na prawie 4 parseki! Mira porusza się z bardzo dużą prędkością dochodzącą do 130 km/s. „Głowa komety” powstała na skutek oddziaływania wiatru pochodzącego z Miry A z otaczającą materią międzygwiazdową, natomiast struktura podobna do warkocza komety powstaje z materii traconej z gwiazdy i pozostawionej wzdłuż toru jej ruchu. Zarówno „głowa”, jak i „warkocz” widoczne są w ultrafiolecie.



Rozwiązanie zadania M 1299.

Oznaczmy przez O punkt przecięcia przekątnych AC i BD . Rozpatrzmy jednokładność j o środku O , która przeprowadza punkt A na punkt C . Wówczas punkt B przechodzi w tej jednokładności na punkt D . Z danych równości wynika, że $DP \parallel BC$ oraz $CQ \parallel AD$. Wobec tego jednokładność j przeprowadza punkt C na punkt P , a punkt D na punkt Q . Stąd wniosek, że $PQ \parallel CD$.

*Instytut Problemów Jądrowych

**Obserwatorium Astronomiczne,
Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski

do badania późnych stadiów ewolucji niezbyt masywnych gwiazd. Co ważniejsze, w łatwy sposób można określić przynależność tych gwiazd do którejś z populacji, a więc określić ich metaliczność. Miry o okresach krótszych niż 200 dni należą do starej populacji, takiej samej jak bogate w metale gromady kuliste, natomiast miry o dłuższych okresach są masywniejsze i mają jeszcze większą zawartość metali. Metaliczność gwiazdy jest niezwykle ważnym parametrem modeli ewolucyjnych gwiazd. Nie ma zgodności co do tego, czy miry w trakcie swego życia wydłużają okres zmienności. Istnieją poważne przesłanki, że w przypadku kilku obiektów (np. R Aql czy R Hya) okres rzeczywiście się zmienia, ale czy jest to regułą dla wszystkich przedstawicieli tej grupy, nie wiadomo. Inaczej jest w przypadku amplitudy zmian jasności, tu regułą jest, że zmienia się z cyklu na cykl, tak jak zmienia się jasność w maksimum blasku. Miry mogą być używane jako wskaźniki odległości ze względu na istnienie relacji jasność – okres, aczkolwiek nie jest to powszechnie wykorzystywana cecha tych gwiazd.

Mira B. Skatalogowana jako VZ Ceti jest towarzyszem Miry A w układzie podwójnym. W 1995 roku Kosmiczny Teleskop Hubble’a dokonał niezwykle interesującego odkrycia, a mianowicie wykonał zdjęcia, na których można było zobaczyć Mirę A i opadający spiralnie gaz w kierunku Miry B. Odkrycie to opublikowano dwa lata później. Oznacza to, że Mira AB jest układem symbiotycznym, a więc takim, w którym ma miejsce przepływ masy. W przypadku tego układu Mira B akreuje materię z wiatru gwiazdowego Miry A. Mira A ma bardzo silny wiatr gwiazdowy, ponieważ jest w fazie czerwonego olbrzyma. Milcząco zakładano, że ponieważ jest to układ symbiotyczny, więc towarzyszem powinien być biały karzeł. Tymczasem na początku XX wieku pojawiły się prace kwestionujące tę tezę. Pierwszą przesłanką stała się mała jasność towarzysza. Oszacowano, jaką jasność powinien mieć typowy dla układu symbiotycznego biały karzeł akreujący materię w tempie wynikającym z tempa utraty masy z wiatru gwiazdowego Miry A. Okazało się, że obserwowana jasność Miry B jest za mała, zarówno jeśli weźmiemy pod uwagę jasność w zakresie miękkiego promieniowania rentgenowskiego, jak i całkowitą jasność we wszystkich zakresach widma. Co ważniejsze, Mira AB jest jednym z nielicznych układów symbiotycznych, w których udało się rozdzielić składniki zarówno na fotografiach, jak i w przypadku wykonywanych widm. To ostatnie zwłaszcza daje niepowtarzalną okazję do szczegółowego badania zachowania się wszystkich składników układu, w tym również badanie samego przepływu akrecyjnego. Taka procedura obarczona jest zwykle sporym błędem wynikającym z założeń co do widma składników i ich wkładu do całkowitej jasności układu. Tu sytuacja jest zupełnie inna. Bez problemu możemy bezpośrednio zmierzyć widmo każdego składnika, a nawet dysku akrecyjnego. Takie właśnie obserwacje widma Miry B pozwoliły zebrać kolejne przesłanki wskazujące, że nie jest to biały karzeł, a gwiazda ciągu głównego. Jedną z cech charakterystycznych białych karłów są bardzo szerokie linie widmowe, a takich w tym przypadku nie zaobserwowano. Obserwowane widmo jest typowe dla karła typu KV o temperaturze rzędu 4000 K. Z rozważań teoretycznych dotyczących jasności, jaką miałyby gwiazda akreująca odpowiednią ilość materii, wywnioskowano, że najprawdopodobniej masa Miry B wynosi $0,7M_{\odot}$.



Rozwiązanie zadania M 1297.

Zauważmy, że $2^1 \equiv 2 \pmod{5}$,
 $2^2 \equiv 4 \pmod{5}$, $2^3 \equiv 3 \pmod{5}$
 oraz $2^4 \equiv 1 \pmod{5}$. Zatem
 dla każdej liczby całkowitej
 nieujemnej k , $2^{4k+1} \equiv 2 \pmod{5}$,
 $2^{4k+2} \equiv 4 \pmod{5}$, $2^{4k+3} \equiv 3 \pmod{5}$
 oraz $2^{4k} \equiv 1 \pmod{5}$. Wobec tego
 liczba $2^n - 3$ jest podzielna przez 5
 wtedy i tylko wtedy, gdy liczba n jest
 postaci $4k + 3$.

Analogicznie dowodzimy, że liczba $2^n - 3$
 jest podzielna przez 13 wtedy i tylko
 wtedy, gdy liczba n jest postaci $12l + 4$.

Stąd wynika, że w ciągu $2^n - 3$ występuje
 nieskończenie wiele liczb podzielnych
 przez 5 oraz nieskończenie wiele liczb
 podzielnych przez 13. Ponadto gdyby
 liczba $2^n - 3$ była jednocześnie podzielna
 przez 5 i 13, to liczba n musiałaby być
 zarówno postaci $4k + 3$, jak i postaci
 $12l + 4$, co jest niemożliwe (jedna z tych
 liczb jest nieparzysta, a druga parzysta).

Układ Mira AB dostarczył szeregu odpowiedzi na szalenie ważne pytania dotyczące procesów fizycznych zachodzących w układzie symbiotycznym, w którym ma miejsce akrecja z wiatru gwiazdowego. Jak się jednak okazuje, wciąż skrywa tajemnicę, a mianowicie źródło niezwyklego wyjaśnienia w dziedzinie miękkiego promieniowania rentgenowskiego w 2003 roku pochodzącego z Miry A, a także przyczynę postulowanej 14-letniej okresowości obserwowanej w zakresie optycznym związanym z Mirą B. 400 lat temu gwiazda ta zyskała miano „cudownej” i wciąż udowadnia, że w pełni na nie zasługuje i nadal będzie zasługiwać, zadziwiając astronomów coraz to nowymi, niezwyklejmi zjawiskami dziejącymi się w tym układzie.