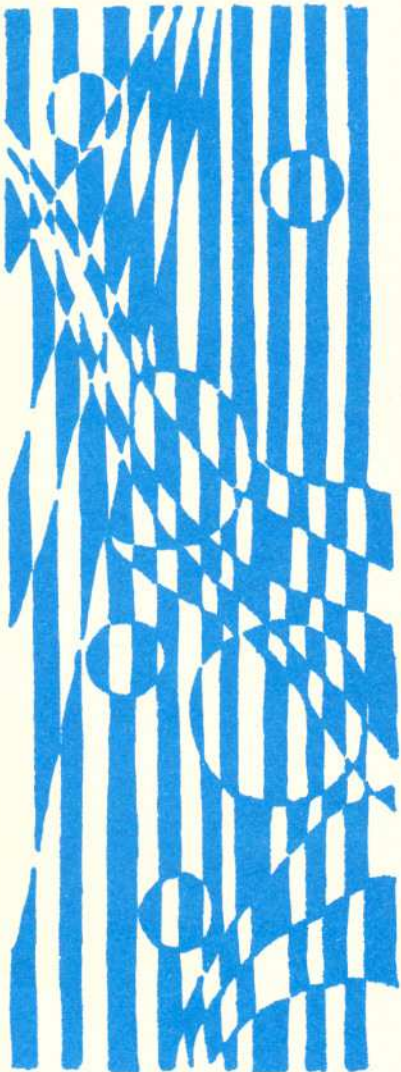




Rozwiązanie zadania F 238. Płaszczyzna polaryzacji światła rozchodzącego się w rurce z CS_2 ulegnie skręceniu o kąt $\theta = V \cdot B \cdot l$. Kierunek obrotu płaszczyzny polaryzacji jest taki jak kierunek prądu elektrycznego wytwarzającego pole B ; dla obserwatora w punkcie O skręcenie nastąpi w stronę prawą, gdy pole skierowane jest od O do S . Strumień światła docierający do O jest maksymalny, gdy po przejściu przez CS_2 światło spolaryzowane jest równoległe do osi polaryzatora P' , a więc gdy kąt $\theta = 45^\circ$. Odpowiednia wartość pola B wynosi wówczas

$$B = \frac{\theta}{V \cdot l} = 0,13 \text{ T.}$$

Kierunek obrotu płaszczyzny polaryzacji zależy od zwrotu wektora B . Światło wychodzące z punktu O nie dotrze do S (jeśli zwrot i wartość pola B pozostanie bez zmian), gdyż będzie spolaryzowane prostopadle do osi polaryzatora P . Układ opisany w zadaniu jest więc „wentylem optycznym” przepuszczającym światło tylko w jednym kierunku.



Miłośnicy astronomii nie powinni mieć trudności w odnalezieniu na niebie jednej z najbardziej osobliwych gwiazd zmiennych — ϵ Aurigae. Leży ona w bliskim sąsiedztwie bardzo jasnej gwiazdy — *Capelli* (Kozy) i wraz z dwiema słabszymi gwiazdkami (η i ζ Aurigae) tworzy mały trójkąt zwany Koźłętami. W maksimum blasku ϵ Aurigae jest najjaśniejsza wśród Koźłąt (3,5 mag), podczas gdy w minimum — najśłabsza (4,3 mag). Okres zmian jej blasku jest bardzo długi — ponad 27 lat — nie są więc możliwe amatorskie obserwacje zmienności. Warto jednak wiedzieć, jak astronomowie tłumaczą jej szczególne zachowanie, bowiem przez kilkadziesiąt lat sprawiała im niemało kłopotów.

Podczas ostatniego zaćmienia, które trwało od lata 1982 roku do wiosny 1984 roku, przeprowadzono szereg cennych obserwacji, które przyczyniły się do powstania modelu tej gwiazdy. Oto jak się on przedstawia:

Główna gwiazda jest nadolbrzymem typu widmowego F, 120 000 razy jaśniejszym od Słońca. Tak duża moc promieniowania stawia ją wśród najjaśniejszych gwiazd w Galaktyce. Przy swej ogromnej jasności nie jest zbyt gorąca (typ widmowy F), a więc jej rozmiary muszą być kolosalne — średnicę szacuje się na 2 j.a. Gdyby znalazła się w miejscu Słońca, pochłonięłaby trzy najbliższe planety, w tym Ziemię.

Do ciągłych, choć stosunkowo niewielkich zmian jej blasku przyczyniają się pulsacje (o okresie 3 miesiące), a także błyski na powierzchni trwające po kilka minut. Prawdopodobnie gwiazdę otacza gazowy pierścień świecący dzięki promieniowaniu odbitemu od jego powierzchni.

Duża masa (15–30 M_\odot) jest przyczyną szybkich (w skali czasu życia gwiazd) zmian ewolucyjnych. Choć zaledwie parę milionów lat temu opuściła ciąg główny, przeszła już fazę czerwonego olbrzyma i może wkrótce skurczyć się do stadium białego karła lub innej zwartej gwiazdy.

Duża jasność i masa głównej gwiazdy układu ϵ Aurigae oraz jej silnie zaawansowany stan ewolucyjny sprawiają, że jest ona rzadkością wśród gwiazd, jest jednak całkowicie „pospolita” w porównaniu ze swym ciemnym towarzyszem.

To, że jest on ciemny, wiemy w oczywisty sposób z faktu, że wywołuje zaćmienia. Jest zapewne rozległy, bowiem zaćmienia trwają długo — ponad rok. Zaburzenia, które wywołuje w ruchu orbitalnym nadolbrzyma, wskazują, że powinien być to obiekt dość masywny — o masie rzędu kilkunastu M_\odot . Zasadniczy problem dla astronomów stanowiło stworzenie modelu obiektu łączącego wszystkie te cechy. Do rozwiązania zagadki przyczyniły się obserwacje dokonane w zakresie podczerwieni za pomocą satelity IRAS. Wynika z nich, że podczas zaćmienia przed tarczą nadolbrzyma przesuwa się chłodne ciało o temperaturze ~ 500 K. Nie jest to gwiazda, ale dysk, którego rozmiary szacuje się na 9 j.a. średnicy i 1 j.a. grubości. W ciągu 27,1 lat okrąży on środek masy układu po niemal kołowej orbicie o promieniu ~ 25 j.a. Sam dysk nie mógłby jednak oprzeć się działaniu ogromnej siły grawitacyjnej nadolbrzyma. Wygląda na to, że coś masywnego znajduje się w jego centrum. To „coś”, niedostępne bezpośrednim obserwacjom, powinno promieniować mało energii, bo inaczej nawet całkowicie zasłonięte przez dysk, pobudzałoby go do świecenia, czego nie obserwuje się. Początkowo przypuszczano, że jest to czarna dziura, jednak wobec braku potwierdzenia w postaci promieniowania rentgenowskiego i ultrafioletowego hipotezę tę odrzucono. W tej sytuacji jedyny, zgodny z obserwacjami, model przewiduje istnienie w centrum dysku dwóch gwiazd ciągu głównego, każda o masie 8 M_\odot .

Cały układ zawiera więc trzy gwiazdy, dwa dyski i prawdopodobnie jako całość otoczony jest chmurą gazu. W dodatku żaden z dysków nie jest równoległy do płaszczyzny orbity układu. Pierścień wokół nadolbrzyma jest silnie nachylony, znacznie jednak ciekawsze efekty obserwacyjne wywołuje niewielkie nachylenie dysku otaczającego układ podwójny. Podczas ostatniego zaćmienia zaobserwowano pojaśnienie układu w centralnej fazie zjawiska, poprzednio — w 1956 roku — pojaśnienie było znacznie słabsze, a w 1928 roku nie obserwowano go w ogóle. Te fakty obserwacyjne interpretuje się właśnie jako powolną (o okresie około 1000 lat) zmianę orientacji (precesję) dysku, wskutek czego gwiazdy w jego centrum są czasem zupełnie niewidoczne, innym znów razem, przy większym nachyleniu dysku, można zarejestrować promieniowanie pochodzące bezpośrednio od nich. Astronomowie przewidują, że do następnego zaćmienia dysk przechylony się jeszcze bardziej, a więc silniej niż ostatnio wzrośnie na parę miesięcy jasność układu podczas centralnej fazy zaćmienia.

Spoglądając nocą na tę niepozorną gwiazdkę — ϵ Aurigae — nie domyślilibyśmy się, jak złożona jest jej budowa, ile ciekawych procesów zachodzi w tym układzie. Nie należy jednak sądzić, że astronomowie widzą go „bezpośrednio” tak, jak np. na naszym rysunku na okładce. To, co zostało opisane wyżej, to tylko model, który, jak w przypadku tysięcy innych gwiazd, powstaje na podstawie obserwacji natężenia ich promieniowania, jego polaryzacji czy wyglądu widma. Wszystkie gwiazdy, nawet w najpotężniejszych teleskopach, są obiektami punktowymi, trzeba więc rzetelnej wiedzy (i dużej fantazji, rzecz jasna), by pogodzić wszelkie dane obserwacyjne w modelach nierzadko bardzo skomplikowanych. Kolejne generacje astronomów, stosując nowoczesne techniki obserwacyjne, będą weryfikowały poprawność modelu ϵ Aurigae. Do najbliższego zaćmienia w 2010 roku zostało jeszcze sporo czasu, może więc Ty, Czytelniku, będziesz miał swój udział w rozwiązywaniu tajemnic tego osobliwego układu.

mgr Joanna UDALSKA

