

A földalak meghatározása a kezdetektől napjainkig

Dr. Szücs László
Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

GISOPEN
2018. március 12-14.

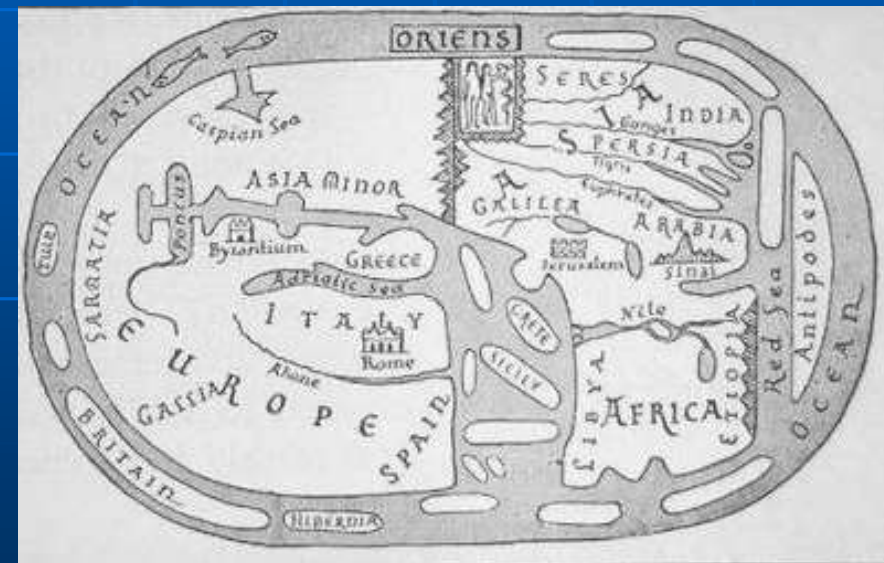
Egy több, mint 2000 éves feladat: a Föld alakjának és méretének meghatározása

- A feladat a mai napig aktuális:
 - Földi pontok távolságának számítása
 - Mesterséges holdakkal történő mérések esetén ismerni kell

A sík alakú Föld



Catalhöyük, Törökország
(kb. i.e. 6200)



Római világtérkép

A sík alakú Föld

HA A FÖLD TÉNYLEG LAPOS LENNE,



**A MACSKÁK MÁR RÉG LELÖKTEK
VOLNA MINDENT A SZÉLÉRŐL.**

Gömb alakú Föld



Püthagorasz (Kr.e. 570-495) elméletben felveti

Eratoszthenész

(i. e. 276 - 194)

- Alexandriában és Athénban tanult
- Az Alexandriai könyvtár igazgatója
- A fáraó gyermekeinek tanítója
- Orvos
- Költő
- Matematikus
- Csillagász
- Földrajztudós – 3 kötetes Geographica
- Ő az első, akiről tudjuk, hogy meghatározta a Föld sugarát.



Eratoszthenész alapfeltevései 1.

A helyi függőleges értelmezése: *„a súlyos tárgyak mozgása a középpont felé tart, e körül gömb alakúra összesűrűsödve áll a Föld...”* (Strabón)

Eratoszthenész alapfeltevései 2.

„A *térítőnek szükségképpen Syénénél kell lennie, mert itt a nyári napfordulat idején a napóra mutatójának délben nincs árnyéka...*”.

(Strabón)

Tehát Syénében nem kellett mérni!



Ráktérítő

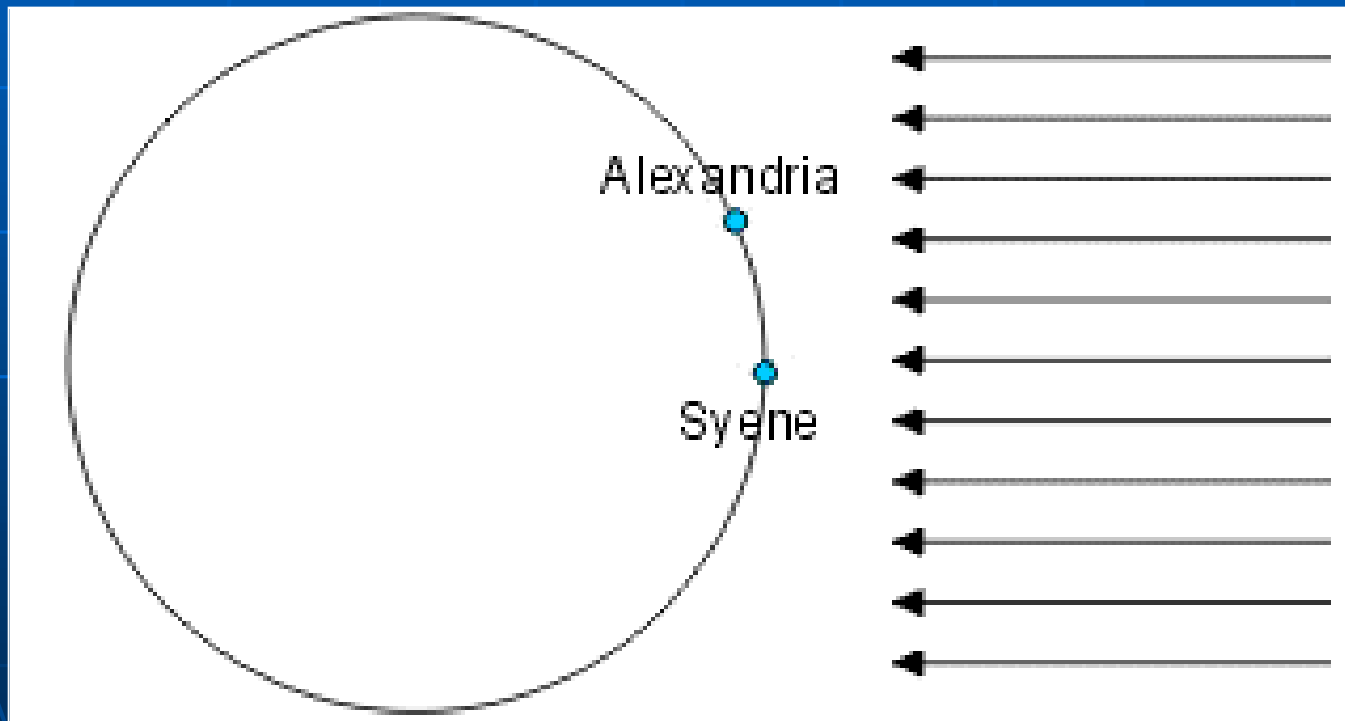
Eratoszthenész alapfeltevései 3.

„A syénei délkör pedig főképp a Nílus folyásirányába esik Meroétól Alexandriáig...”
(Strabón) – azaz Syéne és Alexandria ugyanazon a meridiánon fekszik.



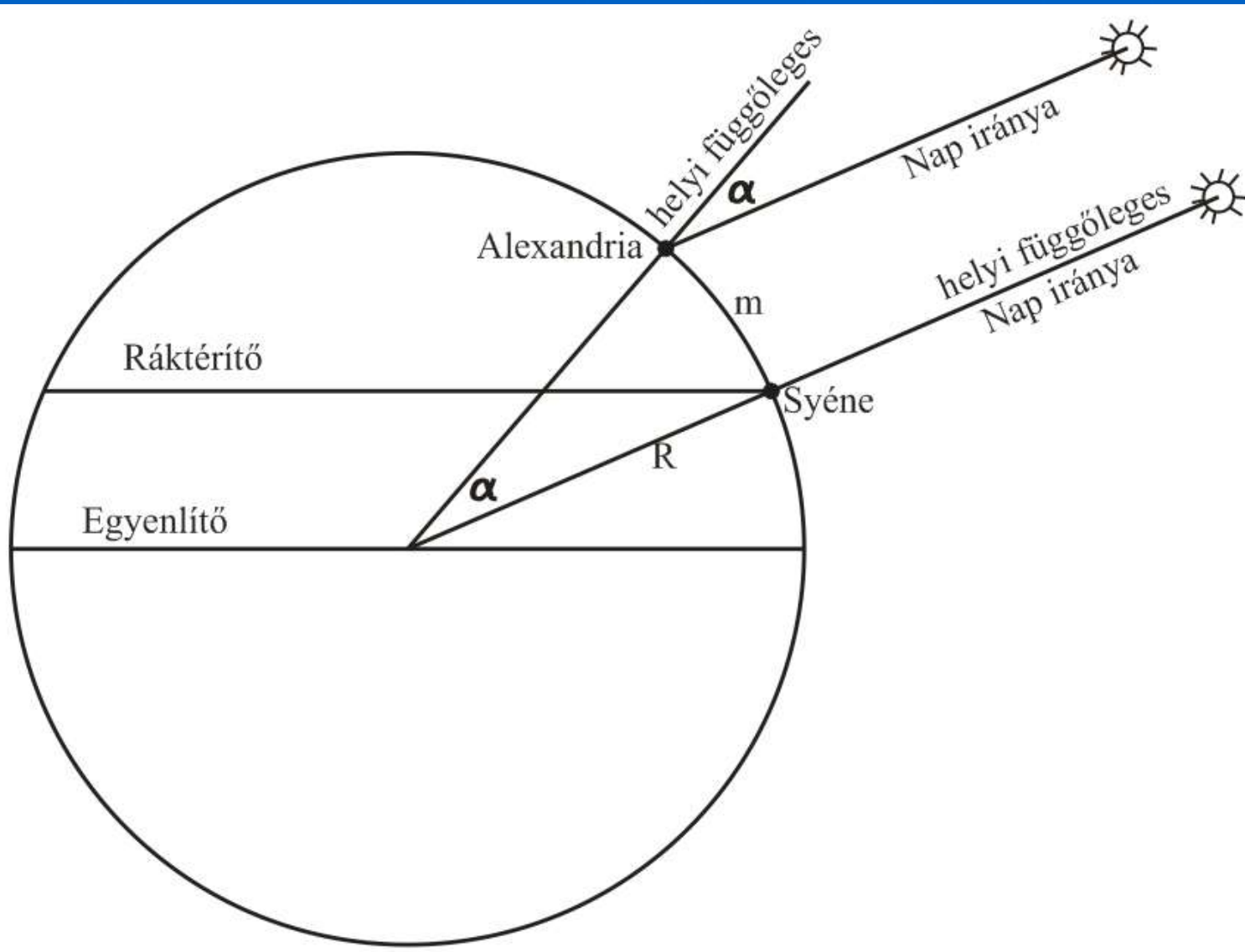
Eratoszthenész alapfeltevései 4.

„A Nap küldötte fénysugarak a világ különböző részein egymással párhuzamosak...”
(Cleomedis).



Ezek az ismeretek matematikai, fizikai és csillagászati jártasságról tanúskodnak!

A föld sugár mérésének elve



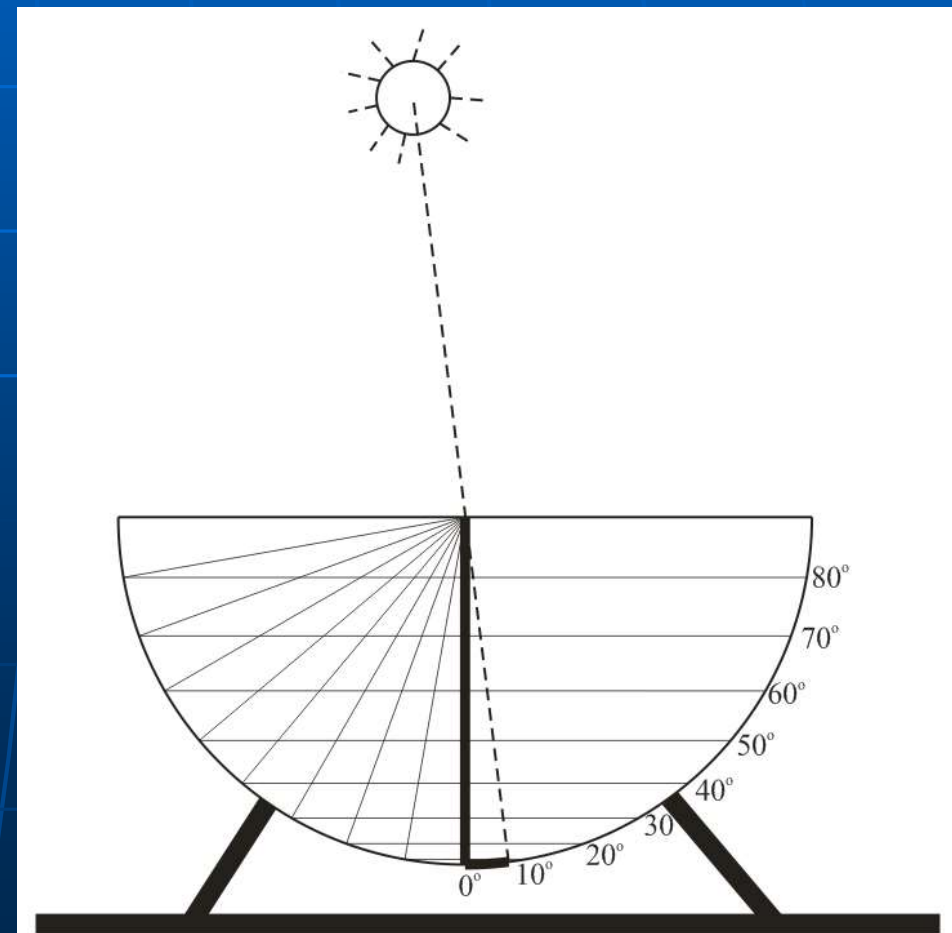
$$\frac{m}{2R\pi} = \frac{\alpha}{2\pi}$$

(Kleomédész)

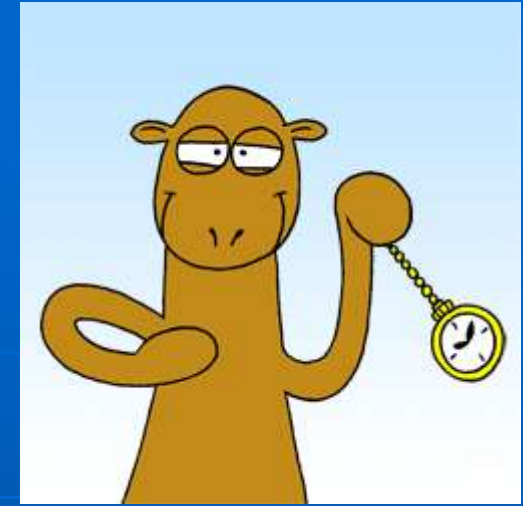
Az ókori zenitszög-mérés műszere Alexandriában



- Hibás a mese a bot árnyékáról és a trigonometriáról
- A „szögmérő edény”
- Syénében nem volt mérés



A távolság mérésének „műszere”



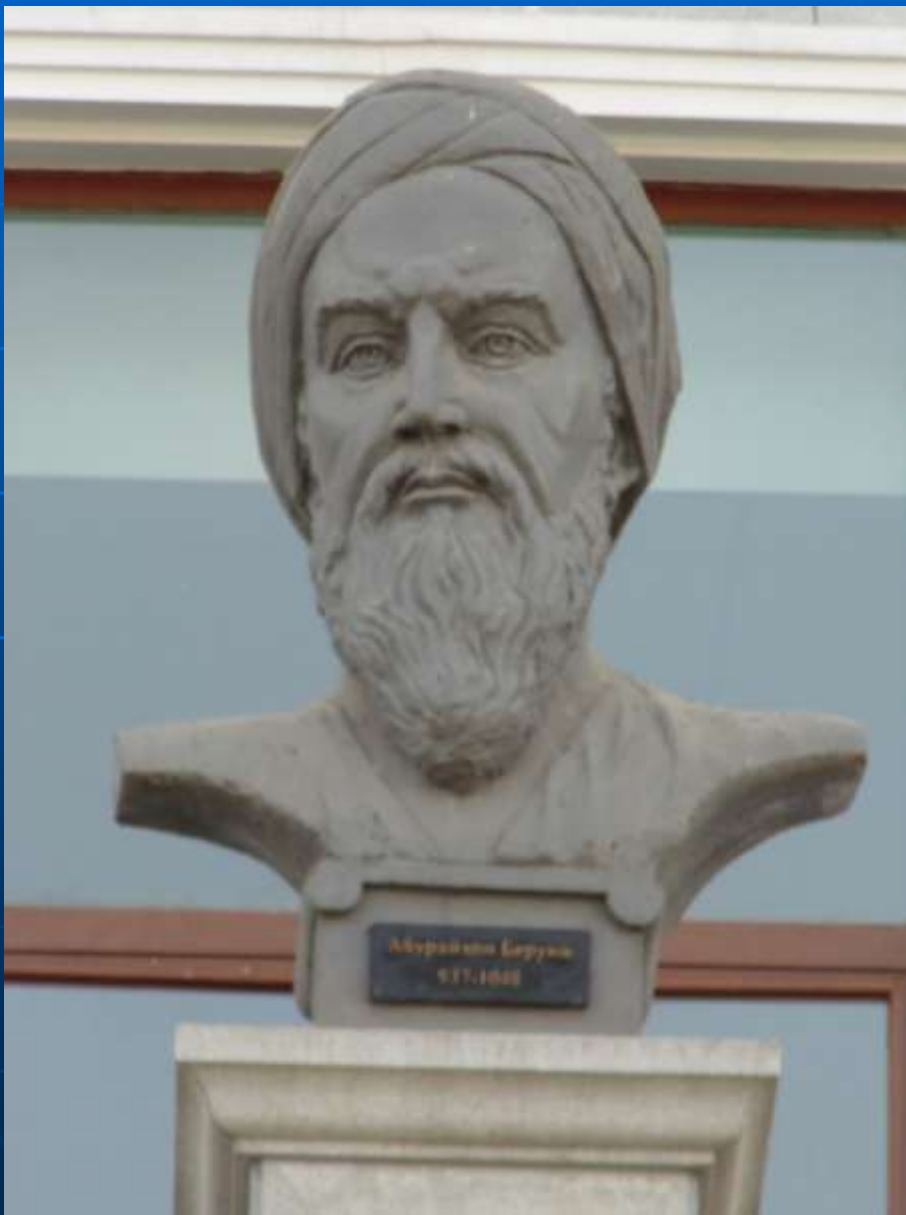
- Egy karaván napi 100 stadion távolságot tud megtenni
- Syéne – Alexandria: 50 nap utazás
- Így a két város távolsága 5000 stadion



Eredmények

- Eredmények: (Szücs 2013)
 - a GPS-rendszerhez elfogadott földalakhoz Egyiptomnál legjobban simuló gömb sugarával (6 366 km) 1% pontossággal egyezik Eratoszthenész eredménye (6 305 km)!
 - Az utolsó gömbsugarat e módszer továbbfejlesztésével (fokmérés) **1669-ben Picard abbé** határozta meg, 6 371 km.

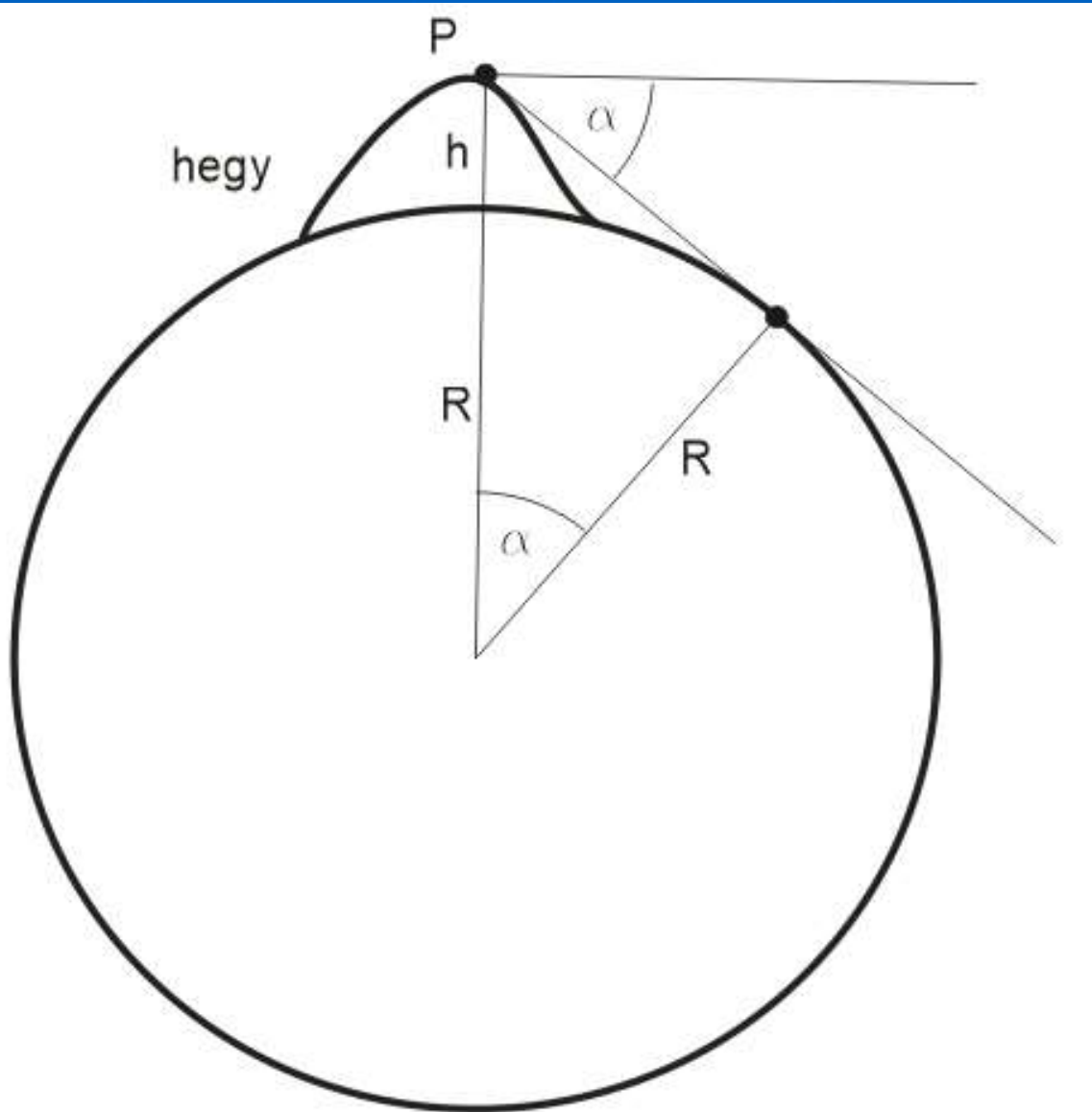
Egy érdekes módszer a Földsugár meghatározására



Abū Rayḥān Muḥammad ibn Aḥmad Al-Bīrūnī (973-1048) iráni arab tudós

fizika, matematika,
asztronómia,
természettudományok

Egy érdekes módszer a Földsugár meghatározására



$$\frac{R}{h + R} = \cos \alpha$$

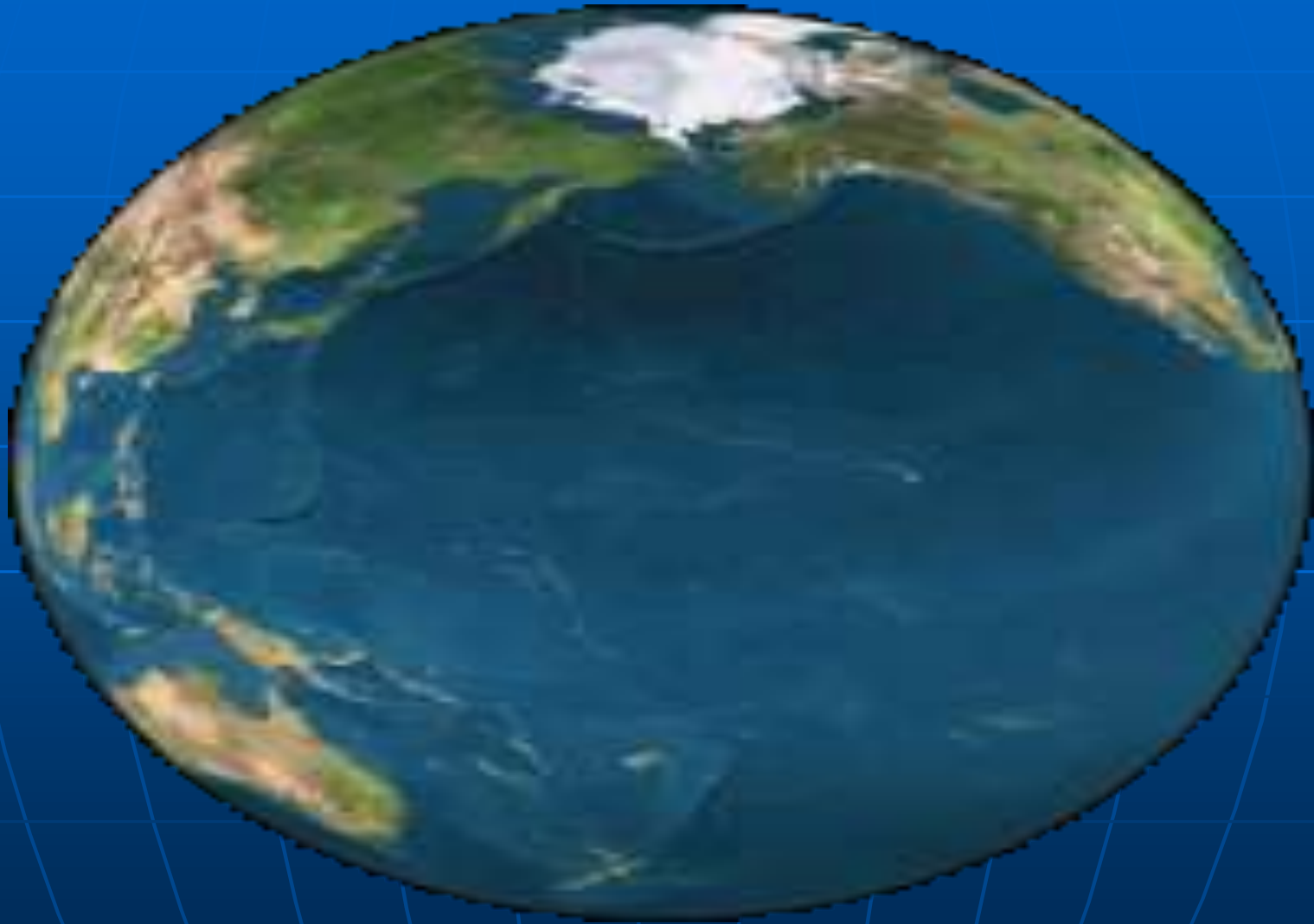


$$R = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

A gömb alak vége

- Snellius (1591-1626): távolság meghatározása háromszögeléssel
- 1669: Picard abbé mérése ($R = 6\,371$ km)
- Huygens: Picard-mérés ellentmondásai túl nagyok
- 1669: Newton: forgás miatt nem lehet gömb alak
- 1672: Richer másodperc-ingás bizonyítéka

Ellipszoid alakú föld



XV. Lajos fokmérése

1735-39

- Cél: az ellipszoid alak bizonyítása
- Mérés: Sarkkörnél (Finn-Svéd) és az Egyenlítő alatt (Perui fokmérés)
- Északi mérés sikerült
- Déli mérés problémás!
- Eredmény: Newtonnak igaza van!

A Francia fokmérés 1790-től

- Gömbsugár helyett egy ellipszoid két paraméterét kell meghatározni
- $a = 6\,375\,738,7$ m
- $b = 6\,356\,666,222$ m
- Méchain és Delambre: a „méter” definíciója a meridiánkör hosszának $1/40\,000\,000$ -od része



Az Európai Fokmérés

- Előzmény: 1841 Bessel 10 db meridián irányú fokmérésből és 38 db csillagászati mérésből levezeti ellipszoidját
- 1862: Poroszország, Szászország, Habsburg Birodalom: Közép-Európai Fokmérés
- 1867-re több ország csatlakozásával: Európai Fokmérés (Nemzetközi Fokmérés)
- 1886-tól Nemzetközi Földmérési Szövetség
- 1919-től: az IUGG tagszervezete (IAG)

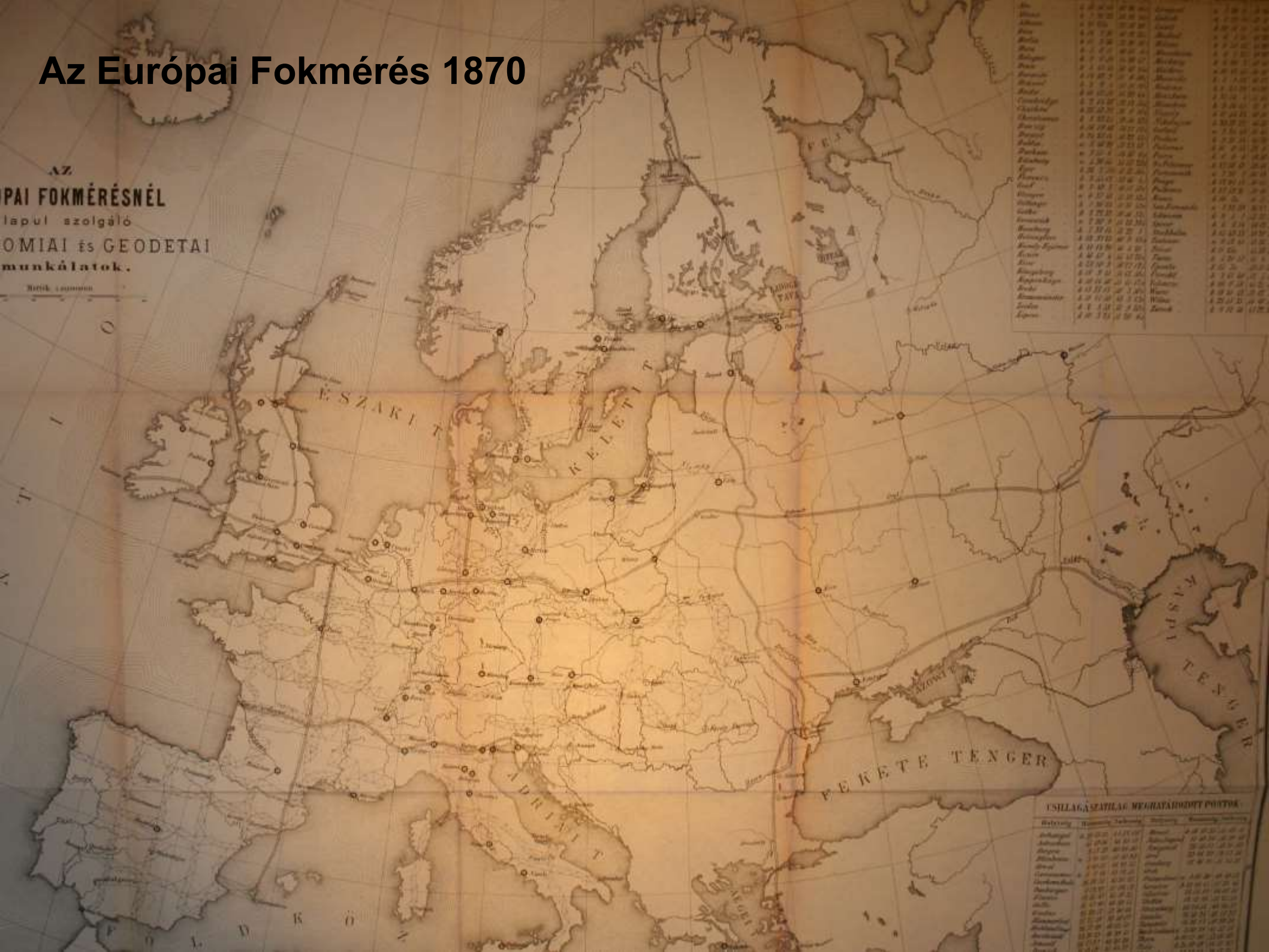
Tóth Ágoston (1812-1889)



Az Európai Fokmérés 1870

AZ
PAI FOKMÉRÉS-NÉL
apul szolgáló
OMIAI ÉS GEODETAI
munkálatok.

30110, CASIMIR

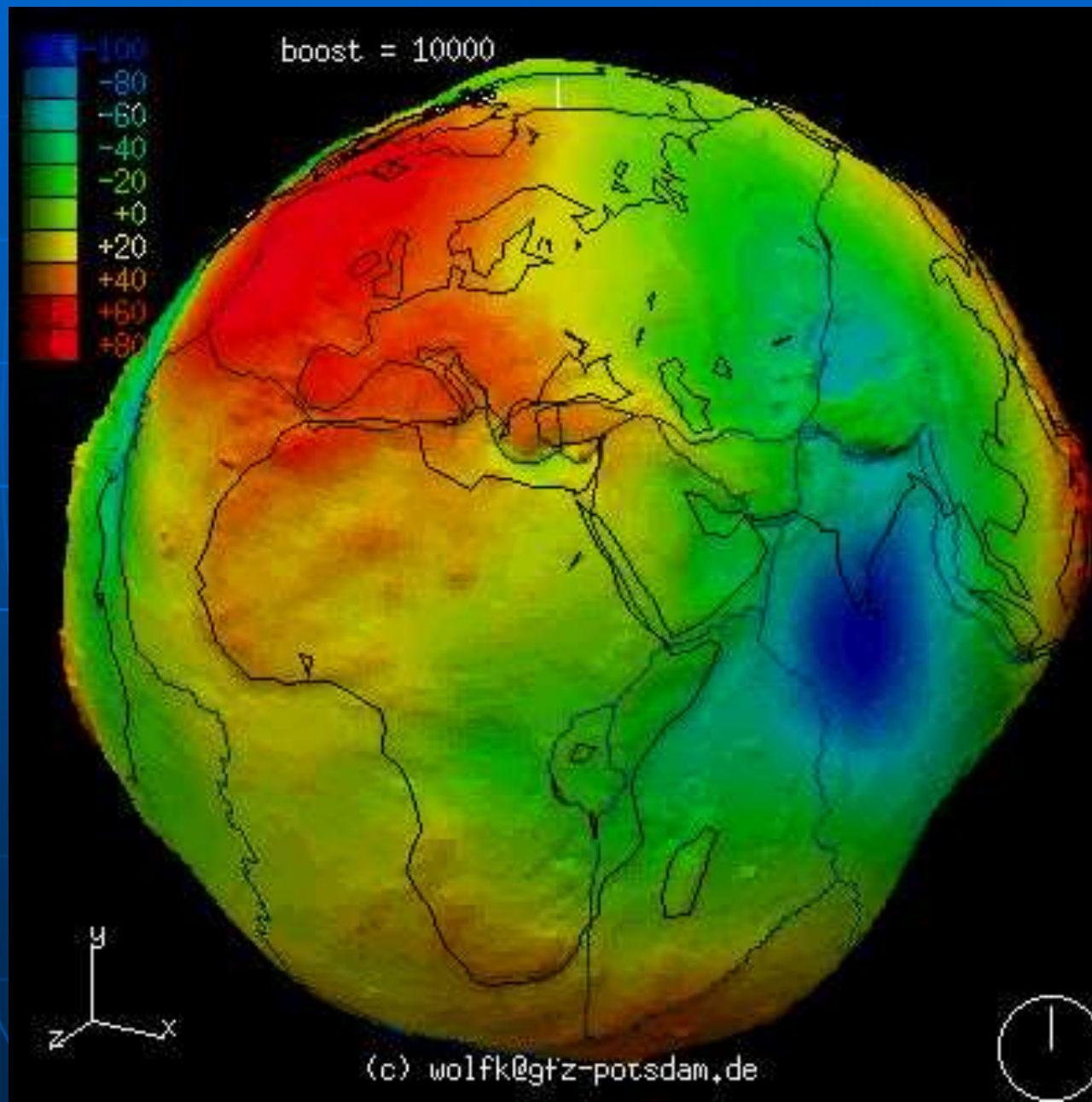


Place	Latitude	Longitude	Place	Latitude	Longitude
Berlin	52 31 12	13 23 30	London	51 30 28	0 7 39
Brussels	50 45 20	4 22 15	Madrid	40 21 38	4 16 22
Paris	48 51 38	2 21 14	Rome	41 53 49	12 27 15
Amsterdam	52 18 32	2 57 17	Moscow	55 45 15	37 37 30
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Bombay	18 55 40	75 31 15
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Calcutta	22 31 30	88 30 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Delhi	28 40 00	76 45 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Madras	13 00 00	79 10 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Panama	9 05 00	-80 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Santiago	33 27 00	-70 38 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Valparaiso	33 00 00	-71 38 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Lima	12 00 00	-77 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Buenos Aires	34 37 00	-58 25 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Sao Paulo	23 30 00	-46 35 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Rio de Janeiro	22 54 00	-43 11 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Santos	23 28 00	-46 30 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Sao Francisco	16 48 00	-15 25 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Lisbon	38 42 00	-9 08 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Algiers	36 45 00	3 05 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Constantinople	41 03 00	29 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Alexandria	30 00 00	30 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Cairo	30 00 00	30 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Beirut	33 55 00	35 30 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Sydney	33 50 00	15 10 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Melbourne	37 48 00	14 35 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Brisbane	27 29 00	15 28 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Auckland	36 58 00	17 48 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Dunedin	45 52 00	16 59 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Wellington	41 28 00	17 30 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Christchurch	43 37 00	17 19 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Port Phillip	38 04 00	14 38 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Lyons	45 42 00	4 49 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Geneva	45 51 00	6 10 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Venice	45 30 00	12 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Naples	40 53 00	14 10 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Brussels	50 45 20	4 22 15
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Paris	48 51 38	2 21 14
Helsinki	60 10 25	24 51 30	London	51 30 28	0 7 39
Oslo	59 37 00	18 00 00	Berlin	52 31 12	13 23 30
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Moscow	55 45 15	37 37 30
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Oslo	59 37 00	18 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Oslo	59 37 00	18 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Oslo	59 37 00	18 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Oslo	59 37 00	18 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Copenhagen	55 42 00	12 00 00

ISILLAGASZATHALAC MEGHATÁROZOTT PONTOK

Ország	Latitudo	Longitudo	Ország	Latitudo	Longitudo
Berlin	52 31 12	13 23 30	Rome	41 53 49	12 27 15
Brussels	50 45 20	4 22 15	Moscow	55 45 15	37 37 30
Paris	48 51 38	2 21 14	Bombay	18 55 40	75 31 15
Amsterdam	52 18 32	2 57 17	Calcutta	22 31 30	88 30 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Delhi	28 40 00	76 45 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Madras	13 00 00	79 10 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Panama	9 05 00	-80 00 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Santiago	33 27 00	-70 38 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Valparaiso	33 00 00	-71 38 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Lima	12 00 00	-77 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Buenos Aires	34 37 00	-58 25 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Sao Paulo	23 30 00	-46 35 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Rio de Janeiro	22 54 00	-43 11 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Santos	23 28 00	-46 30 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Sao Francisco	16 48 00	-15 25 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Lisbon	38 42 00	-9 08 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Algiers	36 45 00	3 05 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Constantinople	41 03 00	29 00 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Alexandria	30 00 00	30 00 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Cairo	30 00 00	30 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Beirut	33 55 00	35 30 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Sydney	33 50 00	15 10 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Melbourne	37 48 00	14 35 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Brisbane	27 29 00	15 28 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Auckland	36 58 00	17 48 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Dunedin	45 52 00	16 59 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Wellington	41 28 00	17 30 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Christchurch	43 37 00	17 19 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Port Phillip	38 04 00	14 38 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Lyons	45 42 00	4 49 00
Oslo	59 37 00	18 00 00	Geneva	45 51 00	6 10 00
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Venice	45 30 00	12 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Naples	40 53 00	14 10 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Brussels	50 45 20	4 22 15
Oslo	59 37 00	18 00 00	Paris	48 51 38	2 21 14
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	London	51 30 28	0 7 39
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Berlin	52 31 12	13 23 30
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Moscow	55 45 15	37 37 30
Oslo	59 37 00	18 00 00	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Oslo	59 37 00	18 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Oslo	59 37 00	18 00 00	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Oslo	59 37 00	18 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Oslo	59 37 00	18 00 00	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Oslo	59 37 00	18 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Oslo	59 37 00	18 00 00	Helsinki	60 10 25	24 51 30
Copenhagen	55 42 00	12 00 00	Oslo	59 37 00	18 00 00
Stockholm	59 16 25	18 03 30	Copenhagen	55 42 00	12 00 00
Helsinki	60 10 25	24 51 30	Stockholm	59 16 25	18 03 30
Oslo	59 37 00	18 00 00	Helsinki	60 10 25	24 51 30

A Föld alakja: geoid

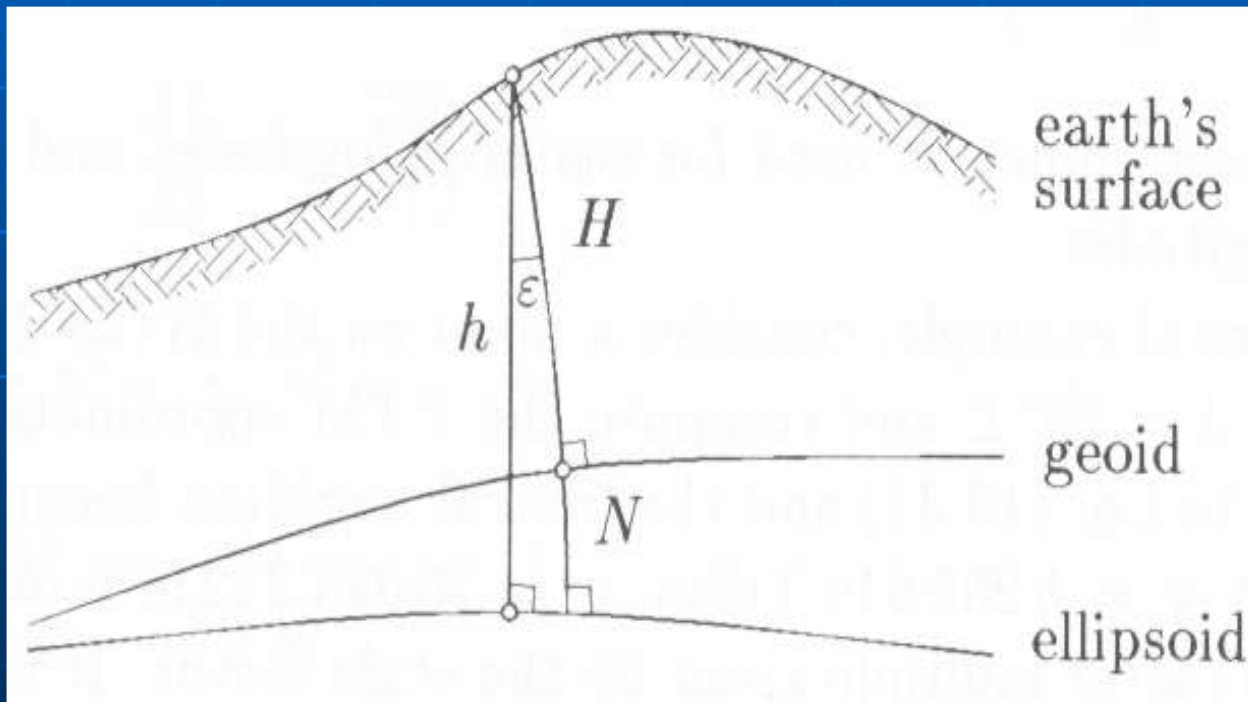


Geoid meghatározási módszerek: Eötvös-inga



Geoid meghatározási módszerek:

A geometriai szintezés és a műholdas (GPS) magasságmérés összevetése

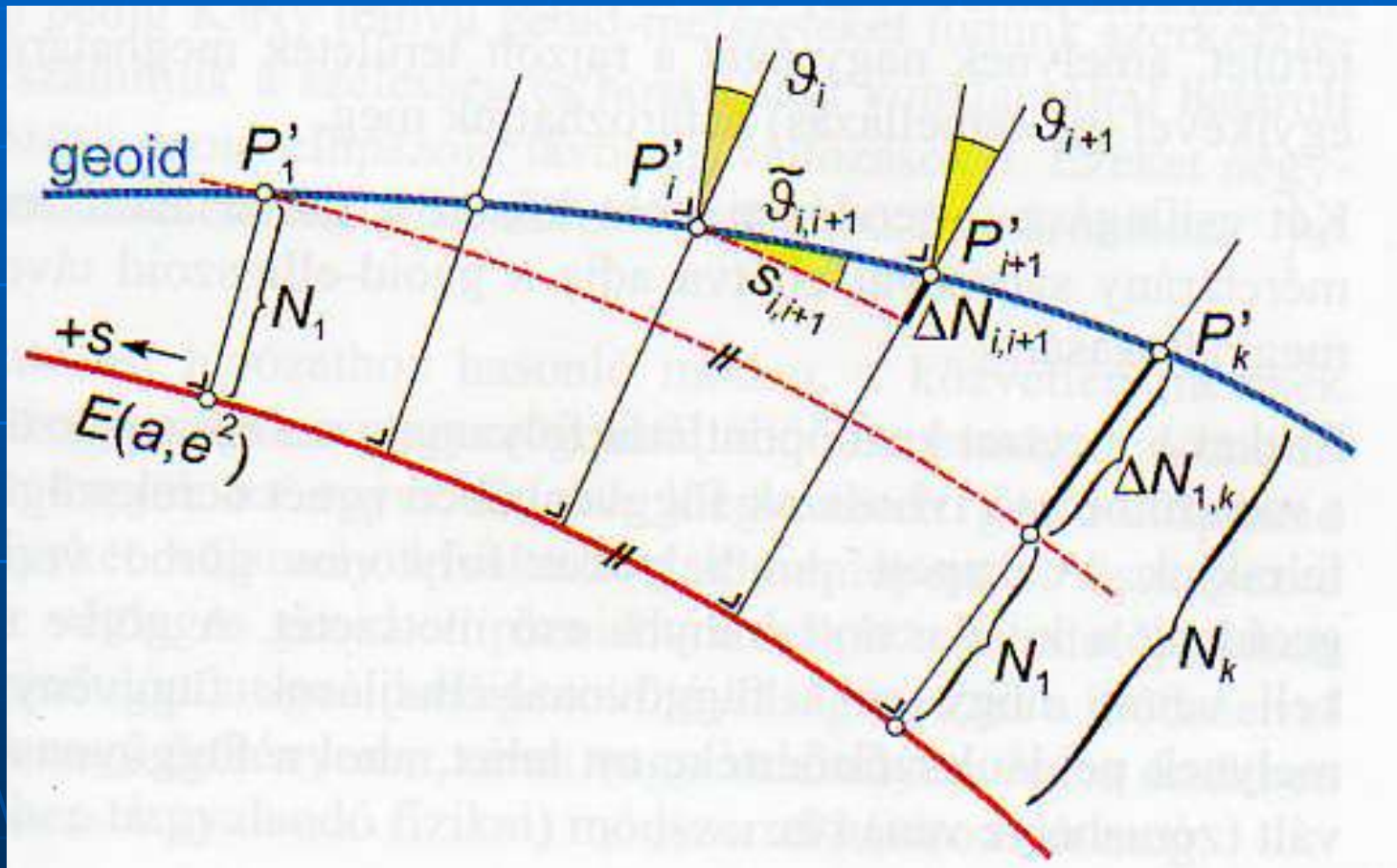


$$N = h - H$$

Geoid meghatározási módszerek: Gravitációs teret felmérő műholdak: Grace



Geoid meghatározási módszerek: csillagászati szintezés: QDaedalus-rendszer



A csillagászati szintezés elve (Biro et.al.2013)

Felhasznált irodalom:

- **Biró P., Ádám J., Völgyesi L., Tóth Gy.** (2013): A felsőgeodézia elmélete és gyakorlata. Budapest, 2013.
- **Ball J** (1942): Egypt in the classical geographers. Government Press, Bulaq. Cairo. 203.
- **Eötvös L** (1901): Elnöki megnyitó beszéd. Akadémiai Értesítő, 1901, 261-269.
- **Forisek P** (2003): Censorinus és műve a De Die Natali. PhD értekezés, Debrecen.
- **Holland P** (1847): Pliny's Natural History. George Barclay. Cambridge. 718.
- **Joannis S G** (1810): Censorinus: Die Natali. Apud J.L.S. Lechner. Norimbergae. 216.
- **Kürti V** (1948): Az ókor mértékegységei. Geodéziai Közlöny, XIV, 11-12. füzet, 173-174.
- **Strabón** (1977): Géographika. Gondolat kiadó. Budapest. 1002.
- **Ziegler H** (1891).: Cleomedis: De motu circulari corporum caelestium libri duo. In Aedibus D.B. Teubneri. Lipsiae. 273.

Köszönöm a figyelmet