

FÖLD-HOLD RENDSZER GRAVITÁCIÓS VIZSGÁLATA

A Bodonyi-Sarkadi (BS) gravitációs elmélet alapján

1. Bevezetés

A jelen munkában a Föld-Hold gravitációs rendszerre felírható *virialtétel* teljesülésének pontosságát vizsgáltam meg a hagyományos newtoni gravitáció, és az általánosított, Bodonyi-Sarkadi (BS) gravitációs törvény alapján. A módosított gravitációs törvény kevéssel tér el a newtoni törvénytől, ezért a számításokhoz a lehető legpontosabb adatokat használtam fel, amelyek az Interneten egyáltalán elérhetők. A számításokat elvégeztem a hagyományos Newton törvény szerint, majd BS gravitációval, és végül egy új relativisztikus gravitációs erőtvény alapján is. Az utóbbi gravitációs erőtvény a speciális relativitáselmélet egyfajta általánosításából vezethető le (relBS), amelyről a honlapomon részletesebb információ található a relativitáselmélet fejezetben. A háromféle számítást összehasonlítva a BS gravitáció pontosabb eredményt ad a Föld-Hold rendszerre, mint a newtoni gravitáció. A legpontosabb eredményt a relativisztikus BS számítás (relBS) adja. A dolgozatban kitérek a fizikai ingával jó pár éve elvégzett Hold-gravitációs kísérletünkre is. A dolgozat végén csillagászati adatok találhatók a Föld-Hold rendszerre, amelyek az Internetről lettek letöltve.

2. A három erőtvény

Jelölje m a Hold tömegét és M a Föld tömegét. Newton gravitációs törvénye:

$$F = G \frac{mM}{r^2};$$

A BS gravitáció esetén Föld-Hold rendszerben a disszipációt elhanyagolhatónak vesszük (az árapály hatás disszipációja a Föld energiáját csökkenti, mely elhanyagolható mértékű). Ekkor az általánosított (BS) gravitációs törvény:

$$F = G \frac{m(M-m)}{r^2}; \quad (m \leq M)$$

A relativisztikus BS gravitáció (relBS) erőtvénye:

$$F = G \frac{S(m,M)}{r^2}; \quad (m \leq M),$$

ahol az $S(m,M)$ tömegfüggvény definíciója:

$$S(m,M) = M_0^2 \left[\sqrt{1 + \frac{2m(M-m)}{M_0^2}} - 1 \right] \\ (m \leq M); \quad M_0^2 = m^2 + (M-m)^2$$

Azonnal látható a képletből, hogy ha az m jóval kisebb az M -nél, az $S(m,M)$ függvény az mM szorzatot közelíti.

3. Számítások

A felsorolt erőtvények pontosságát a gravitációs viriáltétel alapján ellenőrizzük. A viriáltétel megtalálható például Landau-Lifsic Elméleti Fizika Mechanika könyvének elején. A tétel kimondja, hogy gravitációs kölcsönhatások esetén egy fizikai rendszer potenciális energiájának időátlagja abszolút értékben megegyezik a rendszer teljes kinetikus energiájának kétszeres időátlagával. Ez képletben:

$$2\bar{T} = -\bar{U}$$

A csillagászati adatok alapján kiszámítjuk a Föld-Hold rendszer kinetikus energiájának átlagát (átlagos sebességgel és átlagos távolsággal számolva). Mindhárom erőtvény esetében kiszámítjuk a fenti egyenlet jobboldalát (potenciális energiát), átlagos Föld-Hold távolság ismeretében. Az egyenlet jobb és baloldalát összehasonlítva relatív hibákat számoltam mindhárom erőtvényre. Nyilván a számítások leggyengébb pontja a Föld és Hold tömege. A Föld műholdas mérésekből származó Kepler állandóját az amerikai Gillies prof. cikkében találtam meg:

$$K = G \times M = [398600.4415 \pm 0.0008] \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$$
$$\Rightarrow K = 3.986004415 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$$

G.T. Gillies Rep.Prog. Phys. **60** (1997)

Ez a cikk hivatkozik a műholdas Kepler állandó meghatározás forrására:

J.C. Ries et al, Geophys.Res.Lett. **19** (1992)

A G gravitációs állandó jelenlegi feltételezett legpontosabb értéke ismeretében a Föld tömege aránylag elég pontosan számítható. Feltételezhető, hogy a Hold T keringési ideje nagyon pontosan és egyszerűen mérhető. Az átlagos távolság tekintetében nem egyszerű a helyzet. A Hold tömege valószínűleg elég pontosan ismert a Hold-expedíciókból is. A pályaeccentritás elvileg jól mérhető, pl. lézeres távolságméréssel. A távolság időbeli átlaga az excentritás ismeretében egzakt módon számítható. Arra vonatkozóan nincs elérhető információ, mennyire tekinthető a Föld tömegközéppontjának a geometriai középpontja. Belátható, hogy a Föld-Hold gravitációs rendszer nagyon pontos és nagyon körültekintő elméleti és kísérleti elemzése vezethet el a valóságos erőtvény megfelelő kiválasztásához.

Az alábbi számítógépes programban igyekeztem a legpontosabb, legmegbízhatóbb adatokat felhasználni:

```
10 REM MOON.BAS 1998 JANUAR 28.
20 REM FOLD-HOLD GRAVITACIOS KET-TEST PROBLEMA
30 REM G = GRAVITACIOS ALLANDO: SI UNITS
40 REM KE = G*MF = 3.986004415E+14 [m^3/s^2]
50 REM KE = KEPLER ALLANDO
60 REM MF=FOLD TOMEK
70 REM MH=HOLD TOMEK = 7.347E+22 kg
80 REM AH=FOLD-HOLD KOZEPES TAVOLSAG:
90 REM AH = 384 400 600 meter (SENSITIVE PARAM)
100 REM TH = HOLD KERINGESI IDO = 2 360 591 sec
110 REM NEWTON POTENCIALIS ENERGIA: UN=GmM/R
120 REM BS-NR POTENCIALIS ENERGIA: UB=G*m(M-m)/R
```

FÖLD-HOLD RENDSZER GRAVITÁCIÓS VIZSGÁLATA Szerző: Sarkadi Dezső 2008

<http://www.geocities.com/fhunman/moon.pdf>

```

130 REM BS-REL POTENCIALIS ENERGIA: US=G*S(m,M)/R
140 REM ED = 2 * (FOLD + HOLD TOTAL KIN. ENERGIA)
150 REM *****
160 CLS : PRINT : PRINT "* * * MOON-GRAVITACIO * * *"
170 PRINT : PRINT : DEFDBL A-Z: PI = 4 * ATN(1)
180 AH = 384400600#: TH = 2360591#: OM = 2 * PI / TH
190 G = 6.672E-11: KE = 398600441500000#
200 MF = KE / G: MH = 7.347E+22
210 C = MH / MF: L = MF / MH
220 Q2 = (L - 1) ^ 2 + 1: X = 1 + 2 * (L - 1) / Q2
230 S0 = Q2 * (SQR(X) - 1): AH = AH * (1 - .001204)
240 UN = KE * MH * (1 + C) / AH
250 UB = KE * MH * (1 - C ^ 2) / AH
260 US = KE * MH * ((1 + L) / L ^ 2) * S0 / AH
270 A1 = MF * AH / (MF + MH): A2 = AH - A1
280 ED = OM ^ 2 * (MH * A1 ^ 2 + MF * A2 ^ 2)
290 PRINT "Relativ hibak:": PRINT
300 PRINT "NEWTON:="; (UN / ED - 1): PRINT
310 PRINT "BS-NR :="; (UB / ED - 1): PRINT
320 PRINT "BS-REL:="; (US / ED - 1): PRINT : END

```

A számítást még 1998 januárjában végeztem. Az eredmény:

RELATÍV HIBÁK:

NEWTON:= 1.871D-02

BS-NR := 6.189D-03

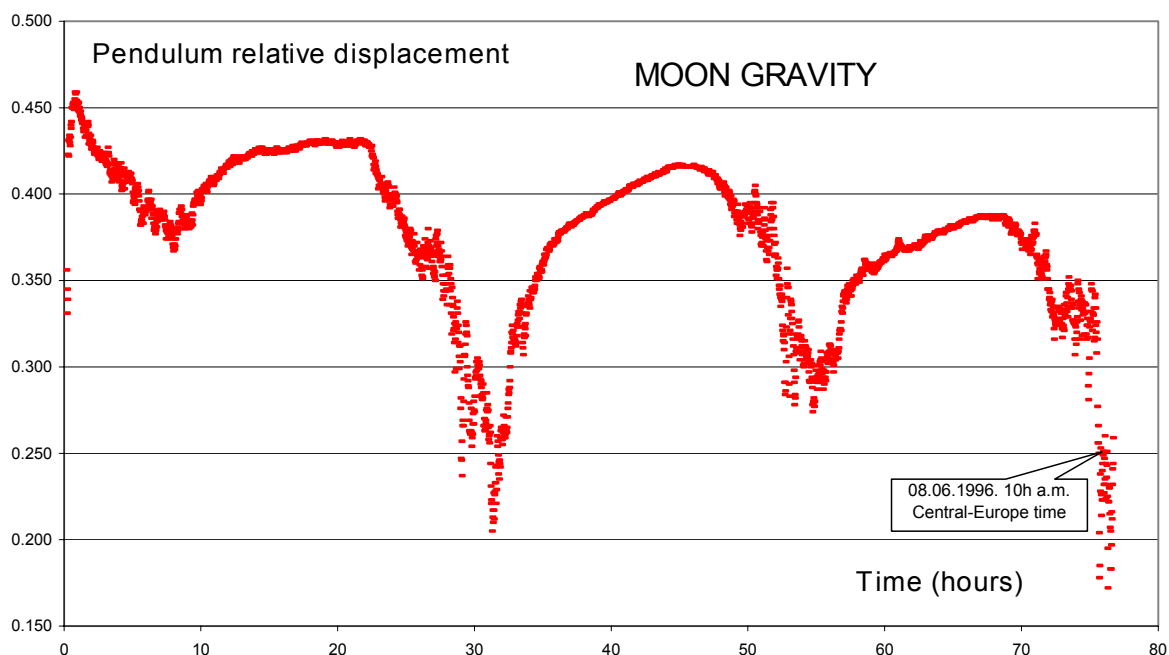
BS-REL:= 2.817D-06

Látható, hogy a különböző gravitációs modellek közel 2 százalékos eltérésekre is vezethetnek a Föld-Hold rendszerben. A gravitációs állandó hibáját egy százalékosnak vehetjük. A számítás szerint a relBS bámulatosan pontos eredményre vezet. Természetesen a csillagászati adatok pontosabb megismerésével, a gravitációs állandó pontosabb meghatározása esetén a fenti számításokat újra el kell végezni. De azt már most kimondhatjuk, hogy az input adatokban lényegi változás nem várható, tehát az újabb számítási eredmények sem fognak különösebb meglepetést okozni.

4. Holdgravitáció mérése fizikai ingával

A Hold napi látszólagos keringése a Föld forgása miatt van, ezért ismétlődik naponta a tengerek, óceánok árapálya a Hold gravitáció miatt. A relatíve nagyméretű és lengésidejű fizikai ingára is hat gravitációsan a Hold, ezt a jelenséget tapasztaltam az első paksi fizikai inga méréseimnél 1996 nyarán. Az inga mozgását három napig folyamatosan mértem számítógéppel, az ingalengések súlyponti helyzetének relatív változását (displacement) EXCEL grafikonon ábrázoltam. Akkor még nem voltam tisztában az időben változó gravitáció dinamikus hatásával (az időbeli változás nem a gravitáció erősségét, hanem irányfüggését jelenti), ezért gravitációs árnyékolásnak véltem a napi kétszer megjelenő, erőteljes tranzienseket. Az eredeti feltételezésemről időközben kiderült, hogy Eötvös Loránd is foglalkozott a következő gondlattal: a földsüveg árnyékolhatja a Hold gravitációját. De Eötvös kísérletei nem igazolták a feltételezett gravitációs árnyékolást. Az általam kidolgozott disszipációs elmélet kizárja a gravitációs árnyékolást. A fizikai inga Hold-mérés a dinamikus gravitáció létezését igazolja, ugyanis az akkori számításaim szerint a Hold gravitációja nem okozhatott volna az ingánál 10-20 mm-es lengéseket. Sajnos akkor még a számítógépes mérés nem tartalmazott amplitúdó mérést, így a fontos kitérési adatokról nincs dokumentációm (adatfile-ok), csak az emlékeimre hagyatkozom. A méréseket szívesen megismételném, ehhez támogatókat keresek. Je-

lenleg az Interneten megtalálhatók olyan programok, amelyek pontosan számítják a Hold aktuális helyzetét. Tehát a precízen megismételt mérés a Hold mozgásának rögzítése mellett a lengési amplitúdó számítógépes rögzítésével fontos és lényeges információkat tudna nyújtani.



GENERAL MOON INFORMATION

*Distance from Earth:

centre to centre: mean: 384,400km

closest (perigee): 356,410km

furthest (apogee): 406,697km

surface to surface: mean: 376,284km

closest (perigee): 348,294km

furthest (apogee): 398,581km

*Revolution period: 27.321661 days

*Axial rotation period: 27.321661 days

*Synodic period: 29d 12h 44m 2.9s

*Mean orbital velocity: 3680km/h

*Axial inclination of equator, referred to ecliptic: 1d 32m

*Orbital inclination: 5d 09m

*Orbital eccentricity: 0.0549

*Diameter: 3475.6km

*Apparent diameter seen from Earth:

max 33m 31s

min 29m 22s

mean 31m 5s

*Reciprocal mass, Earth= 1: 81.3

*Mass= 7.35×10^{25} g

*Mass, Earth= 1: 0.0123

*Volume, Earth=1: 0.0203

*Escape Velocity= 2.38 km/s
 *Surface Gravity, Earth= 1:0.1653
 *Albedo: 0.07
 *Mean magnitude at full moon: -12.7

Moon/Earth Comparison

Bulk parameters

Moon	Earth	Ratio (Moon/Earth)
Mass (10 ²⁴ kg)	0.07349	5.9736 0.0123
Volume (10 ¹⁰ km ³)	2.1958	108.321 0.0203
Equatorial radius (km)	1738.1	6378.1 0.2725
Polar radius (km)	1736.0	6356.8 0.2731
Volumetric mean radius (km)	1737.1	6371.0 0.2727
Ellipticity (Flattening)	0.0012	0.00335 0.36
Mean density (kg/m ³)	3350	5515 0.607
Surface gravity (m/s ²)	1.62	9.78 0.166
Escape velocity (km/s)	2.38	11.2 0.213
GM (x 10 ⁶ km ³ /s ²)	0.0049	0.3986 0.0123
Bond albedo	0.11	0.306 0.360
Visual geometric albedo	0.12	0.367 0.330
Visual magnitude V(1,0)	+0.21	-3.86 -
Solar irradiance (W/m ²)	1367.6	1367.6 1.000
Black-body temperature (K)	274.5	254.3 1.079
Topographic range (km)	16	20 0.800
Moment of inertia (I/MR ²)	0.394	0.3308 1.191
J ₂ (x 10 ⁻⁶)	202.7	1082.63 0.187

Orbital parameters (for orbit about the Earth)

Moon

Semimajor axis (10 ⁶ km)	0.3844
Perigee (10 ⁶ km)	0.3633
Apogee (10 ⁶ km)	0.4055
Revolution period (days)	27.3217
Synodic period (days)	29.53
Mean orbital velocity (km/s)	1.023
Max. orbital velocity (km/s)	1.076
Min. orbital velocity (km/s)	0.964
Orbit inclination (deg)	5.145
Orbit eccentricity	0.0549
Sidereal rotation period (hrs)	655.728
Equatorial inclination (deg)	6.68
Recession rate from Earth (cm/yr)	3.8
Mean values at opposition from Earth	
Distance from Earth (km)	384,467
Apparent diameter (seconds of arc)	1864.2
Apparent visual magnitude	-12.74

Néhány fontosabb cikk:

- [1] Maddox, J. (1986), 'Turbulence assails fifth force', Nature 323, 665
- [2] Fischbach ED et al (1986), 'Reanalysis of the Eotvos experiment', Phys Rev Letter 56, 3

- [3] Maddox, J. (1988), 'The stimulation of the fifth force',
Nature 335, 393
- [4] Fischbach ED & Talmadge C (1992), 'Six years of the
fifth force', Nature 356, 207
- [5] Holding SC & Tuck GJ (1984), 'A new mine determination of
the Newtonian gravitational constant', Nature 307, 714
- [6] Holding SC, Stacey FD & Tuck GJ (1986), 'Gravity in mines -
an investigation of Newton's law', Phys Rev D 33, 3487
- [7] Westfall RS (1973), 'Newton and the fudge factor',
Science 180, 1118
- [8] Broad W & Wade N (1985), 'Betrayers of the Truth: Fraud
an Deceit in Science', Oxford University Press, Oxford
- [9] *Fizikai Szemle* 1998/6.
- [10] Cavendish, H., Experiments to Determine the Density of the Earth.
Philos.Trans.R.Soc.London **88**, p. 469-526. (1798)
- [11] The Gravitational Constant: Theory and Experiment 200 Years after Cavendish
Institute of Physics, London, (Conference, 23-24 November, 1998).
- [12] Gillies, G.T., *Metrologia*, **24** (suppl.1.) (1987) 56.
- [13] Varga P. Amiről meglepően keveset tudunk: a gravitációs állandó.
Természet Világa, 1995/11. p. 492.
- [14] Kestenbaum, D., Gravity Measurements Close in on Big G.
SCIENCE **282**, p. 2180. (1998)
- [15] Podkletnov, E., Nieminen, R., A Possibility of Gravitational Force Shielding
by Bulk YBa₂Cu₃O_{7-x} Superconductor. Tampere University of Technology,
Finland. *Physica C* **203** p. 441. (1992)
- [16] Sarkadi D., Bodonyi L., A gravitációs kölcsönhatás mérése fizikai ingával.
GÉP, 1997/12. p.12.
- [17] Sarkadi D., Az energia legkisebb morzsájáról. *Magyar Energetika* 1998/3. p. 35.
- [18] Sarkadi D., A gravitációs kölcsönhatás vizsgálata összemérhető tömegek esetén.
Magyar Energetika 1999/2. p. 39.
- [19] Sarkadi Dezső, Bodonyi, László: Study of Gravity between Commensurable Masses.
Publications of the University of Miskolc,
Computational and Applied Physics, **1**, p. 3-9, 2002.
- [19] Sarkadi Dezső, Bodonyi László: Gravity Between Commensurable Masses.
Galilean Electrodynamics, Spring 2006.,
(Vol. 17, Special Issues No. 1, GED-East), p. 11.
- [20] Sarkadi Dezső: A New Physical Model for Calculation of Atomic Mass.
Galilean Electrodynamics, Fall 2006.,
(Vol. 17, Special Issues No. 2, GED-East), p. 37.

A közelmúltban nagy érdeklődését kiváltó gravitációs anomáliát mutatattak a *Pioneer 10* és *Pioneer 11* űrszondák rádiójelei. A rádiójelek Doppler-effektusát mérve megállapították, hogy a Naprendszer elhagyó űrszondák jobban lassultak, mint ami a helyzetükből következett volna. A jelenség mindkét űrszondánál jelentkezett, tehát nem lehetett mérési hiba.

A részletek: http://en.wikipedia.org/wiki/Pioneer_10#Pioneer_anomaly

Paks, 2008. november 4.

Sarkadi Dezső