

## Kosmiczna linijka

### 3. Procjon: zagadkowy układ podwójny; odległość 3,5 pc (4 pc na linijce)

Słońce jest gwiazdą pojedynczą, lecz spróbujmy sobie wyobrazić, jak wyglądałoby życie na Ziemi, gdyby zamiast jednego Słońca były dwa, to drugie, na przykład, w innym kolorze... Pomyśl, wbrew pozorom, nie jest ekstrawagancki, ponieważ gwiazdy często występują w parach – jako gwiazdy podwójne – a czasami nawet w trójkach (układy potrójne).

Przykładem gwiazdy podwójnej jest Procjon. Leży on w odległości 11,3 roku świetlnego od Ziemi i jest widoczny na niebie zimowym naszej półkuli w gwiazdozbiornie Małego Psa (*Alpha Canis Minoris*). Jest to ósma z najjaśniejszych gwiazd, o jasności widomej 0,38 magnitudo. Jej nazwa oznacza (z języka greckiego) „Przed Psem” i jest związana z tym, że na niebie gwiazda ta wschodzi przed Syriuszem, czyli „Psią Gwiazdą” (*Alpha Canis Maioris*).

Już w połowie XIX wieku na podstawie ruchów Procjona przypuszczano, że jest on gwiazdą podwójną. Potwierdziły to obserwacje teleskopowe wykonane w 1896 roku w Obserwatorium Licka przez J. M. Schaberlego. Procjon A jest gwiazdą ciągu głównego, o typie widmowym F i jasności absolutnej 7,3 raza większej od jasności Słońca. Procjon B, jej towarzysz, jest gwiazdą 11 wielkości. Gwiazdy obiegają się wzajemnie po ekscentrycznej orbicie, w średniej odległości około 15 j.a., okres orbitalny układu wynosi zaś 41 lat. Masa towarzysza, jak można oszacować na podstawie III prawa Keplera, to około 0,65 masy Słońca. Natomiast jego promień jest bardzo mały: zmierzona wysoka temperatura powierzchniowa gwiazdy (około 7700 K), w połączeniu z niewielką jasnością widomą, daje promień rzędu 1,3 promienia Ziemi!

Gwiazda Procjon B ma zatem ogromną gęstość, sięgającą miliardów  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Przy takiej gęstości cząstki muszą być niezwykle gęsto upakowane i tworzą materię zdegenerowaną. Jony są zbyt duże, aby mogły się swobodnie poruszać, utykają więc w strukturze krystalicznej, natomiast elektrony poruszają się swobodnie, tworząc gaz elektronowy. Ciśnienie takiego gazu ma tę właściwość, że nie zależy od temperatury, a jedynie od liczby cząstek i ciasnoty ich upakowania. Gwiazda, w której doszło do całkowitego wyczerpania paliwa jądrowego, zaczyna stygnąć, a jedynym, co powstrzymuje jej zapadnięcie się pod wpływem własnej grawitacji, jest ciśnienie zdegenerowanego gazu. Taka gwiazda jest zwana białym karłem z powodu swojej barwy (choć znajduje się także białe karły koloru żółtego...).

Ostatnio Procjonem A interesują się głównie asteroseismologowie w celu porównania jego własności z własnościami Słońca. Badają oni rozchodzenie się fal sejsmicznych we wnętrzu gwiazdy poprzez obserwacje oscylacji na jej powierzchni, co pozwala na prawie bezpośrednią analizę budowy gwiazdy. Słońce wykazuje takie oscylacje, a ich badanie doprowadziło do odkrycia problemu brakujących neutrin słonecznych (zostało to następnie wyjaśnione, dzięki eksperymentom fizyków, jako przemiany neutrin elektronowych w mionowe i odwrotnie).

Co do Procjona, to niemal 32-dniowe ciągłe obserwacje, przeprowadzone przez satelitę MOST, nie wykazały oczekiwanych oscylacji. Była to więc nie lada zagadka. Jednak późniejsze obserwacje, wykonane spektrografem zainstalowanym przy naziemnym teleskopie w La Silla w Chile, a następnie specjalna kampania obserwacyjna prowadzona za pomocą 11 teleskopów naziemnych, pokazały, że Procjon jednak oscyluje podobnie jak Słońce, lecz nie tak mocno, jak wcześniej sądzono.

Bożena CZERNY, Agnieszka JANIUK

## Konkurs zadań astronomicznych

Na rozwiązania zadań A 5 i A 6 czekamy do 1 kwietnia 2009 r. (decyduje data stempla pocztowego) pod adresem:

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

### Rozwiązania zadań z numeru 1/2009

**A 1.** Aby jakkolwiek fragment Krzyża Południa mógł być widoczny, biegun południowy nieba musi znajdować się nie głębiej pod horyzontem niż  $34^\circ$ , co odpowiada szerokości geograficznej  $34^\circ$ . Zatem z tej szerokości oraz z szerokości bardziej północnych Krzyża Południa nie widać w ogóle. Natomiast z szerokości  $25^\circ$  i bardziej południowych gwiazdozbiór może być widoczny w całości.

**A 5.** Ile czasu musiałyby być nasłonecznione (Słońce w zenicie) boisko piłkarskie o rozmiarach  $100 \text{ m} \times 70 \text{ m}$ , aby pochłonęło energię równą energii wytworzonej przez 1-megatonową bombę jądrową? Przyjąć, że 1 Mt bomba wytwarza  $4 \cdot 10^{15} \text{ J}$ , a stała słoneczna (ilość energii słonecznej padającej na jednostkę powierzchni Ziemi w jednostce czasu) to  $S = 1360 \text{ J}/(\text{m}^2\text{s})$ . [1 pkt]

**A 6.** Mgławica planetarna ma średnicę kątową  $72'$  i leży w odległości 5000 lat świetlnych. Przesunięcie dopplerowskie linii widmowych świadczy o tym, że mgławica ekspanduje z prędkością  $15 \text{ km/s}$ . Ile lat ma mgławica? [2 pkt]

**A 2.** Niech  $\omega$  oznacza prędkość kątową obrotu Ziemi, a  $\omega_\odot$  średnią prędkość kątową Ziemi na orbicie. Doba aktualna to  $24^h = 2\pi/(\omega + \omega_\odot)$ , a nowa доба z zadania to  $x = 2\pi/(\omega - \omega_\odot)$ . Zatem

$$\frac{x}{24} = \frac{\omega + \omega_\odot}{\omega - \omega_\odot} \approx (1 + \omega_\odot/\omega)^2 \approx 1 + \frac{2\omega_\odot}{\omega}$$

Ale  $\omega_\odot/\omega = 1/365,25$ , bo jest średnio 365,25 dni w roku. Wobec tego nowa доба z zadania wynosiłaby  $24^h \cdot 1,005476 = 24^h 7^m 53^s$ .