



Podstawy Astronomii 1
gwiazdy

gwiazdy

aberracja światła i paralaksa heliocentryczna

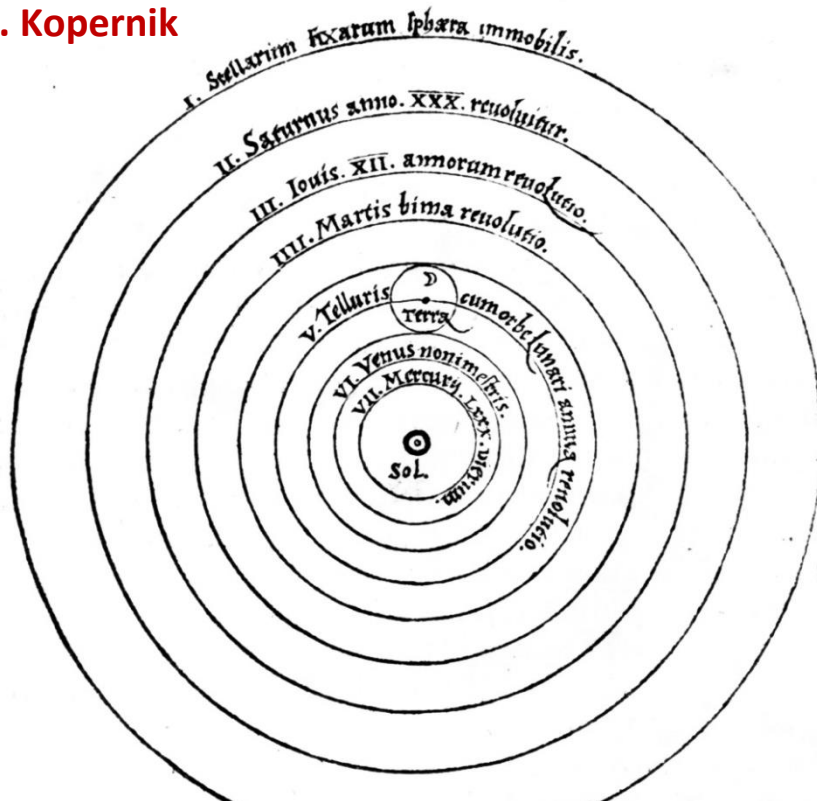
Ruch orbitalny Ziemi powoduje dwa efekty obserwacyjne:

- przesunięcie paralaktyczne (gwiazd)
- aberrację światła (roczną)

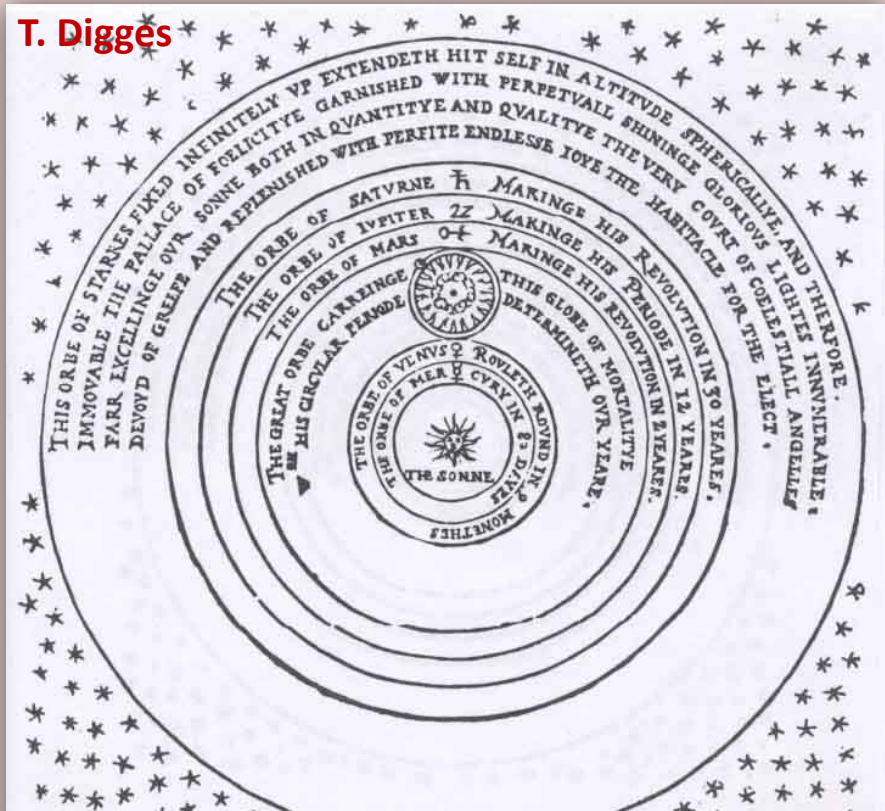
Zaobserwowanie tych efektów stanowi dowód ruchu orbitalnego Ziemi. Pierwszy z nich był przewidziany już przez Kopernika, ale potwierdzenie obserwacyjne nastąpiło dopiero w XIX w. Drugi został odkryty przypadkowo, przy próbie zaobserwowania pierwszego (James Bradley, 1729).

Pierwszy efekt obserwacyjny jest ważnym narzędziem do pomiaru odległości do gwiazd.

M. Kopernik



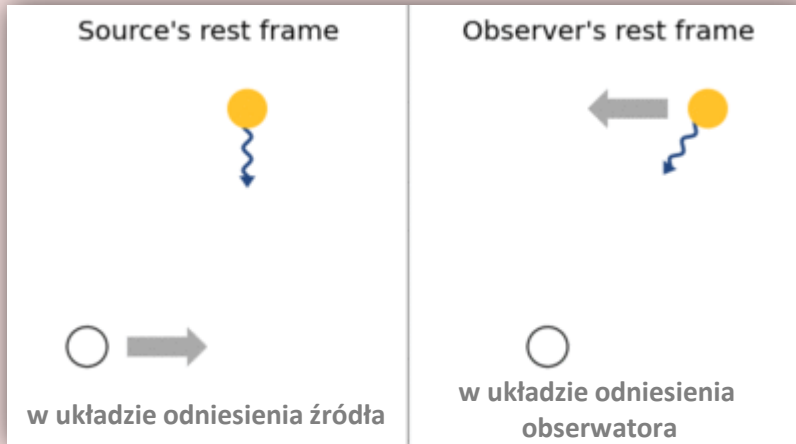
T. Digges



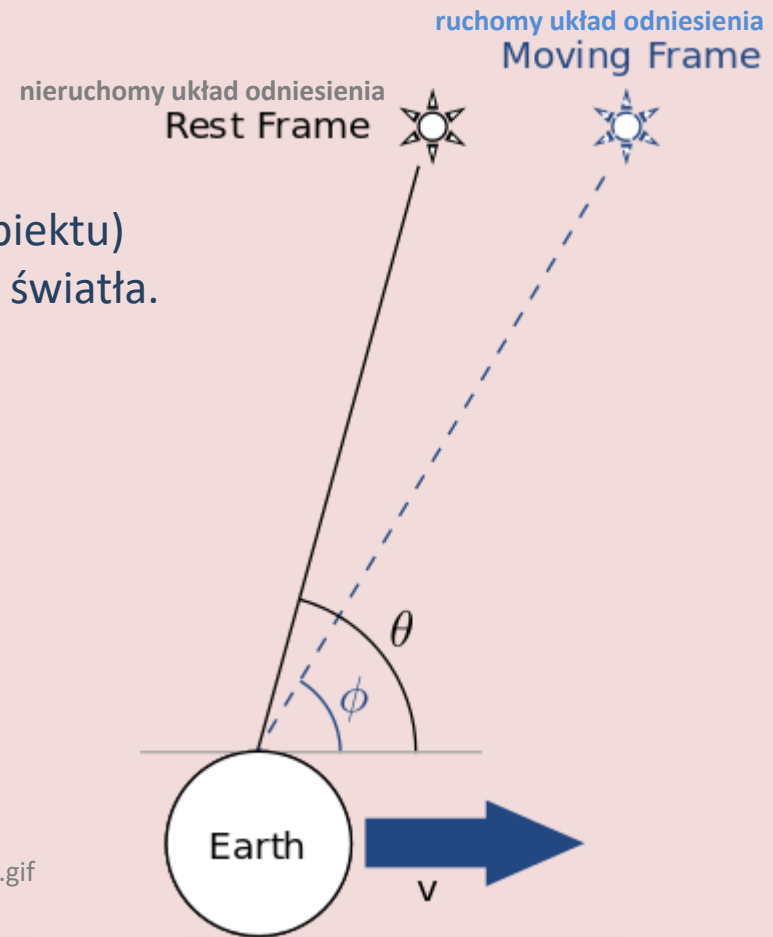
gwiazdy

aberracja światła

Zjawisko powodujące pozorne przesunięcie gwiazdy (obiektu) wynikające z ruchu obserwatora i skończonej prędkości światła.



animacja: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aberrationlighttimebeaming.gif>



gwiazdy

aberracja światła

kąt θ – rzeczywisty kierunek do gwiazdy względem wektora prędkości obserwatora

kąt φ – pozorny kierunek do gwiazdy względem wektora prędkości obserwatora

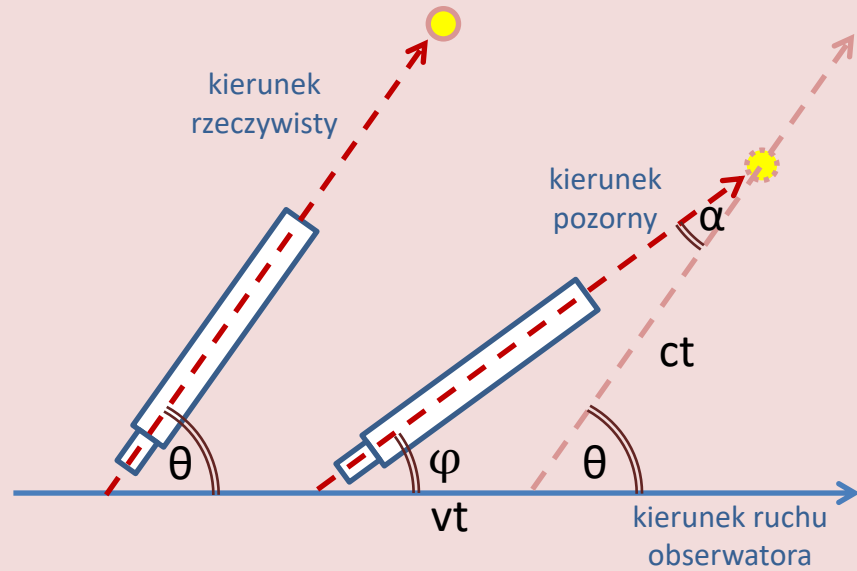
kąt aberracji:

$$\alpha = \theta - \varphi$$

Z tw. sinusów

$$\frac{\sin \alpha}{vt} = \frac{\sin \varphi}{ct}$$

$$\sin \alpha = \frac{v}{c} \sin \varphi$$



v – prędkość obserwatora, c – prędkość światła, t – czas w jakim światło pokonuje długość teleskopu. Maksymalny kąt aberracji wystąpi dla gwiazd położonych 90° od kierunku ruchu obserwatora:

$$\sin \alpha = \frac{v}{c}$$

Dla ruchu orbitalnego Ziemi $v=30$ km/s, $\alpha=20''$.5 (aberracja roczna).

Dla obrotu dobowego Ziemi, na równiku $v=0.46$ km/s, $\alpha=0''$.32 (aberracja dobową).

Kąt α jest bardzo mały ($v/c \ll 1$), więc kąty $\varphi \approx \theta$.

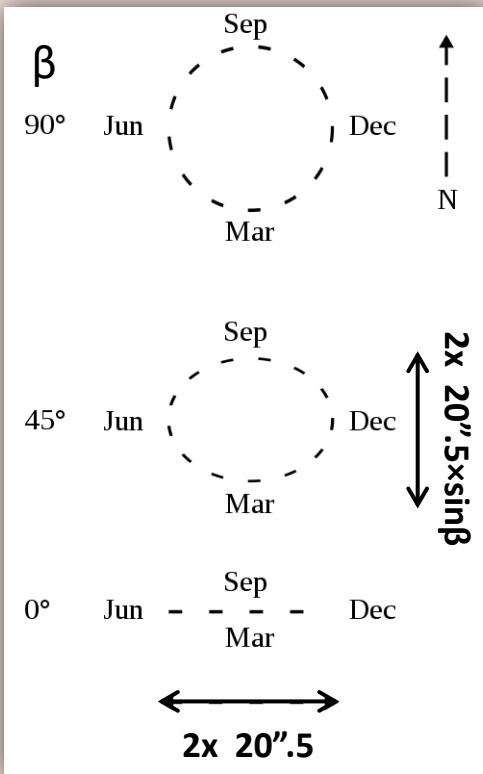
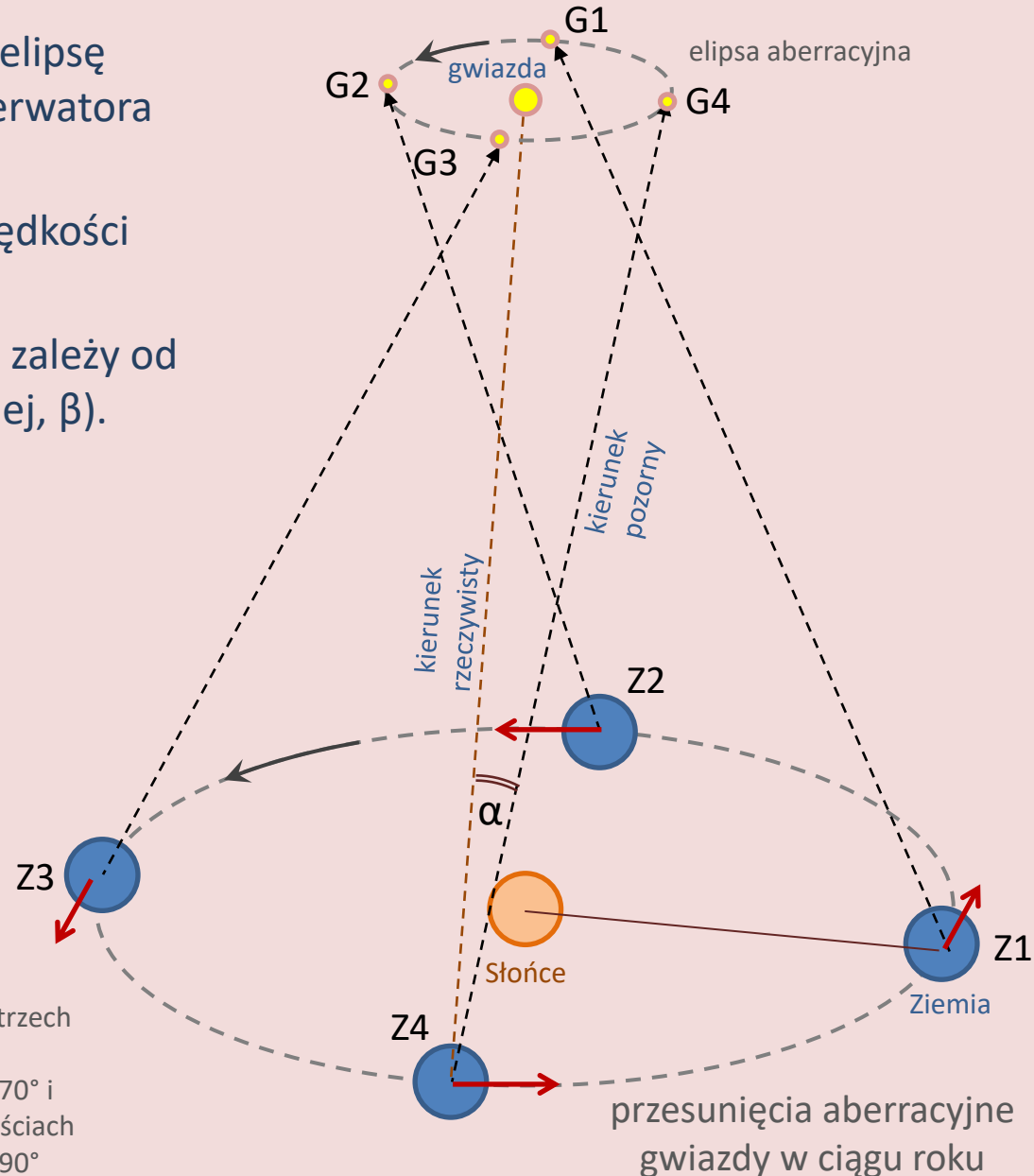
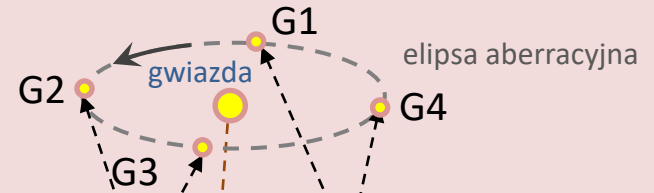
gwiazdy

roczna aberracja światła

W ciągu roku gwiazda zakreśli na niebie elipsę aberracyjną odzwierciedlającą ruch obserwatora dookoła Słońca.

Rozmiar elipsy aberracyjnej zależy od prędkości orbitalnej Ziemi.

Kształt (spłaszczenie) elipsy aberracyjnej zależy od położenia gwiazdy (szerokości ekliptycznej, β).



elipsy aberracyjne dla trzech gwiazd położonych na długości ekliptycznej 270° i trzech różnych szerokościach ekliptycznych: 0°, 45°, 90°

gwiazdy

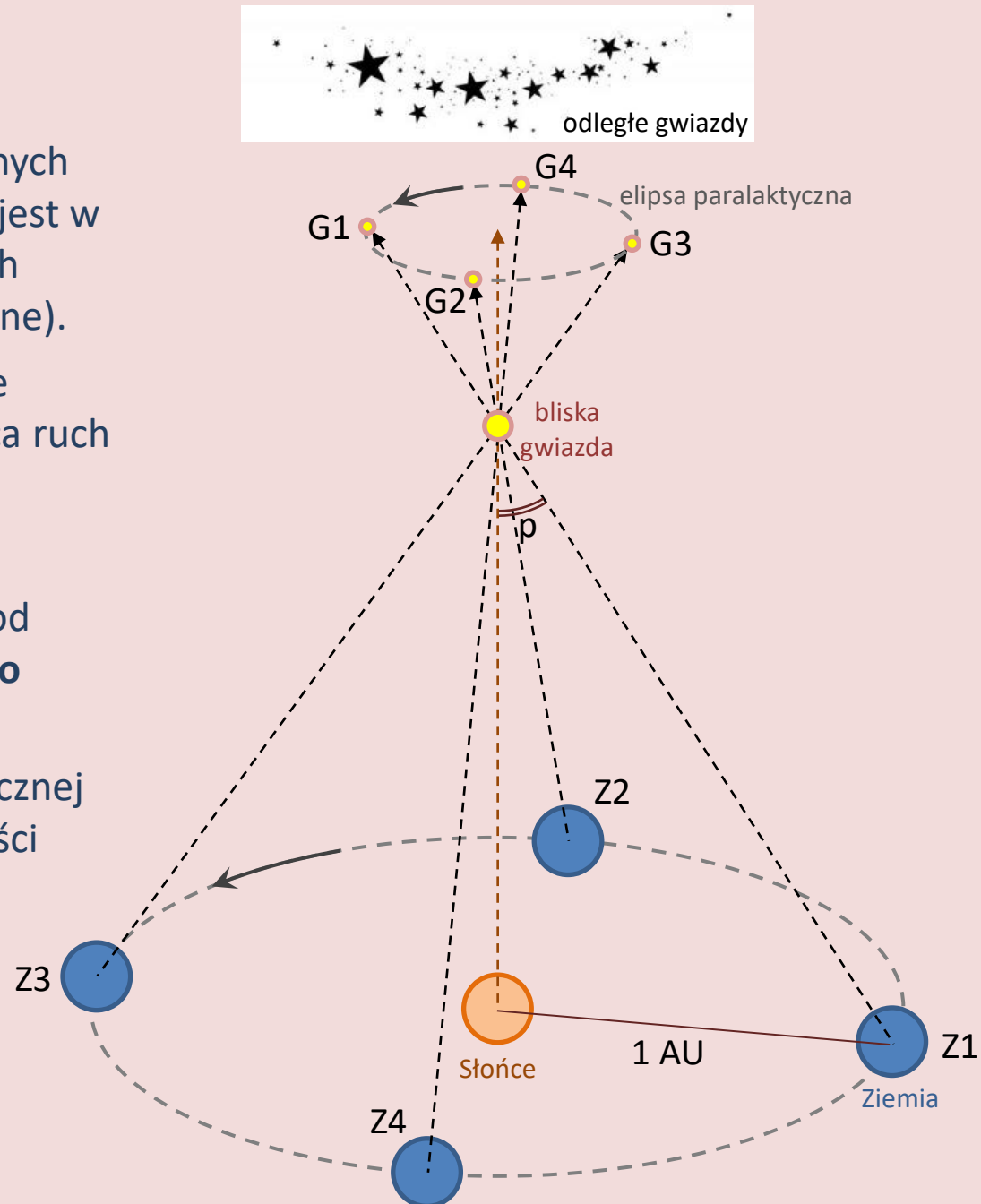
paralaksa heliocentryczna

Obiekt (gwiazda) obserwowany z różnych miejsc na orbicie ziemskiej widoczny jest w innym miejscu na niebie (na tle innych odległych gwiazd, ma inne współrzędne).

W ciągu roku obiekt zakreśli na niebie elipsę paralaktyczną odzwierciedlającą ruch obserwatora dookoła Słońca.

Rozmiar elipsy paralaktycznej zależy od rozmiarów orbity Ziemi i **odległości do gwiazdy**.

Kształt (spłaszczenie) elipsy paralaktycznej zależy od położenia gwiazdy (szerokości ekliptycznej).



gwiazdy

paralaksa heliocentryczna

Kąt paralaksy heliocentrycznej (paralaksa heliocentryczna, p) to różnica kierunków w jakich widoczny jest obiekt z Ziemi i Słońca*.

$$\operatorname{tg}(p) = \frac{1[\text{AU}]}{d}$$

d – odległość do gwiazdy w AU

Kąt p jest mały więc

$$p[\text{rad}] = \frac{1}{d}$$

$$\frac{p["]}{206264.8["/\text{rad}]} = \frac{1}{d}$$

$$p["] = \frac{1}{d/206264.8["/\text{rad}]}$$

$$d[\text{pc}] = d[\text{AU}]/206264.8["/\text{rad}]$$

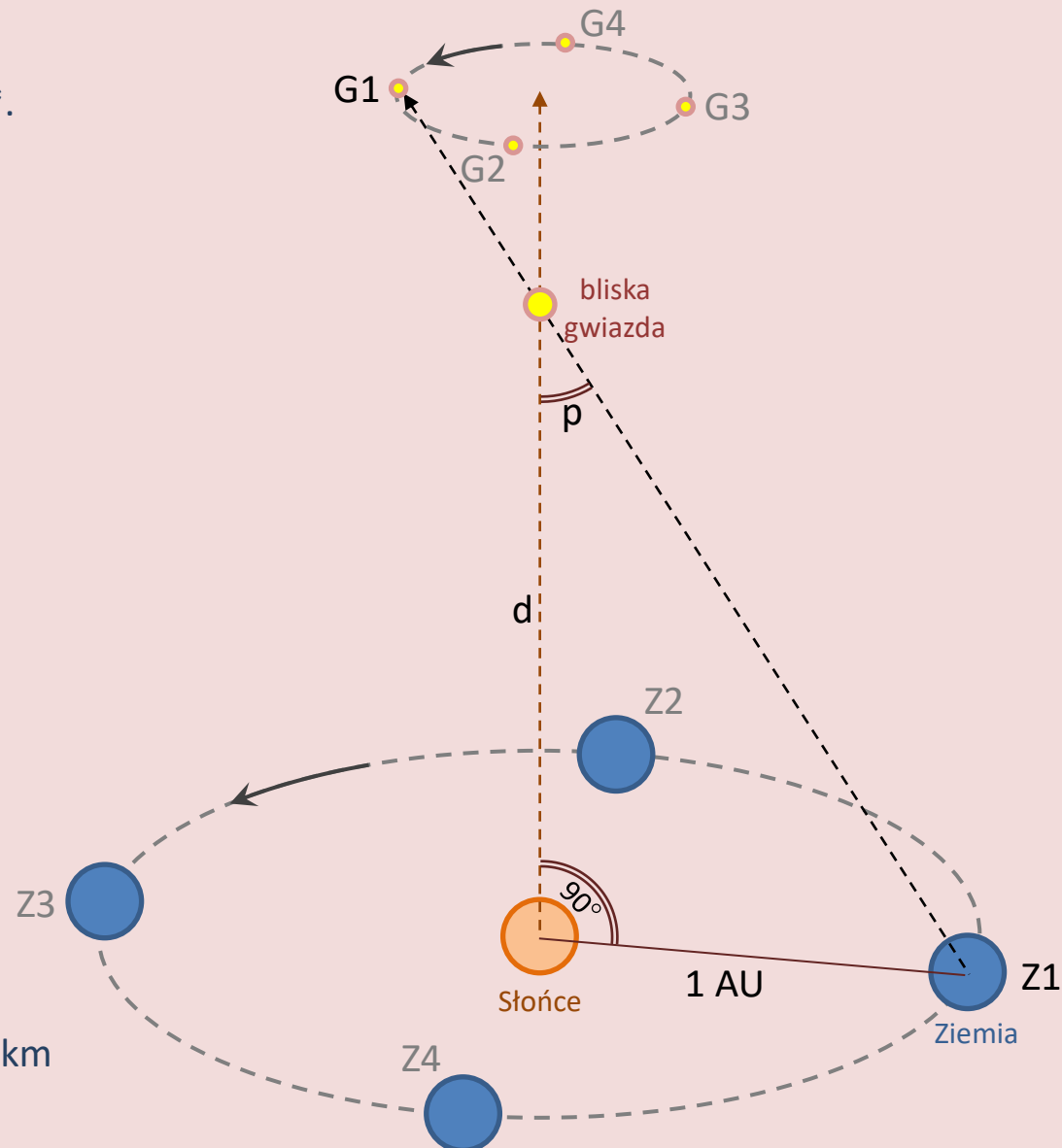
$$p["] = \frac{1}{d[\text{pc}]} \quad d[\text{pc}] = \frac{1}{p["]}$$

1 pc (parsek) – odległość z jakiej 1 AU ma rozmiar kątowy 1"

1 pc = 206265.8 AU = 3.26 ly = 3.086×10^{13} km

większe odległości: kpc, Mpc

ly – light year (rok świetlny)



gwiazdy

paralaksa heliocentryczna

Trudności w pomiarach paralaksy heliocentrycznej:

- wybór gwiazdy (paralaksy zbyt odległych obiektów są niemierzalne),
- ruchy własne gwiazd (przesuwanie się gwiazd na niebie wywołane ich ruchem w przestrzeni)

Ruchy własne gwiazd odkrył Halley (1718).

Ruch gwiazd względem Słońca

Jak wyznaczyć wektor prędkości przestrzennej (v) gwiazdy (obiektu) względem Słońca?

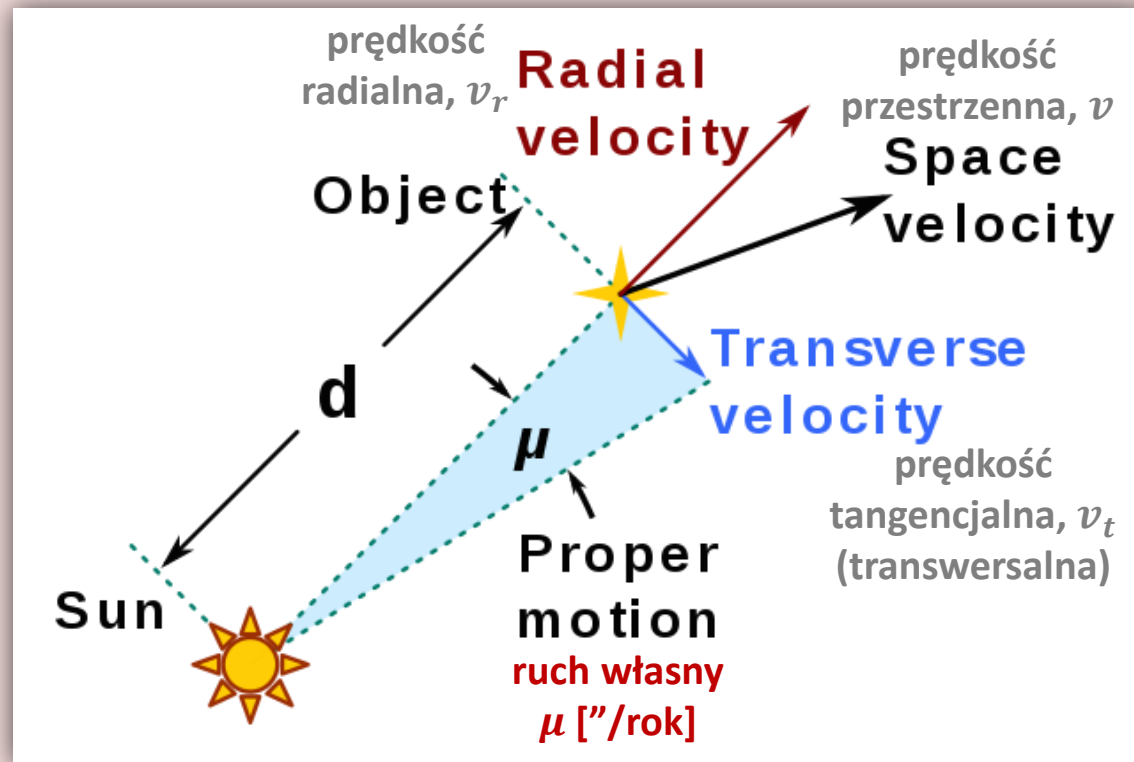
$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}$$

Prędkość radialną v_r wyznaczamy ze zjawiska Dopplera (następny slajd).

Prędkość tangencjalną v_t wyznaczamy z **ruchu własnego** (μ) i odległości (d) (lub paralaksy, p).

$$v_t = dtg(\mu) = 4.74\mu d = 4.74 \frac{\mu}{p}$$

Jednostki w równaniu: v_t [km/s], μ ["/rok],
 d [pc], p ["]

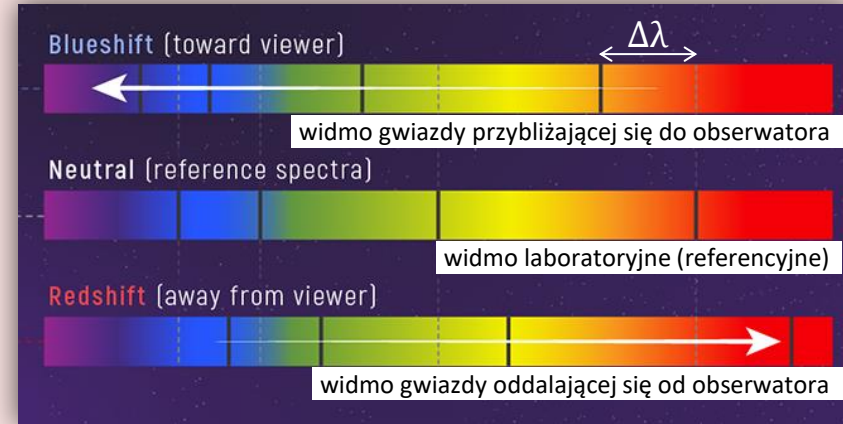


gwiazdy

Prędkość radialną v_r wyznaczamy ze zjawiska Dopplera mierząc przesunięcia linii obserwowanych w widmie gwiazdy (obiektu).

$$\frac{v_r}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

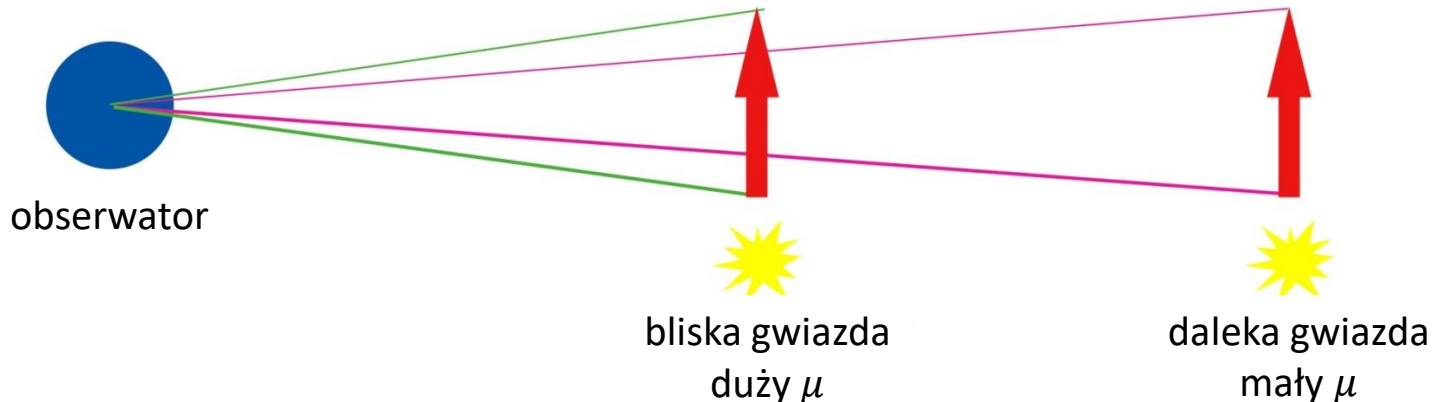
c – prędkość światła, λ – długość fali, na której dana linia widmowa występuje w przy zerowej v_r (laboratoryjna), $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ – obserwowane przesunięcie linii, λ' – długość fali, na której dana linia jest obserwowana.



blueshit – przesunięcie ku fioletowi
redshift – przesunięcie ku czerwieni

Paralaksy zbyt odległych gwiazd są niemierzalne – jak wytypować gwiazdy potencjalnie bliskie? Po ruchu własnym μ .

Bliskie gwiazdy mają zwykle większe ruchy własne

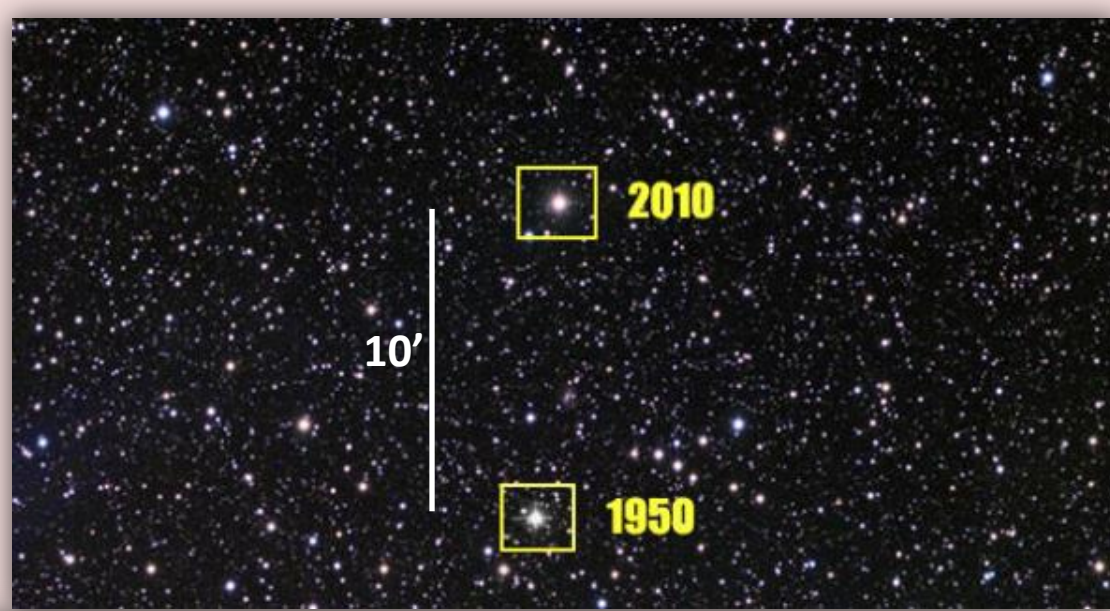


gwiazdy

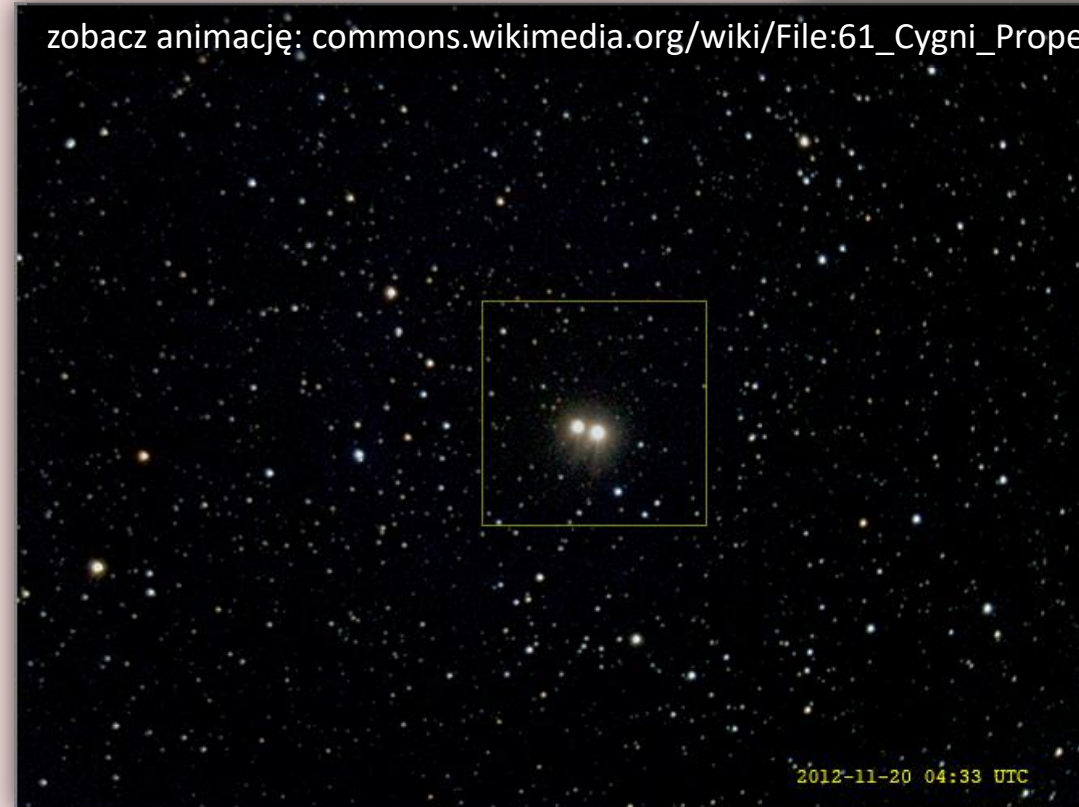
Największy znany ruch własny:
Gwiazda Barnarda (9^m.51)
 $\mu=10.3$ "/rok

Ruchy własne zmieniają współrzędne
gwiazd (obiektów) na niebie

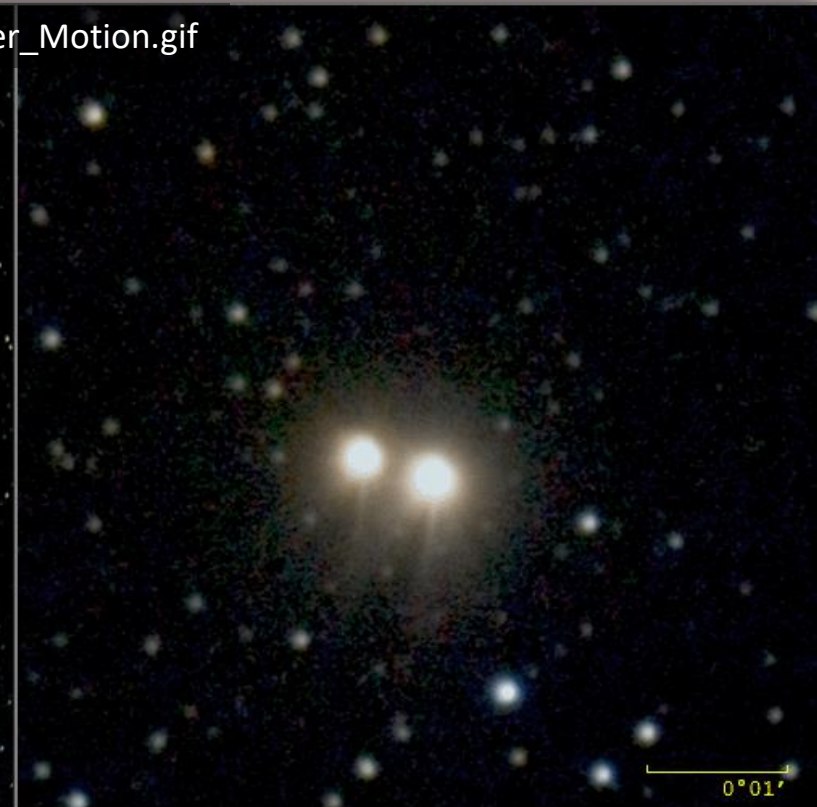
Z gwiazd widocznych gołym okiem:
61 Cyg (5^m.20 i 6^m.05)
 $\mu=5.3$ "/rok



zobacz animację: commons.wikimedia.org/wiki/File:61_Cygni_Proper_Motion.gif



2012-11-20 04:33 UTC



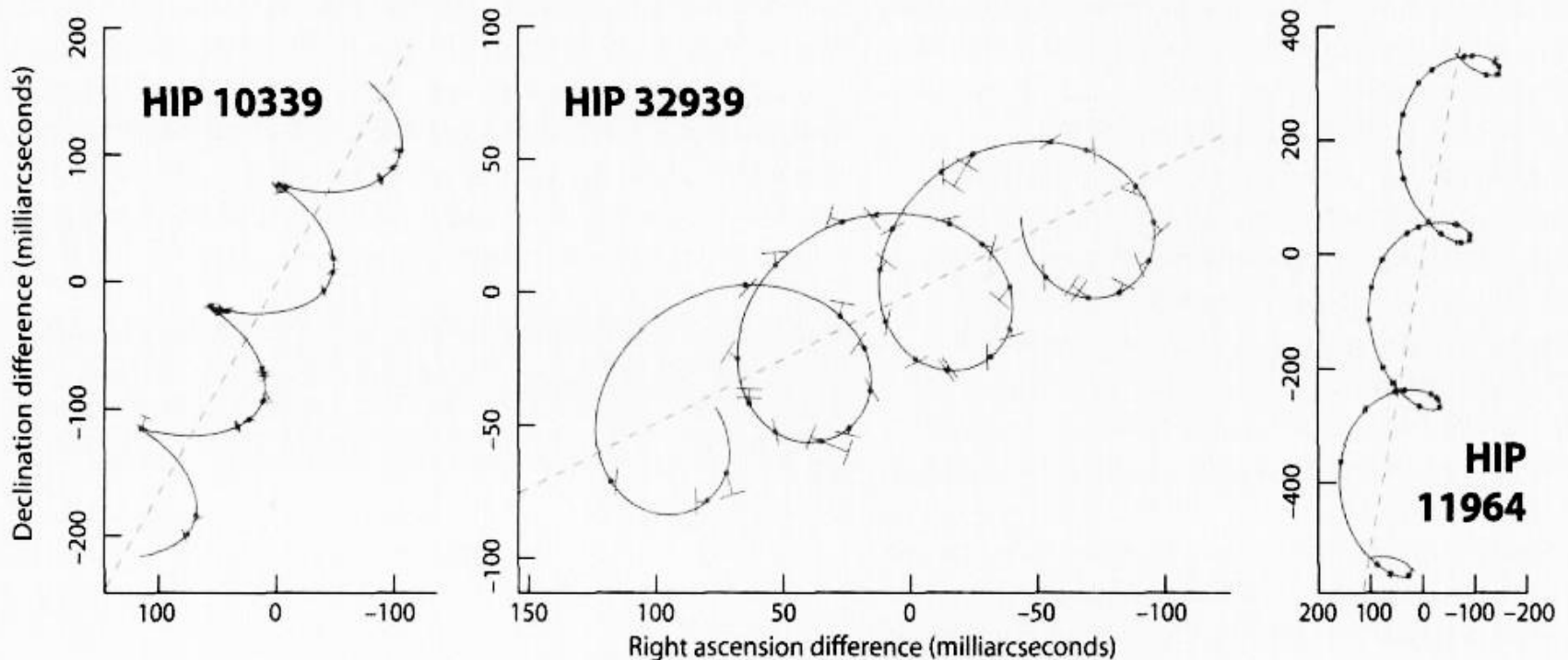
0°01'

gwiazdy

paralaksa heliocentryczna

Obserwowane położenie gwiazdy jest nałożeniem się wielu efektów, w tym ruchu własnego i paralaksy.

Przed wyznaczeniem paralaksy należy usunąć wszystkie inne efekty.



The apparent paths of three stars across the sky during the three years of the Hipparcos mission. Each looping line shows the combination of parallax (an ellipse) and proper motion (a straight line) that best fits the data. The star's measured positions are shown by T-like intersections; these are often hidden under the dots, which mark their best-fit places on the line. Each curlicue in the 118,000-star database is different. From the Hipparcos Intermediate Data Web page.

gwiazdy

paralaks heliocentryczna

Trudności w pomiarach paralaksy heliocentrycznej:

- błędy pomiarowe (każdy pomiar obarczony jest błędem)

Zasięg pomiarów paralaksy:

- pomiary naziemne: $0''.1$ (10 pc)
- Hipparcos: $0''.01 = 10 \text{ mas}$ (100 pc)
- Gaia: $0''.0001 = 100 \mu\text{as}$ (10000 pc)

pomiar paralaksy
Gwiazdy Barnarda

