

W poprzednim numerze *Delty* zachęcaliśmy Czytelników do obserwacji gwiazd zmiennych metodą Argelandera. Teraz – zgodnie z zapowiedzią – przedstawiamy sposób opracowania danych obserwacyjnych.

Wykreślenie krzywej blasku polega na zaznaczeniu w układzie współrzędnych obserwowanej jasności gwiazdy zmiennej (oś pionowa) w określonych momentach (oś pozioma).

Na podstawie uzyskanego materiału obserwacyjnego należy więc przede wszystkim wyznaczyć jasność gwiazdy zmiennej ( $m_v$ ) w jednostkach powszechnie stosowanych w astronomii – wielkościach gwiazdowych. W tym celu dla każdej dwustronnej obserwacji *akvbl* stosujemy wzór

$$m_v = \frac{m_a k + m_b l}{k + l},$$

gdzie  $m_a$  i  $m_b$  są jasnościami gwiazd porównania wyrażonymi w wielkościach gwiazdowych.

Poprawne wyznaczenie momentów obserwacji, choć z pozoru łatwiejsze, jest w istocie bardziej skomplikowane. Odłożenie wprost na osi czasu odczytanych na zegarku i zanotowanych podczas obserwacji momentów nie jest dobrym wyjściem. Wątpliwą wartość miałyby obserwacje wykonane w różnych miejscach na Ziemi i odniesione do czasu strefowego odpowiadającego tym miejscom, choćby dlatego, że nie nadawałyby się do porównywania z innymi obserwacjami. Aby więc ujednolicić sposób podawania czasu, wszystkie momenty wyraża się w czasie uniwersalnym (UT – czas południka przechodzącego przez Greenwich)

$$UT = T_{stref} - N,$$

gdzie  $T_{stref}$  jest czasem strefowym odczytanym na zegarku,  $N = 1$  dla czasu zimowego (środkowoeuropejskiego),  $N = 2$  dla czasu letniego (wschodnioeuropejskiego).

Osoby, które przy opracowywaniu programu obserwacyjnego korzystały z zamieszczonych w *Roczniku Astronomicznym Obserwatorium Krakowskiego* efemeryd gwiazd zmiennych, wiedzą, że są one podawane w tzw. dniach juliańskich. Dla wygody właśnie w dobach juliańskich (i ich ułamkach) wyraża się momenty rozmaitych zjawisk astronomicznych – w szczególności momenty odpowiadające obserwacjom gwiazd zmiennych. Wyznaczenie daty juliańskiej nie jest zbyt skomplikowane – należy odczytać z tablic, np. w *Poradniku miłośnika astronomii* P. Kulikowskiego lub wyznaczyć za pomocą programu komputerowego opisanego w *Delcie* 9/1987, jaki dzień juliański przypada na daną datę, a następnie dodać do niego godziny i minuty (po zamienieniu ich na ułamek doby) odpowiadające wyznaczanemu momentowi. Trzeba przy tym pamiętać, że doby juliańskie rozpoczynają się w południe czasu uniwersalnego – np. południe czasu uniwersalnego pierwszego listopada bieżącego roku jest oznaczone w juliańskiej rachubie dni jako 2 447 467,0.

Teraz można już przystąpić do wykreślenia krzywej blasku, a ściślej – do odłożenia w układzie współrzędnych poszczególnych punktów odpowiadających obserwacjom. Określenie „krzywa” jest tu w pewnym stopniu mylące – na wykresie nie powinno się łączyć punktów odcinkami, gdyż fałszuje to rzeczywisty obraz przebiegu zmian blasku. Dopiero po naniesieniu wszystkich punktów, gdy jest ich na tyle dużo, że „na oko” widać, jak wygląda „średnia” krzywa najlepiej do nich pasująca, można ją narysować.

Jeśli obserwacje były przeprowadzone w okolicy minimum blasku gwiazdy zmiennej, można wyznaczyć jego moment. Powinien on wypadać na osi symetrii fragmentu krzywej w otoczeniu minimum. Składając kartkę (albo jeszcze lepiej – kalkę) z wykresem tak, by obie gałęzie – malejącego i rosnącego blasku – pokryły się jak najdokładniej, na przecięciu złożenia z osią czasu odczytujemy zaobserwowany moment minimum blasku. Dla gwiazd długookresowych wyznaczenie minimum z taką dokładnością jest wystarczające. Uzyskany wynik nadaje się już do porównywania z efemerydami.

W przypadku gwiazd szybkozmiennych, dla których momenty poszczególnych faz wyznacza się z dokładnością do minut, sprawa komplikuje się przez fakt, że ... Ziemia krąży wokół Słońca. W ciągu roku znajdujemy się w różnych położeniach na orbicie – czasem bliżej obserwowanej gwiazdy, a czasem dalej. Docierające od niej światło przebywa więc różne odległości, co, rzecz jasna, znajduje swoje odbicie w momentach obserwowanych zjawisk. Różnice są niebagatelne – dochodzą do  $\pm 8$  minut – w takim bowiem czasie światło przebywa średnią odległość Ziemia–Słońce. Ten właśnie efekt posłużył Olafowi Römerowi do wyznaczenia prędkości fali elektromagnetycznej na podstawie obserwacji zaćmień księżyców Jowisza. Jednak do procedury określania dokładnego momentu minimum gwiazdy zmiennej wprowadza on, niestety, dość istotne komplikacje. Aby wyeliminować wpływ różnych położań Ziemi na obserwowane momenty, dokonuje się tzw. redukcji obserwacji na Słońce. Poprawka  $\Delta t$  (zwana równaniem światła), którą należy dodać do momentów geocentrycznych (związanych z Ziemią), jest, co prawda, łatwa do obliczenia

$$\Delta t = -0,^d0058 \cos \beta \cos (L_\odot - \lambda),$$

jednak dane występujące w tym wzorze są na ogół trudno dostępne dla miłośników astronomii. Można je wszystkie obliczyć samemu, choć – nie ukrywajmy – dość dużym nakładem pracy. Związek między współrzędnymi ekliptycznymi gwiazdy ( $\lambda$ ,  $\beta$ ) i jej współrzędnymi równikowymi ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) określają wzory trygonometrii sferycznej:

$$\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha,$$

$$\cos \beta \sin \lambda = \cos \delta \sin \alpha \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon,$$

$$\sin \beta = -\cos \delta \sin \alpha \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon,$$

gdzie  $\varepsilon = 23^\circ 27'$  jest nachyleniem ekliptyki do równika. Z kolei do wyznaczenia długości ekliptycznej Słońca ( $L_\odot$ ) stosuje się przybliżony wzór

$$L_\odot = 279^\circ 41' 48,^s04 + 129602768,^s13T + 1,^s089T^2,$$

$$T = \frac{JD - 2415020}{36525},$$

gdzie JD oznacza datę juliańską.

Przytoczone wyżej związki nie wyglądają zbyt zachęcająco. Jednak, aby uzyskać dokładny moment minimum – nie ma rady – trzeba pracowicie wykonać wszystkie rachunki. Obserwacje zredukowane na Słońce nadają się już do porównywania z efemerydami. Życzymy cierpliwości przy wykonywaniu rachunków.

mgr Joanna UDALSKA