Ćwiczenia z Astronomii Galaktycznej
Lata III i IV astronomii
Lista nr 2

1. Zakładając, że gwiazda porusza się ze stałą przestrzenną prędkością $\vec{v}$ względem obserwatora wyprowadzić następujące wyrażenia na wiekowe zmiany paralaksy π, ruchu własnego μ oraz prędkości radialnej v_r tej gwiazdy

$$\frac{d\pi}{dt} = \frac{-v_\mathrm{r}\pi^2}{\mathrm{arcsec\,pc}} \qquad \frac{dv_\mathrm{r}}{dt} = \frac{(k\mu)^2}{\pi}\,\mathrm{arcsec\,pc} \qquad \frac{d\mu}{dt} = \frac{-2\mu\pi v_\mathrm{r}}{\mathrm{arcsec\,pc}},$$

gdzie $k = \bar{\pi}/180^\circ$ ($\bar{\pi}$ to liczba π, czyli stosunek obwodu koła do jego średnicy). Posłużyć się płaskim układem odniesienia wyznaczonym przez kierunek ku gwieździe oraz kierunek prędkości gwiazdy.
Wyliczyć wiekowe zmiany paralaksy, ruchu własnego i prędkości radialnej dla gwiazdy Barnarda, dla której $\mu = 10.3$ arcsec/yr, $\pi = 0.5$ arcsec, $v_\mathrm{r} = 110$ km/s. Czy są one możliwe do pomierzenia? Czym gwiazda Barnarda wyróżnia się wśród gwiazd?

2. Przy wyznaczaniu jasności absolutnej z paralaksy należy uwzględnić pewną poprawkę, która jest związana z systematycznym efektem Lutza-Kelkera dla paralaks. Efekt ten polega na systematycznym zawyżaniu wyznaczanych paralaks, czyli średnio biorąc, paralaksy obserwowane są większe od paralaks prawdziwych.
Wyjaśnić jakościowo efekt Lutza-Kelkera zakładając że gwiazdy rozmieszczone są w przestrzeni jednorodnie. W tym celu rozważyć cienką warstwę kulistą ograniczoną sferami o promieniach odpowiadającym paralaksom prawdziwym π_1 oraz π_2, $\pi_1 > \pi_2$. Oszacować średnią ilość gwiazd na obu sferach, N_1 oraz N_2. Dla gwiazd tych mierzymy paralaksy obserwowane. W ogólności rozkład błędów mierzonych paralaks będzie gausowski. Tutaj jednak przyjąć rozkład prostszy: symetryczny, w którym obserwowana paralaksa π_obs różni się od prawdziwej π zawsze o $+\sigma_\pi$ lub $-\sigma_\pi$, tzn. $\pi_\mathrm{obs} = \pi \pm \sigma_\pi$. Policzyć średnią paralaksę z paralaks wszystkich gwiazd na obu sferach i porównać ją z paralaksą warstwy kulistej. Czym tak naprawdę efekt Lutza-Kelkera jest wywołany?

3. Dla gwiazd tzw. gromady ruchomej spełniona jest następująca zależność

$$v_\mathrm{r}^i = v\cos\lambda_i \qquad i = 1,\ldots,N,$$

gdzie v to prędkość gromady, v_r to prędkość radialna gwiazdy, λ to kąt między kierunkiem do gwiazdy a tzw. werteksem (więcej o tym na wykładzie), a N to ilość gwiazd. Znając v_r^i oraz λ_i znaleźć v stosując metodę najmniejszych kwadratów.

4. W 1922 r. Kapteyn ocenił z rozmieszczenia gwiazd średnicę dysku galaktycznego na 55000, a grubość na 11000 ly (lat świetlnych). Nieco wcześniej, w 1918 r., Shapley z rozkładu gromad kulistych ustalił, że średnica Drogi Mlecznej to aż 330000 ly! Jednak przy wyznaczaniu odległości do gromad Shapley użył gwiazd, o których sądził, że są cefeidami klasycznymi, a dokładniej zależności okres pulsacji – jasność absolutna dla gwiazd tego typu. Później okazało się, że w istocie były to gwiazdy typy W Virginis, które spełniają podobną zależność, ale przy tym samym okresie są o ok. 1.5 mag słabsze od cefeid klasycznych. Jaki wpływ uwzględnienie tego faktu ma na rozmiary Galaktyki wyznaczone przez Shapleya? Wytłumaczyć dlaczego 'wszechświat Kapteyna' był taki mały.

Grzegorz Kopacki