

Odrobina teorii

Wielkości gwiazdowe:

1. Ptolemeusz wprowadził podział jasności gwiazd na 6 wielkości, przy czym gwiazdy 6-tej wielkości były najciemniejsze.

2. Herschel powiązał wielkości gwiazdowe z natężeniem światła i ocenił, że strumień światła gwiazdy pierwszej wielkości jest około 100 razy większy od gwiazdy 6-tej wielkości.

3. Kierując się tym, Pogson wprowadził skalę, zgodnie z którą różnicy wielkości gwiazdowych wynoszącej 5 odpowiada stosunek strumieni promieniowania gwiazd 100:

$$\frac{I_m}{I_{m+5}} = 10, \quad (1)$$

gdzie I_m oznacza strumień od gwiazdy o wielkości gwiazdowej m , a I_{m+5} strumień od gwiazdy o wielkości gwiazdowej $m + 5$. Wkładając to w logarytm o podstawie 10 dostajemy:

$$\log \frac{I_m}{I_{m+5}} = \log(I_m) - \log(I_{m+5}) = 2. \quad (2)$$

Różnicy wielkości gwiazdowych wynoszącej jeden odpowiada więc:

$$\log(I_m) - \log(I_{m+1}) = \frac{2}{5} = 0,4, \quad (3)$$

co oznacza, że różnica wielkości gwiazdowych wynosząca 1 odpowiada stosunkowi strumieni 2,512 ($\log 2,512 = 0,4$).

Zatem z równania 3 mamy:

$$m - (m + 1) = -1 = -\frac{1}{0,4} \log\left(\frac{I_m}{I_{m+1}}\right) = -2,5 \log\left(\frac{I_m}{I_{m+1}}\right) \quad (4)$$

i ogólnie

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log\left(\frac{I_{m_1}}{I_{m_2}}\right). \quad (5)$$

Można zatem ostatecznie zapisać:

$$m = -2,5 \log(I_m) + const + A, \quad (6)$$

gdzie stała $const$ wynosi $-2,5 \log(I_{m_0})$, $m_0 = 0$, a A jest ekstynkcją, która osłabia blask gwiazdy (więcej informacji poniżej). Punkt zerowy skali (natężenie, dla którego wielkość gwiazdowa wynosi 0) jest dobrany tak, że najsłabsze gwiazdy widoczne gołym okiem mają wielkość gwiazdową około 6^m (*magnitudo*), Wega (αLyr) około 0^m , Syriusz (αCMa) $-1^m,4$, Księżyc w pełni $-12^m,7$, Słońce $-26^m,8$.

Zadanie 0a

Oblicz ile razy natężenie promieniowania Słońca jest większe od natężenia promieniowania najsłabszych gwiazd widocznych gołym okiem.

Definicja: Jasność absolutna- wielkość gwiazdowa, jaką miałyby dana gwiazda, gdyby była odległa od Ziemi o 10 pc (parseków, 1pc=3,26r.ś.).

Niech gwiazda, znajdująca się w odległości d (wyrażonej w parsekach) od Ziemi ma wielkość gwiazdową obserwowaną m , a całkowita moc jej promieniowania wynosi I . Różnica jej jasności obserwowanej i absolutnej wynosi wtedy:

$$m - M = -2,5 \log\left(\frac{I}{4\pi(d[pc])^2} / \frac{I}{4\pi(10pc)^2}\right), \quad (7)$$

(moc promieniowania rozkłada się równomiernie na sferze, której środkiem jest środek gwiazdy a jej promień równy jest odległości, z jakiej gwiazdę widzi obserwator, dlatego moc dzielona jest przez powierzchnię tej sfery).

Przekształcając dalej to równanie dostajemy:

$$m - M = -2,5 \log\left(\frac{10pc}{d}\right)^2 = 5 \log\left(\frac{d}{10pc}\right) = 5 \log d - 5. \quad (8)$$

Wielkość $m - M$ nazywana jest modułem odległości i powyższe równanie pokazuje jej związek z odległością. Związek w tej postaci występuje jednak tylko, gdy przestrzeń pomiędzy nami i gwiazdą jest pusta, tj. nie ma materii, która zniekształca światło biegnące od gwiazdy, tj. nie ma ekstynkcji (materia międzygwiazdowa absorbuje, rozprasza i emituje promieniowanie). Aby ten wzór miał zastosowanie ogólne należy do niego dodać ekstynkcję ad , gdzie a jest współczynnikiem ekstynkcji, wyrażanym w magnitudo na parsek, a d odległością gwiazdy (czyli jeśli współczynnik ekstynkcji wynosi $a = 0.1mag/pc$ to gdy gwiazda znajduje się w odległości $20pc$ jej wielkość gwiazdowa w wyniku ekstynkcji będzie mniejsza o 2 magnitudo, np. 7 zamiast 5):

$$m - M = 5 \log d - 5 + ad = 5 \log d - 5 + A(d). \quad (9)$$

Zadanie 0b

W jakiej odległości znajduje się gwiazda, dla której moduł odległości wynosi 10?

Więcej informacji: E. Rybka "Astronomia Ogólna", M. Kubiak "Gwiazdy i materia międzygwiazdowa".

Zadania

Zadanie 1

Składniki Mizara mają wielkości gwiazdowe 2,4 i 4,5 magnitudo. Znajdź całkowitą wielkość gwiazdową układu.

Zadanie 2

Zaobserwowano układ podwójny, złożony z czerwonego olbrzyma ($R_1 = 15,9R_{\odot}$, maksimum widma promieniowania dla długości fali $\lambda_1 = 674nm$) i białego karła ($R_2 = 0,007R_{\odot}$, $T_2 = 20000K$). Porównaj absolutne wielkości gwiazdowe składników układu ($m_1 - m_2$). Podpowiedź: $b = 2,9mmK$.

Zadanie 3

Sprawdź, czy gdyby całe niebo świeciło z natężeniem takim jak tarcza Księżyca, to byłoby jaśniej niż w dzień (jasność obserwowana księżyca w pełni $m_K = -12,74mag$, jasność obserwowana Słońca $m_S = -26,74$, obserwowana średnica tarczy Księżyca $\phi = 30'$).

Zadanie 4

Dawno, dawno temu w odległej galaktyce, wokół gwiazdy Proteus krążyła zamieszkała planeta Vulcan. Miała ona tak ekscentryczną orbitę, że minimalna i maksymalna wielkość gwiazdowa widzianego z niej Proteusa różniła się o 1,5 magnitudo. Vulcanom bardzo się to nie podobało, więc poczekali, aż planeta osiągnie największą prędkość w swoim ruchu orbitalnym, włączyli generatory kappa-psi i na zawsze odlecieli z układu. Jaki był mimośród orbity Vulcana i ile razy (przynajmniej) wzrosła jego prędkość po uruchomieniu generatorów?

Zadanie 5

Ile wynosi ekstynkcja międzygwiazdowa, jeśli nieuwzględnienie jej w obliczeniach daje odległość do gwiazdy 1000 pc, a rzeczywista odległość to 500 pc?

Zadanie 6 (praca domowa)

Zależność okres-jasność dla cefeid klasycznych ma w przybliżeniu postać

$$M = -3 \log(P[\text{dni}]) - 1,5. \quad (10)$$

W pobliskiej galaktyce zaobserwowano cefeidę o jasności obserwowanej $m=19$ magnitudo i okresie pulsacji $P=32$ dni. Wiedząc, że współczynnik ekstynkcji w kierunku tej galaktyki wynosi 0,2 mag/Mpc, oblicz odległość do tej galaktyki (podpowiedź: zadanie rozwiąż graficznie).