



STAŁE: $\pi = 3.14159268\dots$ $e = 2.718281828\dots$

Jednostka astronomiczna 1 AU = 149.6 mln km = $8^m 19^s$ świetlnych

Rok świetlny [l.y.] = $c \cdot t = 9460730472580800 \text{ m} = 9.46 \cdot 10^{15} \text{ m}$

Prędkość światła w próżni $c = 299792458 \text{ m/s}$

Długość roku podana w sekundach $t_{1900} = 31556925.97474 \text{ s}$

1 rok = $365.2421896698 - 6.15359 \cdot 10^{-5} \cdot T - 7.29 \cdot 10^{-10} \cdot T^2 + 2.64 \cdot 10^{-10} \cdot T^3$ dni

(T – ilość stuleci od 2000 roku)

1 parsek = $3.085678 \cdot 10^{16} \text{ m} = 206265 \text{ AU} = 3.26 \text{ lat św. (l.y.)}$

Stała grawitacji: $G = 6.67259 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni: $g = G \cdot M/R^2$ Ciężar $Q = m \cdot g$

Dla Ziemi : $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ dokładnie: $g(\varphi) = 9.7805 + 0.0517 \sin^2(\varphi)$ (z efektami spłaszczenia)

Ziemia promień średni = 6371 km

równikowy = 6378137.0 m biegunowy = 6356087.0 m , spłaszczenie $s = 1/298.25722356$

Masa Ziemi: $M_{Ziemi} = 5.9736 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ gęstość Ziemi 5520 kg/m^3

Doba gwiazdowa 23h 56m 04.09s = 86164.09 s

Księżyc: Masa: $7.347 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 1/81,301 M_{\oplus}$
 Promień: 1738 km = 0.27 R_{\oplus} (promienia Ziemi) Średnica kątowna ~ 30'
 Orbita: $e = 0.05$, $a = 384.4 \cdot 10^3 \text{ km}$, $i = 5.1^\circ$

Średni miesiąc synodyczny: **29.5305882 doby**
 ($29.53058888531 + 0,000000021621 \cdot T - 3,64 \cdot 10^{-10} \cdot T$) T – ilość stuleci od 2000

Miesiąc gwiazdowy: **27.321661 doby**
 Cykl pływów powtarza się 2 razy na $24^h 50.5^m$
 wspólny środek masy znajduje się pod powierzchnią Ziemi (4670 km od środka)

Słońce: Masa: $1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ Średnica: 1392000 km
 Średnica kątowna: 32' Okres obrotu: 25.38 dnia
 $m_{\text{obs}} = -26 \text{ mag.}$ $M_{\text{abs}} = 4,96 \text{ mag.}$
 Typ widmowy: G2 Natężenie światła: $3.02 \cdot 10^{25} \text{ cd}$
 Moc promieniowania: $3.82 \cdot 10^{26} \text{ W}$ Temperatura powierzchni: 5810 K
 Stała słoneczna poza atmosferą: $1360 \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

nazwa planety	wielka półoś a [AU]	mimośrodek e	nachylenie orbity i [°]	peryhelium [AU]	aphelium [AU]	masa [M_Z]	promień równikowy [R_Z]	okres obiegu [lata]
Merkury	0.3871	0.2056	7°	0.3075	0.4667	0.0553	0.382	0.241
Wenus	0.7233	0.0068	3°24'	0.7184	0.7282	0.8150	0.949	0.615
Ziemia	1.000	0.0167	0°	0.9833	1.0167	1.000	1.00	1.000
Mars	1.5237	0.0934	1°51'	1.3814	1.6660	0.1074	0.533	1.881
Jowisz	5.2026	0.0479	1°18'	4.9534	5.4518	317.89	11.2	11.86
Saturn	9.5548	0.0559	2°29'	9.0207	10.089	95.2	9.41	29.46
Uran	19.218	0.0477	0°46'	18.301	20.135	14.56	3.98	84.0
Neptun	30.110	0.0079	1°46'	29.872	30.348	17.24	3.81	164.8

Miara czasowa kątów: (stosowana dla kąta godzinnego, rektascensji)

$$360^\circ = 24^h \quad / :24 \quad 15' = 1^m$$

$$15^\circ = 1^h \quad 15' = 60^s \quad / :15$$

$$15^\circ = 60^m \quad / :15 \quad 1' = 4^s$$

$$1^\circ = 4^m \quad 60'' = 4^s \quad / :4$$

$$60' = 4^m \quad / :4 \quad 15'' = 1^s$$

Trójkąt Sferyczny

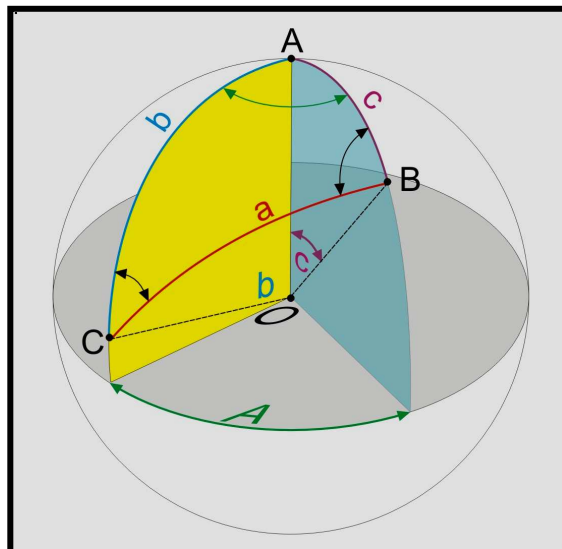
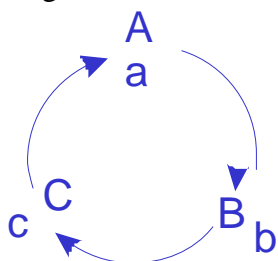
A B C – kąty wierzchołki
a b c – kąty „boki”

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

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

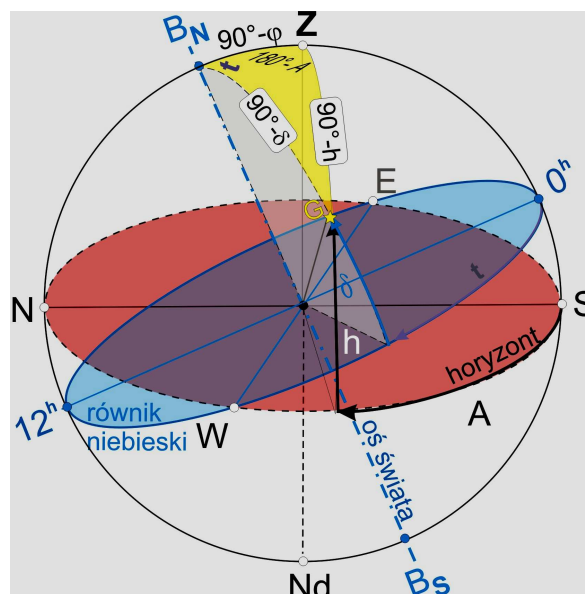
$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Reguła zmian oznaczeń:



Trójkąt paralaktyczny:

- A - azymut
- h - wysokość
- t - kąt godzinny
- δ - deklinacja
- φ - szerokość geograficzna = h bieguna N
- C - kąt paralaktyczny (przy gwiazdzie)



$$\sin(90^\circ - \delta) / \sin(180^\circ - A) = \sin(90^\circ - h) / \sin t = \sin(90^\circ - \varphi) / \sin C$$

$$\sin(90^\circ - \delta) \cdot \cos t = \cos(90^\circ - h) \cdot \sin(90^\circ - \varphi) - \sin(90^\circ - h) \cdot \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(180^\circ - A)$$

$$\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - h) \cdot \cos(90^\circ - \varphi) + \sin(90^\circ - h) \cdot \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(180^\circ - A)$$

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(90^\circ - \delta) \cdot \cos(t)$$

dla $h=0$ (np.: wschód, zachód słońca bez refrakcji):

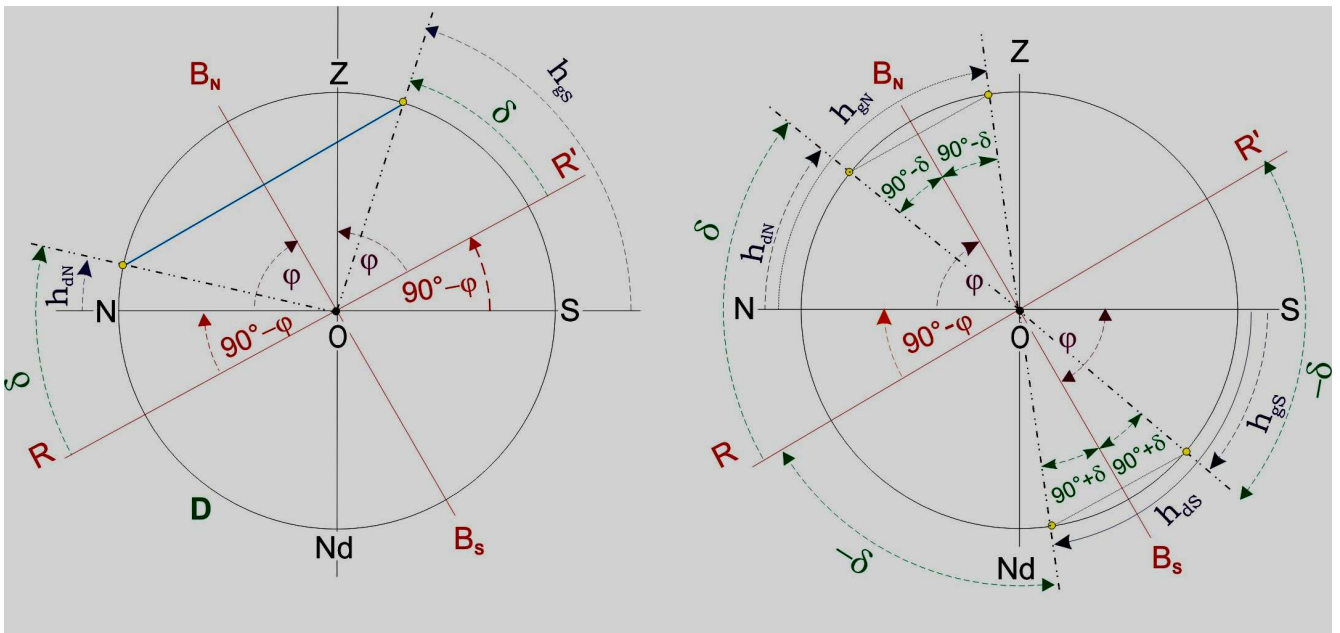
$$\cos A = -\sin(\delta) / \cos(\varphi); \quad \cos(t) = -\text{tg}(\delta) \cdot \text{tg}(\varphi)$$

Ortodroma (minimalna odległość miejsc A i B na powierzchni Ziemi):

φ - szerokość geograficzna, λ - długość geograficzna

$$\cos a = \cos(90^\circ - \varphi_B) \cdot \cos(90^\circ - \varphi_A) + \sin(90^\circ - \varphi_B) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A)$$

$$a = \arccos(\cos a) \quad \text{odległość } x = a [^\circ] \cdot 111.2 \text{ [km/}^\circ] = a \cdot 2\pi R / 360^\circ \quad R = 6371 \text{ km}$$



wysokość górowania (po południowej stronie nieba)

$$h_{gs} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

jeśli $h_{gs} < 0^\circ$ - obiekt góruje pod horyzontem (dla Słońca oznacza to noc polarną)

jeśli $h_{gs} > 90^\circ$ to obiekt góruje pomiędzy Zenitem a Biegunem.

Wtedy stosujemy wzór na **górowanie północne** $h_{gN} = \varphi + 90^\circ - \delta$

Wysokość dołowania: $h_{dN} = \varphi + \delta - 90^\circ$

wynik $h_{dN} < -90^\circ$ oznacza dołowanie po stronie południowej

(pomiędzy Nadirem a Biegunem Południowym) stosuje się wtedy wzór:

$$h_{dS} = -90^\circ - \varphi - \delta$$

Dzień polarny:	Słońce nie zachodzi	$h_d > -51'$ *
Biała noc cywilna:	jest ciągle widno	$h_d > -6^\circ$
Biała noc nautyczna	nie widać gwiazd	$h_d > -12^\circ$
Biała noc astronomiczna	niebo rozświetlone	$h_d > -18^\circ$
Polarna noc zupełna	brak rozświetlenia	$h_g < -18^\circ$
Noc polarna	Słońce nie wschodzi	$h_g < -51'$ *

* Z uwzględnieniem refrakcji $35'$ i rozmiarów tarczy Słońca $r=16'$

Jasności gwiazd: $M=m+5-5 \cdot \log D$; $m=-2.5 \log I-13.98$; $m_1-m_2=2.5 \cdot \log(I_2/I_1)$

M jasność absolutna, m – obserwowana, D – odległość w parsekach

Teleskopy:

F,f – odległość ogniskowa obiektywu, okularu,

D,d – średnica obiektywu, okularu

Zdolność rozdzielcza $\rho = 2.44 \cdot \lambda / D$

dla światła $\rho ["] = 12/D(\text{cm})$

Powiększenie $p = F/f = D/d$,

pow. rozdzielcze = $1'/\rho ["] = 5 \cdot D [\text{cm}]$,

Powiększenie minimalne = $D[\text{mm}]/6$ (bez start światła dla źrenicy oka 6mm)

Światłosiła = D/F ,

Jasność powierzchniowa obrazu $B \sim (D/F)^2$

Rozmiary liniowe obrazu $L = 2 \cdot F \cdot \text{tg}(\alpha[\text{rad}]/2) \approx 0.0175 \cdot \alpha[^\circ] \cdot F$

Zasięg [w wielkościach gwiazdowych]

$m = 2.1 + 5 \log (D [\text{mm}])$

Obniżenie horyzontu: $a ['] = 1.779 (H [m])^{1/2}$ H – wysokość nad pow. Ziemi

Zasięg widoczności: $D [km] = 3.86 (H [m])^{1/2}$

Szerokość geograficzna φ i geocentryczna φ' : $\varphi' - \varphi = -11.5' \sin(2\varphi) [']$

Rozmiar elipsy wywołanej zjawiskiem aberracji światła: $\alpha = 20.5 \sin(\beta)$ (β - szer. ekliptyczna *)

Refrakcja $h_{\text{prawdziwe}} = h_{\text{obserwowane}} - R$;

Dla $h_0 > 35^\circ$: $R \approx 1' \cdot \text{tg}(z_{\text{obs}}) = 1' \cdot \text{tg}(90^\circ - h_{\text{obs}})$

$R = 1.02 \text{ ctg}(h_0 + 7.31 / (h_0 + 4.4))$

Poprawka na efekty ciśnienia i temperatury $R = R \cdot (P/1013.25) \cdot (283 / (t + 273.15))$. t [°C] p [mbar]

Siła Coriolisa:

$F = 2mV\omega \cdot \sin(\alpha)$, V – prędkość, α – kąt pomiędzy V i ω , m – masa ciała

ω - wektor prędkości kątowej Ziemi (skierowany ku północnemu biegunowi niebieskiemu)

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 1.160576 \cdot 10^{-5} [1/s]$

Pionowa składowa: $\omega_{\parallel} = \omega \cdot \sin(\varphi)$, (odchylenie ruchów poziomych w prawo na półkuli N)

Pozioma składowa: $\omega_{\perp} = \omega \cdot \cos(\varphi)$ (odchylenie ciał spadających w kierunku wschodnim)

Składowa odchyłająca w bok dla ruchu poziomego: $F = 2mV\omega \cdot \cos(\varphi)$

Zmiana ciężaru w ruchu poziomym: $F = 2mV\omega \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\alpha)$

gdzie $\alpha = 180^\circ + A$ (A- azymut kierunku ruchu)

Okres obrotu płaszczyzny wahadła Foucaulta: $P = T / \sin(\varphi) = (23h 56m 04.09s) / \sin(\varphi)$

Czas: (T – czas, t – kąt godzinny, (P_☉) słońce prawdziwe, (S_☉) Słońce średnie)

Związek kąta godzinnego, czasu gwiazdowego i rektascensji: $t = T^* - \alpha$

Czasy lokalne są zależne od długości geograficznej

Czas gwiazdowy T^* to kąt godzinny punktu Barana (γ) $T^* = t_{\gamma}$

$T^* = \alpha_{\text{gór.}}$ rektascensja gwiazd górujących

Czas prawdziwy słoneczny $T_{P_{\odot}} = t_{\odot} + 12^h$ Czas średni słoneczny $T_{S_{\odot}} = t_{S_{\odot}} + 12^h$

$T_{P_{\odot}} = T_{S_{\odot}} + R$ R - równanie czasu (z tablic)

Różnica tych samych czasów lokalnych równa jest różnicy długości geograficznych wyrażonych

w mierze czasowej $T_2 - T_1 = \lambda_2 - \lambda_1$

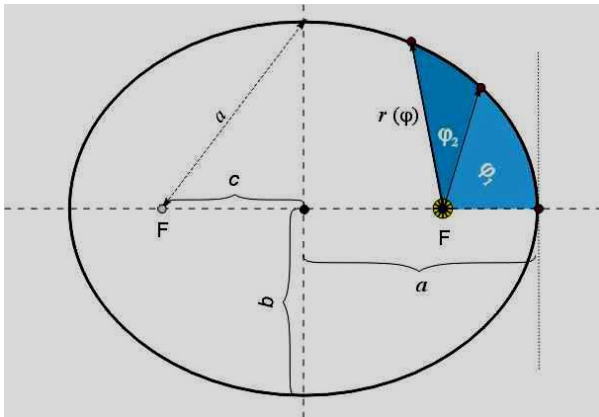
Czas strefowy to czas średni słoneczny południka centralnego danej strefy

Zmiana czasu w Polsce: czas zimowy (CSE) na letni (CWE) zmieniamy w nocy po ostatniej sobocie marca (dodajemy 1 h), powrotem odejmujemy godzinę po ostatniej sobocie października

Równanie czasu: $R = -7.7 \cdot \sin(79^\circ + L) + 9.5 \sin(2 \cdot L)$ L – długość ekliptyczna słońca prawdziwego)

Dni Juliańskie (ciągła rachuba dni): [] oznacza część całkowitą, R - rok, M - miesiąc, D - dzień

$JD = 367R - [(7(R + [(M + 9)/12]))/4] + [275M/9] + D + 1721013.5 + UT^h/24^h$



Elipsa:

$$r(\varphi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos \varphi}$$

a –półoś wielka,

b – mała,

c – odległość ogniskowa (ognisko –środek)

Mimośród $e=c/a$ $a^2 = b^2 + c^2$

Odległości Peryhelium $q=a(1-e)$,

Aphelium $Q=a(1+e)$, $b^2=q \cdot Q$

III prawo Keplera $P^2=a^3$ (P –okres w latach, a – rozmiar orbity w AU)

Uogólnione:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} (m_1 + m_2)$$

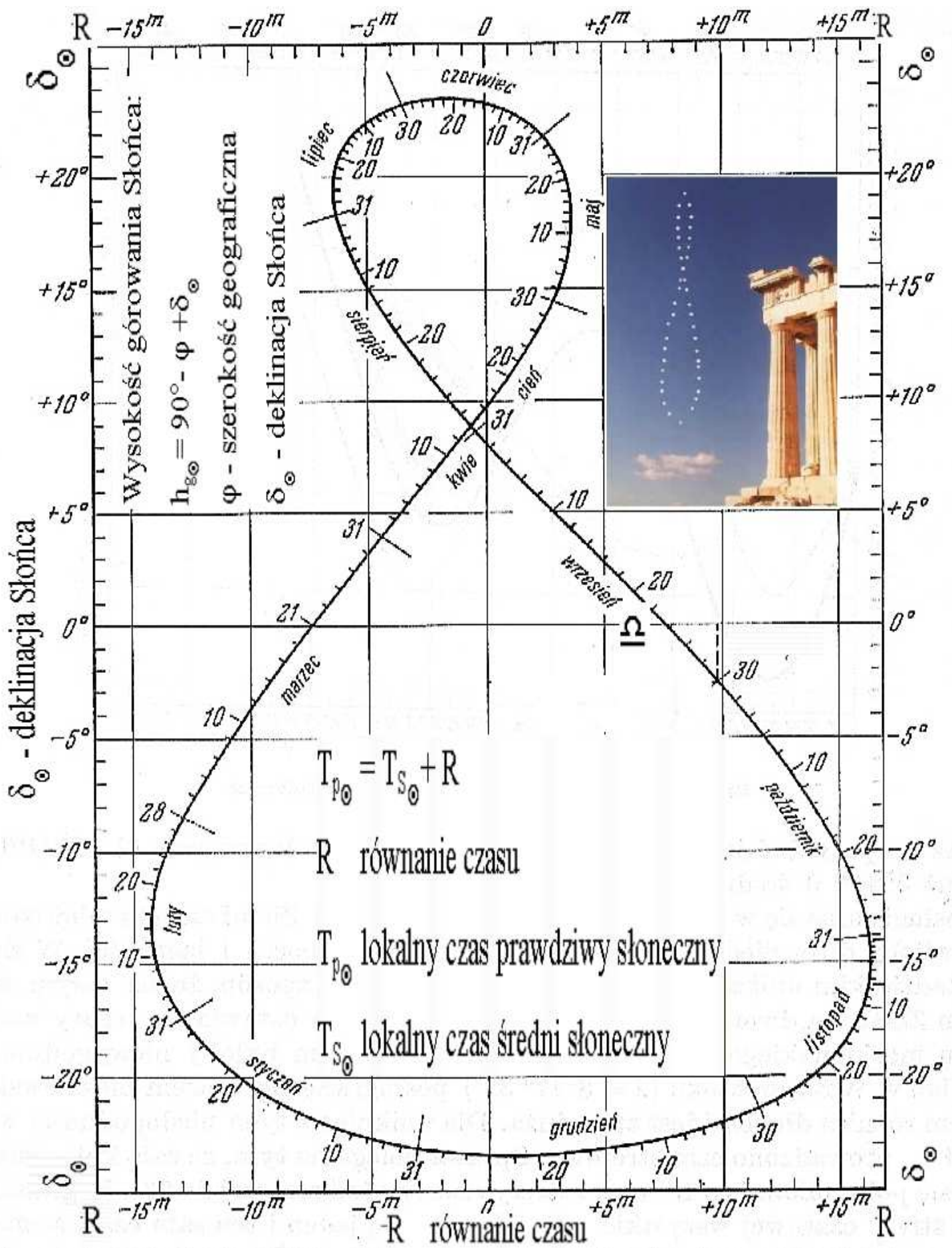
I prędkość kosmiczna $V_I^2 = GM_{\oplus} / R$ (M_{\oplus} –masa Ziemi, R – promień orbity)

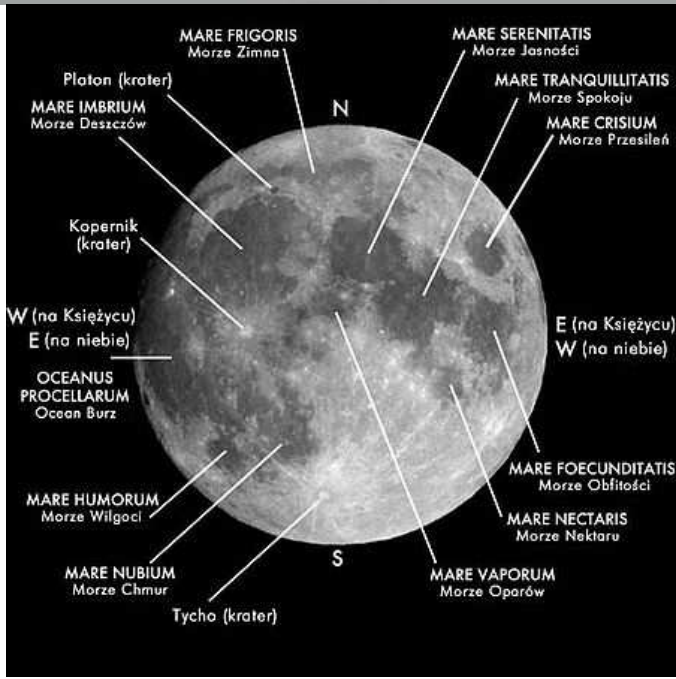
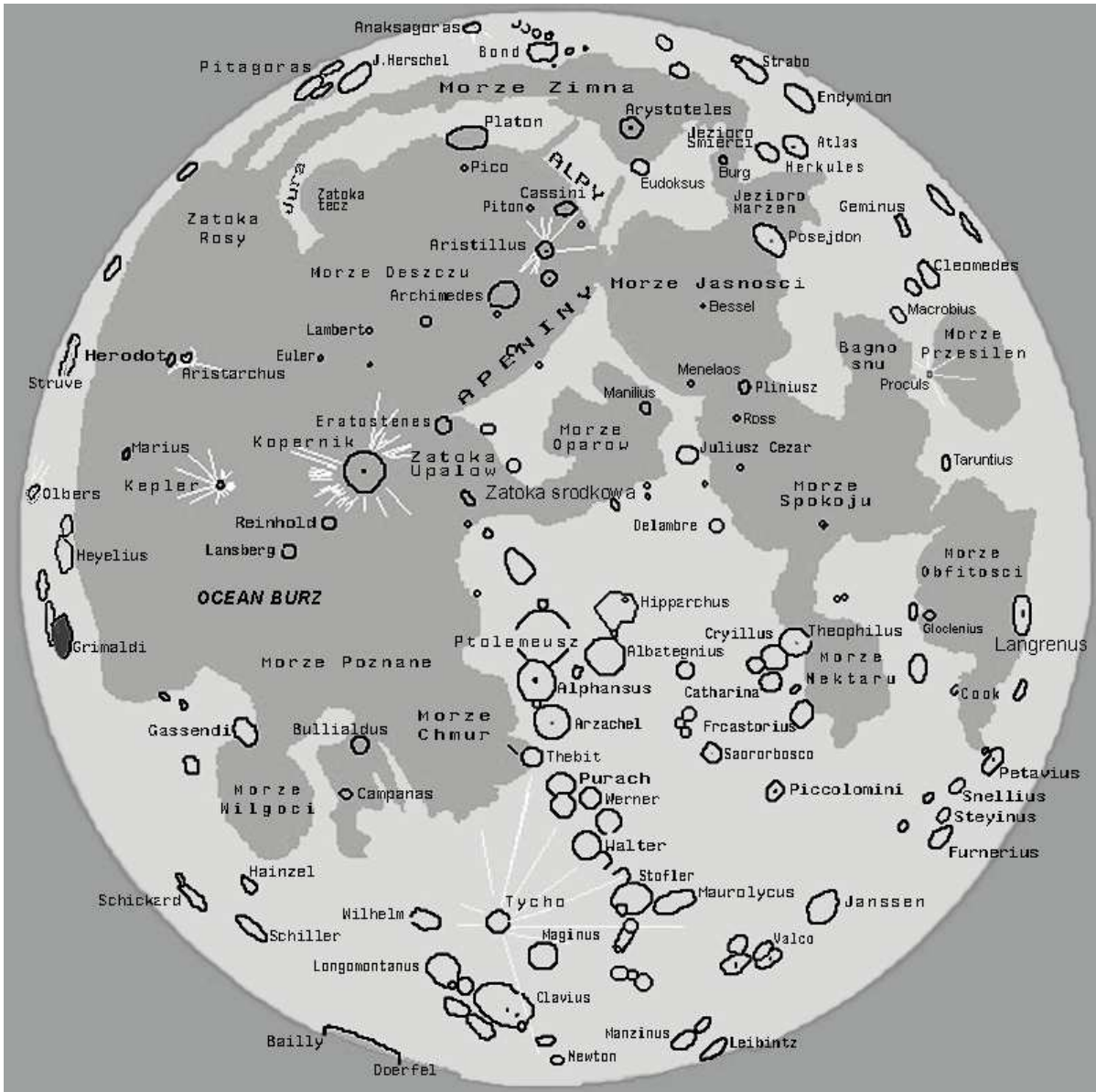
II prędkość kosmiczna $V_{II}^2 = 2GM_{\oplus} / R$

Prędkość w odległości r od ogniska:

$$V^2(r) = GM(2/r - 1/a)$$

Siła odśrodkowa $F_o = mV^2 / R$





Data	Rektascensja α [^h ^m]	Deklinacja δ [° ']
1 stycznia	18 ^h 47 ^m	-22°59'
16 stycznia	19 52	-20 55
1 lutego	20 59	-17 05
15 lutego	21 55	-12 39
1 marca	22 49	-7 34
16 marca	23 44	-14 13
1 kwietnia	0 42	4 33
16 kwietnia	1 37	10 08
1 maja	2 34	15 05
16 maja	3 32	19 06
1 czerwca	4 37	22 03
16 czerwca	5 39	23 20
1 lipca	6 41	23 06
16 lipca	6 42	21 21
1 sierpnia	8 46	18 00
16 sierpnia	9 43	13 43
1 września	10 42	8 15
16 września	11 36	2 37
1 października	12 30	-3 11
16 października	13 25	-8 53
1 listopada	14 26	-14 26
16 listopada	15 26	-18 44
1 grudnia	16 29	-21 48
16 grudnia	17 35	-23 18

Współrzędne geograficzne wybranych miast na Ziemi.

W tej tabeli przyjęto nową konwencję dla λ , t.j. $\lambda > 0$ dla długości wschodniej (E).

Miasto	Długość geograficzna λ	Szerokość geograficzna φ
Amsterdam	+0 ^h 19 ^m 30 ^s = 4° 52' E	+52° 22' N
Buenos Aires	-3 ^h 53 ^m 24 ^s = 58° 21' W	-34° 37' S
Honolulu	-10 ^h 31 ^m 18 ^s =157°50' W	+21° 18' N
Kraków	+1 ^h 20 ^m 00 ^s = 19°58' E	+50° 04' N
La Paz	-4 ^h 32 ^m 30 ^s = 68°08' W	-16° 30' S
Los Angeles	-7 ^h 53 ^m 13 ^s = 118°18' W	+34° 07' N
Melbourne	+9 ^h 39 ^m 54 ^s =144°58'E	-37° 50' S
Moskwa	+2 ^h 30 ^m 18 ^s =37°34'E	+55° 45' N
Sztokholm	+1 ^h 12 ^m 20 ^s =18°04' E	+59° 21' N
Tokio	+9 ^h 53 ^m 13 ^s = 139°33'E	+35° 40' N
Toronto	-5 ^h 17 ^m 37 ^s =79°24' W	+43° 40' N