

Śmiało można powiedzieć, że ludzie od zarania dziejów patrzyli w niebo. Niektórzy dostrzegali, że co jakiś czas na niebie pojawiają się obiekty, których w tym miejscu na sferze niebieskiej wcześniej nie było. Naturalnym dla takiego obiektu określeniem jest „nowa gwiazda”. Jak Wnikliwy Czytelnik zauważył, tytuł tego artykułu brzmi „Gwiazdy nowe”. Czy jest zatem różnica między nową gwiazdą a gwiazdą nową? Otóż dla współczesnych astronomów różnica jest, i to zasadnicza, choć tak kategorię można mówić o tej sprawie dopiero od końca XIX w. Wtedy to dzięki rozwojowi technik fotografowania nieba zauważono, że w miejscu nowej był wcześniej słaby obiekt barwy niebieskiej. Nie są to więc nowo narodzone gwiazdy, a jedynie takie, które bardzo znacznie pojaśniały, niekiedy nawet o 10–15 mag, by po jakimś czasie znów stać się ledwie widocznym, niebieskim obiektem.

Wróćmy jednak do początku, czyli do historii najstarszych obserwacji nieba. Chińscy obserwatorzy już około 1500 r. p.n.e. wyróżniali cztery kategorie zmiennych czy też pojawiających się gwiazd: *xingbo* – gwiazda krzak, *huixing* – gwiazda miotła, *kering* – gwiazda gość oraz *liuxing* – gwiazda pływająca. Współcześnie uważa się, że pod pierwszymi dwiema kategoriami kryją się komety, pod określeniem *liuxing* meteory, z kolei *kering* oznacza, jak się sądzi, gwiazdy nowe i supernowe. W 1987 r. Zhuang Weifeng i Wang Lixing wydali katalog gwiazd obserwowanych przez Chińczyków w latach od 532 r. p.n.e. do 1604 r. Katalog ten zawiera 53 gwiazdy goście, czyli gwiazdy nowe i supernowe. Zupełnie inaczej, czyli wyjątkowo mizernie, ma się sprawa z obserwacjami tego typu obiektów w Europie. Do połowy XIX w. zanotowano jedynie trzy takie przypadki – dwie supernowe: z 1572 roku, obserwowana przez Tycho Brahe, i z 1604 r., widziana przez Johanna Keplera, oraz nową w Lisku z 1670 roku odkrytą przez Anthelme Voituret i niezależnie przez Jana Heweliusza. Wiązało się to z niezwykle małą liczbą regularnych przeglądów nieba robionych przez stulecia, przeciwnie niż to się właśnie działo w Chinach. Sytuacja zmieniła się pod koniec XIX wieku, kiedy powstały organizacje skupiające obserwatorów amatorów. Powstały też projekty profesjonalnych przeglądów nieba w poszukiwaniu gwiazd zmiennych wszystkich typów. Z obecnie działających najważniejszym jest polski projekt pod kierownictwem Grzegorza Pojmańskiego z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego.

Często zamiast terminu *gwiazdy nowe* używa się określenia *zmiennne kataklizmiczne*. Tę klasę obiektów dzieli się na kilka grup, a te z kolei na podgrupy. Nie chcemy jednak zanudzać Czytelników „zoologią” –

dość powiedzieć, że najważniejszymi grupami zmiennych kataklizmicznych są nowe klasyczne, nowe powrotne, nowe karłowate, gwiazdy nowopodobne i gwiazdy symbiotyczne. Wspólną cechą tych wszystkich obiektów jest to, że są to układy podwójne złożone z białego karła i gwiazdy w różnym stadium zaawansowania ewolucyjnego. W układach tych ma miejsce przepływ masy na białego karła i, jeśli jego pole magnetyczne nie jest zbyt silne, materia ta tworzy dysk akrecyjny, za pośrednictwem którego ostatecznie opada na powierzchnię białego karła. W zależności od masy białego karła, siły jego pola magnetycznego, masy i stopnia zaawansowania ewolucyjnego towarzysza, separacji składników, czy tempa akrecji materii przez białego karła, mają miejsce różne procesy i zjawiska, które powodują tak dużą różnorodność grup obiektów wśród zmiennych kataklizmicznych.

Najbardziej i najwcześniej znaną grupą były nowe klasyczne. Prawdopodobnie nazwy „nowe klasyczne” użył Boris Petrovich Gerasimovič w 1934 roku, także Cecilia Payne-Gaposchkin w 1954 roku w swym artykule używała tej nazwy, ale dopiero po publikacji Briana Warnera w 1972 roku określenie to przeszło do powszechnego użytku, przynajmniej wśród astronomów. Wybuchy nowych klasycznych są niezwykle widowiskowe, gdyż obiekt może pojaśnić nawet o 10–15 magnitudo w ciągu zaledwie kilku dni. Należy podkreślić silny związek między nowymi klasycznymi a nowymi powrotnymi. Gwiazda jest nową klasyczną tylko do czasu, gdy nie zaobserwuje się kolejnego wybuchu, wówczas staje się nową powrotną. W myśl niektórych teorii wszystkie nowe klasyczne są powrotne, tylko z tak długim okresem pomiędzy wybuchami, że nie udało nam się jeszcze zaobserwować tego kolejnego wybuchu. Jaki mechanizm powoduje, że gwiazda jaśnieje nawet milion razy? Odpowiedź kryje się w tym, co zostało już wcześniej powiedziane: w akrecji materii bogatej w wodór z towarzysza na masywnego białego karła.

Tu, być może, należy uczynić króciutką dygresję na temat masy białego karła. Podobnie jak wszystkie inne gwiazdy, nie może mieć dowolnie dużej masy. Z tym jednak zastrzeżeniem, że o ile „normalne” gwiazdy mogą mieć maksymalnie masę około $100M_{\odot}$ (tutaj M_{\odot} jest masą Słońca równą $\sim 2 \cdot 10^{30}$ kg), to biały karzeł ma masę maksymalną, zwaną masą Chandrasekhara, zaledwie około $1,44M_{\odot}$. Tak więc mówiąc o masywnym białym karle mamy na myśli białego karła o masie pomiędzy $\sim 1,3M_{\odot}$ a $\sim 1,44M_{\odot}$.

Ilość materii, jaka opada na białego karła, jest rzędu 10^{20} kg/rok, czyli $10^{-10}M_{\odot}$ /rok. Materia gromadzi się na powierzchni, tworząc coraz grubszą otoczkę zasilaną coraz nową porcją materii. W najgłębszej warstwie u podstawy tej otoczki na skutek ściskania przez leżącą powyżej materię systematycznie wzrastają ciśnienie i temperatura. Nie wiadomo, ile dokładnie powinno się

*Instytut Problemów Jądrowych

**Obserwatorium Astronomiczne, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

zgrupować materii, bo prace teoretyczne nie dają jednoznacznych wyników. Dość powiedzieć, że gdy temperatura u podstawy otoczki osiągnie wartość około 10^8 K, następuje zapalenie się wodoru, czyli uruchomienie reakcji syntezy wodoru w hel przy udziale węgla (C), azotu (N) i tlenu (O) w roli katalizatorów. O takim przebiegu reakcji syntezy termojądrowej astronomowie mówią, że jest to palenie wodoru przez cykl CNO. Efektem tego palenia wodoru jest wydzielenie dużych ilości energii, a więc znaczne podgrzanie atmosfery gwiazdy. W takiej sytuacji następuje odrzucenie otoczki z prędkościami materii dochodzącymi nawet do 1000 km/s. Materia przetworzona w reakcjach termojądrowych, a więc wzbogacona o cięższe pierwiastki, jest wyrzucana w przestrzeń okółgwiazdową, co w znacznym stopniu wpływa na skład chemiczny materii międzygwiazdowej, z której powstanie następne pokolenie gwiazd. Tego rodzaju proces musi być uwzględniany w badaniu ewolucji składu chemicznego Wszechświata jako całości czy też naszej Galaktyki. W trakcie wybuchu nowej klasycznej ma miejsce epizod tworzenia się pyłu, ale proces ten jest słabo poznany, choć pył jest łatwo obserwowalny w podczerwonych widmach nowych. W widmach tych obserwuje się także linie widmowe węgla, węglowodorów czy związków krzemu. Na zdjęciach szybciej lub wolniej gasnący biały karzeł otoczony jest ekspandującą otoczką wyrzuconej materii. Następnie w ciągu miesięcy czy lat obiekt ten gaśnie, by w końcu osiągnąć jasność obserwowaną przed wybuchem. Ważną i intensywnie badaną cechą nowych klasycznych jest korelacja jasności absolutnej z tempem spadku jasności. Jeśli byłaby obarczona małym rozrzutem, wówczas można by wykorzystać te gwiazdy do wyznaczania za ich pomocą odległości we Wszechświecie. Pomijając bezpośrednią metodę, jaką jest wyznaczenie paralaksy, odległość można wyznaczyć z formuły nazywanej *modułem odległości*:

$$m - M = 5 \log r - 5 + A,$$

gdzie: m jest obserwowaną wielkością gwiazdową obiektu, M – jego absolutną wielkością gwiazdową, r – odległością wyrażoną w parsekach, zaś A – ekstynkcją wyrażoną w magnitudo. Jasność obserwowaną znamy bezpośrednio z obserwacji, natomiast jasność absolutną musimy mieć np. z modeli teoretycznych czy też, jak to się dzieje w przypadku świec standardowych, z zależności między jakąś cechą obserwowaną (np. okresem zmian jasności, albo np. czasem, w jakim obiekt zmienia jasność o określoną wartość itp.) a właśnie jasnością absolutną. Świece standardowe są powszechnie wykorzystywane w astronomii i wciąż poszukuje się nowych, coraz jaśniejszych obiektów, których można by używać w tej roli. Po wytypowaniu rodzaju obiektów kandydujących do roli świecy standardowej należy obiekty te odnaleźć w gromadach kulistych czy otwartych, dla których mamy wyznaczone odległości. Zakładamy, że rozmiar liniowy takiej gromady jest zanedbywalnie mały w porównaniu z odległością do niej. Równocześnie poszukujemy empirycznej formuły, która wiąże jasność

absolutną z jakąś cechą obserwowaną np. w postaci

$$M = b + a \cdot \log P$$

(gdzie M – jasność absolutna, P – okres zmian jasności, a i b – współczynniki). Formuła taka ma zazwyczaj kilka współczynników (im mniej, tym lepiej, najczęściej dwa), które należy wyznaczyć właśnie za pomocą obiektów, do których odległość znamy. Astronomowie mówią w takim przypadku o skalibrowaniu metody. Oczywiście, Czytelnik natychmiast zauważy, że w zasadzie wystarczy mieć dwa takie obiekty, by wyznaczyć współczynniki a i b . W rzeczywistości robi się to dla dużo większej liczby obiektów, aby otrzymać jak najdokładniejszą formułę. Z kolei ekstynkcja A jest wielkością mówiącą nam, o ile zmniejsza się jasność obiektu na skutek przechodzenia światła przez przestrzeń pomiędzy źródłem a obserwatorem, wypełnioną gazem i pyłem absorbującym czy rozpraszającym światło.

Wróćmy jednak do gwiazd nowych i wyznaczania za ich pomocą odległości. Otóż, stwierdzono, że istnieje korelacja między jasnością absolutną M w maksimum a czasem t_2 (w dniach), w jakim nowa klasyczna zmniejsza jasność od maksimum o 2 magnitudo. Zależność tę możemy wyrazić w następujący sposób:

$$M = b_2 + a_2 \log t_2.$$

W ten sposób jeśli dla jakiejś nowej klasycznej mamy na tyle kompletną krzywą blasku (co nie zawsze się udaje), by wyznaczyć t_2 oraz jasność obserwowaną w maksimum blasku, możemy wówczas posłużyć się powyższą formułą na jasność absolutną i z modułu odległości wyznaczyć odległość.

Niewątpliwą zaletą używania wybuchów nowych klasycznych jako świec standardowych jest ich duża jasność, która pozwala je obserwować nawet w innych galaktykach. Z kolei wadą jest mała liczba zjawisk – uwzględniając wszystkie zaobserwowane nowe, otrzymujemy 26 ± 4 nowe na rok. Dysponujemy zatem zdecydowanie za małą liczbą obserwowanych zjawisk, by chociażby rozstrzygnąć, czy słuszna jest sugestia istnienia dwu oddzielnych populacji nowych – pochodzących z dysku galaktycznego i zgrubienia centralnego. Nowe wciąż nie są używane do wyznaczania odległości we Wszechświecie, pomimo obiecujących przesłanek wskazujących, że mogą być całkiem dobrymi świecami standardowymi. Zapewne należy poczekać na więcej obserwacji, które pozwolą lepiej wyznaczyć współczynniki b_2 i a_2 , o których była mowa wyżej. Tymczasem gwiazdy nowe nie są bynajmniej niewarte zainteresowania astronomów, wręcz przeciwnie – stanowią niezwykle bogate laboratorium do badania zjawisk związanych z paleniem termonuklearnym czy procesów zachodzących w dyskach akrecyjnych, które są wciąż jeszcze słabo opisane teoretycznie. Tak więc liczni obserwatorzy, profesjonalni i amatorzy, wciąż przeczesują niebo w poszukiwaniu zarówno nowych klasycznych, jak i innych obiektów należących do zmiennych kataklizmicznych, a liczba odkrywanych obiektów systematycznie rośnie tak, jak nasza wiedza o nich.