Eötvös geofizikai méréseinek kapcsolata a geodinamikával és lemeztektonikával

Timár Gábor
ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

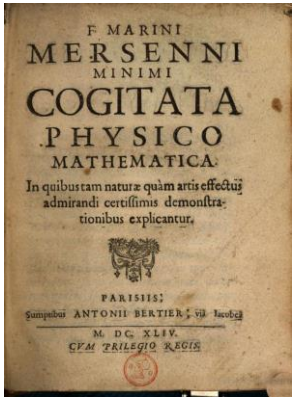
www.eotvos100.hu

…avagy miért van szükség Földünkön az Eötvös-féle mérési pontosságra?

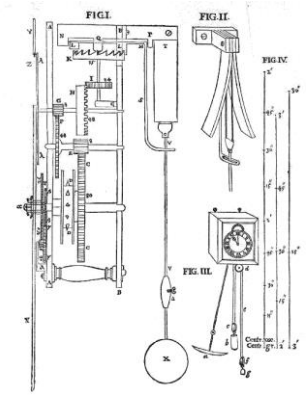
1EOTVOS

www.eotvos100.hu

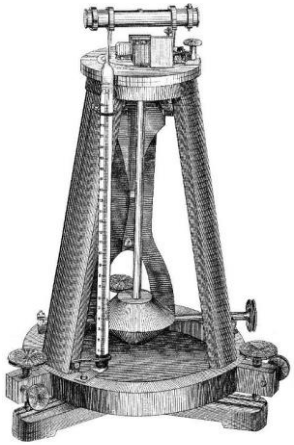
A gravitációs mérések



Mersenne, 1644



Huygens, 1656



Sterneck, 1889

Eötvös, 1891-

A gravitációs mérések

Prop. XVII. Prob. IX.

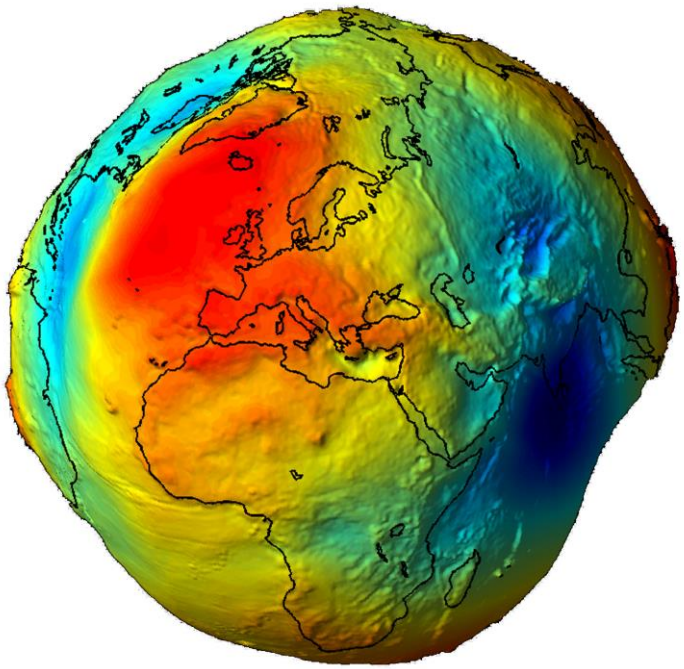
Posito quod vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ a centro, & quod vis illius quantitas absoluta sit cognita; requiritur linea quam corpus describit, de loco dato cum data velocitate secundum datam rectam egrediens.

Vis centripeta tendens ad punctum S ea sit quæ corpus *p* in orbita quavis data *pq* gyrare faciat, & cognoscatur hujus velocitas in loco *p*. De loco P secundum lineam P*R* exeat corpus P cum data velocitate, & mox inde, cogente vi centripeta, deflectat illud in Conisectionem *PQ*. Hanc igitur recta *P*R tanget in *P*. Tangat itidem recta aliqua *pr* orbitam *pq* in *p*, & si ab S ad eas tangentes demitti intelligantur perpendicula, erit (per Corol. 1. Theor. VIII.) latus rectum Conisectionis ad latus rect-

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

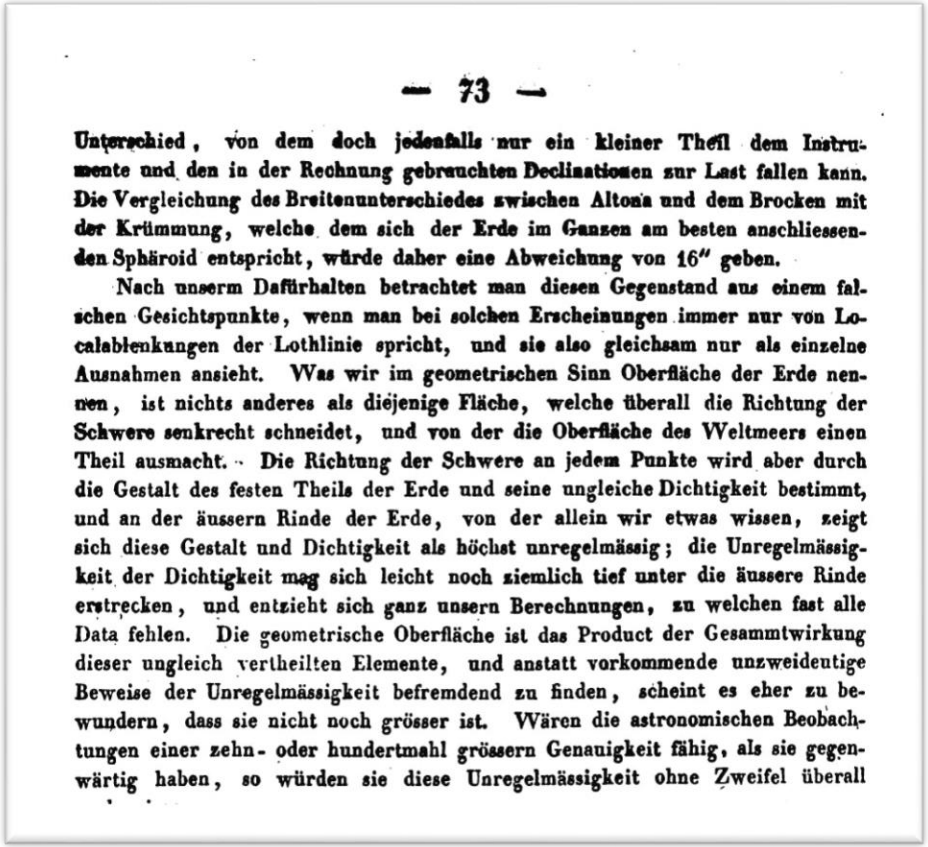
$$G = (6{,}674\,08 \pm 0{,}000\,31) \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$$

A gravitációs mérések és a földalak



A gravitációs (Stokes, 1849) és geodéziai (Helmert, 1880) mérések a nehézségi erőtér szintfelületét is meg tudják adni. Ez a szintfelület a Gauss (1828) szerinti elméleti földalak, Listing (1872) elnevezésével **a geoid**.

A gravitációs mérések és a földalak



— 73 —

Unterschied, von dem doch jedenfalls nur ein kleiner Theil dem Instrumente und den in der Rechnung gebrauchten Declinationen zur Last fallen kann. Die Vergleichung des Breitenunterschiedes zwischen Altona und dem Brocken mit der Krümmung, welche dem sich der Erde im Ganzen am besten anschliessenden Sphäroid entspricht, würde daher eine Abweichung von 16″ geben.

Nach unserm Dafürhalten betrachtet man diesen Gegenstand aus einem falschen Gesichtspunkte, wenn man bei solchen Erscheinungen immer nur von Localablenkungen der Lothlinie spricht, und sie also gleichsam nur als einzelne Ausnahmen ansieht. Was wir im geometrischen Sinn Oberfläche der Erde nennen, ist nichts anderes als diejenige Fläche, welche überall die Richtung der Schwere senkrecht schneidet, und von der die Oberfläche des Weltmeers einen Theil ausmacht. Die Richtung der Schwere an jedem Punkte wird aber durch die Gestalt des festen Theils der Erde und seine ungleiche Dichtigkeit bestimmt, und an der äussern Rinde der Erde, von der allein wir etwas wissen, zeigt sich diese Gestalt und Dichtigkeit als höchst unregelmässig; die Unregelmässigkeit der Dichtigkeit mag sich leicht noch ziemlich tief unter die äussere Rinde erstrecken, und entzieht sich ganz unsern Berechnungen, zu welchen fast alle Data fehlen. Die geometrische Oberfläche ist das Product der Gesammtwirkung dieser ungleich vertheilten Elemente, und anstatt vorkommende unzweideutige Beweise der Unregelmässigkeit befremdend zu finden, scheint es eher zu bewundern, dass sie nicht noch grösser ist. Wären die astronomischen Beobachtungen einer zehn- oder hundertmahl grössern Genauigkeit fähig, als sie gegenwärtig haben, so würden sie diese Unregelmässigkeit ohne Zweifel überall

Gauss (1828): a potenciálelméleti földalak

A gravitációs mérések és a földalak

„Véleményünk szerint rossz oldalról vizsgáljuk e jelenséget, amikor csak a függővonal helyi eltéréseiről beszélünk, és ezeket helyi kivételeknek tekintjük. Geometriai szempontból a Föld felszíne nem más, mint az a felület, amely mindenütt merőleges a helyi nehézségi erővonalra, és amelynek a tengerek felszíne egy részét alkotja. A nehézségi erő irányát azonban minden pontban a teljes földtömeg és annak változó sűrűsége adja. A külső földrétegekben, amelyekről szintén hiányos a tudásunk, a sűrűség nagyon szabálytalan, és ez lefelé is folytatódik, megnehezítve a számításainkat, hiszen ahhoz szinte minden adatunk hiányzik. A geometriai alak ezen kiegyenlítetlen hatások összességének eredménye. **Ahelyett, hogy furcsállanánk a szabálytalanság egyértelmű bizonyítékait, inkább azon csodálkozhatunk, hogy a hatás nem nagyobb**. Ha csillagászati méréseink tízszer vagy százszor pontosabbak lennének, e szabálytalanságokat kétségtelenül mindenütt meghatározhatnánk.”

Gauss (1828): a potenciálelméleti földalak

Más égitesteken

NASA TM X-63666

LUNAR GRAVITY FIELDS DETERMINED FROM APOLLO 8 TRACKING DATA

T. L. FELSENTREGER
J. P. MURPHY
J. W. RYAN
L. M. SALTER

OCT 1969
RECEIVED
NASA STI FACILITY
INPUT BRANCH

JULY 1969

GSFC — GODDARD SPACE FLIGHT CENTER
GREENBELT, MARYLAND

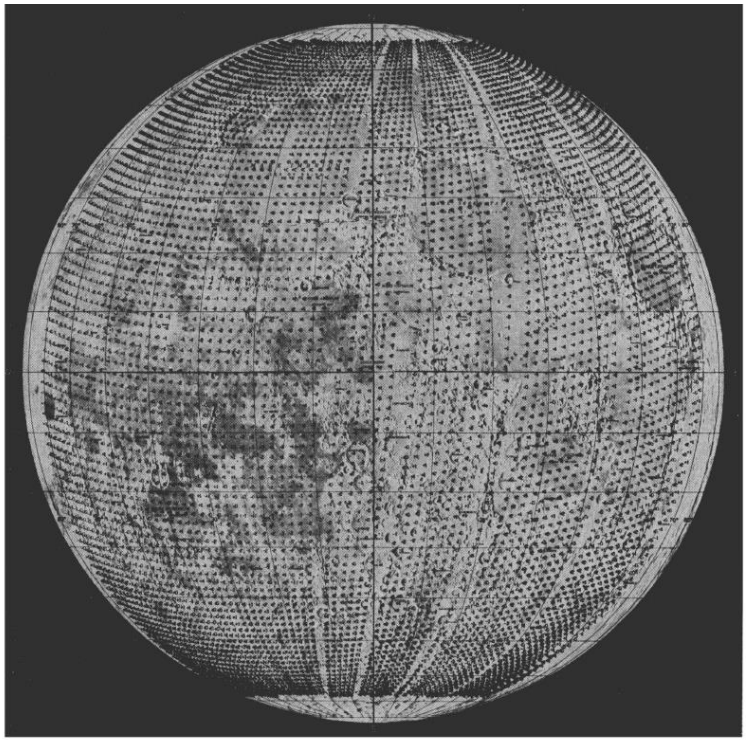
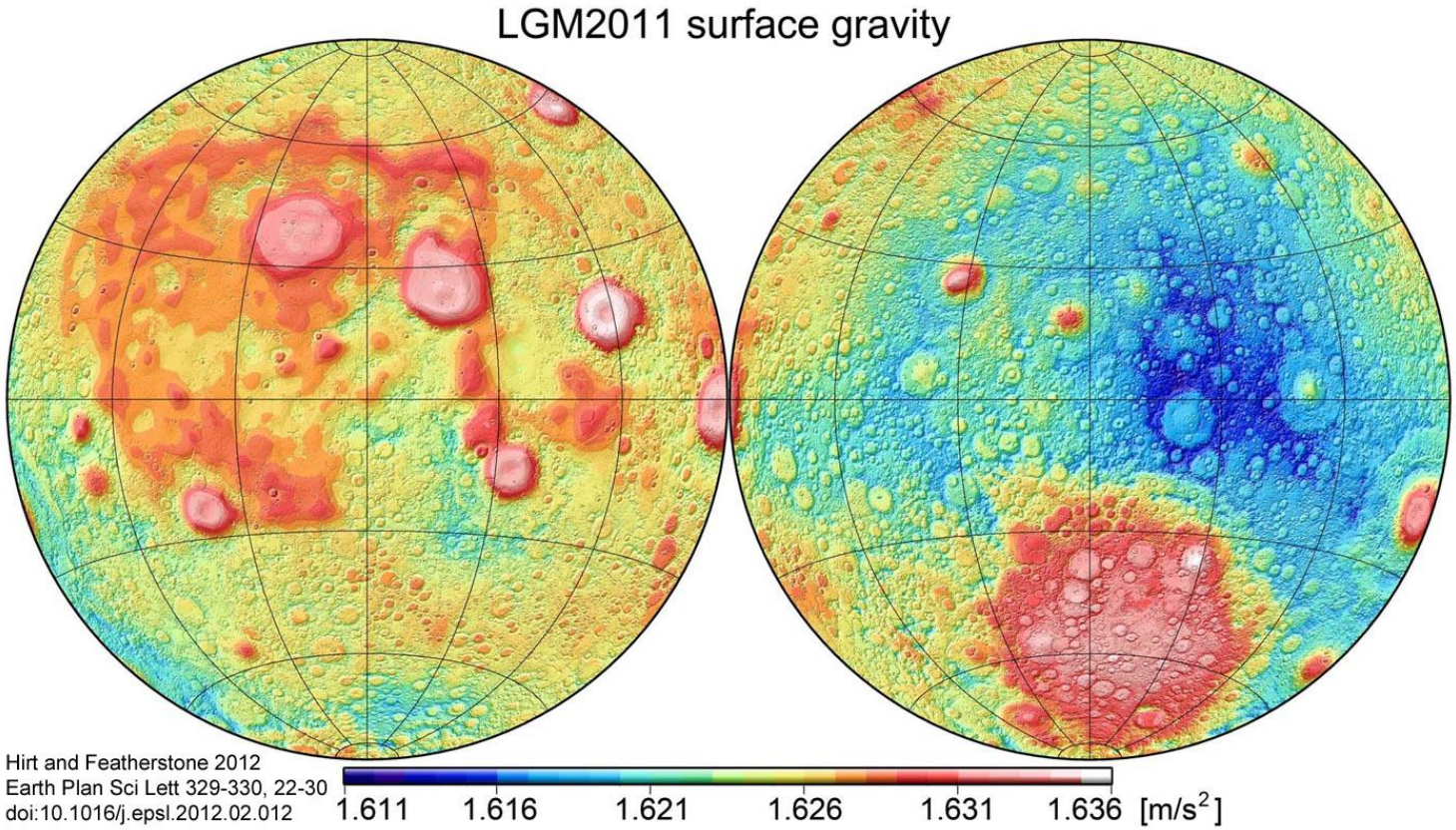


Fig. 1. Gravimetric and acceleration map of the lunar nearside. Ranges are indicated below.

Range *	Symbol	Range*	Symbol	Range*	Symbol
Beyond ±20.	±X	± 7.5 to ± 8.5	±8	± 2.5 to ± 3.5	±3
±15. to ±20.	±C	± 6.5 to ± 7.5	±7	± 1.5 to ± 2.5	±2
±11.5 to ±15.	±B	± 5.5 to ± 6.5	±6	± 0.5 to ± 1.5	±1
± 9.5 to ±11.5	±A	± 4.5 to ± 5.5	±5	0.0 to + 0.5	+0
± 8.5 to ± 9.5	±9	± 3.5 to ± 4.5	±4	− 0.5 to 0.0	−0

A Hold: az Apollo-program leszállási helyeinek felderítésekor

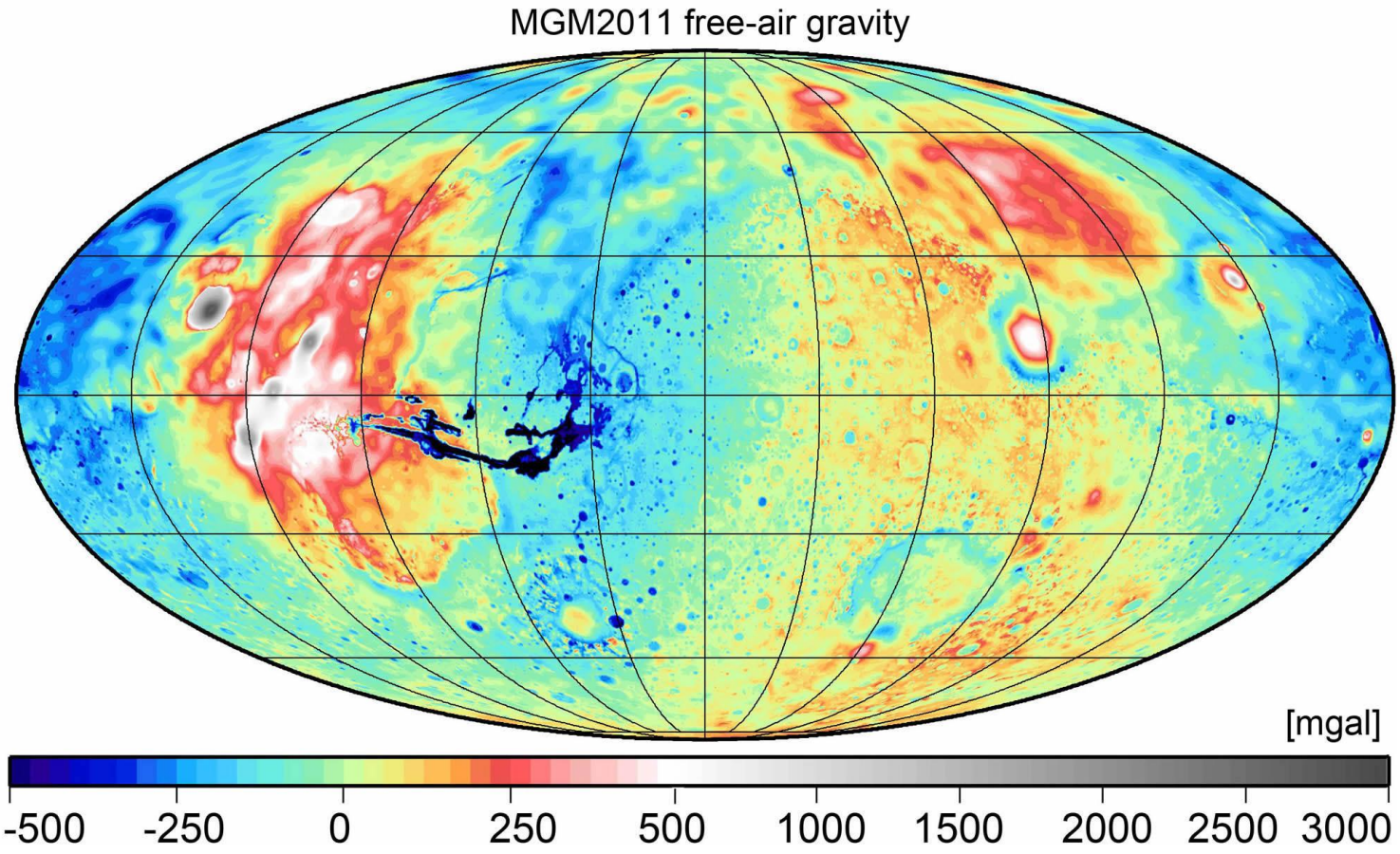
Más égitesteken



Hirt and Featherstone 2012
Earth Plan Sci Lett 329-330, 22-30
doi:10.1016/j.epsl.2012.02.012

Sokkal erősebb a (korrigált) gravitációs és a szelenológia kapcsolata, mint a földi geológia esetén

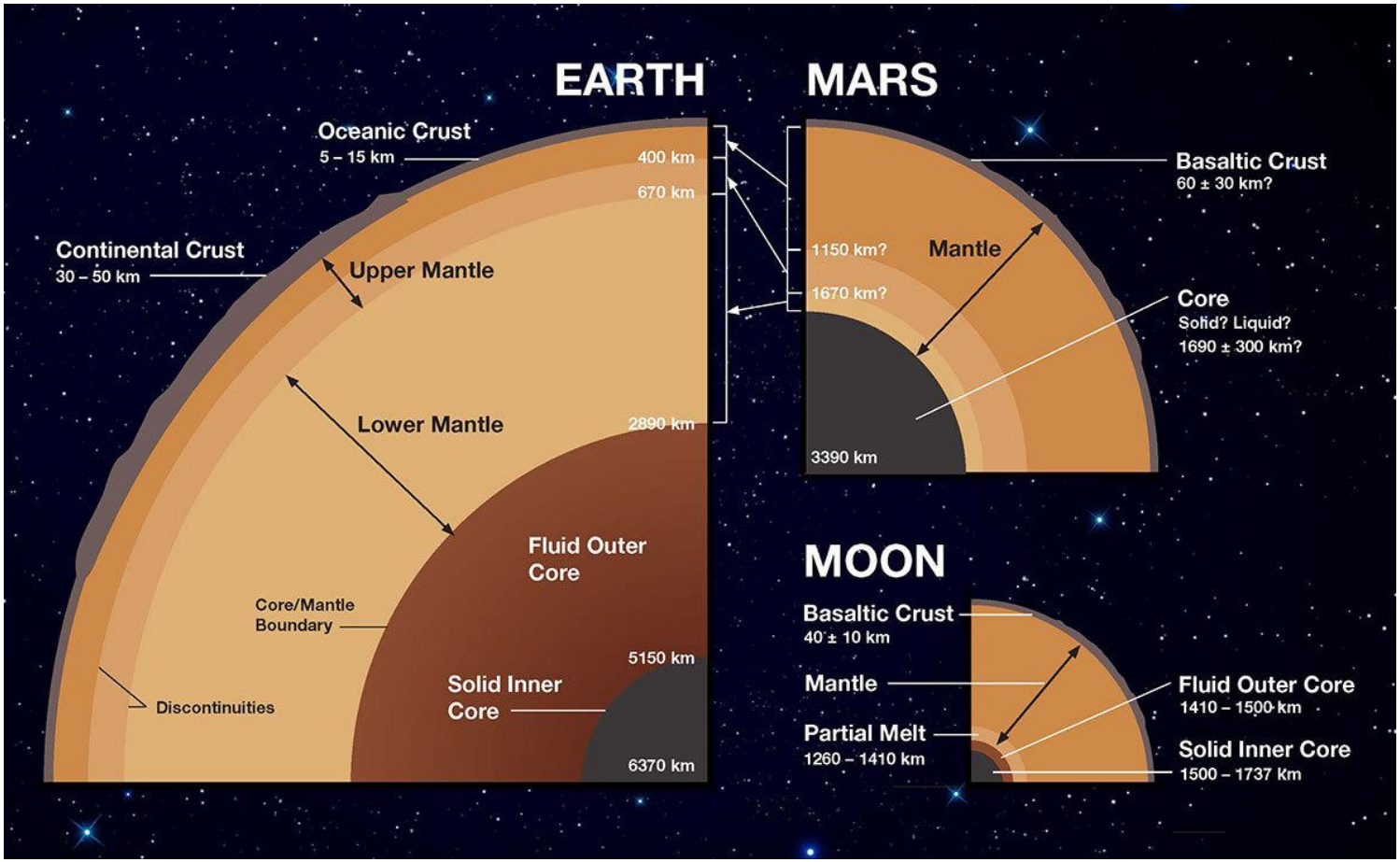
Más égitesteken



A marsi gravitáció a Föld és a Hold közötti átmenet

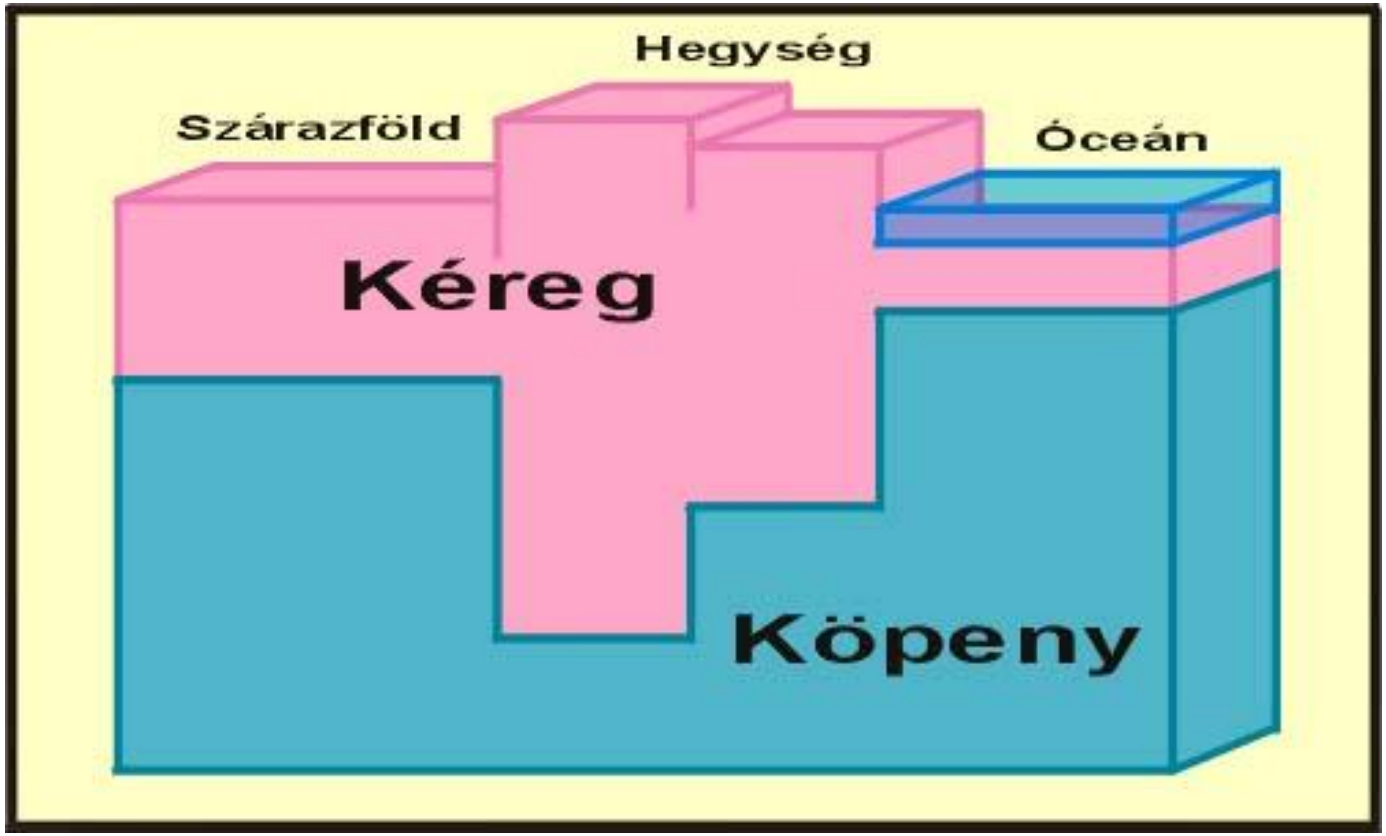
Hirt et al. (2012)

A bolygók szerkezete



NASA JPL

A földi izosztázia…



Horváth F. (1997) in Karátson D. (ed.): Pannon enciklopédia – Magyarország földje

A földi izosztázia…

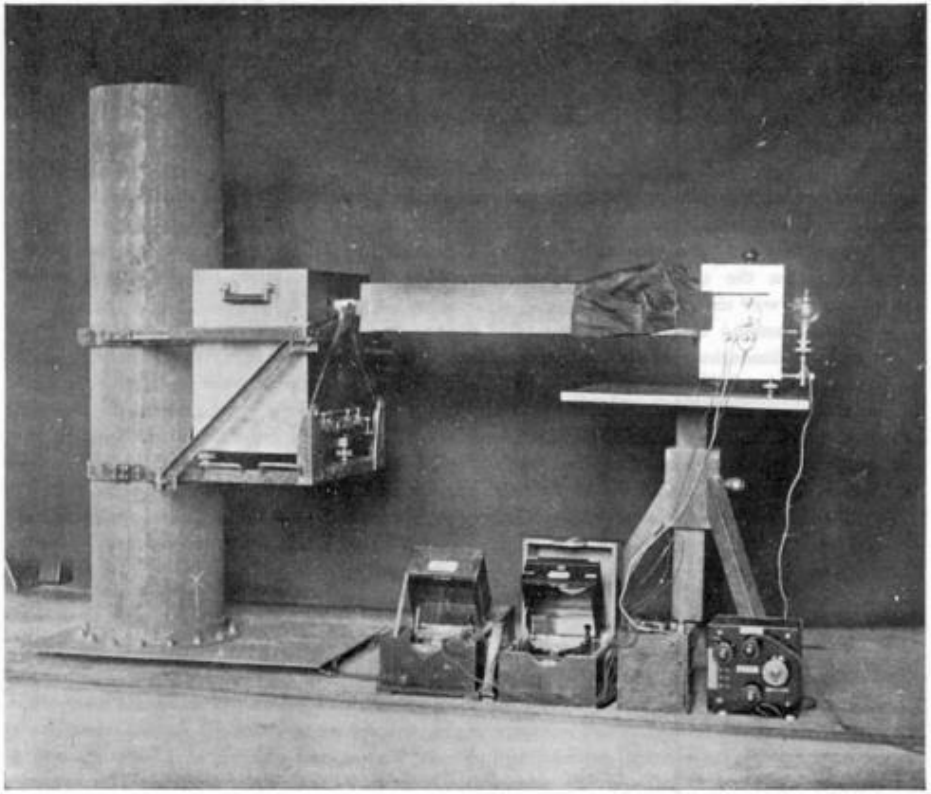
… az, amely annyira „tompítja” a geológiai jellegű hatásokat, hogy az Eötvös-féle mérési pontosságra szükség van, nemcsak a lokális nyersanyagkutatás, de a globális gravitációs- és geoidtérképezés érdekében is.

A földi izosztázia…

… az, amely annyira „tompítja” a geológiai jellegű hatásokat, hogy az Eötvös-féle mérési pontosságra szükség van, nemcsak a lokális nyersanyagkutatás, de a globális gravitációs- és geoidtérképezés érdekében is.

Ezt nem ismerhette 1828-ban Gauss, és ezért lepődött meg a függővonalelhajlások kis mértékén.

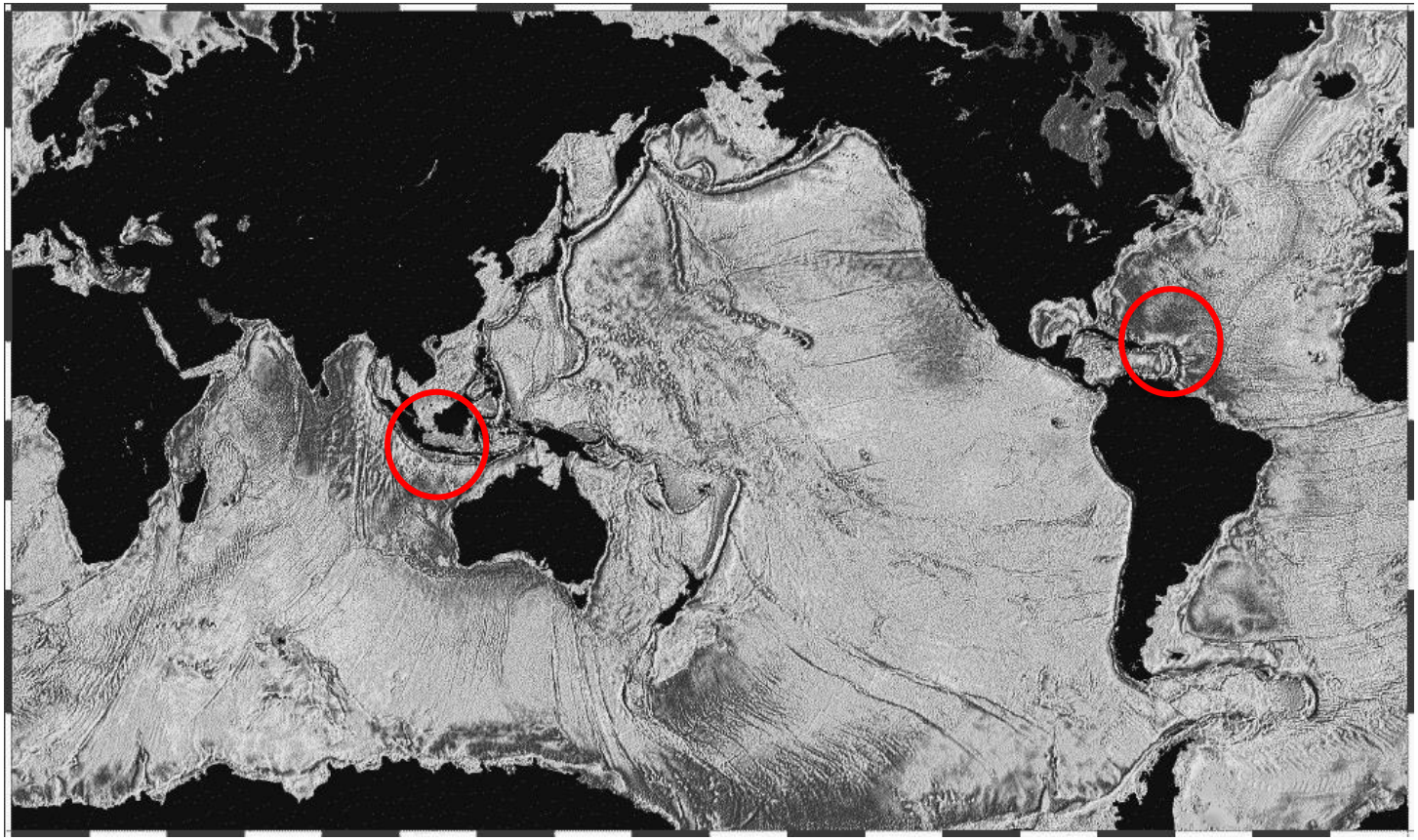
Az Eötvös-féle mérési pontosság a tengeren



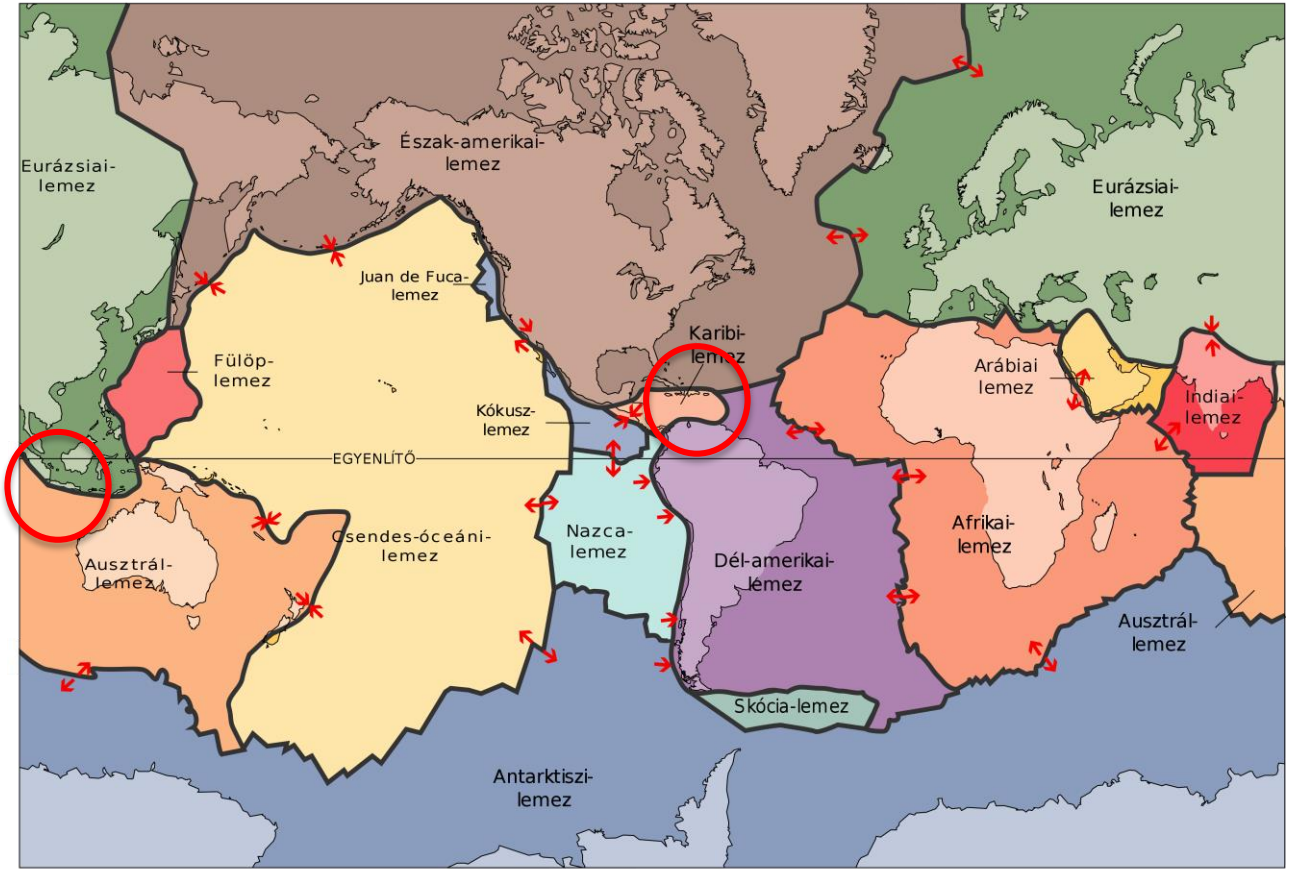
New Pendulum Apparatus.
Left: New Pendulum Apparatus in its cradle.
Right: Recording and Light Apparatus.
Below: Chronometer and Resistance of Swan Electric Arc Lamp.

Vening Meinesz (1932)

A gravitációs kép felfedi a lemeztektonikát



A gravitációs kép felfedi a lemeztektonikát



Wikimedia via USGS