
Atomoktól a csillagokig, 2017. december 14.

Földmérés, geofizika és gravitáció: a Föld alakjától az úrgeodéziáig

Timár Gábor

ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

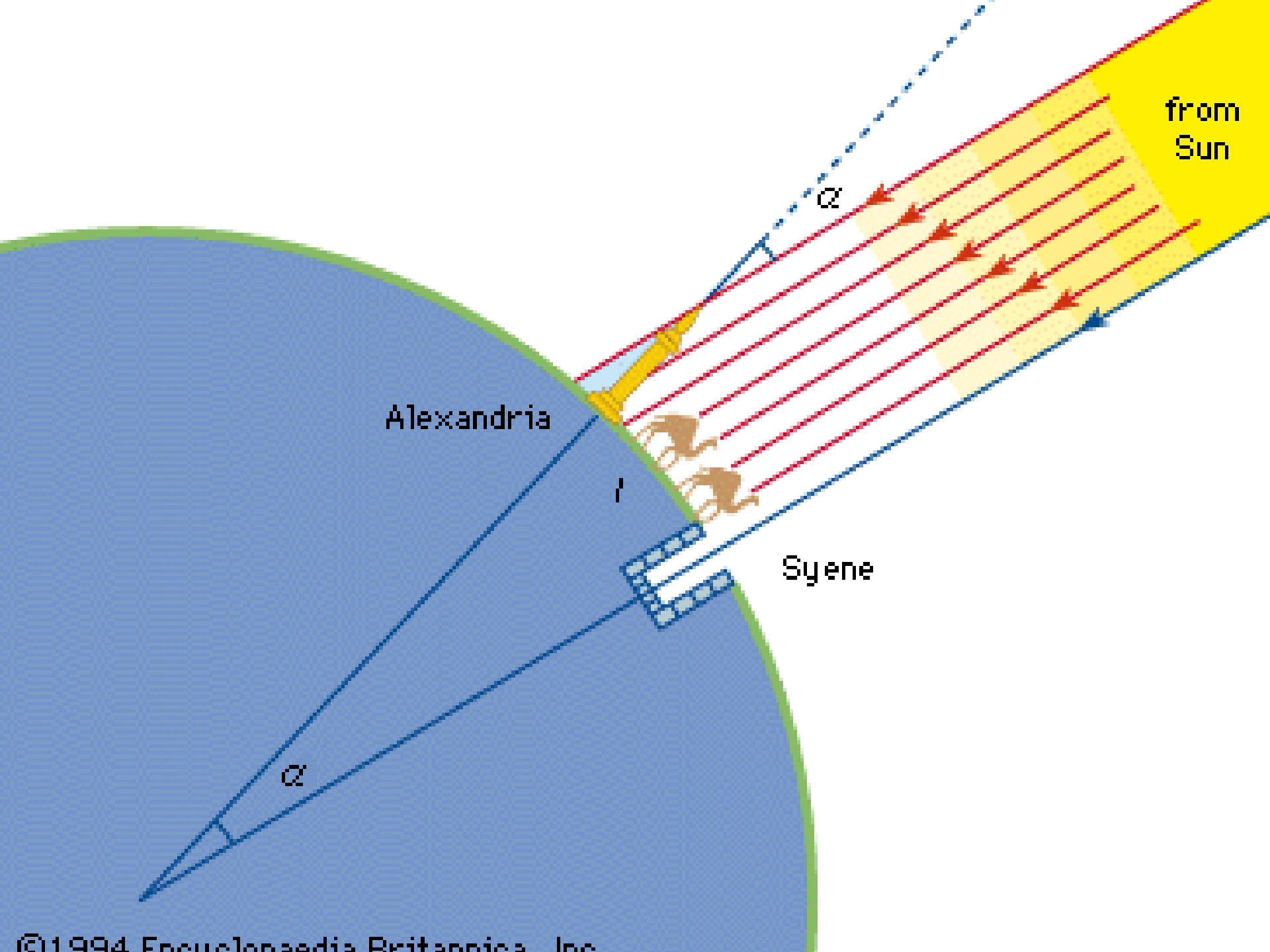


GÖMB ALAK:

A görögök már tudták (Arisztotelész, Arkhimédész: fizikai továbbgondolás)

Meghatározták a méretét is

Az újkorig nem tudtunk jobbat!



Ptolemaiosz: szélesség és hosszúság a gömbön

PANNONIA INFERIOR. 131

Σαουαρίας, κατὰ δὲ τὸ μεσημβρινώ-
τερον Δάρος*) μδ γ' με γο',
ἢ κατὰ Κόρνακον ἐπιστροφή τοῦ Δανουβίου πο-
ταμοῦ μδ γ' με δ'
ἢ κατ' Ἀκούμικον ἐπιστροφή . . . με με γ' ιβ' 5
ἢ κατὰ Ῥίτιον ἐπιστροφή . . . με ε με,
τὸ κατὰ τὴν ἐκτροπὴν Σαούου τοῦ ποταμοῦ, ὃς
καὶ αὐτὸς ἐκτεινόμενος διὰ τῶν δύο Παννονιῶν συνά-
πτει τῷ [Κατὰ] ὄρει, πρότερον ἐπὶ τὰς ἀρκτους ἐπι-
στραφείς, εἴτα πρὸς δυσμᾶς . . . με μδ ε. 10

§. 3. Κατέχουσι δὲ καὶ αὐτὴν τὴν ἐπαρχίαν ἐν
μὲν τοῖς δυσμικοῖς μέρεσιν Ἀμαντινοὶ ἀρκτικώτεροι,
ὑφ' οἷς Ἐρκουνιάται, εἴτα Ἀνδιάντες, εἴτα
Βρεῦκοι· ἐν δὲ τοῖς ἀνατολικοῖς ἀρκτικώτατοι μὲν
Ἀραβίσκοι, μεσημβρινώτεροι δὲ Σκορδίσκοι. 15

§. 4. Πόλεις δὲ εἰσὶν ὑπὸ μὲν τὸν Δανούβιον πο-
ταμόν

Κούρτα	μβ ε'	μζ	
Σαλούα	μβ ε	μζ ε	
Κάρπισ	μβ ε	μζ ε γ'	20
Ἀκούμικον	μγ	μζ ε	
Σαλίον	μγ ε	μξ	
Λουσσόνιον	μγ ε δ'	μς ε δ'	

§. 5. Δουγίωνον μδ με ε
Τευτοβούργιον μδ δ' με γο' 25
Κόρνακον μδ γ' με δ'
Ἀκούμικον λεγίαν με με γ'
Ῥίτιον με ε με

Schol. ad §. 2. * ὃ παρὰ τῶν βαρβάρων τὴν Δάρα
καλούμενος.

12

Index numerorum fractorum,
quibus duodena gradus segmenta significantur in mediis
Ptolemaeae Geographiae libris:

$\beta' = \frac{1}{12} = \frac{5}{60}$
 $\epsilon' = \frac{1}{6} = \frac{10}{60}$
 $\delta' = \frac{1}{4} = \frac{15}{60}$
 $\gamma' = \frac{1}{3} = \frac{20}{60}$
 $\gamma\beta' = \frac{1}{3} \frac{1}{12} = \frac{25}{60}$ ε' δ' II, 6, 6. Ms. 1401.
 $\epsilon = \frac{1}{2} = \frac{30}{60}$
 $\epsilon\beta' = \frac{1}{2} \frac{1}{12} = \frac{35}{60}$
 $\gamma\delta' = \frac{2}{3} = \frac{40}{60}$
 $\epsilon\delta = \frac{1}{2} \frac{1}{4} = \frac{45}{60}$
 $\epsilon\gamma = \frac{1}{2} \frac{1}{3} = \frac{50}{60}$
 $\epsilon\gamma\beta' = \frac{1}{2} \frac{1}{3} \frac{1}{12} = \frac{55}{60}$

Görög eredeti (balra), és a törtek kódolása (jobbra)

Inscriptum est per Johanne Schuerer de Amibhem



CAVRVS CHORVS VEL IAPIX SIVE ARGESTES

CIRCVS VEL TRESIAS

SEPTENTRIO VEL APARTIAS

AVIVL VEL BOREAS

CECIAS APELIOTES

ZEPHYVVS

SIBOLAVVS

ETHIOPIA INTERIOR

AFRICVS VEL LIBS

LIBONIVS EVROAVSTER

AVSTER VEL HOTVS

EVRIOTVS

VLTVRIVS EVRVS

LIBIA INTERIOR

ARABIA FELIX

ASIA

MARE INDICVM

MARE INDICVM

PRAESODVM

MARE

ETHIOPIA INTERIOR

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

SINVS MALACCA

SINVS INDICVS

SINVS BARBARICVS

SINVS ARABICVS

és Snellius háromszögei



A nagyobb távolságok megmérésének „legolcsóbb” módja: alapvonalmérés és szögmérés.

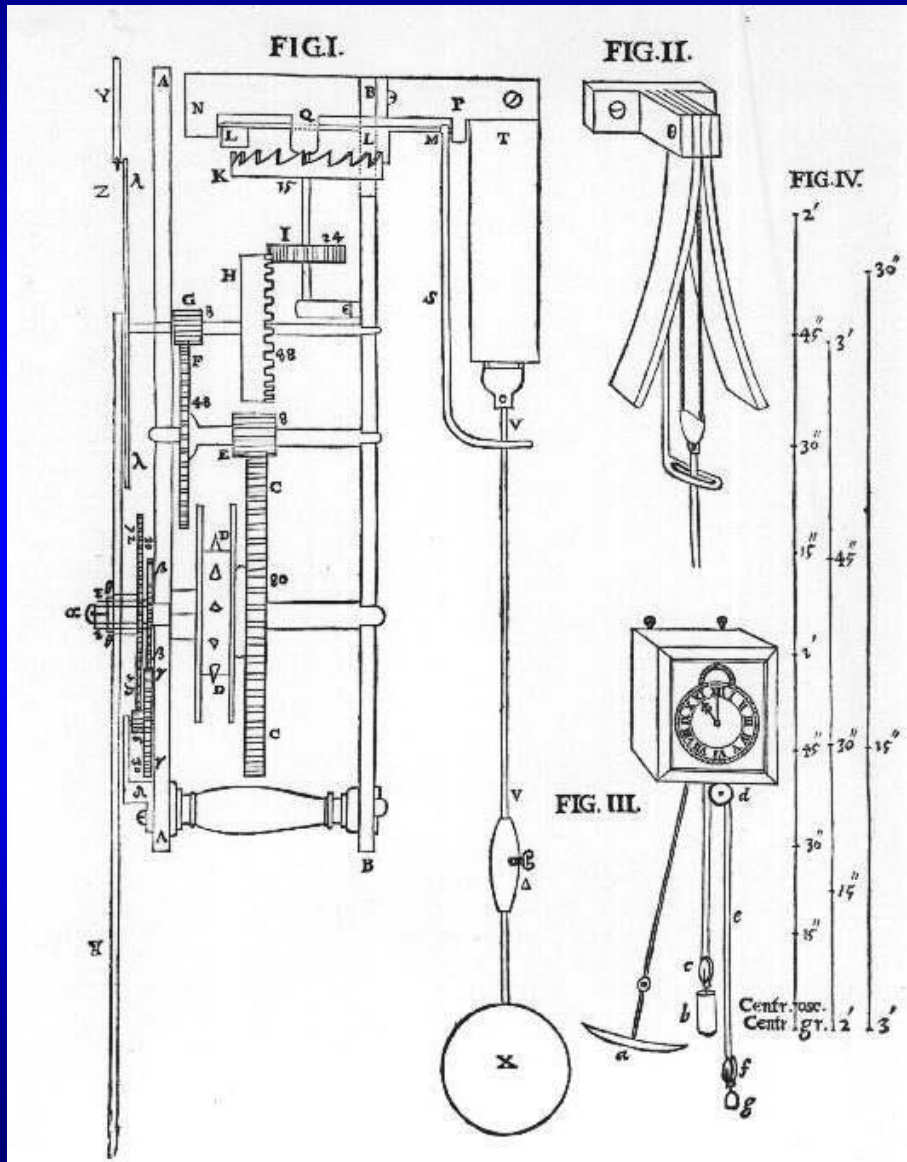
ELLIPSZOID ALAK:

A francia csillagászati projekt (1670-)

Az ingaóra (Huygens, Richer)

A fokmérések (J. Cassini hibája és a korrekció)

De mi baj az ingaórákkal?



Huygens ingaórája

különböző szélességeken eltérően jár

A Föld gravitációs erőtere nem gömbszimmetrikus

(A földalak-meghatározás fizikai módszere)

Következő közelítés: az ellipszoid. De!

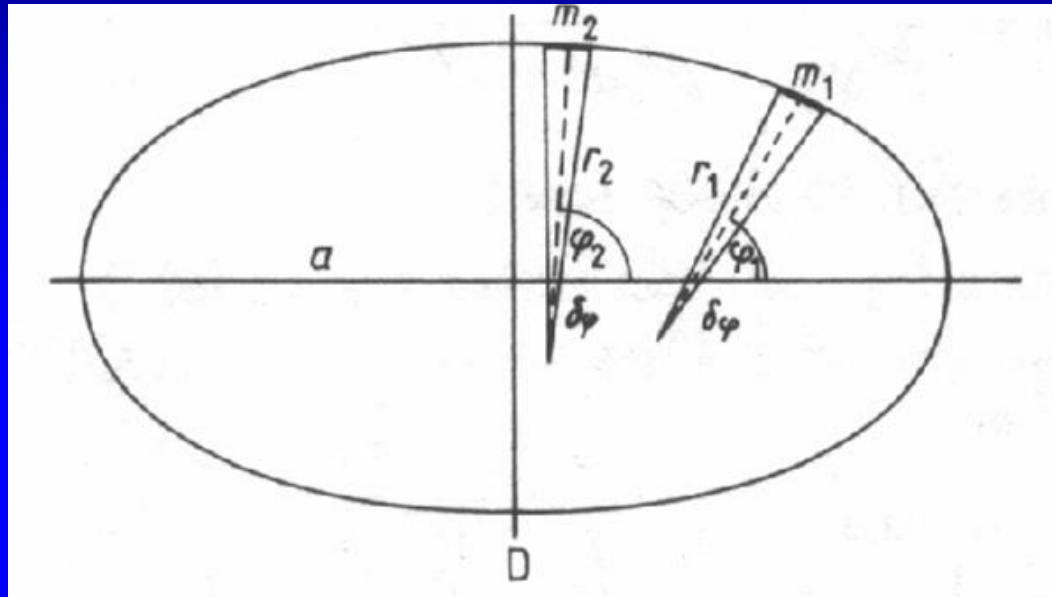


citrom



vagy mandarin?

Ívmérések



DISCOURS

QUI A ÉTÉ LU

DANS L'ASSEMBLÉE
PUBLIQUE

De l'Académie Royale des Sciences,

Le 13 Novembre 1737.

*SUR LA MESURE DU DEGRE
DU MERIDIEN
AU CERCLE POLAIRE.*

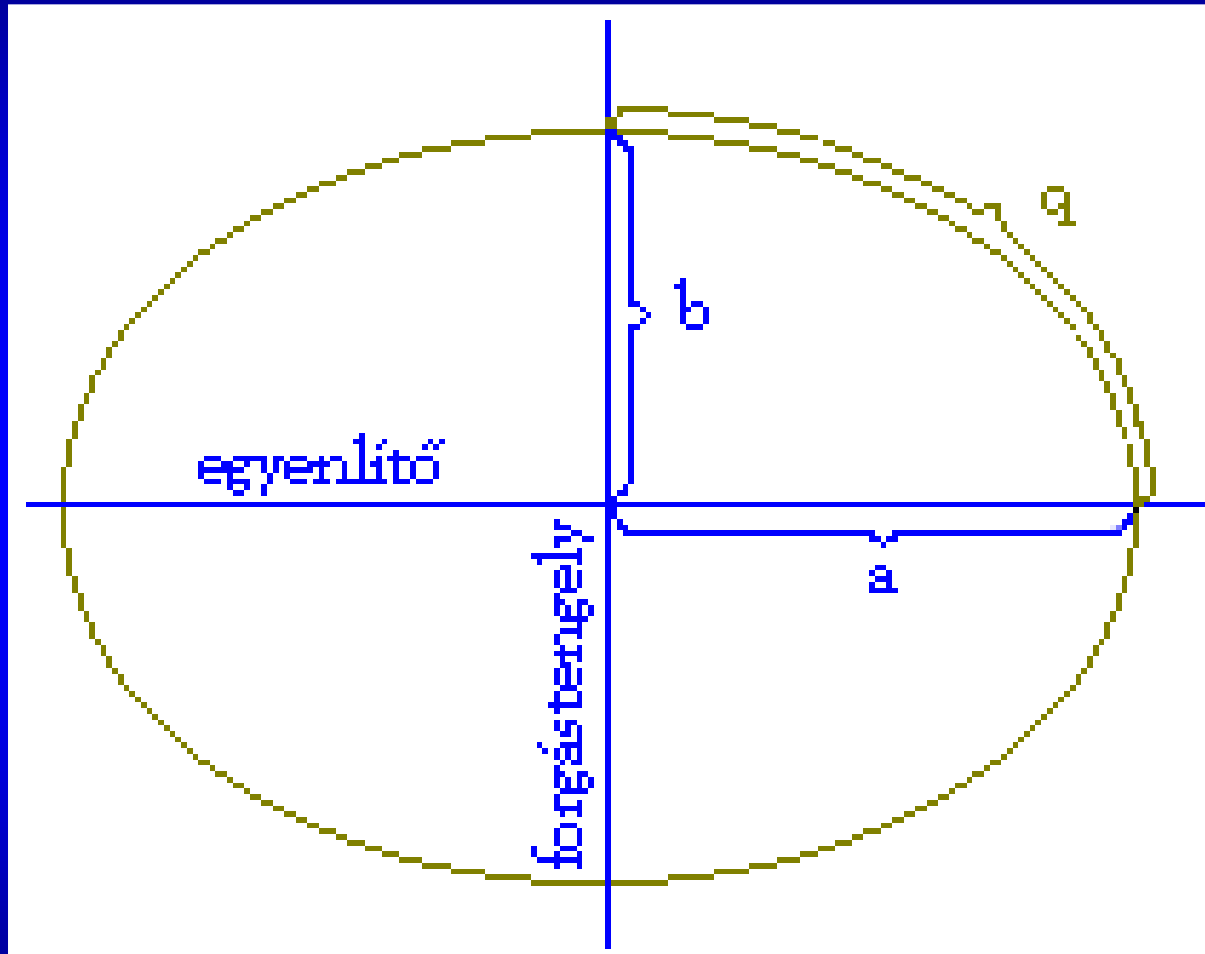
JEXPOSER, il y a dix-huit mois,
à la même Assemblée, le motif
& le projet du Voyage au Cercle
Polaire; je vais lui faire part
aujourd'hui de l'exécution. Mais il ne sera
peut-être pas inutile de rappeler un peu

El kell menni a pólushoz és a trópusokra, és mérni...

és az jött ki, hogy a Föld lapult ellipszoid

(A földalak-meghatározás geometriai módszere)

Lapult ellipszoid



a =fél nagytengely; $(a-b)/a$ =lapultság

“MEGBUKIK” AZ ELLIPSZOID: A GEOID-ALAK

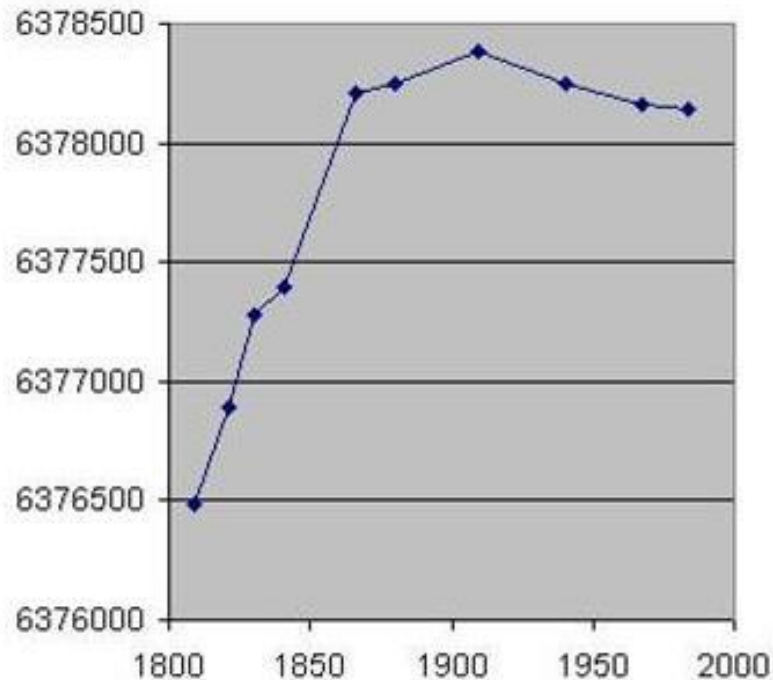
Fokmérések hosszúságfüggése

Laplace-pontok

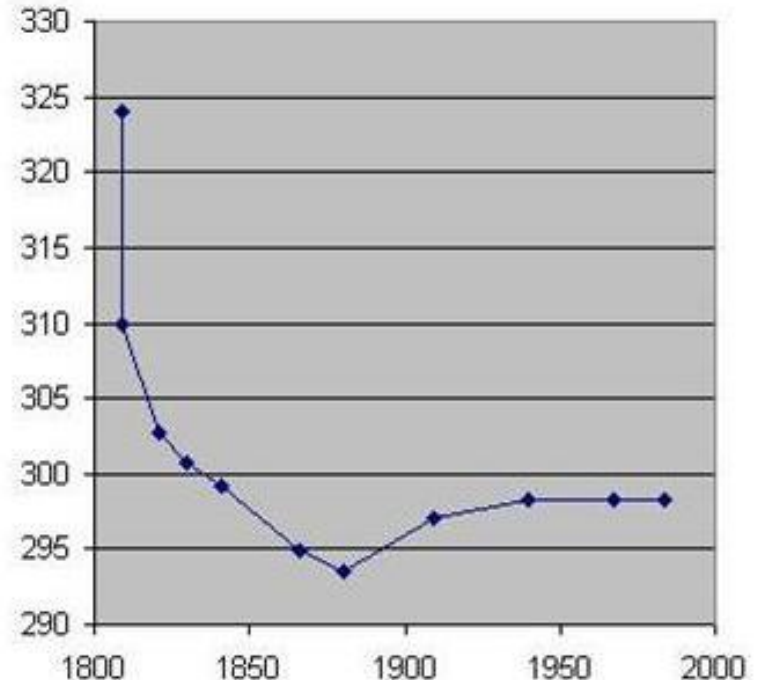
**A németek átveszik a karmesteri pálcát:
Gauss, Listing, Helmert**

Nagy tengely és lapultság – időben? És térben?

Fél nagy tengely



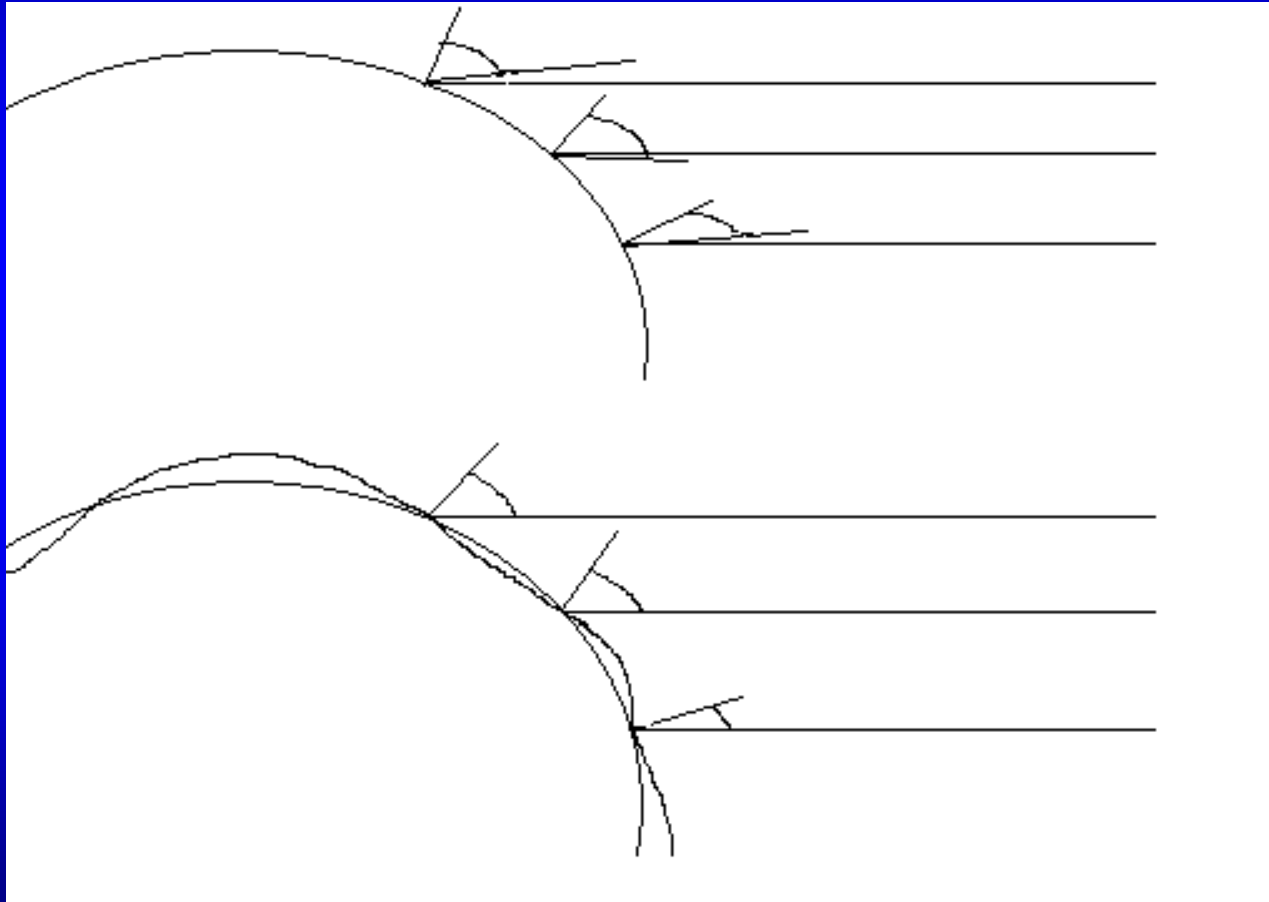
Lapultság



Ellipszoidok: Bohnenberger, 1809; Zách, 1809; Walbeck, 1823; Everest, 1830; Clarke, 1866, 1880; Hayford, 1909; Kraszovszkij, 1940; IUGG67; WGS84.

És ez sem elég pontos...

...mérési hibák – vagy valami elvi probléma?

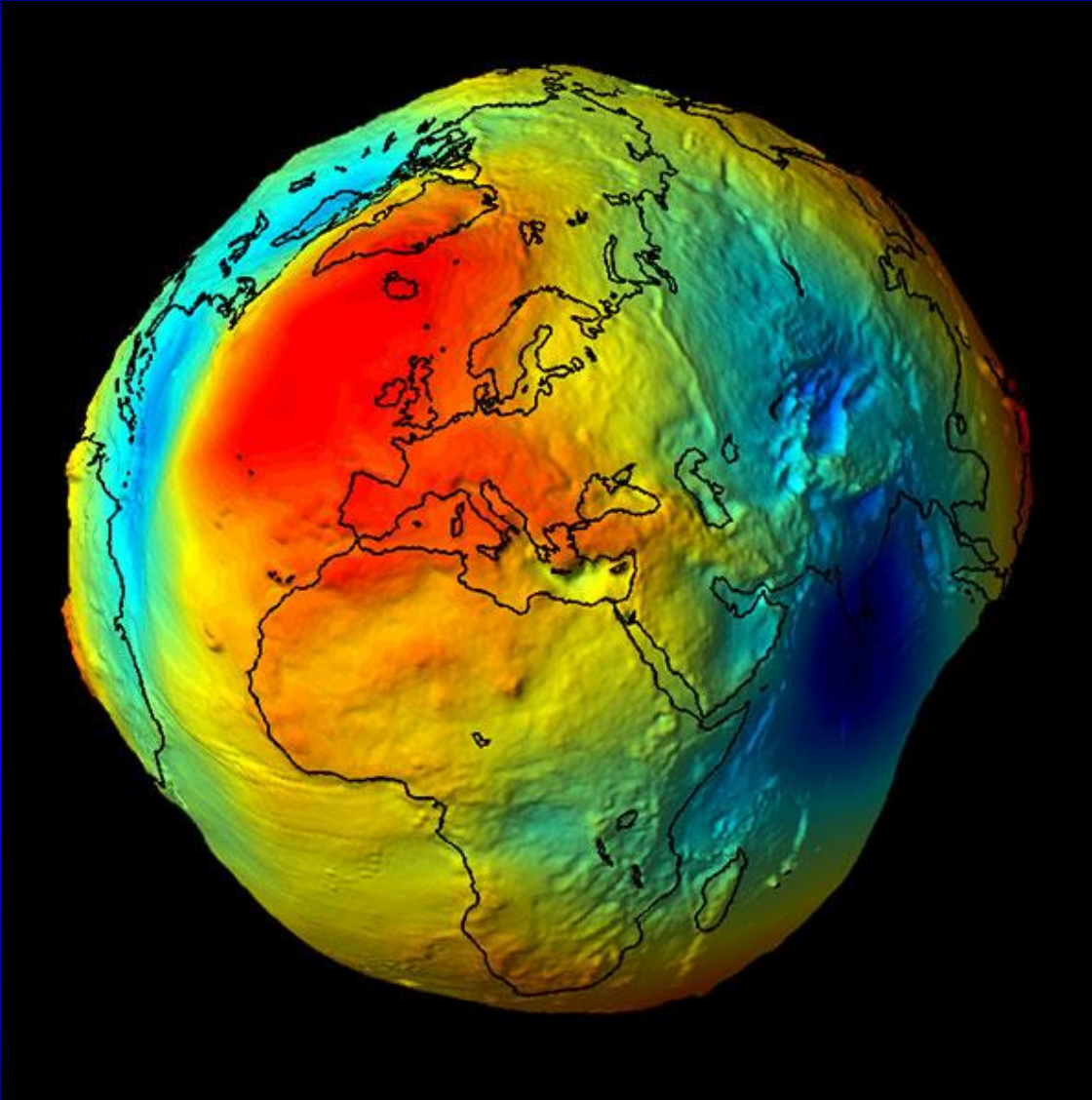


Ideális (ellipszoid) alak

Valódi alak

GEOID
(Listing, 1872)

A Föld alakja a geoid

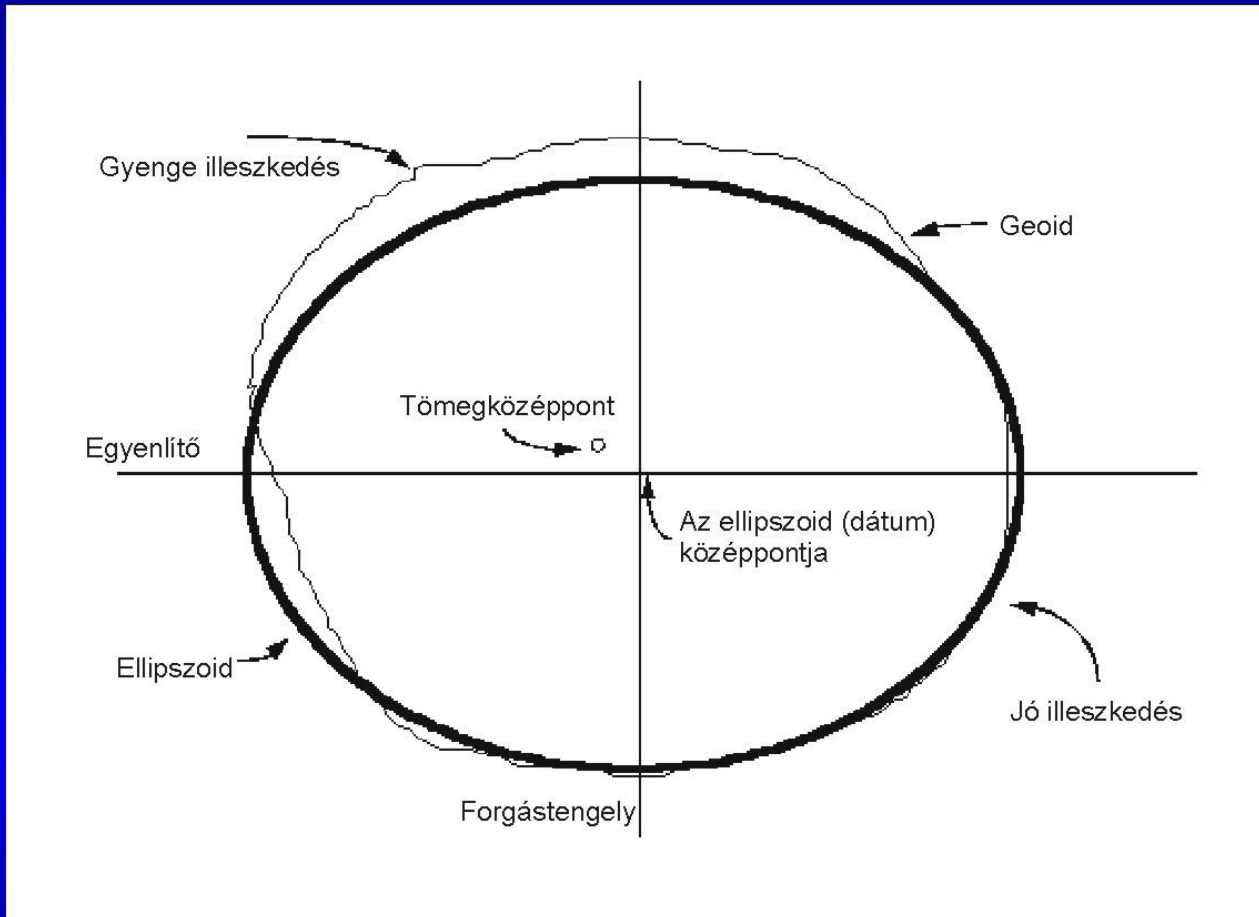


**A GEOID
(Föld-szerű) alak**

**de nevezhetjük
krumploid-nak is ☺**

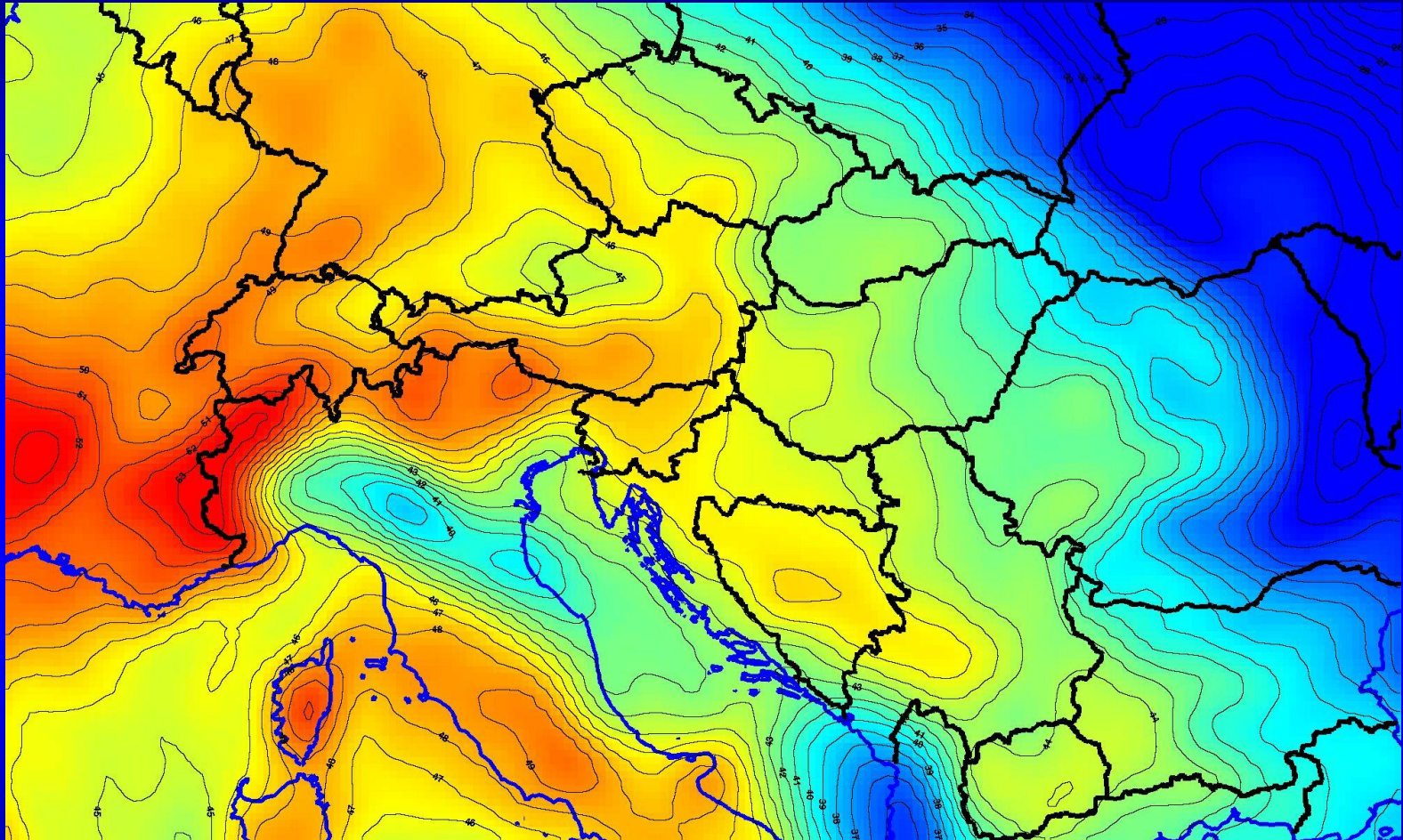
**ez egy fizikailag
meghatározott alak: a
Föld nehézségi
(gravitációs és
centrifugális)
erőterének a
tengerszinthez tartozó
potenciálfelülete**

A térképészek (és a geofizikusok) az ellipszoidot szeretik



Könnyebb vele számolni – de sokféleképpen lehet a „krumploidhoz” simítani...

Az előző adatsor közép-európai része



a gyakorlatban: a GPS által megadott (ellipszoid feletti) magasságból így lehet tengerszint feletti (geoid feletti) magasságot számítani.

GRAVITÁCIÓS MÉRÉSEK

Galilei: a gyorsulásfogalom, ejtés

Huygens: a matematikai inga és a nehézségi gyorsulás

Newton: egységes gravitáció (alma és Kepler)

Cavendish: a gravitációs állandó

Eötvös: ennek pontosítása, majd ebből a gyorsulás változásai

XX. szd-i terepi geofizika: relatív gyorsulásmérések

A DINAMIKUS FÖLD, A RELATIVITÁS ELŐZMÉNYEI

Soldner: fényelhajlás tömegek mellett

Eötvös: ekvivalencia-elv

Lemeztektonika

ŰRGEODÉZIA: a földi ellipszoidok, GPS, WGS84

Köszönöm a figyelmet