Przedmiot:

# *ASTRONOMICZNE PODSTAWY GEOGRAFII*

Program:

1.Układy współrzędnych sferycznych.

2.Ruch obrotowy Ziemi - fizyczne dowody i jego skutki.

3.Ruch obiegowy Ziemi - fizyczne dowody i jego skutki.

4.Ziemia i jej atmosfera.

5.Księżyc.

6.Budowa układu Planetarnego.

7.Budowa Słońca i jego wpływ na Ziemię.

8.Miejsce U.S. we Wszechświecie.

Literatura:

Rybka „Astronomia ogólna”

J.M. Kreiner „Astronomia z astrofizyką”

Jan Mietelski „Astronomia w geografii”

T. Opolski „Astronomiczne podstawy geografii”

T.Wilgat „Geografia astronomiczna ”

Michał Jaroszyński „Galaktyki i budowa Wszechświata”

Paweł Artymowicz „Astrofizyka układów planetarnych”

Marcin Kubiak „Gwiazdy i materia międzygwiazdowa”

Michał Heller „Ewolucja kosmosu i kosmologii”

Frank Close „Kosmiczna cebula”

Stephen W. Hawking „Krótka historia czasu”

Staniaław Brzostkiewicz „Obserwujemy nasze niebo”

Edward Pittich, Dason Kalmoncok

„Niebo na dłoni”

## *SFERA NIEBIESKA*

- powierzchnia kuli o promieniu ∞
- koła wielkie i małe

# *UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH*

Jednostki miary kątów

stopnie α np. 10°32′23″ = 10.539722°

łukowa
$$\begin{array}{ccc} 180 & - & p \\ a & - & x \end{array} \qquad x = \frac{3.14159 \cdot a}{180} = 0.1839528$$

czasowa
$$\begin{array}{ccc} 360 & - & 24^h \\ a & - & x \end{array} \qquad x = \frac{24^h \cdot a}{360} = 0^h 42^m 9.53^s$$

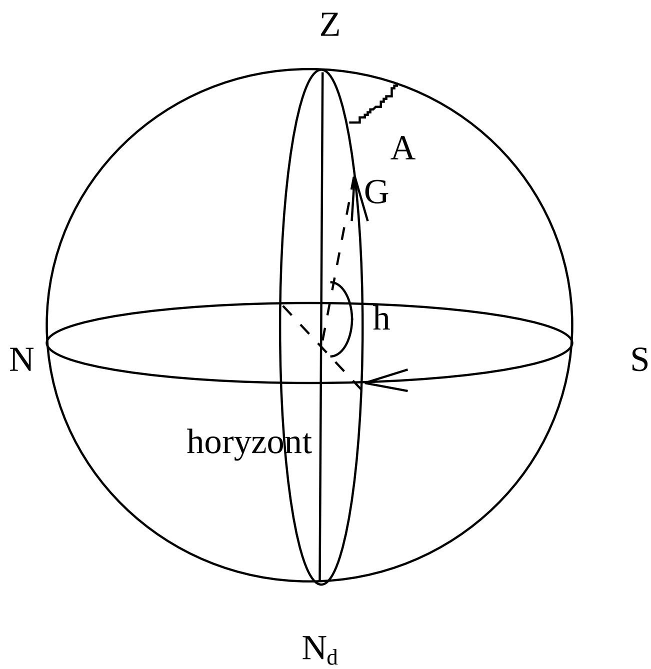
1 rad = 57.29578°

1 h = 15°

1° = 0.0174532

1° = $4^m$

*UKŁAD HORYZONTALNY*

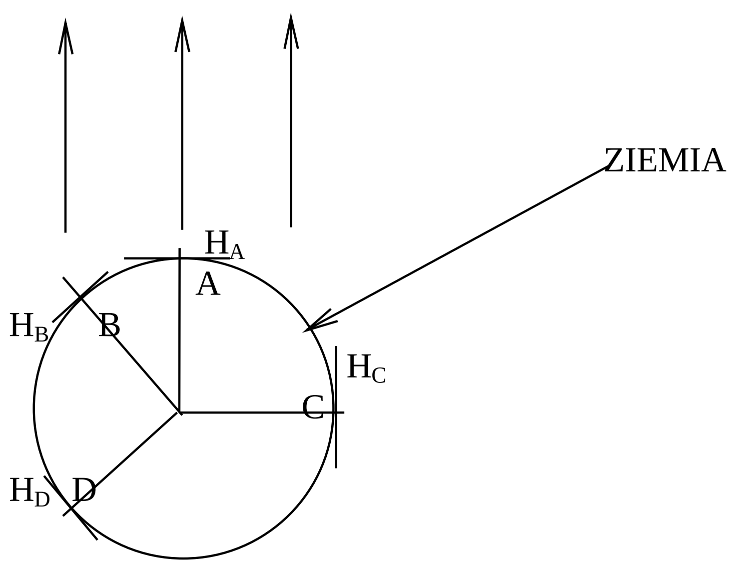



A - azymut (0 ÷ 360°)

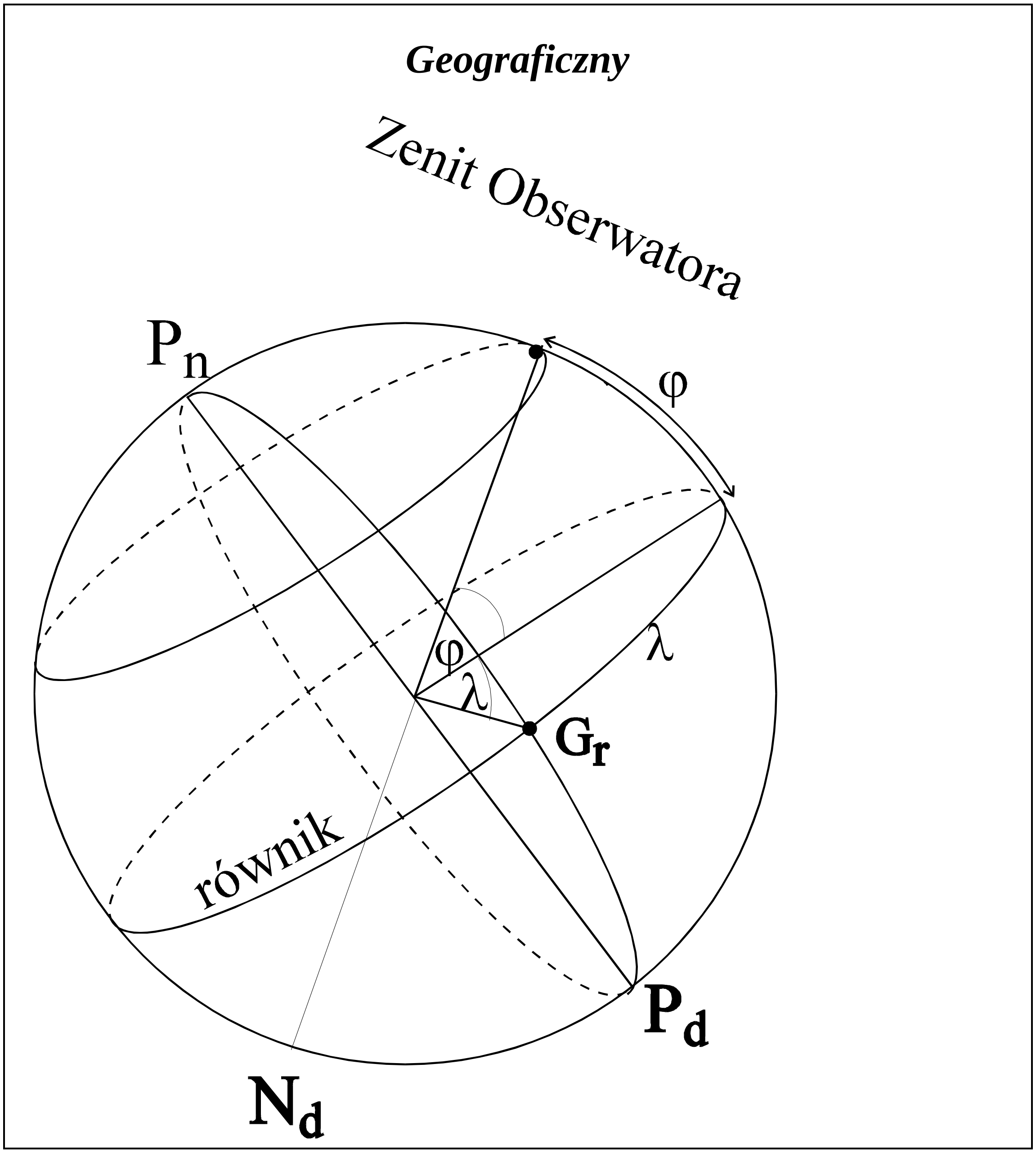
h - wysokość (0 ÷ 90°)

z = 90-h - odległość zenitalna

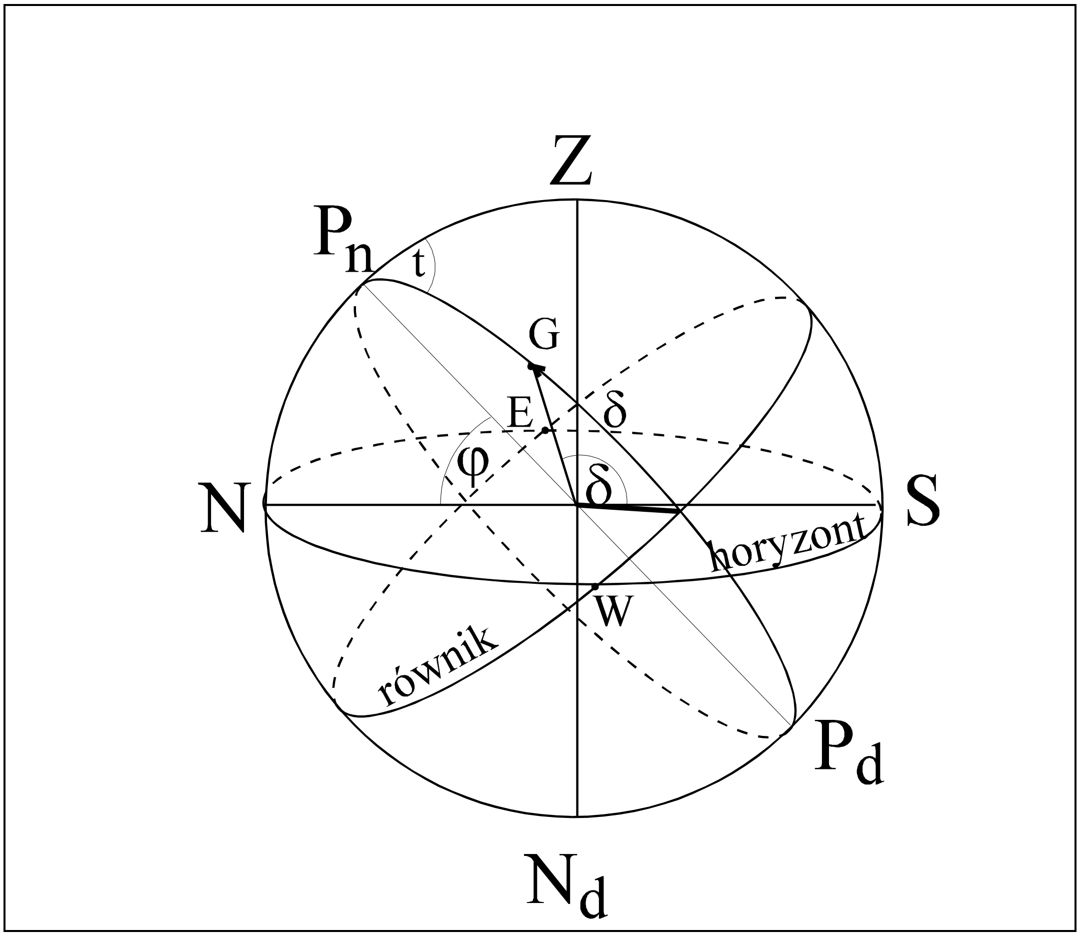
G - gwiazda



# *RÓWNIKOWY* I - *NIEBIESKI*



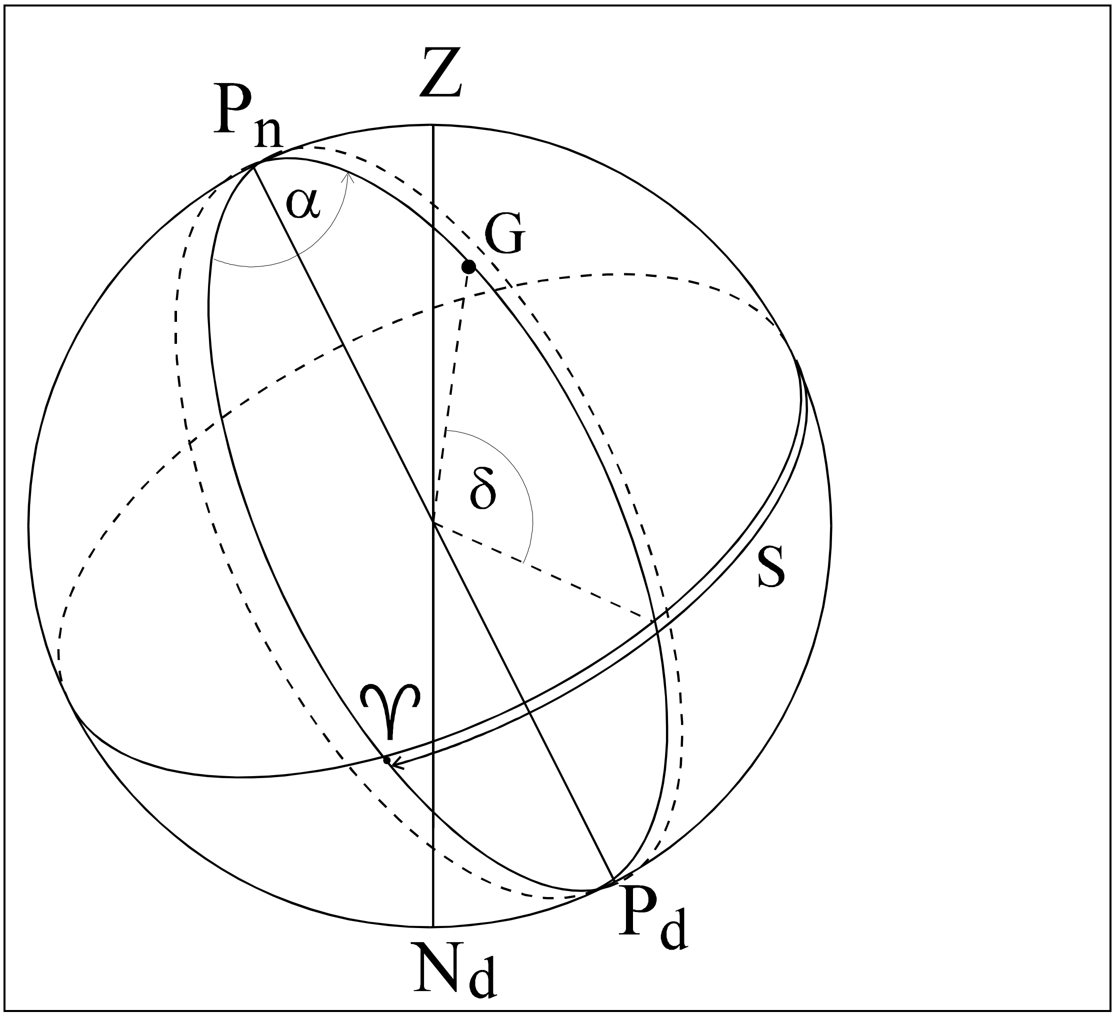
*RÓWNIKOWY I*




t - kąt  godzinny (0÷24$^h$)

δ - deklinacja  (0÷90°)

*RÓWNIKOWY II*



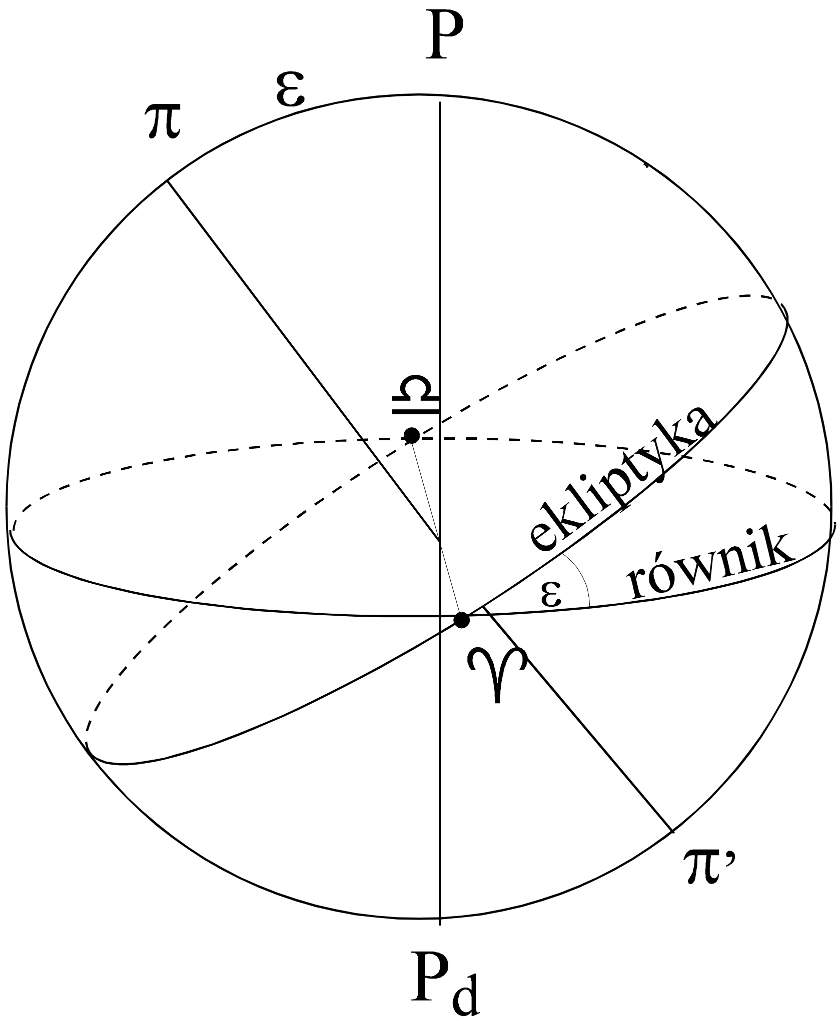

α - rektascencja$(0\div 24^{h})$

δ - deklinacja    $(0\div 90°)$

S - czas gwiazdowy$(0\div 24^{h})$

*RÓWNIK I EKLIPTYKA*

Układ Ekliptyczny




**^** - punkt Borowa

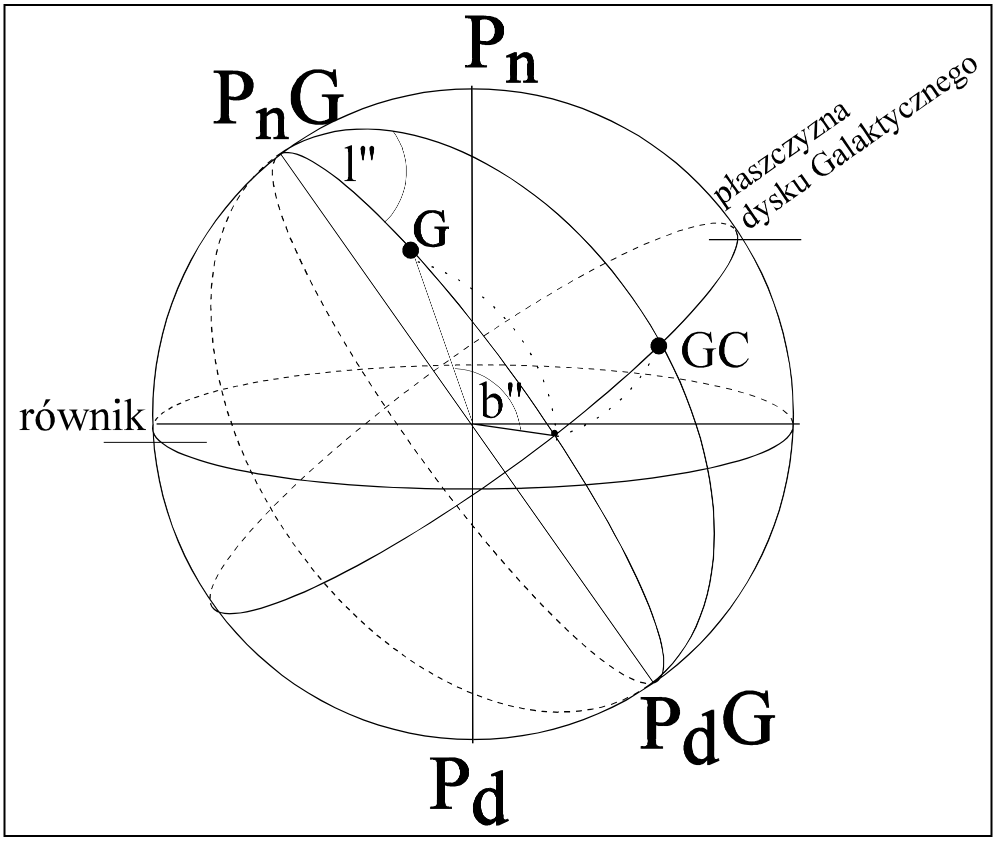
**d** - punkt Wagi

ε - nachylenie ekliptyki do równika

λ = dł. ekliptyczna

β - szer. ekliptyczna

*GALAKTYCZNY*




b″ - szerokość galaktyczna
l″ - długość galaktyczna

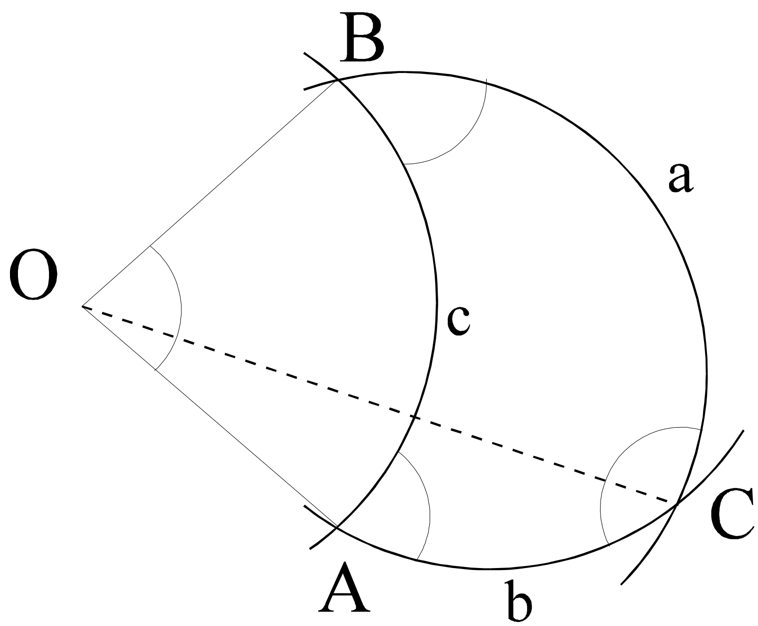
NPG $\alpha'' = 12^h 49^m$ $\delta = +27°4'$

SPG $\alpha = 0^h\,49^m$ $\delta = -27°4'$

GC $\alpha = 17^h\,42{,}4^m$ $\delta = -28°55'$

(1950)

*TRYGONOMETRIA SFERYCZNA*




$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \cos A \cdot \cos C$$
$$\cos b = \cos c \cdot \cos a + \sin c \cdot \sin a \cdot \cos B$$
$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

twierdzenie cos.

$$\sin a \cdot \sin B = \sin A \cdot \sin b$$
$$\sin a \cdot \sin C = \sin A \cdot \sin c$$
$$\sin b \cdot \sin C = \sin B \cdot \sin c$$

twierdzenie sin.

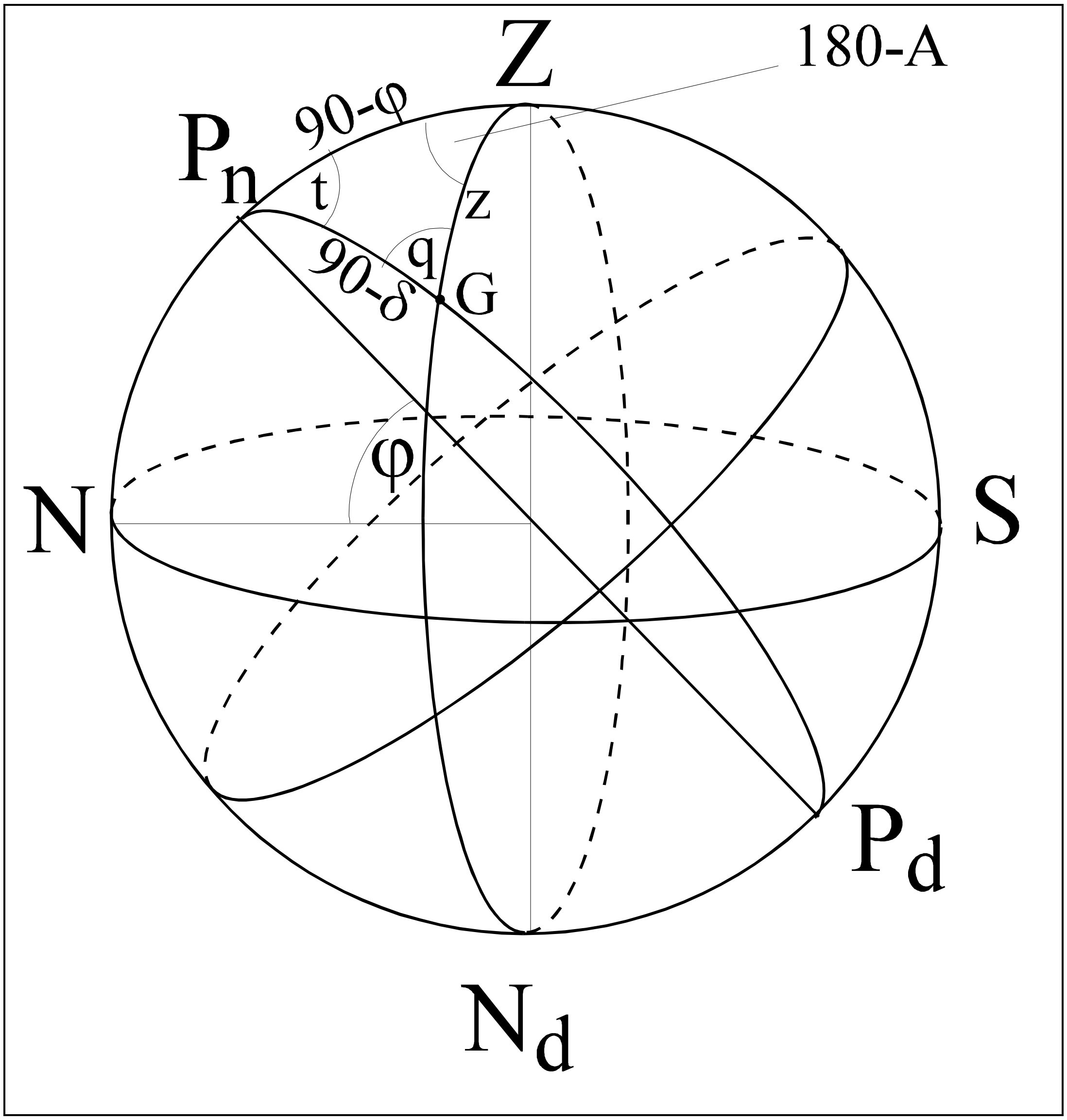
# Ortodroma Loksodroma

$$\cos l = \cos(90° - \varphi_1)\cdot\cos(90° - \varphi_2) + \sin(90° - \varphi_1)\cdot\sin(90° \ \varphi_2)\cdot\cos(\Delta\ \lambda)$$

$$\boxed{\cos l[\text{rad}] = \sin\varphi_1\cdot\sin\varphi_2 + \cos\varphi_1\cdot\cos\varphi_2\cdot\cos(\Delta\ \lambda)}$$

$$l\ [\text{km}] = R_{\oplus} \cdot l\ [\text{rad}]$$

*TRÓJKĄT PARALAKTYCZNY*




Wzory do przeliczenia współrzędnych

dane A Z φ

$\sin\delta = \sin\varphi \cdot \cos z - \cos\varphi \cdot \sin z \cdot \cos A$

$\cos\delta \cdot \sin t = \sin Z \cdot \sin A$

$\cos\delta \cdot \cos t = \cos\varphi \cdot \cos z + \sin\varphi \cdot \sin z \cdot \cos A$

Zaś gdy znamy: t, δ

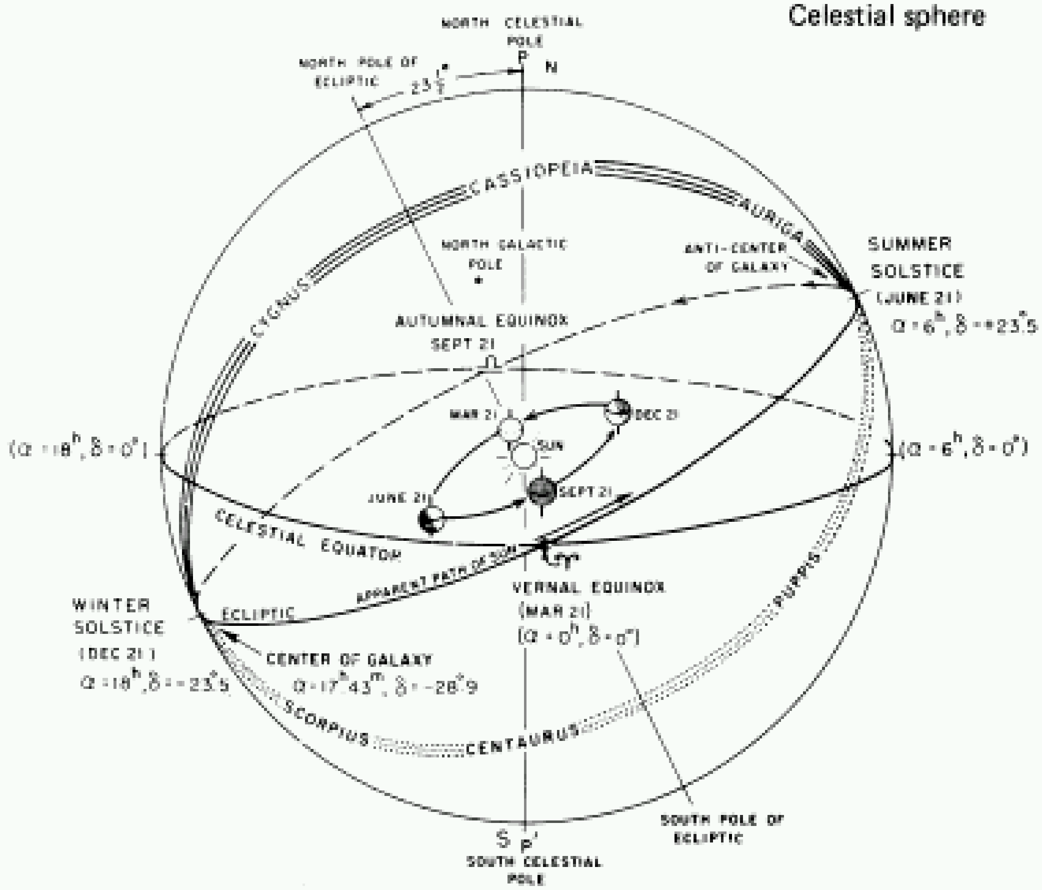
$\cos z = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t$

$\sin z \cdot \sin A = \cos\delta \cdot \sin t$

$\sin z \cdot \cos A = -\cos\varphi \cdot \sin\delta + \sin\varphi \cdot \cos t$

## *The celestial sphere*

Celestial sphere




(Adapted from Valley, S. L., ed., *Handbook of Geophysics and Space Environment*, AFCRL, 1965.)

*Horizon–equatorial (celestial) systems*

$\cos a \sin A = +\cos\delta \sin h$,

$\cos a \cos A = -\sin\delta \cos\varphi + \cos\delta \cos h \sin\varphi$,

$\sin a = \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos h \cos\varphi$,

$\cos\delta \sin h = \cos a \sin A$,

$\cos\delta \cos h = \sin a \cos\varphi + \cos a \cos A \sin\varphi$,

$\sin\delta = \sin a \sin\varphi - \cos a \cos A \cos\varphi$,

$h$ = local sidereal time $-\,\alpha$,

$A$ = azimuth, toward West from South,

$a$ = altitude,

$\varphi$ = observer's latitude,

$h$ = local hour angle,

$\alpha$ = right ascension,

$\delta$ = declination.

*Ecliptic–equatorial (celestial) systems*

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

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

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

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

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

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

$\alpha$ = right ascension, $\delta$ = declination,

$\lambda$ = ecliptic longitude, $\beta$ = ecliptic latitude,

$\varepsilon$ = obliquity of the ecliptic $= 23°27'8''.26 - 46''.845T - 0''.0059T^2 + 0''.00181T^3$

where $T$ is the time in centuries from 1900.

*Galactic–equatorial (celestial) systems*

$\cos b^{\mathrm{II}} \cos(l^{\mathrm{II}} - 33°) = \cos\delta \cos(\alpha - 282.25°)$,

$\cos b^{\mathrm{II}} \sin(l^{\mathrm{II}} - 33°) = \cos\delta \sin(\alpha - 282.25°) \cos 62.6° + \sin\delta \sin 62.6°$,

$\sin b^{\mathrm{II}} = \sin\delta \cos 62.6° - \cos\delta \sin(\alpha - 282.25°) \sin 62.6°$,

$\cos\delta \sin(\alpha - 282.25°) = \cos b^{\mathrm{II}} \sin(l^{\mathrm{II}} - 33°) \cos 62.6° - \sin b^{\mathrm{II}} \sin 62.6°$,

$\sin\delta = \cos b^{\mathrm{II}} \sin(l^{\mathrm{II}} - 33°) \sin 62.6° + \sin b^{\mathrm{II}} \cos 62.6°$,

$l^{\mathrm{II}}$ = new galactic longitude,

$b^{\mathrm{II}}$ = new galactic latitude,

$\alpha$ = right descension (1950.0),

$\delta$ = declination (1950.0),

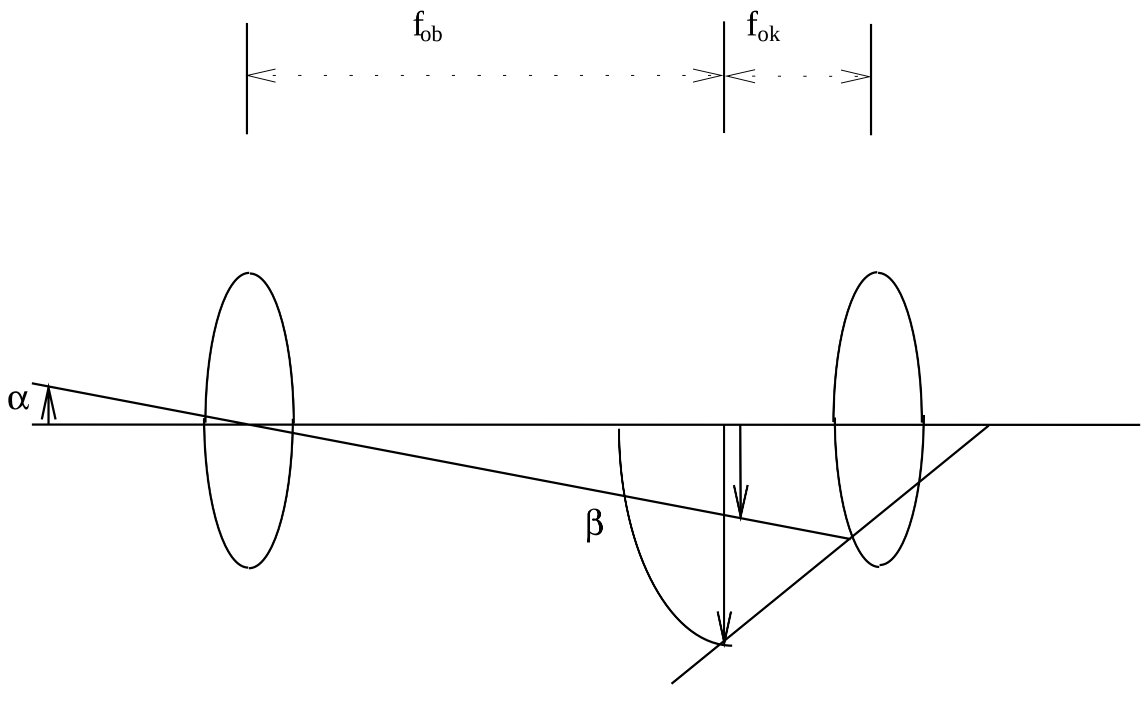
For, $l^{\mathrm{II}} = b^{\mathrm{II}} = 0$: $\alpha = 17^{\mathrm{h}}42^{\mathrm{m}}.4$, $\delta = -28°\,55'$ (1950.0);

$b^{\mathrm{II}} = +90.0$, galactic north pole: $\alpha = 12^{\mathrm{h}}\,49^{\mathrm{m}}$, $\delta = +27°.4$ (1950.0).

# *INSTRUMENTY ASTRONOMICZNE*

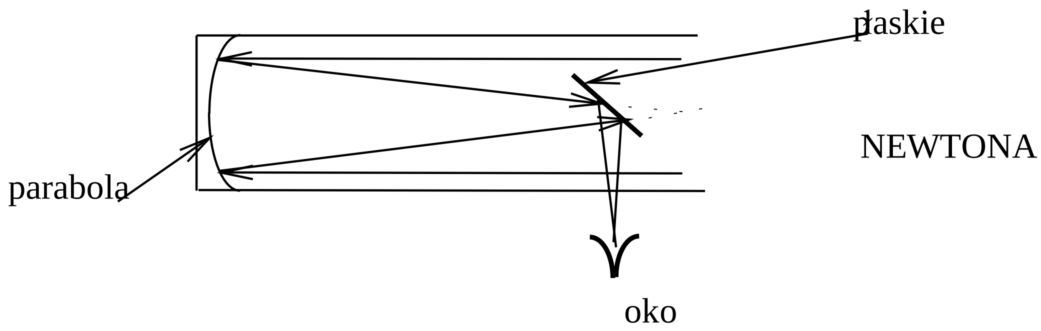
## Lunety - Refraktory

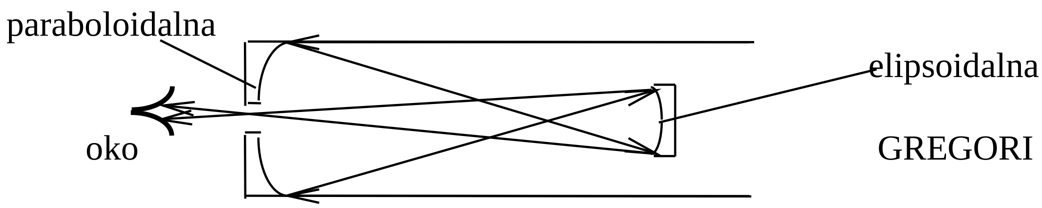
$$p = \frac{tg\,a}{tg\,b} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

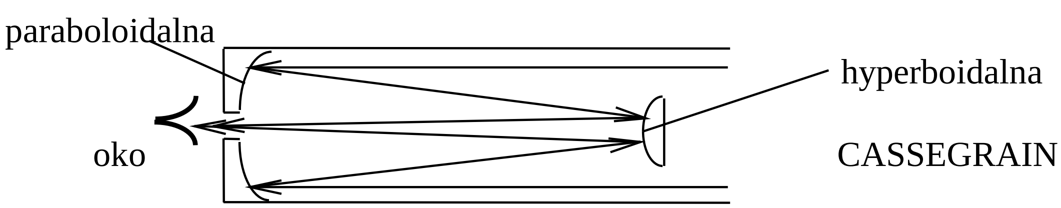


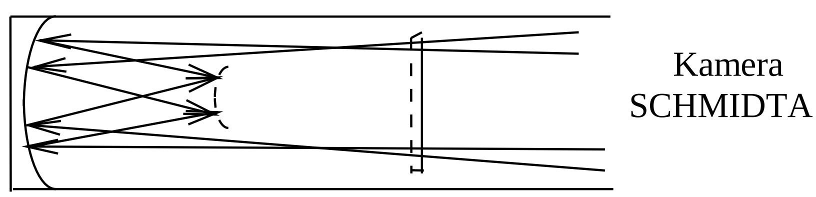

Schemat refraktora wizualnego

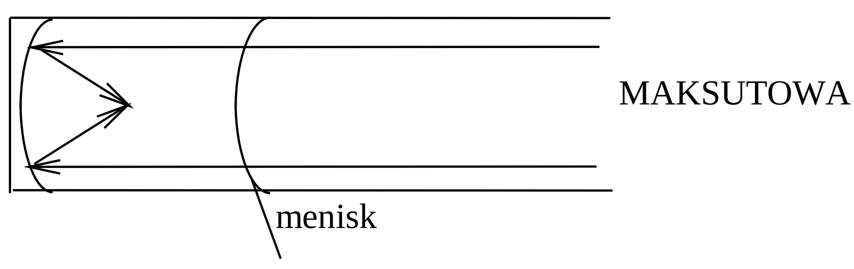
# *Teleskopy - Reflektory*



# *PARAMETRY TELESKOPU*

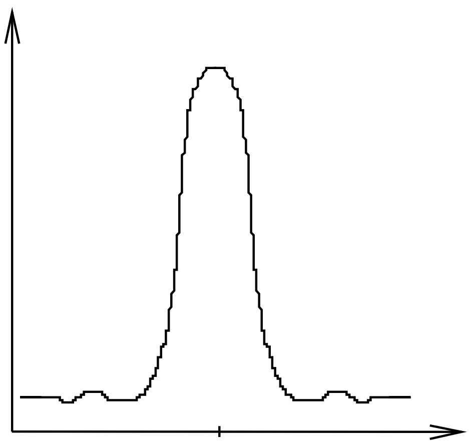
Światłosiła

$$\Phi = E \cdot S = \frac{p \cdot D^2 \cdot E}{4}$$ ——— strumień w ognisku

$$A = \frac{D}{F}$$ ——— światłosiła lub względny otwór

$$E' \sim \left\langle \frac{D}{F} \right\rangle^2$$

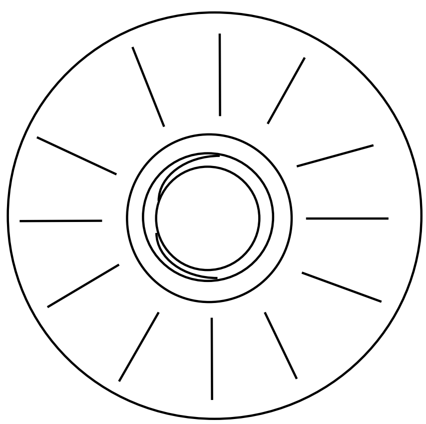
Zdolność rozdzielcza δ



$$\delta \approx \frac{l}{D} \text{ [rad]}$$

gdy D=100cm $\lambda = 5500 \cdot 10^{-8}$ cm

$\delta = 0.055$ rad ~ 0″.1



# *Drgania atmosfery*

$$\delta = 1.22 \frac{l}{D} \text{ [rad]}$$

# *MONTAŻ*

Horyzontalny

Paralaktyczny

Zapis informacji

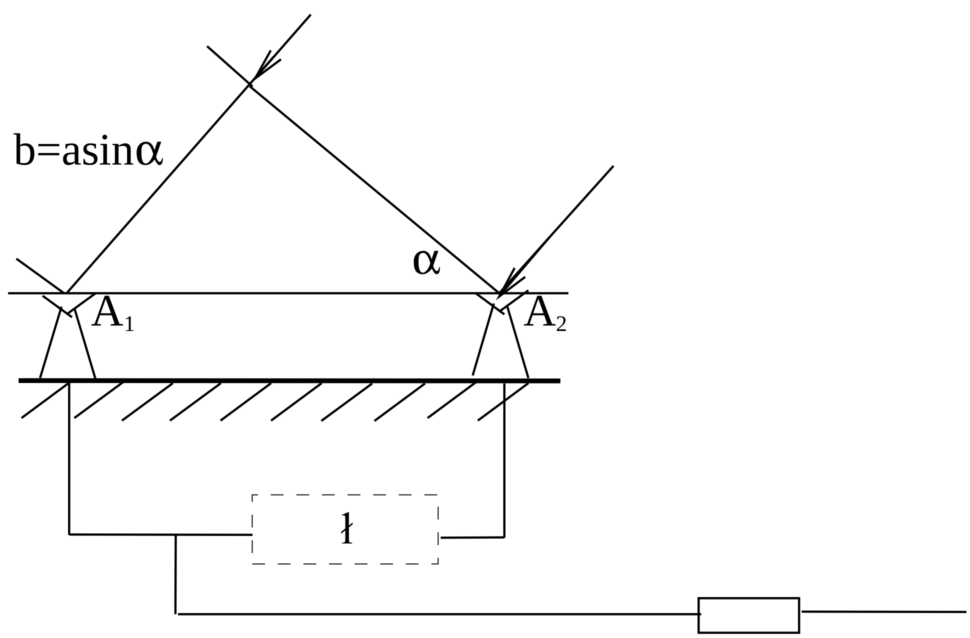
Klisza fotograficzna

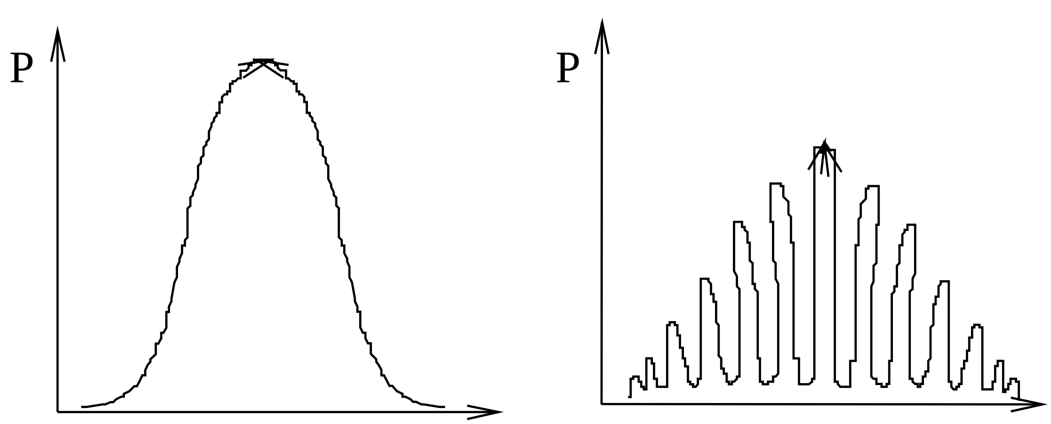
# *RADIOTELESKOPY*

Problem zdolności rozdzielczej
dla
D = 300 m
$\lambda$ = 70 cm   w  Aresibo

$$\delta = \frac{0{,}7}{300} = 2{,}3\cdot 10^{-3}\,[\mathrm{rad}] \approx 10'$$

Radiointerferometry
2 - antenowy interferometr



t t

# Metoda „*apertury*”

Ser Martin Rail dostał nagrodę Nobla

$$p \sim \left(\sum_i E_i\right)^2 = \sum_i (E_i^2) + \sum_{i+j} (E_i\ Ej)$$

standarty czystości

$\frac{d\ V}{V_0} \approx 10^{-14}$ -wodorowy maser

$\frac{d\ V}{V_0} \approx 10^{-12}$ - pary rubinu

CDBI

$\lambda$= 1,35 cm

D = 7400 km = $5{,}5 \cdot 10^8 \lambda$ $\delta$= 0,0004″

$$I_{n=} = \frac{2hn^{3}}{c^{2}\ e^{hn/kT_{b-1}}}$$

$h\nu/kT_{\beta} << 1$

$$T_{b} = \frac{c^{2}}{2kn^{2}} In$$

$$F = \int_{p_{0\,sred.}} I\, d\Omega$$

$$F = I\,\Omega_{s} = I\,\frac{p}{4} q_{s}^{2} = \frac{p\ k\ T_{b}\ n^{2}\ q_{s}}{2c^{2}}$$

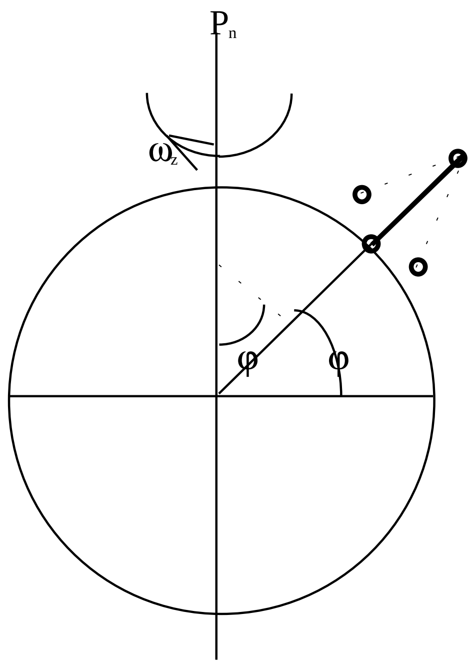
Jednostki

Jansky = $10^{-26}\,\frac{W}{m^{2}}$ = Jy

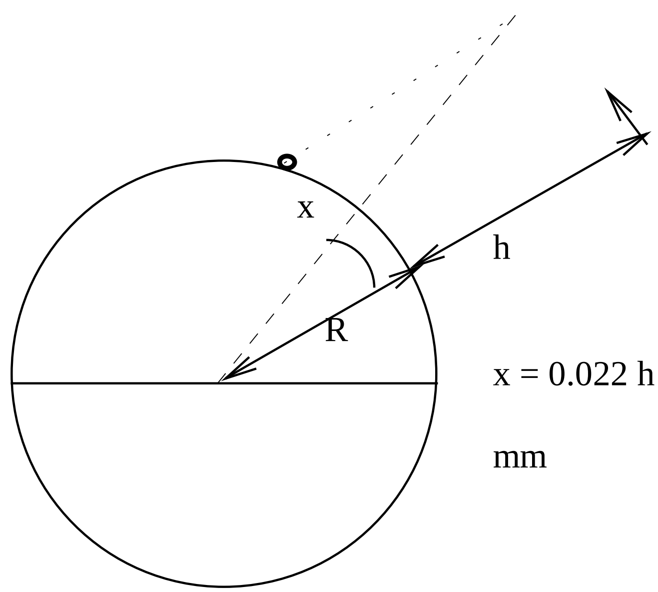
# *DOWODY NA RUCH OBROTOWY ZIEMI*

1.Wahadło *Fucoulta*

$$\omega_\varphi = \omega_z \cdot \sin\varphi = \frac{15^o}{godz} \cdot \sin\varphi$$




2.Odchylenie ciał spadających ku wschodowi




$x = 0.022\ h\ \sqrt{h}\ \cos\varphi$

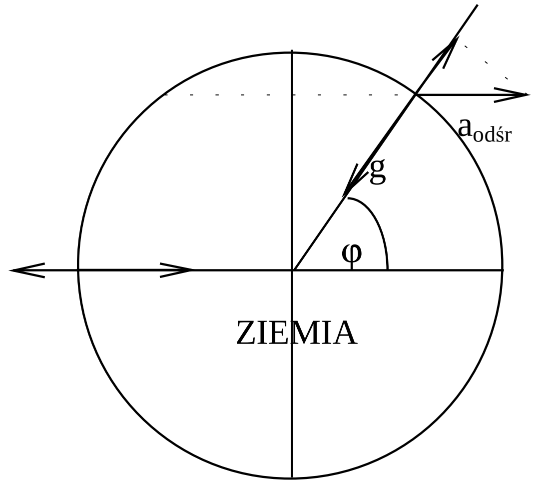
mm m

$\upsilon = \omega \cdot r$

$r = R + h$

3.Podmywanie brzegów rzek

4.Zmiana g wraz z φ




5.Obserwacje z kosmosu

Skutek: *WSCHODY I ZACHODY GWIAZD*

*DLA ZIEMI* ⊕

$M_\oplus = (5.976 \pm 0.004)\ 10^{24}$ kg

$R_\oplus = 6378.164 \pm 0{,}003$ km

$$F = \frac{G\, M_\oplus\, m}{R_\oplus^{\,2}} = g\, m$$

$$g = \frac{G\, M_\oplus}{R_\oplus^{\,2}}$$

$$g = \frac{G\, M_\oplus}{R_\oplus^{\,2}}$$

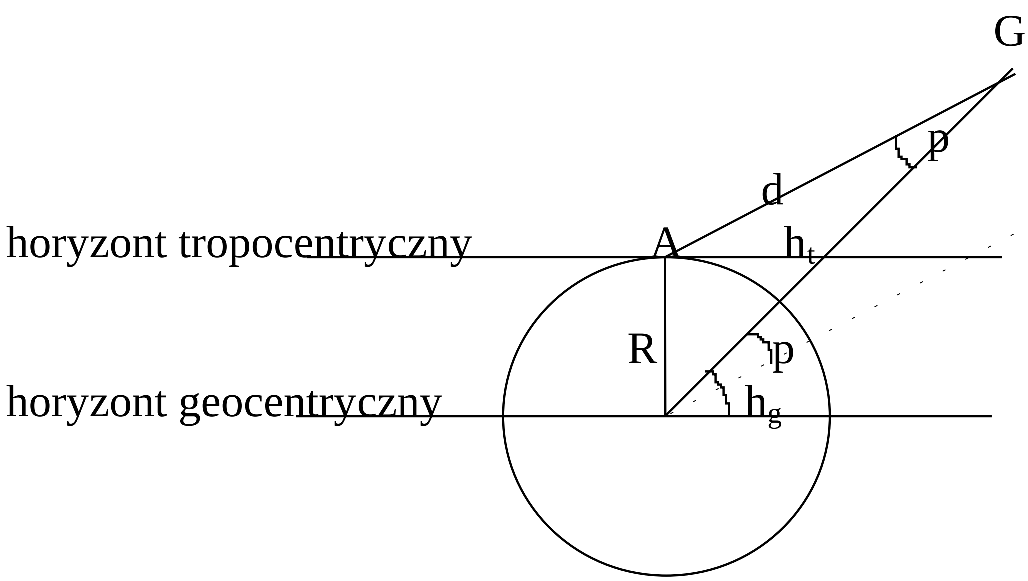
$$G = 667 \cdot 10^{-11}\ \frac{m^3}{J^8\, kg}$$

stand. $g = 980{,}665\ \frac{cm}{s^2} = 9{,}80665\,\frac{m}{s^2}$

$\varphi = 45°$ $\qquad g = 9{,}80612\ \frac{m}{s^2}$

$$g(\varphi, h) = 980{,}612 - 2{,}5865 \cos 2\varphi + 0{,}0058 \cos^2 2\varphi - 0{,}000308 \cdot h\ \left[\frac{cm}{s^2}\right]$$

# *PARALAKSA DZIENNA*



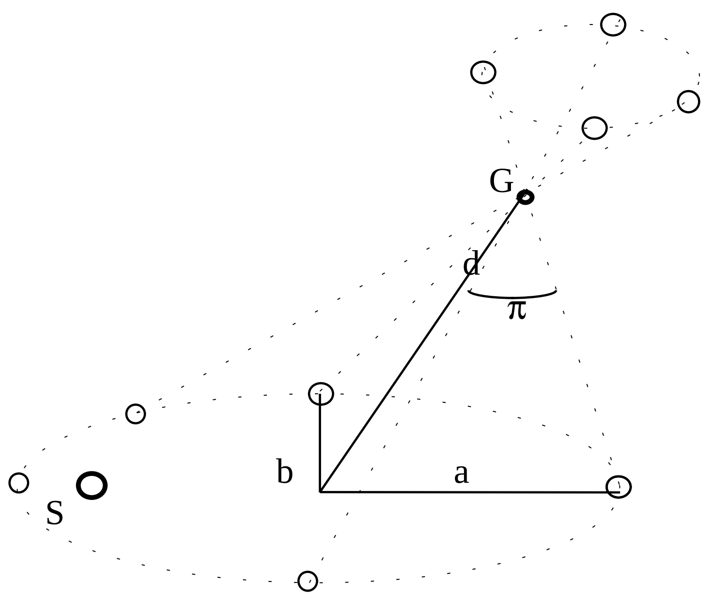

G - gwiazda
p - paralaksa dzienna
$h_t$ - wysokość tropocentryczna
$h_g$ - wysokość geocentryczna
R - promień Ziemi
d - odległość do gwiazdy

$$\frac{R}{d} = tg\ p \qquad\qquad d = \frac{R}{tg\ p}$$

$R_{\oplus} = 6378.164$ km
1 AU = $1.495979 \cdot 10^{13}$ cm
$M_{\oplus} = 5.976 \cdot 10^{27}$ gramów

# *DOWODY NA RUCH OBIEGOWY ZIEMI*

1.Paralaksa roczna gwiazd.




$$d = \frac{a}{p}$$

$$\boxed{\mathrm{tg}\,\pi = \frac{a}{d}}$$

$$d = \frac{a}{tgp}$$

$$d_{[pc]} = \frac{1}{p\,['']}$$

$$\Delta\pi \sim 0{,}006$$

$$\mathrm{tg}\,\pi \sim \pi$$

$1.495979 \cdot 10^{13}$ cm

$1.495979 \cdot 10^{8}$ km

$R_{\oplus} = 6378.164$ km

$$d_{max\,[pc]} = \frac{1}{0{,}006''}$$

$1pc \approx 3{,}08 \cdot 10^{18}$ cm $= 3{,}08 \cdot 10^{13}$ km
$1Kpc \sim 10^{3}$ pc
$1Mpc \sim 10^{6}$ pc

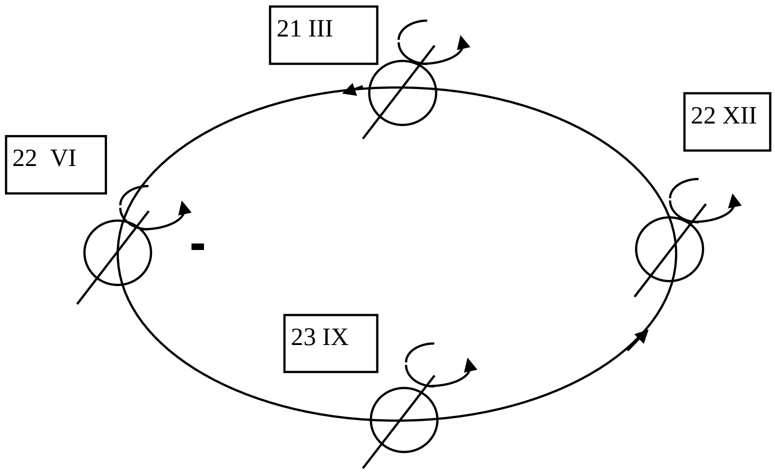
2.Aberacja roczna

$$\sin\sigma = \frac{a}{c}\sin b$$

$$\sigma = 20''.496 \sin\beta$$

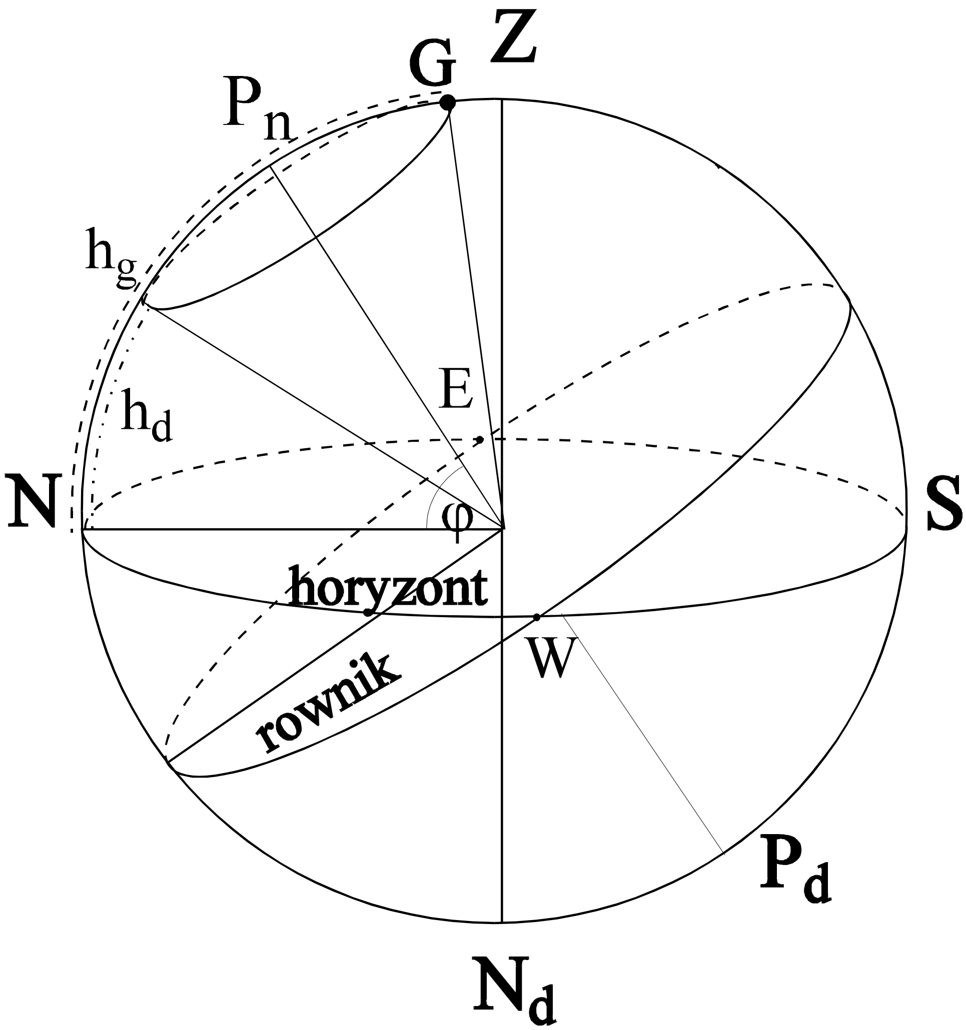
3.Poczerwienienie tarczy słońca
Skutek - *pory roku*

# *PORY ROKU*




$$\varepsilon = 23°27'8.26''$$

*WYZNACZANIE SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ*




$h_g = h_d + 2\alpha$

$\alpha = \varphi - h_d$

$h_g = h_d + 2(\varphi - h_d)$

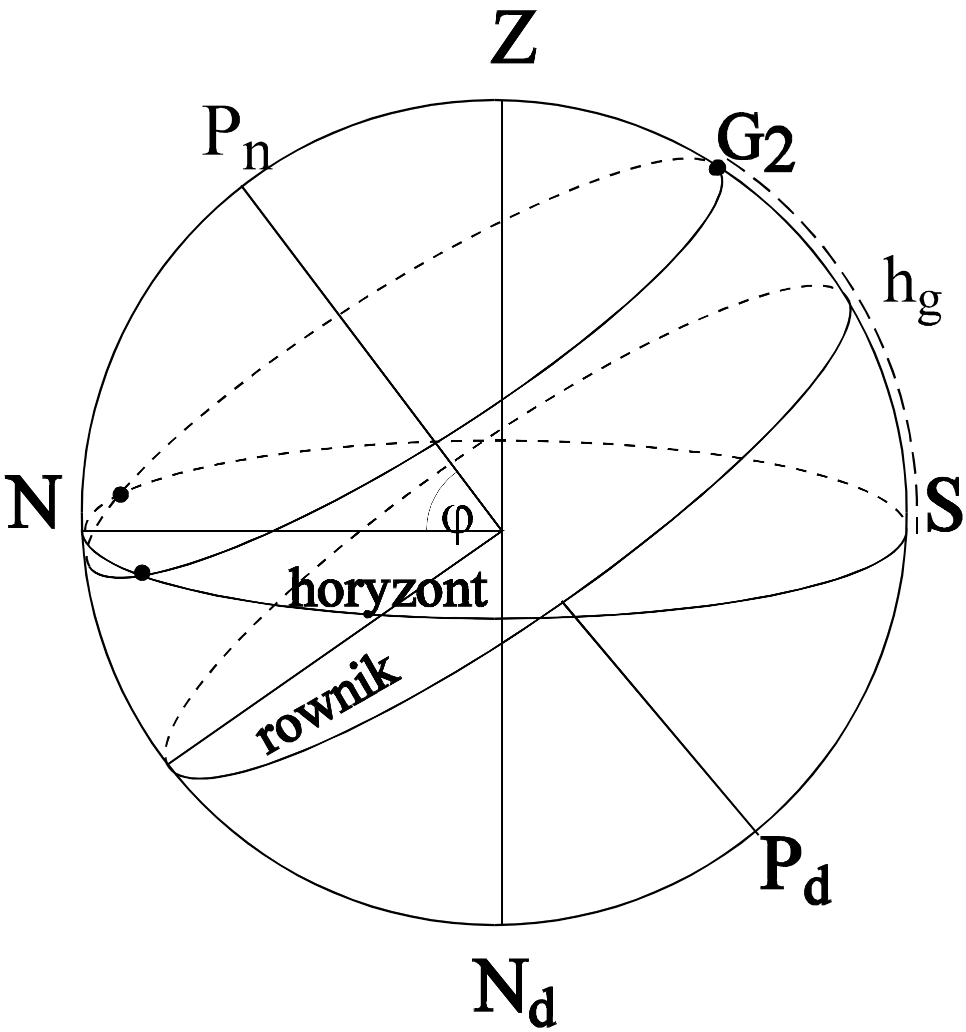
$h_g = h_d + 2\varphi - 2h_d$

$h_g + h_d = 2\varphi$

$$\varphi = \frac{h_g + h_d}{2}$$

$h_g + h_d = 2\varphi$

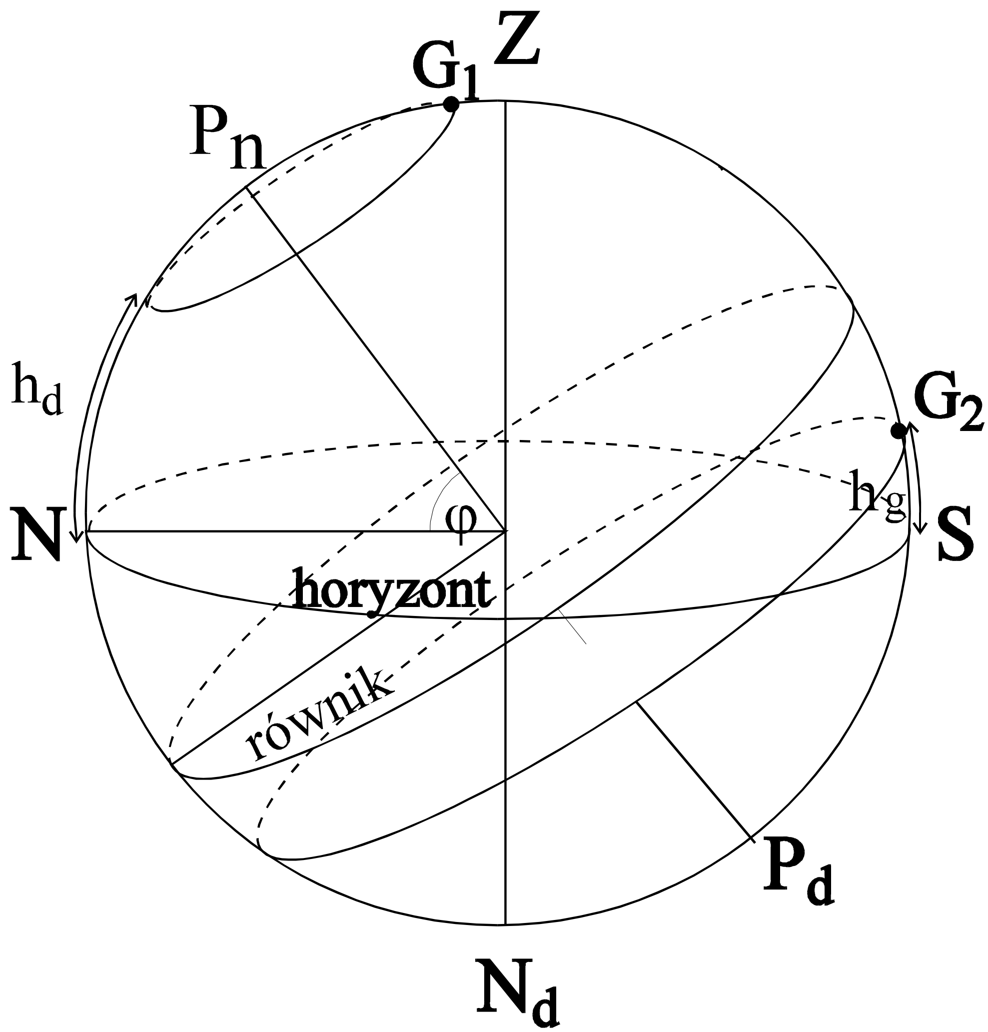
$$\varphi = \frac{h_g + h_d}{2}$$ c. b. d. o.




$$h_g - h_d = 180° - 2\varphi$$

$$\varphi = 90° - \frac{h_g + h_d}{2}$$

*WYZNACZANIE SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ*




| $G_1$ | $G_2$ |
|---|---|
| $h_g = 90° + \varphi - \delta$ | $h_g = 90° + \delta - \varphi$ |
| $h_d = \varphi + \delta - 90$ | $h_d = \varphi + \delta - 90°$ |

z $G_1$

$h_g + h_d = 2\varphi$

$$\boxed{\varphi = \frac{h_g + h_d}{2}}$$

z $G_2$

$h_g - h_d = 180° - 2\varphi$

$$\boxed{\varphi = 90° - \frac{h_g - h_d}{2}}$$

$\delta = 10°$

$$\boxed{h_g = 90° - \varphi + \delta}$$

pomiar ?

$$\varphi = 90° - h_g + \delta$$

## *WYZNACZANIE j*

Pomiar $h_{g,}$ $h_d$

$$h_g = h_d + 2\alpha$$
$$\alpha = \varphi - h_d$$
$$h_g = h_d + 2(\varphi - h_d)$$
$$h_g = h_d + 2\varphi - 2h_d$$
$$h_g + h_d = 2\varphi$$

$$\boxed{j = \frac{h_g + h_d}{2}}$$

c. b. d. o.

$$h_g + h_d + 2\alpha = 180°$$
$$h_g + h_d = 180° - 2\alpha$$
$$h_g + h_d = 180° - 2\varphi + 2h_d$$
$$h_g - h_d = 180° - 2\varphi$$

$$\boxed{j = 90° - \left(\frac{h_g - h_d}{2}\right)}$$

c.b.d.o .

Kulminacje gwiazd

| $G_1$ | $G_2$ |
| --- | --- |
| $h_g = 90° + \varphi - \delta$ | $h_g = 90° + \delta - \varphi$ |
| $h_d > 0$ dla $\delta > 90° - \varphi$ | nie zachodząca |
| $h_g < 0$ dla $\delta < 90° - \varphi$ | nie wschodząca |
| $\delta > \lvert 90° - \varphi \rvert$ | |
| $\lvert \delta \rvert < 90° - \varphi$ | $\delta < \lvert 90° - \varphi \rvert$ |