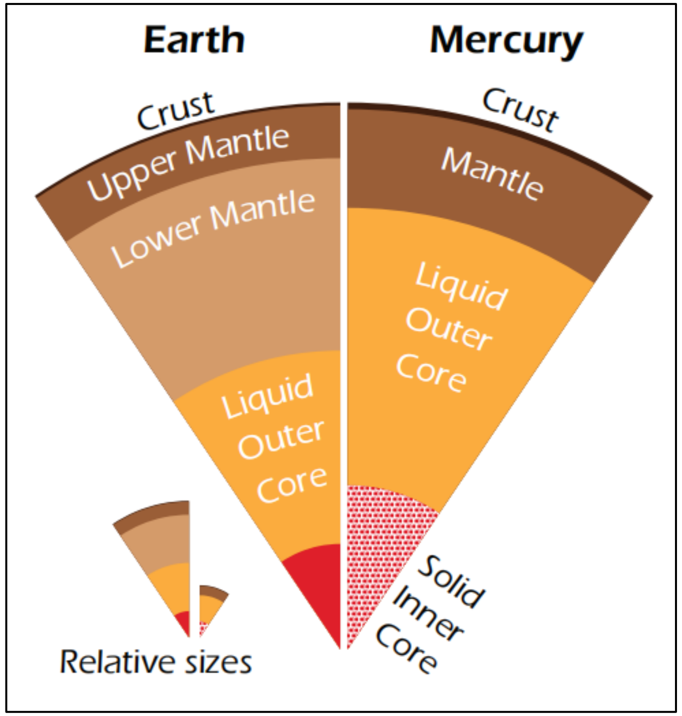
A Merkúr mágneses tere dipól komponensének modellezése MESSENGER űrmisszió adatai alapján

Készítette: Bánrévi Gábor András
Témavezető: Dr. Timár Gábor

Geofizikus TDK konferencia, 2024.12.09.

A Merkúr

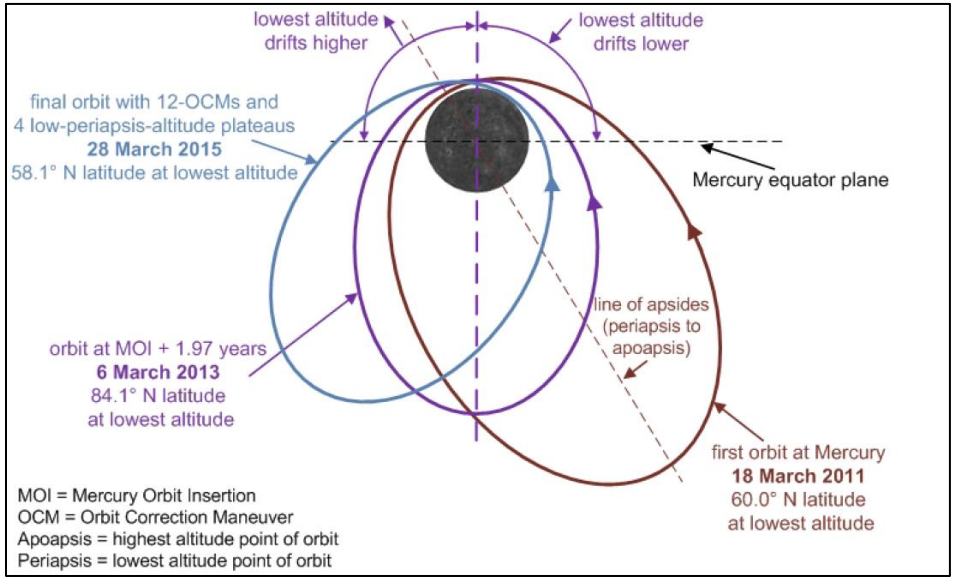
- Naprendszerünk legbelső, legkisebb bolygója
- Gömbhéjas belső szerkezetű
    - Térfogatának nagy részét magja teszi ki
- Gyenge, dipólus jellegű mágneses térrel rendelkezik
    - Mágneses egyenlítő északi irányba el van tolva



Kép forrása: Hauck S.A. Johnson C.L. (2019). Mercury: Inside the Iron Planet. Elements; 15 (1): 21–26. https://doi.org/10.2138/gselements.15.1.21

A MESSENGER űrmisszió

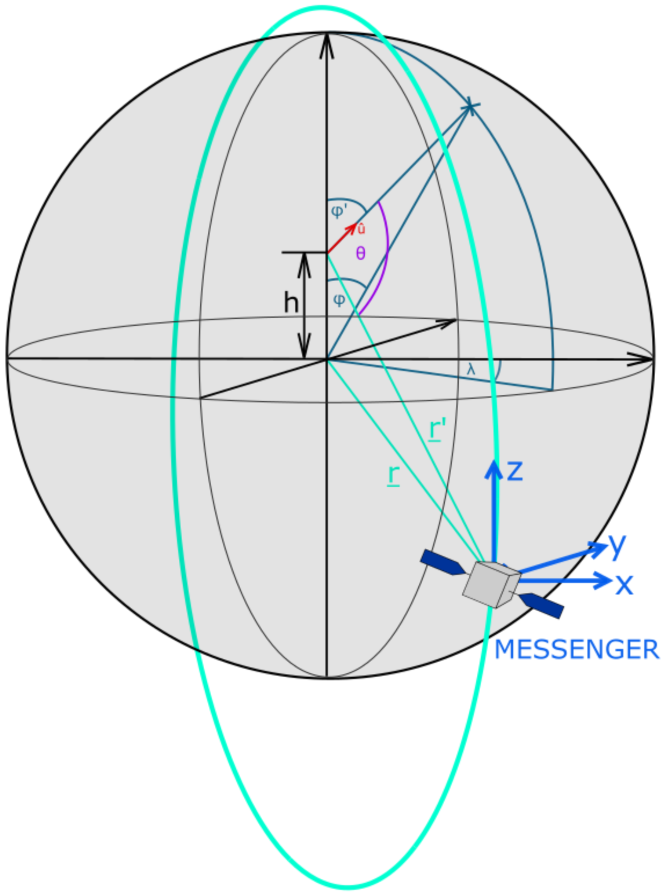
- A Merkúrt először a Mariner-10 látogatja meg, felfedezi mágneses terét
- 2004-es kilövés és 6 flyby manőver után a MESSENGER (Mercury Surface Space Environment, Geochemistry and Ranging) űrszonda 2011-ben pályára áll a bolygó körül
- 2015 április 30-án a Merkúr felszínébe csapódik



Kép forrása: McAdams J.V. (2014). Orbit Desing and Navigation Through the End of MESSENGER’s Extended Mission at Mercury. Advances in the Astronautical Sciences

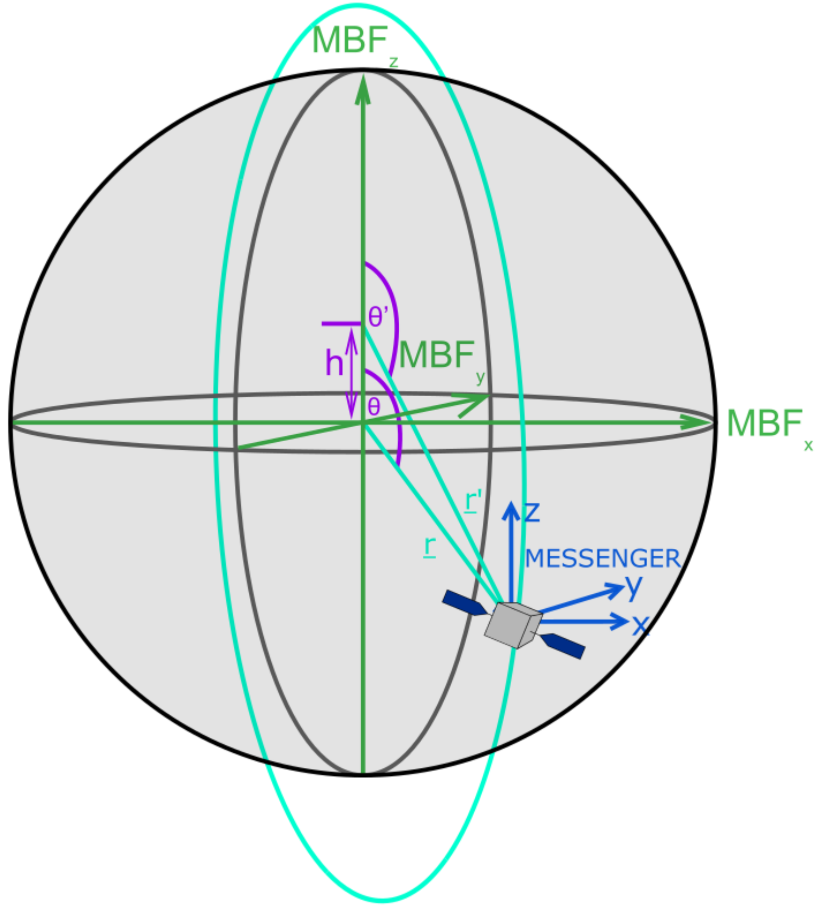
A mágneses tér modellezése

- 4 paraméter:
  - Dipólmomentum (m)
  - Mágneses egyenlítő északi eltolása (h)
  - Dipólus tengelyferdesége, két szöggel kifejezve (φ,λ)



A felhasznált adatok

- A MESSENGER által a 2012-es évben rögzített adatok (Forrás: NASA Planetary Data System)
- Pozíció adatok MBF koordináta rendszerben
  - Felszínen található Hun-Kal kráter alapján definiált koordináta rendszer
- Mágneses tér adatok B_x,B_y,B_z komponensekben

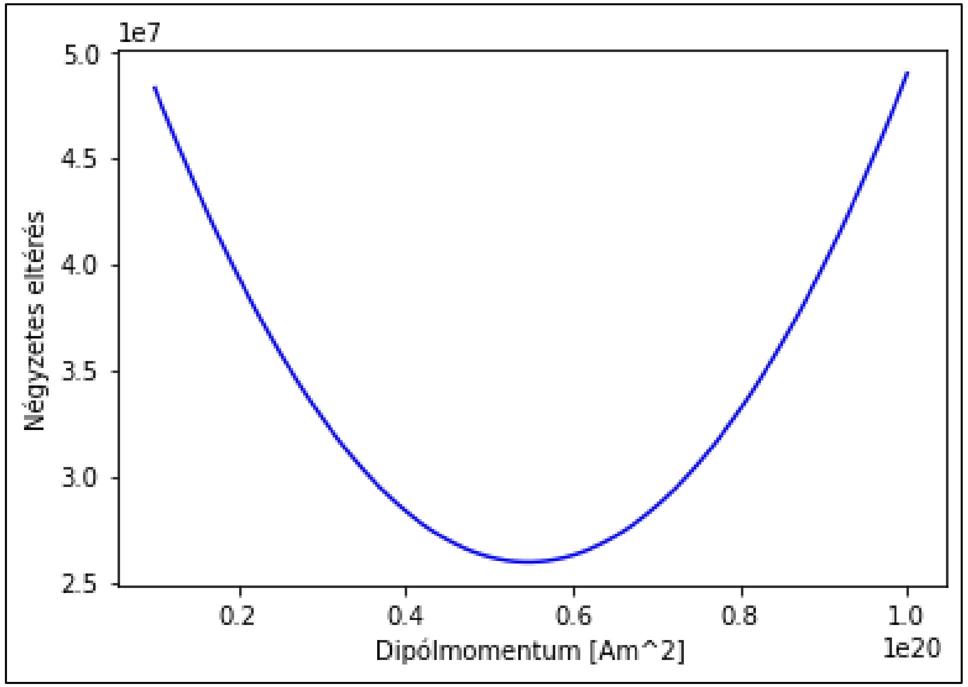


Északi eltolás becslése

- Azt a h eltolást keressük, melyre a mágneses inklináció átlagos értéke a legjobban megközelíti a nullát
- A megadott adatokból $\mathrm{I} = arcsin\left(\frac{|\underline{B}_r|}{|\underline{B}|}\right)$ módon számítható az inklináció, ahol $|\underline{B}_r|$ a mágneses indukció vektor sugárirányú komponense
- [0,1000] km tartományon, 10 km-es lépésekkel
- Becslés eredménye: 450 km

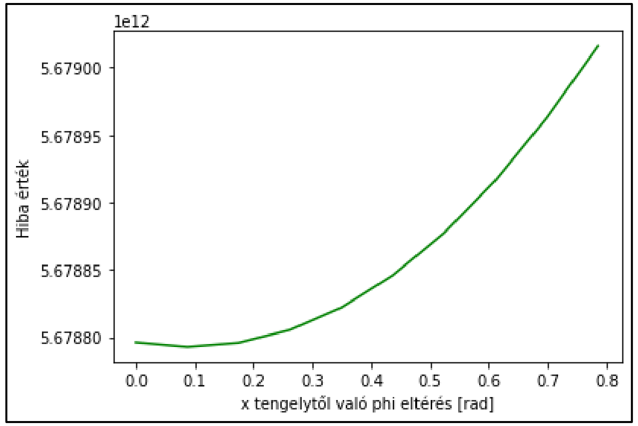
Dipólmomentum becslése

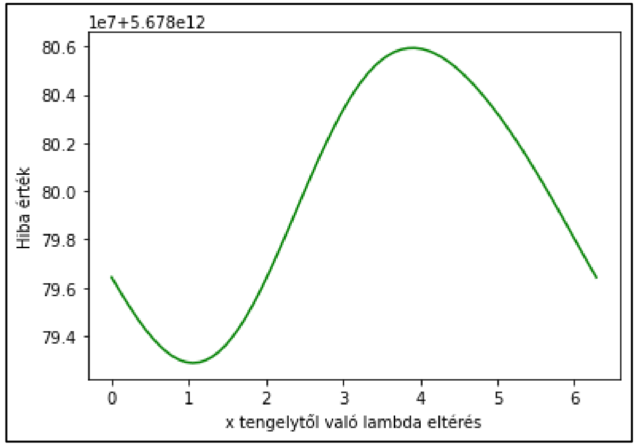
- A dipóltér nagyságára érvényes $B_{mod} = \frac{\mu_0 m}{4\pi r'^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta'}$ képlet
- A mért értékekből $B_{meas} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$
- Ezek felhasználásával $Hiba = (B_{meas} - B_{mod})^2$ függvény minimumát keressük
- $[1 - 10] \cdot 10^{19}\ Am^2$ tartományon, $0.1 \cdot 10^{18}\ Am^2$ pontossággal
- Becslés eredménye: $m = 5.5 \cdot 10^{19}\ Am^2$



Tengelyferdeség becslése

- $B_{mod} = \frac{\mu_0 m}{4\pi r'^3}\sqrt{1 + 3\,\frac{sin\varphi cos\lambda x + sin\varphi sin\lambda y + cos\varphi(z-h)}{x^2+y^2+(z-h)^2}}$ szerint
- Az előzőek alapján a dipólmomentumot már ismerve ismét a $Hiba = (B_{meas} - B_{mod})^2$ függvény minimumához tartozó (φ,λ) párt keressük
- φ:[0,90°] és λ: [0,360°) intervallumokon 5° pontossággal
- Eredménye: $\varphi = 5°, \lambda = 60°$





Diszkusszió

- Északi eltolás: h=450 km, szakirodalomban 480 km *(Anderson et al. 2011)*
- Dipólmomentum: $m = 5{,}5 \cdot 10^{19}\ Am^2$, szakirodalomban $3{,}3 - 4{,}2 \cdot 10^{19}\ Am^2$ *(Schubert & Sonderlund, 2011)*
- Tengelyferdeség: $\varphi = 5°, \lambda = 60°$, szakirodalomban φ=3° *(Anderson et al. 2011)*