

Kosmiczna linijka

6. Mgławica Krab: pozostałość po supernowej; odległość 2 kpc (4 kpc na linijce)

Charakterystyczną jasną mgławicę z „odnóżami”, przypominającą kształtem stawonoga, można zaobserwować na północnym niebie, mając do dyspozycji już niewielki teleskop. Mgławica Krab znajduje się w gwiazdozbiornie Byka i jest pozostałością po historycznej supernowej, którą w 1054 roku zaobserwowali astronomowie w Chinach. Jak podają ich notatki, nowa, bardzo jasna gwiazda gościła na dziennym niebie przez 3 tygodnie, a na nocnym była widoczna przez prawie 2 lata. Przy tak znacznej odległości do obiektu (ocenionej przez Virginie Trimble w latach 60. XX wieku na 2 kiloparseki) świadczy to o ogromnej sile wybuchu, jaki musiał towarzyszyć pojawieniu się tej tajemniczej gwiazdy. Mgławica pozostała po supernowej została zaobserwowana w roku 1731 przez angielskiego astronoma Johna Bevisa, a w 1758 roku Charles Messier umieścił ją w swoim słynnym katalogu mgławic jako obiekt z numerem 1. Sama nazwa Krab została zaproponowana około roku 1850 przez miłośnika-obszernika, hrabiego Williama Parsonsa, natomiast związek mgławicy z historyczną supernową z 1054 roku został definitywnie potwierdzony dzięki badaniom prędkości ekspansji mgławicy, opublikowanym w roku 1942 przez Duyvendaka oraz Mayalla i Oorta.

Zjawisko supernowej to naturalny etap ewolucji masywnej gwiazdy – masywniejszej od Słońca – która wyczerpała paliwo termojądrowe w swoim wnętrzu. Gwiazda zapada się wtedy pod wpływem własnej grawitacji, tworząc gwiazdę neutronową, tak jak w Krabie, lub czarną dziurę, rozpylając przy okazji wokół siebie część otoczki, stanowiącej później mgławicę.

Obecnie Krab jest jednym z najczęściej obserwowanych obiektów poza Układem Słonecznym, a zainteresowanie nim jest olbrzymie wśród przedstawicieli niemal każdej gałęzi astrofizyki, ponieważ obiekt ten świeci w szerokim zakresie częstości – od promieniowania radiowego do promieniowania gamma. Obrazy uzyskane w dziedzinie optycznej przez Teleskop Hubble’a pokazują owalny kształt, z charakterystycznymi włóknistymi strukturami,

rozchodzącymi się promieniście od centrum. Mapy rentgenowskie z satelity Chandra uwidoczniły obecność świecącego torusa, symetrycznego względem osi mgławicy, oraz dżetów wyrzucanych wzdłuż tej osi. W centrum znajduje się pulsar milisekundowy, czyli gwiazda neutronowa działająca jak latarnia morska, ale obracająca się z okresem około 33 ms! Emituje on promieniowanie radiowe, zarejestrowane m.in. przez interferometr VLA, a także promieniowanie optyczne, rentgenowskie i gamma. W podczerwieni Kraba obserwował satelita Spitzer.

Okres obrotu pulsara wydłuża się w ciągu sekundy o $4,2 \cdot 10^{-13}$ s, ponieważ energia rotacji jest wyświecana w postaci promieniowania. Przy założeniu typowej masy gwiazdy neutronowej równej 1,4 masy Słońca i jej promienia 10 km, można obliczyć moment bezwładności, a następnie to, jaki był okres obrotu pulsara w chwili jego powstania i ile energii wyświecił on podczas swojego życia. Energia ta jest olbrzymia i tylko część z niej jest emitowana w postaci pulsów, natomiast większość unosi promieniowanie dipolowe oraz wiatr pulsarowy, poruszający się z prędkościami bliskimi prędkości światła.

Ultrarelatywistyczny wiatr pulsarowy oddziałuje z materią otoczki gwiazdy, wyrzuconą podczas wybuchu supernowej. Na styku tych dwóch obszarów gazu o różnych prędkościach i gęstościach tworzą się fale uderzeniowe i niestabilności hydromagnetyczne, które powodują powstawanie charakterystycznych odnóży. Na podstawie badań kształtu tych odnóży i studiując właściwości gazu wokół nich, astronomowie stwierdzili, że Krab nie jest symetryczny. Gęstość gazu po stronie północno-zachodniej jest mniejsza niż po stronie południowo-wschodniej. Dzieje się tak w wyniku ruchu pulsara w przestrzeni – pędzi on z prędkością około 160 km/s. Prędkość ta została nadana prawdopodobnie w wyniku „kopniaka”, jaki dostała nowo narodzona gwiazda neutronowa podczas niesymetrycznego wybuchu supernowej.

Bożena CZERNY, Agnieszka JANIUK

Konkurs zadań astronomicznych

Na rozwiązania zadań A 11 i A 12 czekamy do 1 lipca 2009 r. (decyduje data stempla pocztowego) pod adresem:

Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika
ul. Bartycka 18
00-716 Warszawa

z dopiskiem na kopercie „Konkurs Deltą”.

A 11. Berster rentgenowski to świecąca w zakresie promieniowania rentgenowskiego gwiazda neutronowa. Na jej powierzchni zachodzą czasami wybuchy termojądrowe. Wtedy gwiazda jaśnieje tak bardzo, że siła związana z ciśnieniem wydzielanego promieniowania jest tak duża, iż staje się porównywalna z przyciąganiem grawitacyjnym warstw powierzchniowych. Oszacować odległość, w jakiej znajduje się berster rentgenowski, jeżeli jego jasność obserwowana jest równa 10^{-8} erg/s/cm². Przyjmując, że masa gwiazdy neutronowej to 1,4 masy Słońca, jej promień to 10 km, a siła ciśnienia promieniowania jest dana wzorem $P = F \cdot \sigma/c$, gdzie F jest strumieniem promieniowania gwiazdy na jednostkę powierzchni, c prędkością światła, a $\sigma = 10^{-24}$ cm² przekrojem czynnym na oddziaływanie fotonów z atomami atmosfery gwiazdy. [2 pkt]

A 12. Źródło rentgenowskie SS 433 składa się z gwiazdy neutronowej o masie 1,4 masy Słońca oraz gwiazdy towarzyszącej, o masie 20 mas Słońca. Jaka jest odległość składników układu podwójnego, jeśli okres orbitalny wynosi $T = 13,1$ dni? [1 pkt]

Rozwiązania zadań z numeru 4/2009

A 7. Odległość Ziemi od Słońca r to czas podany w zadaniu razy prędkość światła, czyli $r = 1,5 \cdot 10^{11}$ m (jednostka astronomiczna). Promieniowanie emitowane z powierzchni Słońca przechodzi przez sferę o takim właśnie promieniu, czyli moc Słońca to $L = 4\pi r^2 S$, gdzie S oznacza stałą słoneczną. Wynik wynosi $L = 3,84 \cdot 10^{26}$ W.

A 8. Na orbicie parabolicznej całkowita energia komety wynosi zero, czyli $mv^2/2 - GMm/r = 0$, gdzie G oznacza stałą grawitacji, M masę Słońca, a m masę komety. Zatem w pierwszym przypadku, gdy r jest jednostką astronomiczną, dostajemy $v = 42$ km/s (jest to prędkość ucieczki z orbity ziemskiej), w drugim zaś, gdy r jest promieniem Słońca, mamy $v = 620$ km/s (i jest to prędkość ucieczki z powierzchni Słońca).