

Cefeidy i kosmiczne odległości

Tomasz KWAST

To, co nazywamy odkryciem, ma zazwyczaj autora i datę. Tymczasem gromadzenie wiedzy o budowie naszej Galaktyki lub odległościach galaktyk sąsiednich odbywało się poprzez kolejne przybliżenia z udziałem wielu badaczy wykonujących mozolnie mało efektowne obserwacje. Dopiero później ich właściwa interpretacja wykazywała, że zostało dokonane ważne odkrycie dające trwałą wkład w poznanie Wszechświata.

Gwiazdy zmienne były znane właściwie od niepamiętnych czasów. Ich obecność była jednak przez wieki ledwo tolerowana może dlatego, że gołym okiem widać ich zaledwie kilka, albo też, że była dość niewygodna, klóciła się bowiem z powszechnym przekonaniem o solidności i niezmienności nieba. Wprawdzie pojawienia się gwiazdy nowej czy supernowej nie sposób było zignorować, toteż fakt taki, owszem, był odnotowywany w kronikach, ale szybko przechodził do historii. Chyba pierwszą informację na piśmie o zmienności blasku Algola pozostawił Gemiano Montanari z Padwy w 1672 r. W miarę precyzyjny opis charakteru zmienności tej gwiazdy opublikował John Goodricke w 1783 r. Opis ten można uważać za historycznie pierwszą „krzywą blasku” gwiazdy zmiennej, tyle że przedstawioną w postaci słownego opisu, a nie – jak obecnie to się robi – za pomocą wykresu. Goodricke również sugerował, że przyczyną zmian jasności może być ciemny satelita obiegający gwiazdę. On też dwa lata później odkrył inną gwiazdę zmienną, δ Cefeusza. Jej charakteru zmienności nie dawało się wytłumaczyć zaćmieniami choćby dlatego, że jasność gwiazdy spada przez 4 dni, a rośnie do wartości maksymalnej gwałtowniej – przez 1 dzień.

Rozwój technik obserwacyjnych zagmatwał sprawę jeszcze bardziej. Mniejsza już o to, że coraz lepszymi teleskopami nie udało się zobaczyć delty Cefeusza jako podwójnej, to jeszcze obserwacje spektroskopowe wykazały, że w maksimum jasności gwiazda jest bardziej niebieska, a w minimum nieco bardziej czerwona, zmienia więc okresowo widmo, a więc i temperaturę!

Spisy gwiazd zmiennych zaczęły gwałtownie się wydłużać, rosła też lawinowo ilość informacji astrofizycznych o gwiazdach w ogóle, naturalną więc kolejną rzeczą pojawiła się konieczność wprowadzenia w tym wszystkim jakiejś klasyfikacji. W tej dziedzinie największe zasługi położyli: Edward Pickering i jego współpracownicy oraz Ejnar Hertzsprung i Henry Norris Russell. Jak wiadomo, dwaj ostatni panowie stworzyli diagram H-R. Każda gwiazda ma na nim swoje miejsce określone przez dwie współrzędne: jasność absolutną i temperaturę (lub zastępczo przez typ widmowy). Gwiazdy zmienne powinny być na nim formalnie reprezentowane przez jakieś kreski, może łuki, może pętelki. Tak czy inaczej, wśród rozmaitych opracowań ogromnego materiału obserwacyjnego pojawiło się w 1912 r. skromne zestawienie własności 25 gwiazd zmiennych podobnych do delty Cefeusza, czyli tzw. cefeid, położonych w Małym Obłoku Magellana. Publikację tę napisała pani Henrietta Leavitt (1868–1921) pracująca od 1902 r. w Harvard Observatory. Z pracy tej wynikało, krótko mówiąc, że **im dłuższy okres zmian jasności ma cefeida, tym jest jaśniejsza.**

Konsekwencje niepozornego odkrycia Henrietty Leavitt okazały się ogromne. Bowiem skoro wszystkie cefeidy w Małym Obłoku Magellana są praktycznie w tej samej odległości od nas (odległość Małego Obłoku Magellana jest około 20 razy większa od jego rozmiarów), to oznacza, że dłuższemu okresowi zmian jasności odpowiada większa jasność **absolutna** gwiazdy. Tylko jaka? – tego nie wiadomo, bo odległość Obłoków Magellana jest (tzn. wtedy była) nieznaną. Zależność okres-jasność można by wykorzystać do wyznaczania odległości cefeid (i ich macierzystych galaktyk), gdyby właśnie dało się ją wyskalować na cefeidach, których odległości są znane skądinąd. Wtedy mierząc okres zmian jasności cefeidy, co jest dość łatwe technicznie, miałoby się od razu jasność absolutną M , a z porównania z jasnością obserwowaną m łatwo już obliczyć odległość r ze znanego, definiującego skalę jasności wzoru $m - M = 5 \log r - 5$ (r jest tu wyrażone w parsekach, a jasności w wielkościach gwiazdowych).



Starania o wyskalowanie i udoskonalenie tej metody wyznaczania odległości toczyły się jeszcze długo, również już bez udziału Henrietty Leavitt. Najprostsze rozwiązanie – znalezienie cefeidy o znanej odległości – okazało się trudne w realizacji. Tak się bowiem nieszczęśliwie składa, że najbliższą w naszej Galaktyce (a więc najbliższą nam) cefeidą jest Gwiazda Polarna leżąca zbyt daleko, by jej odległość można było wyznaczyć metodami trygonometrycznymi. Nawiasem mówiąc, jej zmienności gołym okiem nie dostrzegamy, gdyż zachodzi w granicach zaledwie 10% średniego blasku. Nawiązanie skali odległości w Galaktyce i odległości pozagalaktycznych musiało więc nastąpić okrężną drogą. Umożliwiły to gromady kuliste, w których występują również cefeidy. Odległość tych gromad można bowiem wyznaczyć porównując jasności absolutne i obserwowane zwykłych gwiazd należących do nich. Niezbędną tu jasność absolutną gwiazdy można określić na podstawie jej widma, jak podpowiada diagram H-R. Tak więc odległość pewnej liczby cefeid dała się jednak ustalić.

W ten sposób cefeidy stały się niezwykle ważnymi dla astronomii obiektami nie tylko jako gwiazdy pulsujące, ale też jako obiekty umożliwiające pomiar odległości międzygalaktycznych, ponieważ są gwiazdami generalnie jasnymi i dzięki temu widocznymi z ogromnych odległości. Dziś umiemy klarowny obraz wyznaczania odległości kosmicznych, jaki powstał dzięki pracy Henrietty Leavitt, odpowiednio skomplikować uwzględniając np. istnienie materii międzygwiazdowej fałszującej obserwowane jasności gwiazd. Okazało się też, że są cefeidy kilku rodzajów, ale to wszystko oznacza tylko, że metoda zapoczątkowana odkryciem Henrietty Leavitt została udoskonalona i jest stosowana do dziś.



Zadania

Redaguje Krzysztof OLESZKIEWICZ

Zadania 756 i 757 zaproponował Jarosław Wróblewski.

M 756. Trzy osoby grają w orła i reszkę. Każdy z graczy wpłaca do puli 1 zł. Pierwszy zawsze obstawia orła, a drugi – reszkę. Pula 3 zł jest dzielona równo między osoby, które trafnie wytypowały wynik rzutu symetryczną monetą. Uzasadnić, dlaczego gra nie jest sprawiedliwa dla trzeciego gracza.

Rozwiązanie na str. 16

M 757. Czy istnieją takie liczby wymierne x, y, z, t , że

$$1 + \sqrt{2} = (x + y\sqrt{2})^2 + (z + t\sqrt{2})^2?$$

Rozwiązanie na str. 3

M 758. Załóżmy, że $a_{(-9)}, a_{(-8)}, \dots, a_8, a_9$ są liczbami rzeczywistymi. Udowodnić, że

$$\sum_{m=-9}^9 \sum_{n=-9}^9 |m+n| a_m a_n \geq \sum_{m=-9}^9 \sum_{n=-9}^9 |m-n| a_m a_n.$$

Rozwiązanie na str. 3

Redaguje Krzysztof REJMER

F 417. Bańka mydlana wypełniona powietrzem znajduje się w próżni. Znaleźć równanie (w zmiennych p, V) opisujące przemianę gazu w bańce przy zmianach temperatury powietrza w bańce oraz ciepło właściwe tego procesu. Przyjąć, że powietrze jest gazem doskonałym, a napięcie powierzchniowe σ nie zależy od temperatury.

Rozwiązanie na str. 8

F 418. Kulkę zawieszono na długiej nici o długości l i odchyłono od pionu o niewielki kąt α . Drugą taką samą kulkę umieszczono w punkcie zaczepienia nici. Obie kulki puszczono jednocześnie. Która z nich wcześniej znajdzie się na poziomie najniższego położenia pierwszej kulki?

Rozwiązanie na str. 16

