

Podstawy Astronomii 1

kształt i rozmiar Ziemi

Ziemia

Dlaczego Ziemia jest okrągła?



Ziemia

Dlaczego Ziemia jest okrągła?



Ziemia



Ida

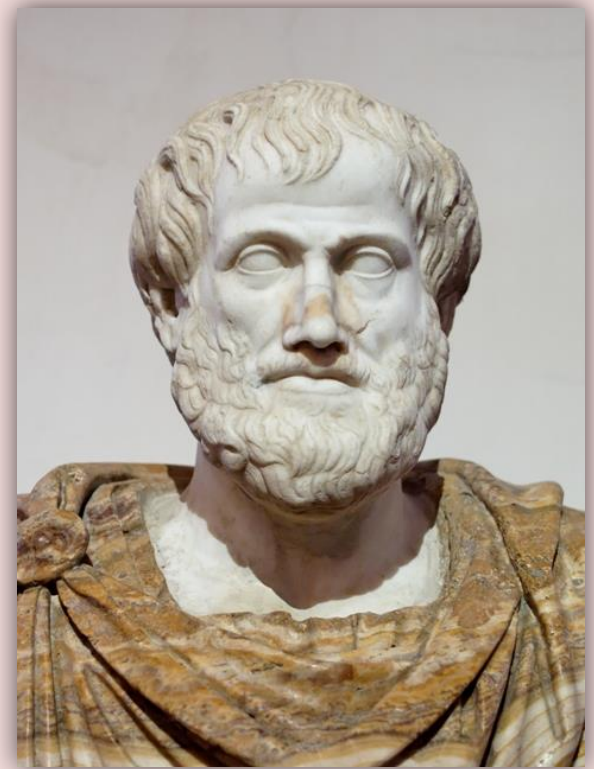
Ziemia

Czy Ziemia jest okrągła?

Pogląd o kulistości Ziemi pojawia się w starożytności.

Dowody obserwacyjne na kulistość (Arystoteles, IV w. p.n.e.)

- kolista cień Ziemi na Księżycu w czasie zaćmienia
- zmiana wysokości bieguna nieba na różnych szerokościach geograficznych
- kołowy kształt widnokładu
- pojawianie się obiektów spoza horyzontu od ich góry

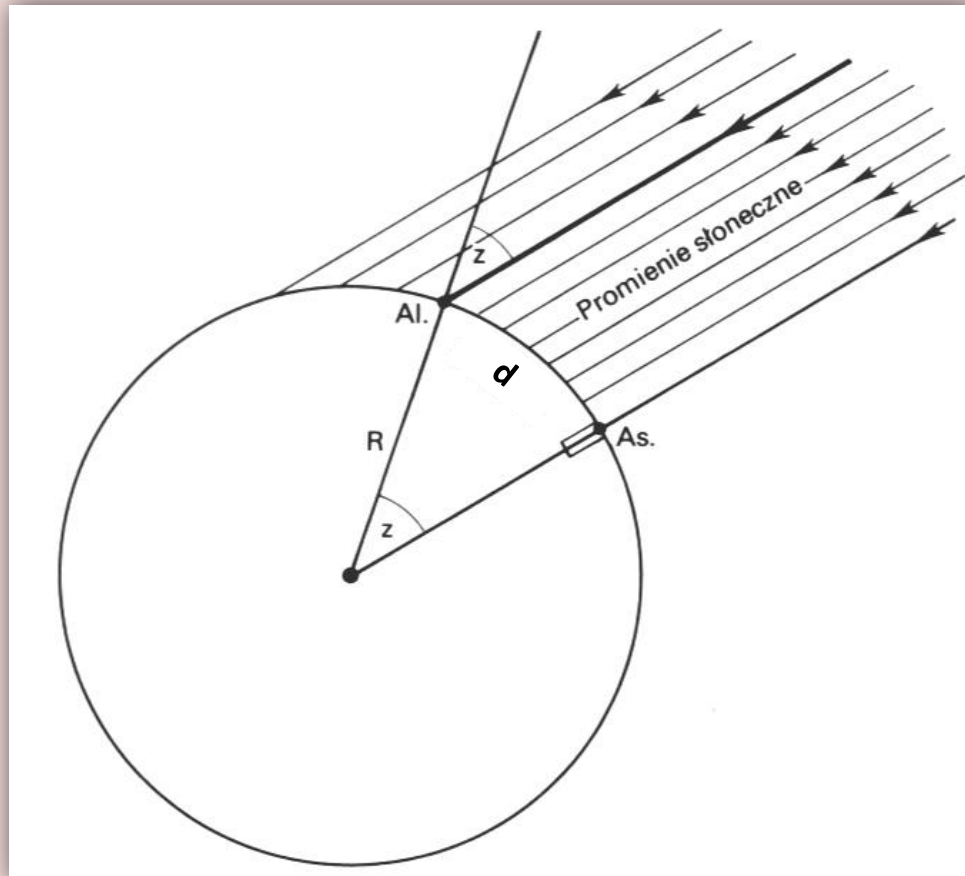


Ziemia

Jak duża jest Ziemia?

Najstarszy znany pomiar rozmiaru Ziemi (Eratostenes, III w. p.n.e.)

- kąt padania promieni Słonecznych w Assuanie i Aleksandrii
- odległość między tymi miejscami



$d = 5000$ stadionów (1 stadion = 185 m ??)

$z = 7.2$ stopnia

$$\frac{2\pi R}{d} = \frac{360^\circ}{z}$$

$2\pi R = 46\,000$ km

$R = 7300$ km (15% więcej niż wartość współczesna)

wyzwanie: pomiar odległości pomiędzy odległymi punktami na Ziemi

Ziemia

Jak duża jest Ziemia?

Gdyby Ziemia była płaska – jaką metodą można by zmierzyć jej rozmiar?



Ziemia

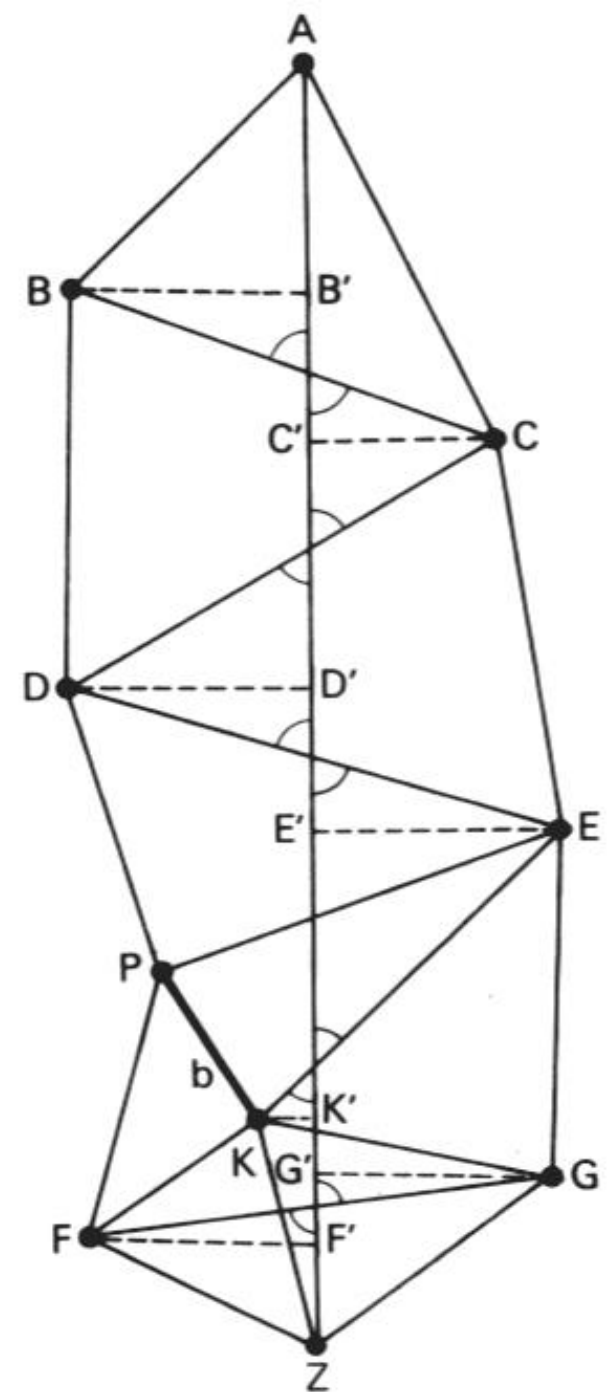


Jak duża jest Ziemia?

Jak dokładnie zmierzyć odległość między dwoma punktami?

Metoda oparta na triangulacji (Willebrord Snell (Snellius), 1610-1615) .

- Siatka triangulacyjna składa się z trójkątów.
- Należy zmierzyć długość bazy (odcinek b) i jej azymut oraz kąty wewnętrzne wszystkich trójkątów siatki i azymuty boków trójkątów względem południka AZ.
- Boki obliczane są z tw. sinusów.
- Długości boków wraz z azymutami pozwalają wyznaczyć rzuty boków na AZ.
- Z rzutów tych wyznaczana jest odległość AZ (wzdłuż południka), a dodatkowo wyliczane są szerokości geograficzne punktów A i Z.
- Obliczenie rozmiaru Ziemi tak samo jak poprzednio.

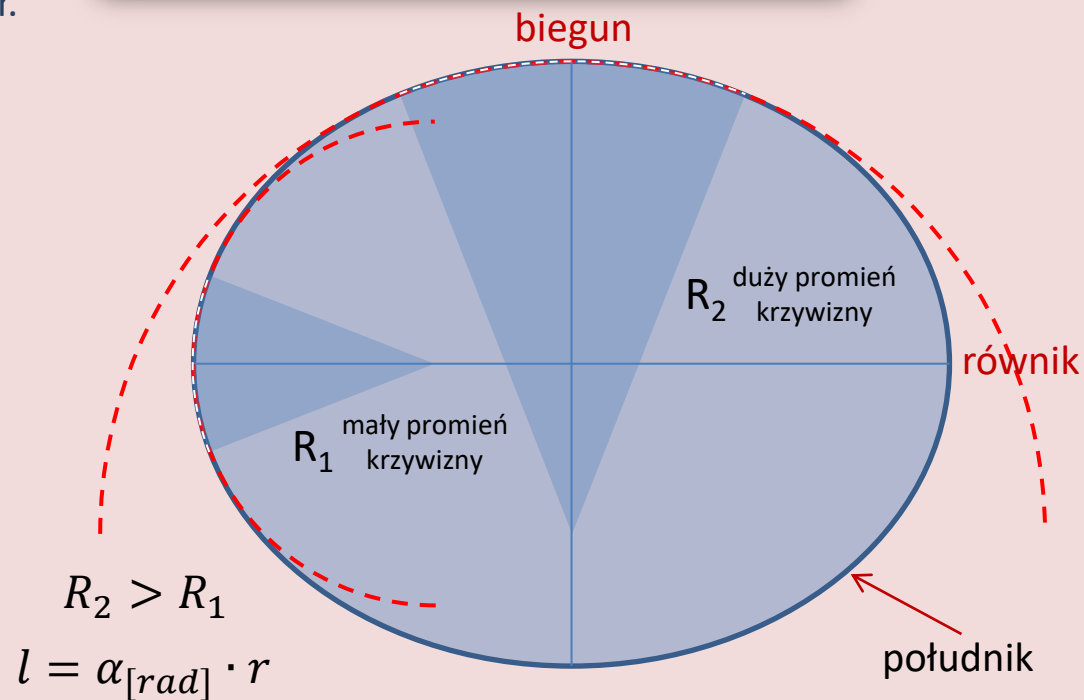
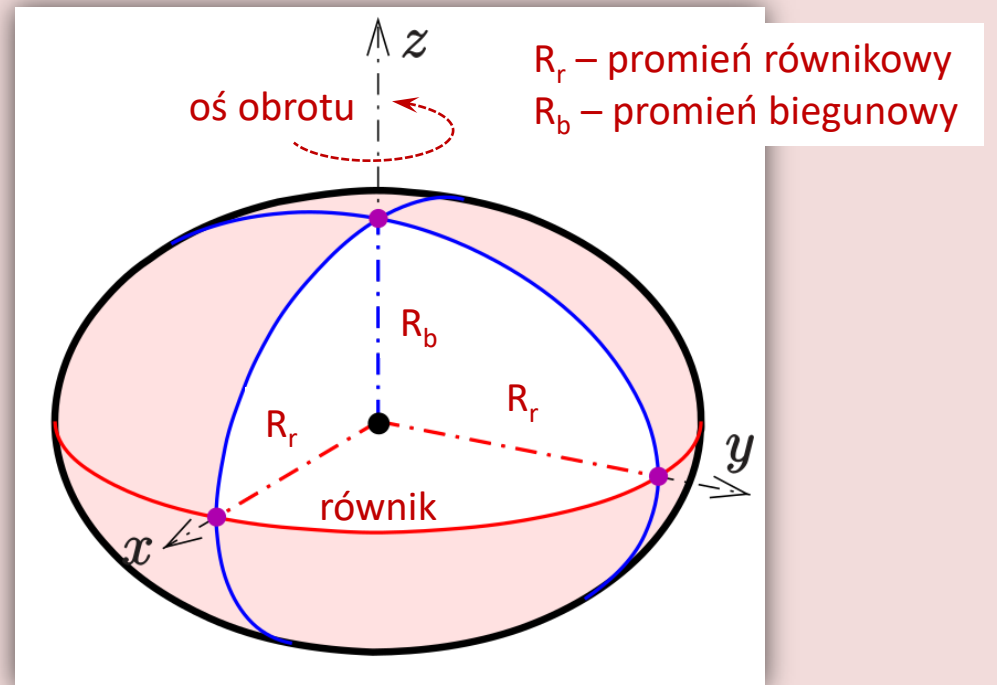


Ziemia

Czy obracająca się Ziemia może być kulą?

- Newton i Huygens przewidują, że na skutek obrotu Ziemia powinna być spłaszczona.
- W efekcie przyspieszenie grawitacyjne zależy od szer. geogr.
- Przewidywania zostają potwierdzone przez pomiary długości łuków południków (1 stopień) na różnych szer. geogr.
- Pomiary z lat '30 i '40 XVIII wieku dały:
 - Laponia, $\phi=66$, 57 438 sążni
 - Paryż, $\phi=40$, 57 060 sążni
 - Peru, $\phi=0$, 56 768 sążni
- Przybliżenie kształtu Ziemi elipsoidą obrotową

To jeszcze nie wszystko...

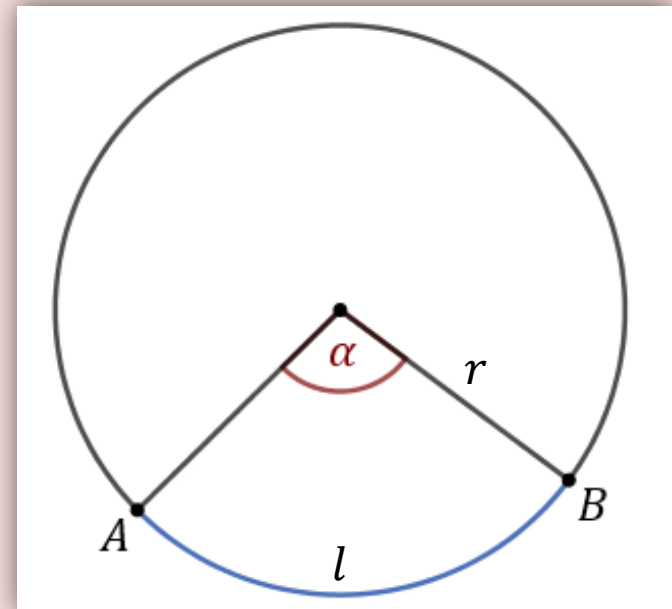


sfera niebieska

Związek między kątem środkowym a długością łuku na nim opartym:

$$l = r \cdot \alpha_{[rad]}$$

kąt α musi być wyrażony w radianach



Ziemia

Czy obracająca się Ziemia może być kulą?

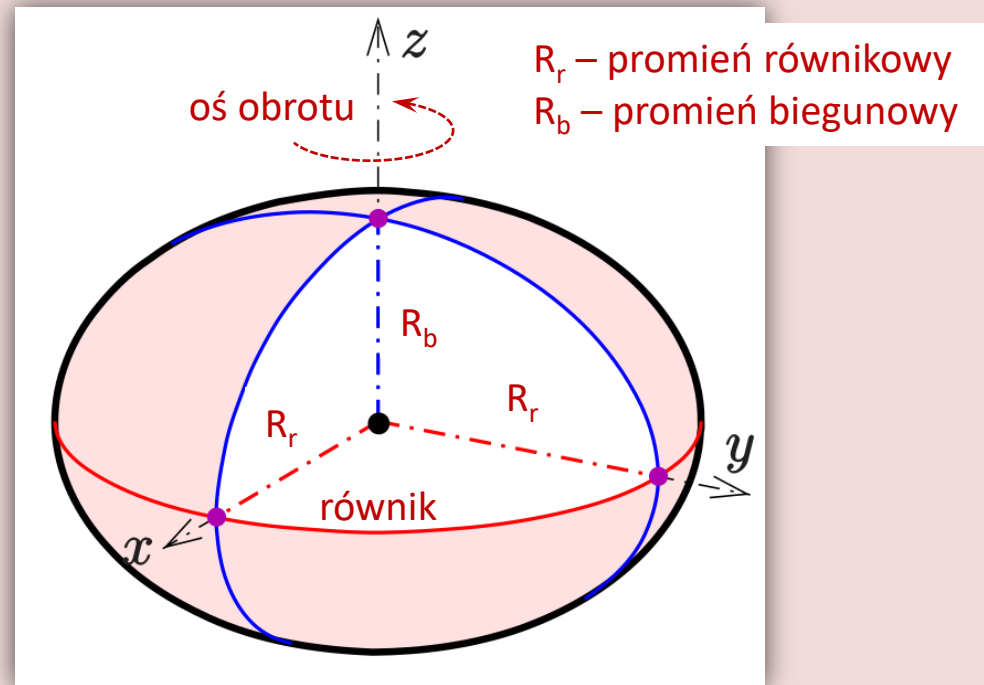
Przybliżenie kształtu Ziemi elipsoidą obrotową.

Parametr S opisuje spłaszczenie:

$$S = \frac{(R_r - R_b)}{R_r}$$

Kolejne wyznaczenia S :

- Huygens (1673) – 1 : 578
- Newton (1687) – 1 : 230
- Delambre (1810) – 1 : 308.65
- Bessel (1841) – 1 : 299.15
- Clarke (1866) – 1 : 294.98
- Hayford (1909) – 1 : 297
- Krassowski (1940) – 1 : 298.3 ($S=0.0034$)



Rozmiary elipsoidy ziemskiej (IUA, IUGG):

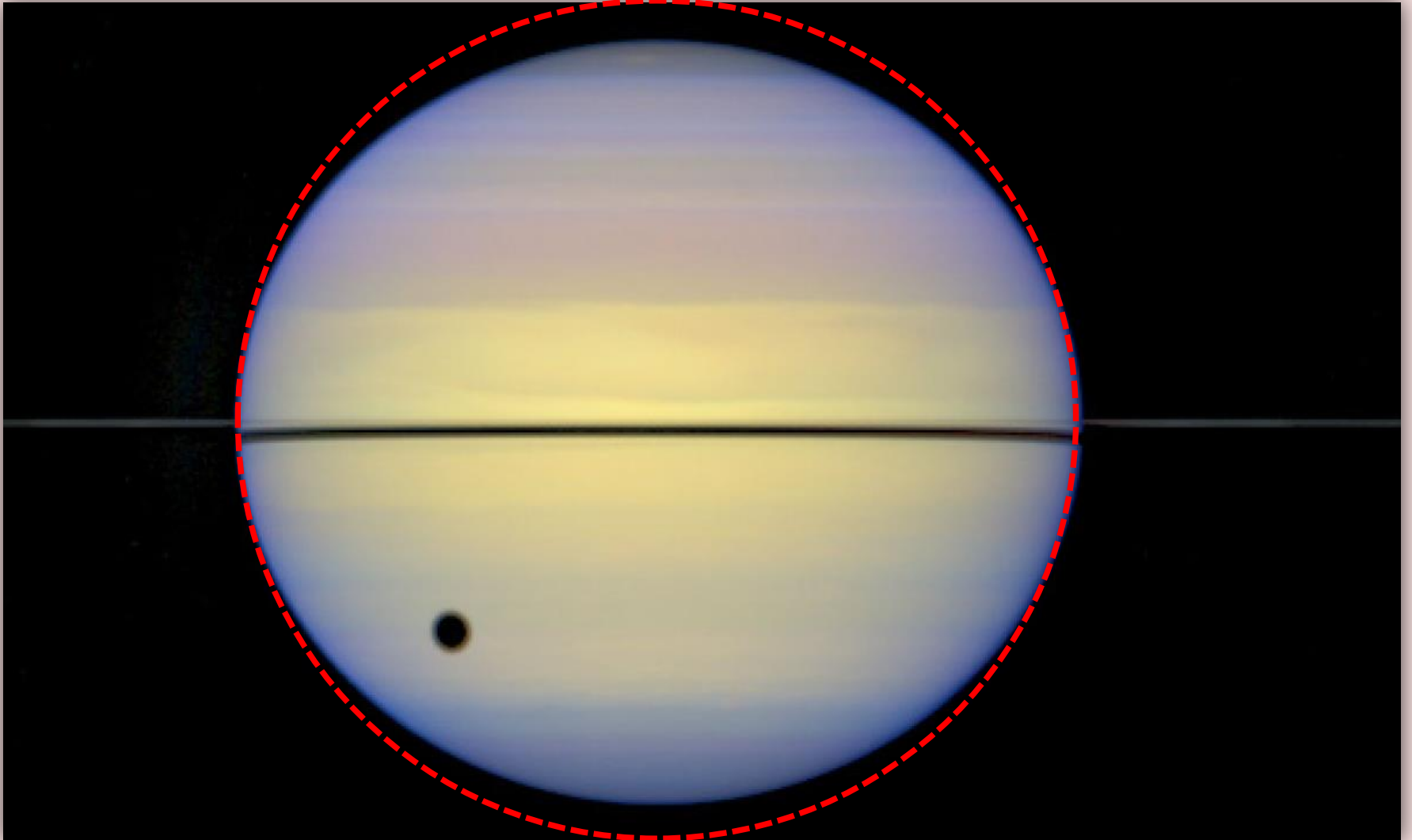
- $R_r = 6378.14 \pm 0.20$ km
- $R_b = 6356.752 \pm 0.030$ km
- $R_{\text{śr}} = 6371$ km
- $S = 1:298.257 = 0.003353$
- Obwód równikowy = 40075 km
- Długość południka = 20004 km

Ziemia

Nie tylko Ziemia

Saturn $S = 0.098$

Ziemia $S = 0.0034$



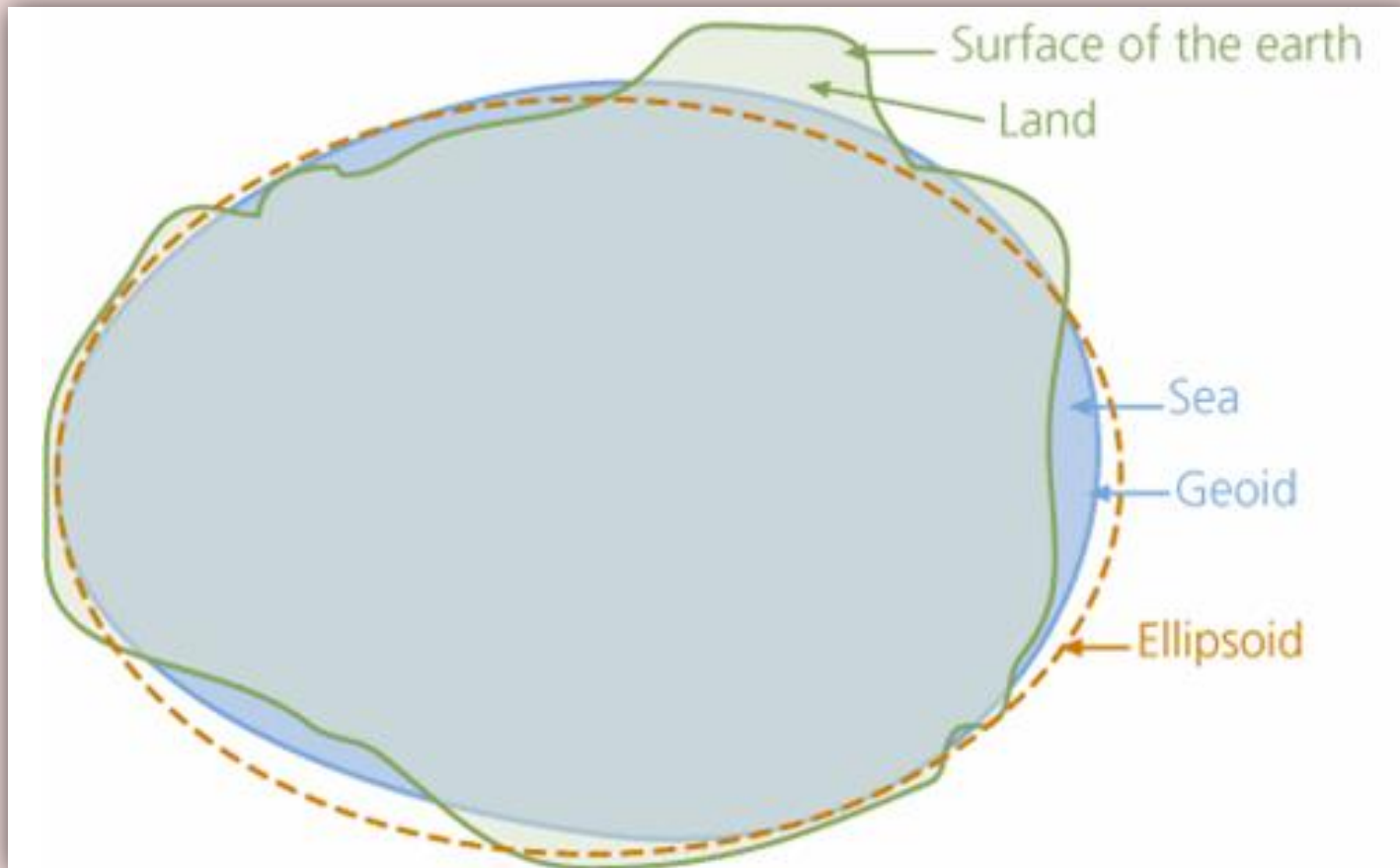
Ziemia

Czy Ziemia elipsoidą? Nie

Obecność innych obiektów (Księżyc, Słońce) – odkształcenie przez siły pływowe

Ziemia nie jest idealnie plastyczna, wewnątrz i powierzchnia są zróżnicowane w budowie (lądy, oceany)

Kolejne przybliżenie – geoida

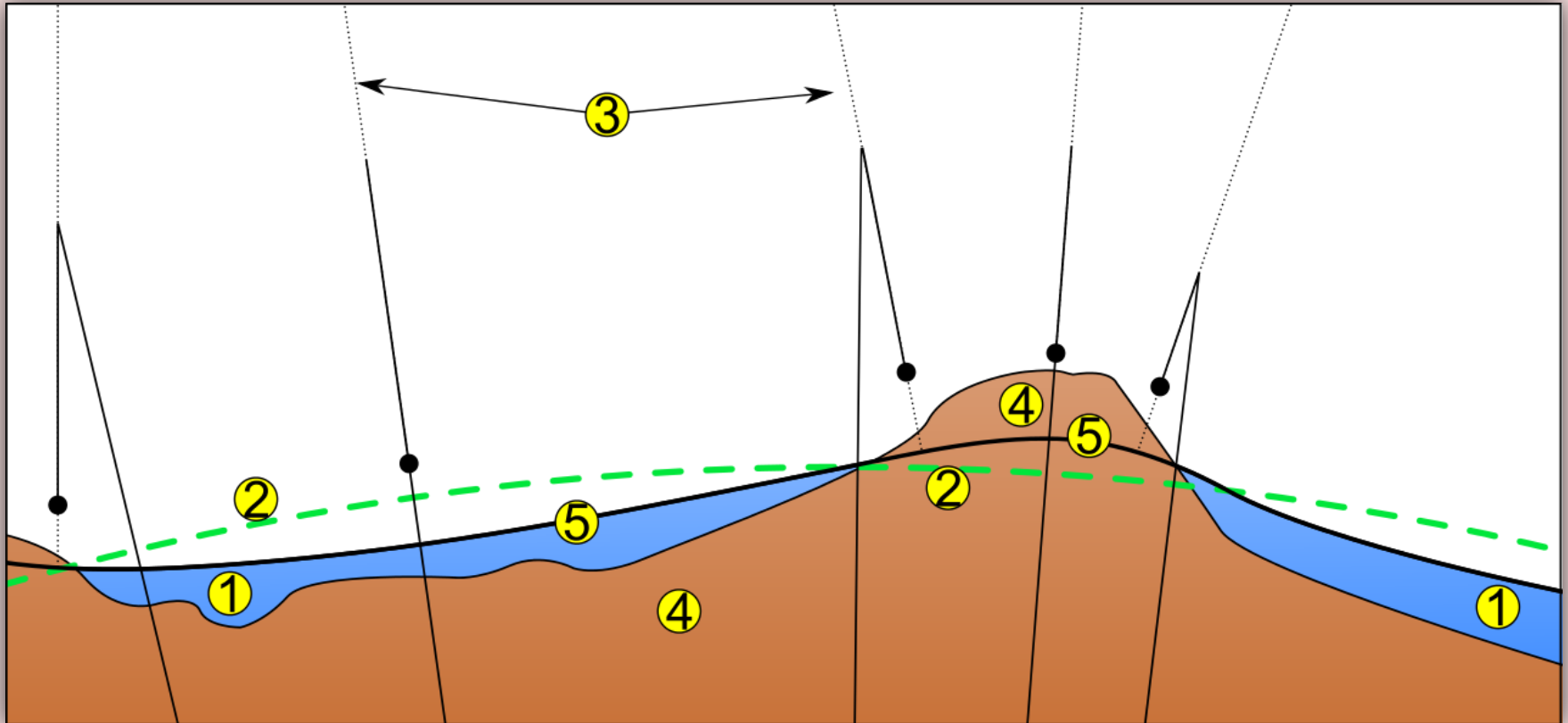


Ziemia

Geoida jest w każdym miejscu prostopadła do pionu wyznaczonego przez siłę ciężkości i jest powierzchnią ekwipotencjalną na poziomie oceanu światowego.

Oznaczenia na rysunku:

1. ocean
2. elipsoida
3. pion lokalny
4. kontynent
5. geoida

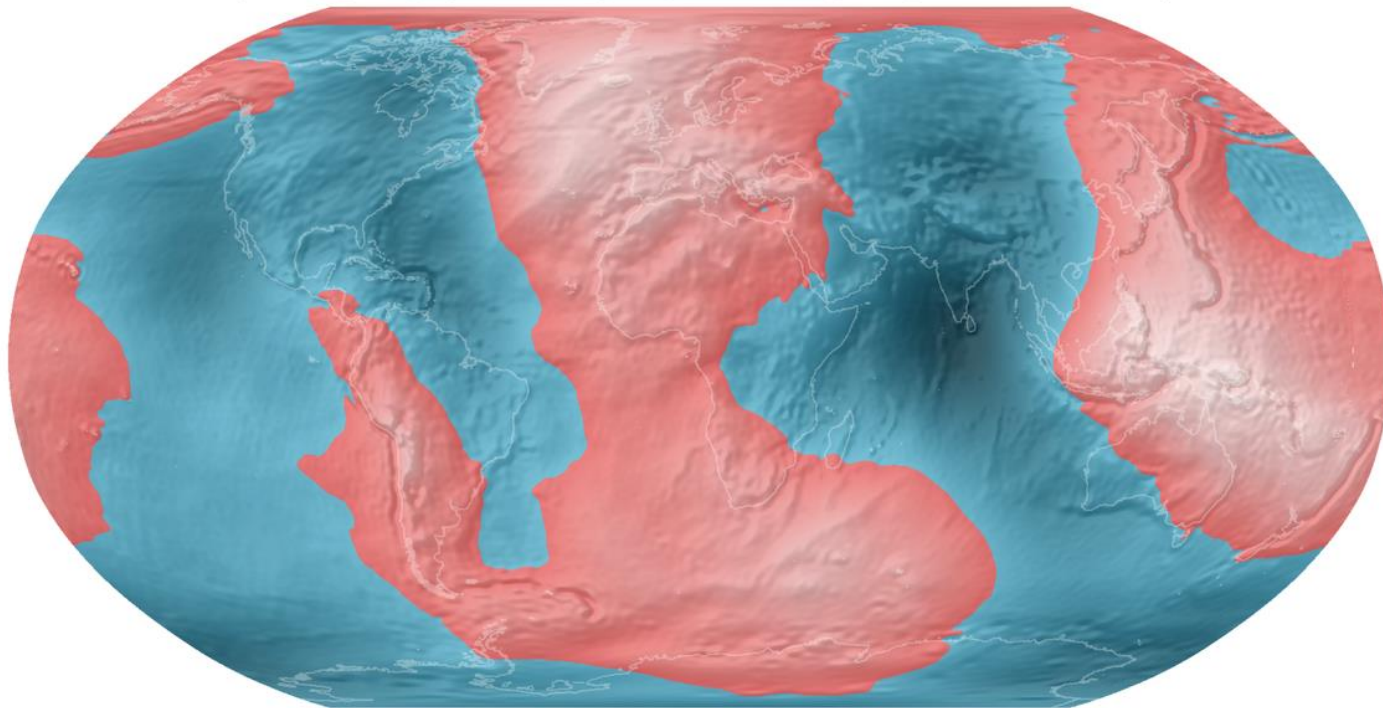


Ziemia

Elipsoida i geoida

Kształt Ziemi w porównaniu z idealną elipsoidą

(różnica pomiędzy modelem geoidy EGM96 a elipsoidą odniesienia WGS84)



poniżej idealnej elipsoidy

powyżej idealnej elipsoidy

-107.0 m

0 m

+85.4 m

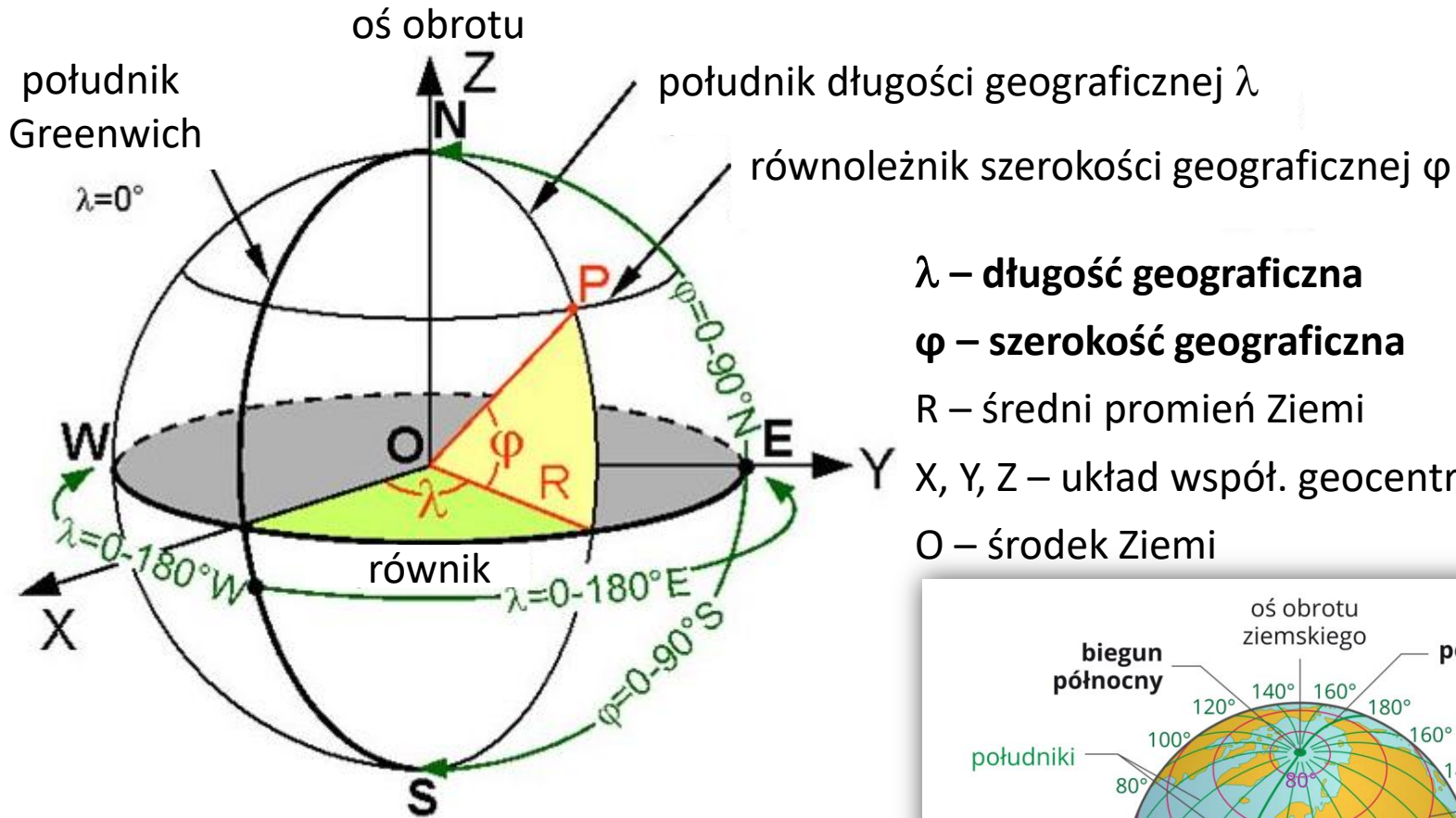
Ziemia

A gdyby Ziemia była płaska, to jak wyglądałby kierunek lokalnego pionu?



Ziemia

Współrzędne geograficzne



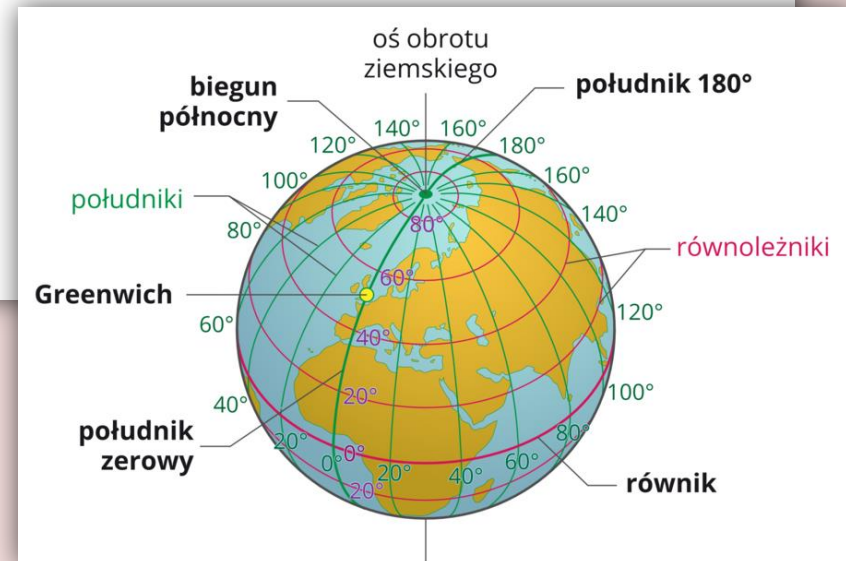
λ – długość geograficzna

φ – szerokość geograficzna

R – średni promień Ziemi

X, Y, Z – układ współ. geocentrycznych

O – środek Ziemi



Ziemia

Współrzędne geograficzne – dla spłaszczonej Ziemi (elipsoida)

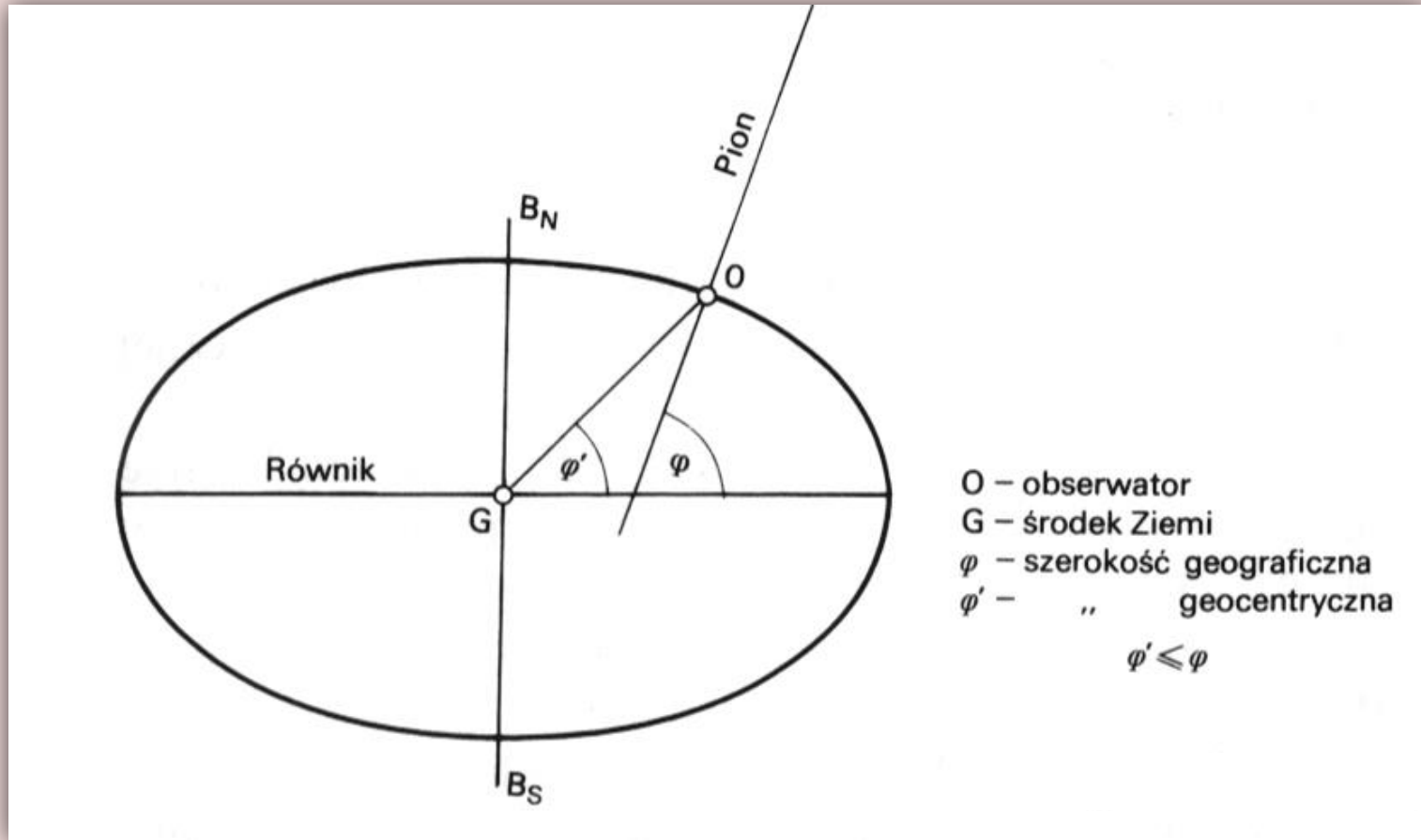


TABELA 13

Różnica szerokości geograficznej i geocentrycznej $\varphi - \varphi'$, długości łuku południka i długości łuku równoleżnika (elipsoida radziecka)

φ	$\varphi - \varphi'^1$	Południk (m)			Równoleżnik (m)		
		łuk ($^{\circ}$)	łuk ($'$)	łuk ($''$)	łuk (w $^{\circ}$) tj. 4 ^m dłu- gości	łuk (w $'$) tj. 4 ^s dłu- gości	łuk (w $''$) tj. 0 ^s ,07 dłu- gości
0 $^{\circ}$	0'0'',0	110576,4	1842,938	30,716	111321,4	1855,356	30,923
5	1 59,9	110586,5	1843,078	30,718	110900,6	1848,343	30,806
10	3 56,1	110613,2	1843,496	30,725	109641,2	1827,354	30,456
15	5 45,3	110655,6	1844,178	30,736	107552,3	1792,538	29,876
20	7 24,1	110712,6	1845,104	30,752	104648,9	1744,148	29,069
25	8 49,4	110782,4	1846,247	30,771	100951,8	1682,530	28,042
30	9 58,8	110862,9	1847,573	30,793	96487,9	1608,132	26,802
35	10 50,2	110951,7	1849,042	30,817	91289,7	1521,495	25,358
40	11 21,8	111046,2	1850,609	30,843	85395,3	1423,255	23,721
45	11 32,7	111143,5	1852,228	30,870	78848,2	1314,136	21,902
50	11 22,6	111240,6	1853,849	30,897	71696,9	1194,949	19,916
55	10 51,7	111334,6	1855,424	30,924	63995,2	1066,587	17,776
60	10 00,9	111422,6	1856,903	30,948	55800,9	930,015	15,500
65	8 51,8	111501,9	1858,241	30,971	47176,3	786,272	13,105
70	7 26,4	111570,1	1859,398	30,990	38187,2	636,453	10,608
75	5 47,4	111625,1	1860,337	31,006	28902,5	481,708	8,028
80	3 57,7	111665,0	1861,030	31,017	19393,8	323,230	5,387
85	2 00,7	111688,8	1861,454	31,024	9734,7	162,245	2,704
90	0 00,0	111695,9	1861,597	31,027	0	0	0

¹⁾ $\varphi - \varphi' = 692'',743 \sin 2\varphi - 1'',163 \sin 4\varphi + 0'',003 \sin 6\varphi$

Ziemia

Rozmiar Ziemi jako odniesienie do ustalenia jednostek długości

- **metr** – zdefiniowany w 1793 r. jako 1/10 mln długości połowy południka przechodzącego przez Paryż (dł. między równikiem a biegunem)
- **mila morska** – zdefiniowana pierwotnie jako długość łuku na południku odpowiadająca różnicy szer. geogr. 1/60 stopnia (=1 minuta kątowna)

