

## Nyári napfordulón – csillagászati mérések – KDG labor

Nyári napforduló az a pillanat, amikor a Föld forgástengelye a legkisebb szögben hajlik el a Nap sugaraitól. Az északi féltekén a nyári napfordulói a Nap delelési helye az égbolton délről északra halad, utána pedig északról dél felé kezd mozogni, és az év leghosszabb nappalát adja (következésképpen a legrövidebb éjszakát).

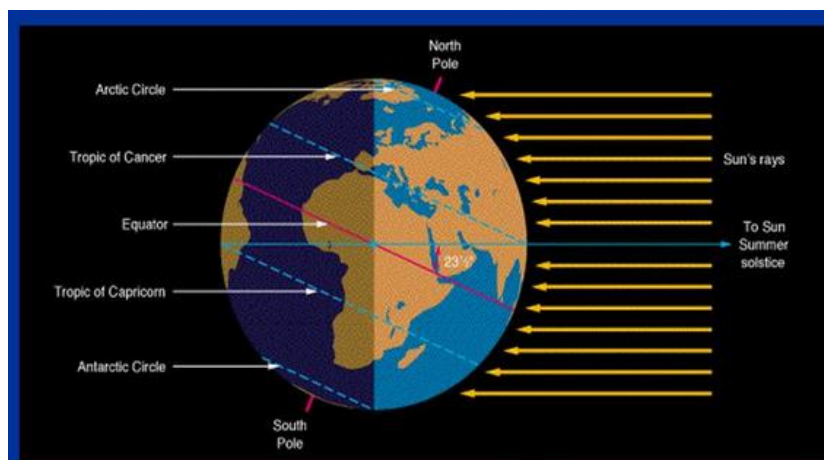
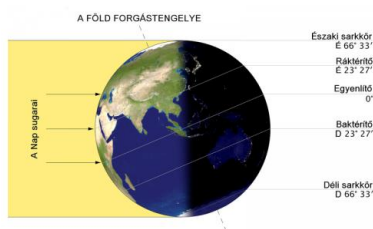
A nyári napforduló **az északi féltekén** június 21-én. A magyar népi szokások szerint már korábban is fontos ünnep volt, de a kereszténység felvétele óta Szent Iván napjához (éjjeléhez) kötik a nyári napfordulót.

A nyári napforduló az északi féltekén a csillagászati nyár kezdetét jelenti, a legtöbb kultúrában számos ősi szokás kapcsolódik hozzá, megünneplésének ismét reneszánsza van.

### Jellemző pozíciók június 21-én

A nyári napforduló az északi féltekén [június 21-én](#) van (esetenként [22-én](#) vagy [20-án](#)).

- Az [Északi-sarkon](#) a Nap állandó magasságon,  $23^\circ$ -on kering, egész nap fent van<sup>[2]</sup>
- Az [északi sarkkörön](#) a Nap  $47^\circ$ -on delel, 27 órát van fent (aznap egész nap, és előtte-utána 1,5-1,5 órát).
- [Magyarországról](#) nézve a nyári napforduló idején a Nap  $66^\circ$  magasan delel, 16 órát van fent.
- A [Ráktérítőn](#) a Nap  $90^\circ$ -on delel, 13,5 órát van fent.
- Az [Egyenlítőn](#) a Nap  $66,5^\circ$  magasan delel, 12 órát van fent.



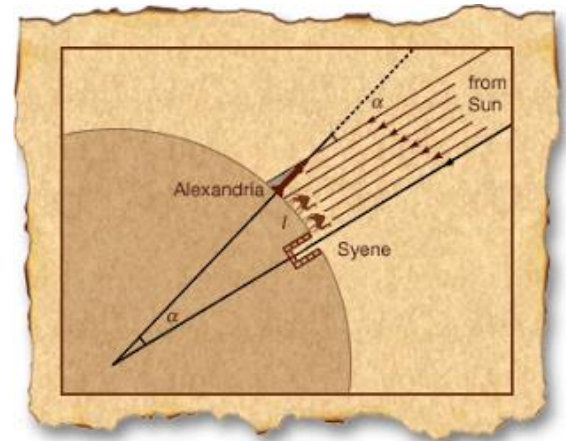
A Föld mérete

**Mekkora a bolygónk?** A kérdés megválaszolásához először is tudnunk kell, hogy a Föld közelítőleg **gömb** alakú. Erről a holdfogyatkozásokkor látható árnyéka egyértelműen tudósít: a teljes holdfogyatkozás előtt és után jól látszik, hogy bolygónk árnyéka kör alakú!



A Föld méretéről az első, mai értelemben is pontosnak nevezhető elképzelés

több mint kétezer évvel ezelőttre nyúlik vissza. A lenyűgöző eredmény egy egyszerű, ám ötletes méréshez kötődik, amit az alexandriai könyvtár vezetője, a földrajztudós Eratoszthenész (Kr.e. kb. 276-195) végzett el.

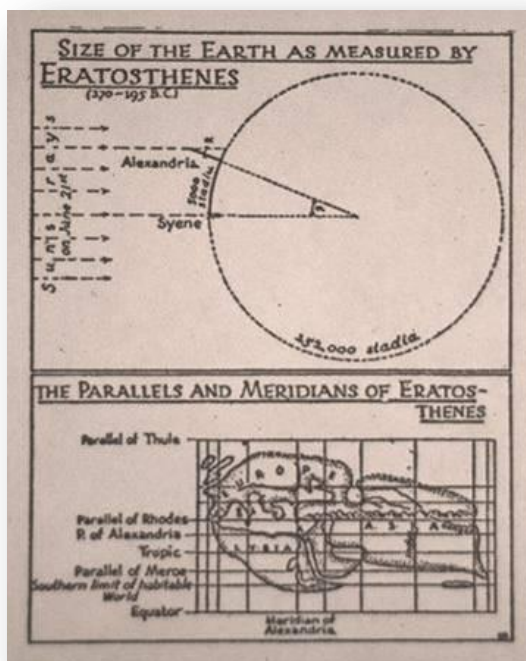


© 2000 Encyclopædia Britannica, Inc.

Eratoszthenész arra a látszólag nem különösebben fontos tényre figyelt fel, hogy a mai Asszuán közelében található Sziéna városában az év leghosszabb napján (mai nevén: a nyári napfordulókor) a Nap nem vetett árnyékot.

Tudta azt is, hogy Szüenében van egy nagyon mély kút, és éppen a napforduló napján a Nap letűz a kút vizéig. Ekkor pedig a Nap képe a kút vizéből visszatükröződött. A

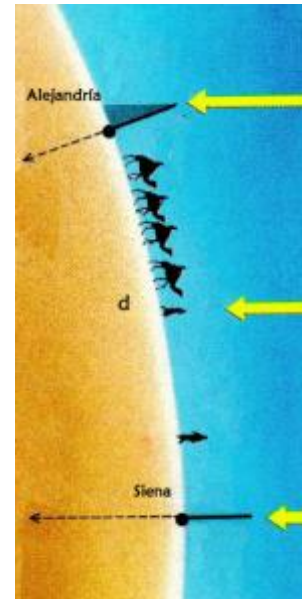
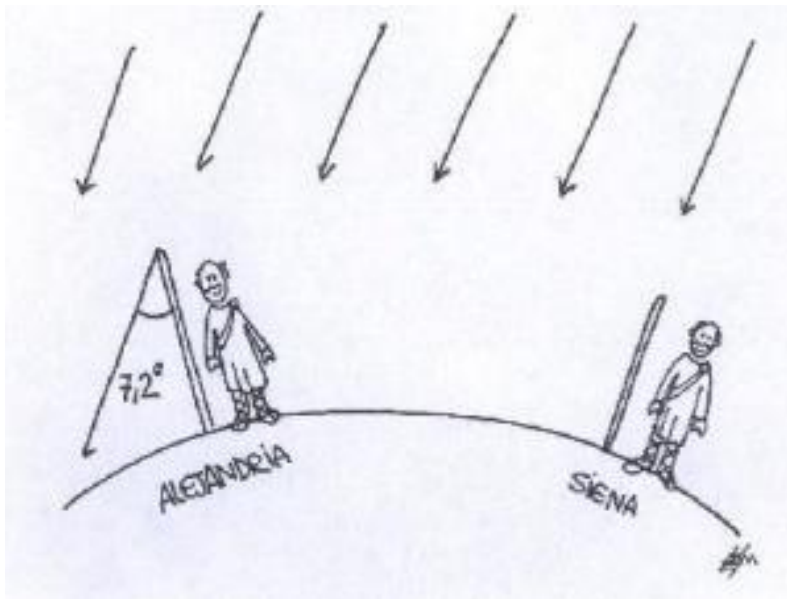
helyiek ezt úgy mondták, hogy ebben a kútban évente egyszer csillan meg a napfény. *A legendák szerint senki nem mert azon a napon belenézni a kutakba, nehogy megvakuljanak a visszatükröződő napfénytől.* Szüenétől délre már évente kétszer látják a megfelelő mélységű kutakban a jelenséget, északabbra viszont egyszer sem.



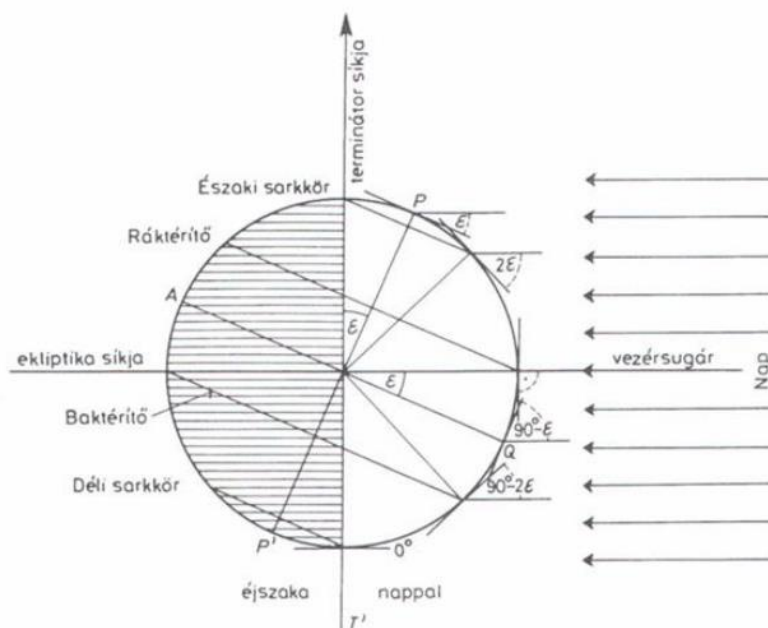
A sokezer éves csillagászati megfigyelések tehát a **napsugarak** formájában **egy órát** adtak Eratoszthenész kezébe. De nemcsak óráként, hanem **párhuzamvonalzóként** is használta a Nap sugarait.

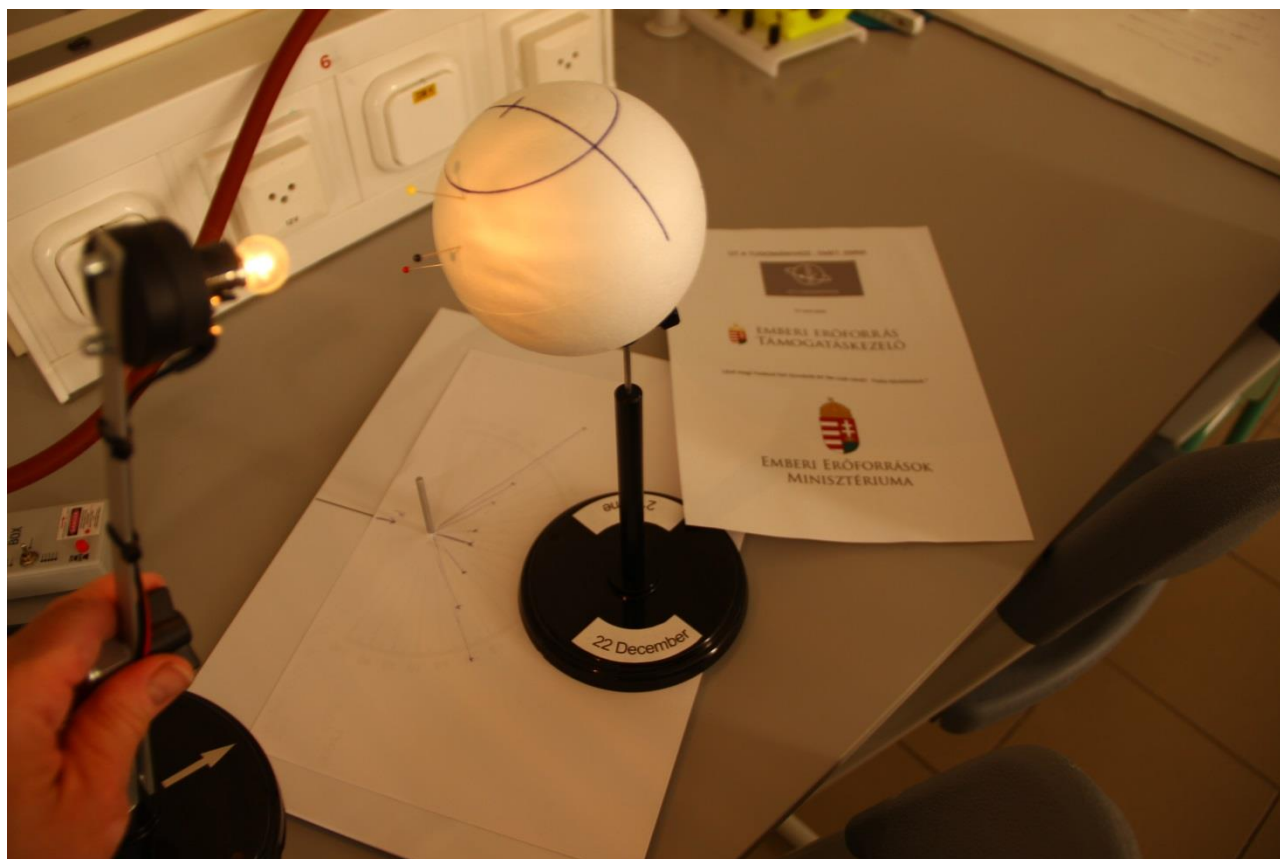
Más szavakkal: **Sziénában a Nap a nyári napforduló idején a zenitben delel.** Ez az a pillanat, amikor a Nap eléri az év során befutott "pályája" legészakibb pontját. Ekkor egy függőlegesen tartott pálca ott tehát nem vet árnyékot.

Pontosan ugyanebben a pillanatban Alexandriában, Egyiptom legészakibb városában, ahol Eratoszthenész a nagy könyvtár vezető könyvtárosa volt, szintén megmérték egy másik pálca által vetett árnyék szögét. Az eredmény  $7^{\circ}12'$  volt.



57. ábra - A nappali és éjszakai félgömb helyzete a nyári napforduló idején (a vonalkázott rész az éjszakai oldal).  $\epsilon$  az Egyenlítő és az ekliptika által bezárt szög ( $23,5^{\circ}$ ). Az ábráról a Nap delelési magasságának a póluson, a sarkkörön, a tértőkön és az Egyenlítőn mérhető értékei is leolvashatók





Ezek után a következő egyszerű összefüggés megadta a Föld kerületét:

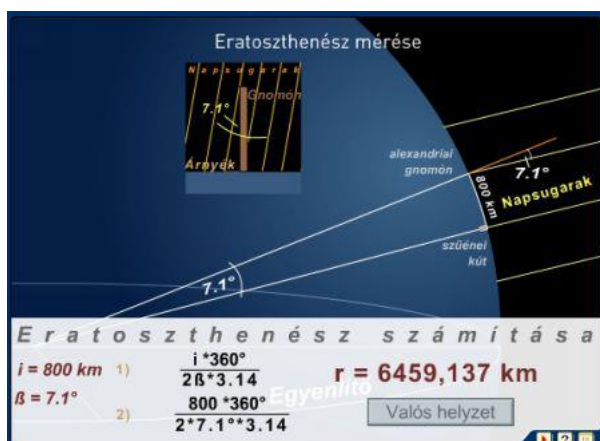
$$\frac{\text{Sziéna és Alexandria távolsága}}{\text{a Föld kerülete}} = \frac{\text{mért szög}}{360^\circ}$$

Eratoszthenész nem tudta pontosan megmérni a két város távolságát, de az utazók leírásai alapján **5000 sztadionra becsülte** az értéket. Ebből és a 7.2 fokos árnyékból következik, hogy a Föld kerülete 250 ezer sztadion:

$$\frac{7,2^\circ}{360^\circ} \cdot 5000 \text{stadion} = 250000 \text{stadion} = k_{\text{Föld}}$$

Egy sztadion a régi görögök mértékegység-rendszerében kb. 600 görög lábnak felelt meg. Ma már ennek pontos hossza nem ismert méterben, ám különböző források szerint 154 és 215 méter közé esik **egy sztadion. 160 métert** feltételezve pontosan **40 ezer km** adódik a Föld kerületére, ami csak 74 km-rel rövidebb a tényleges értéknél!

Legfontosabb azonban az, hogy maga a módszer elvileg tökéletes (amennyire a Föld gömb alakú), így ma is meg lehet ismételni Eratoszthenész kísérletét, hogy kiszámítsuk bolygónk valódi méretét.



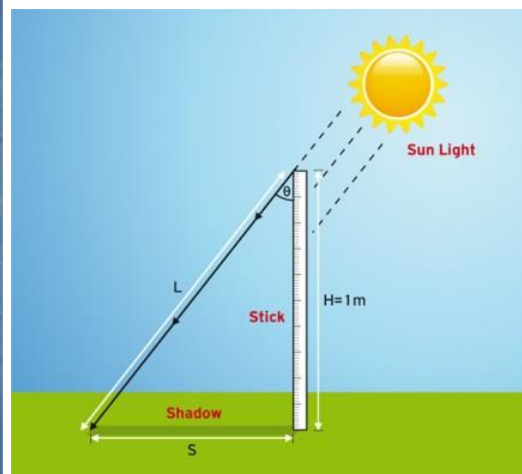
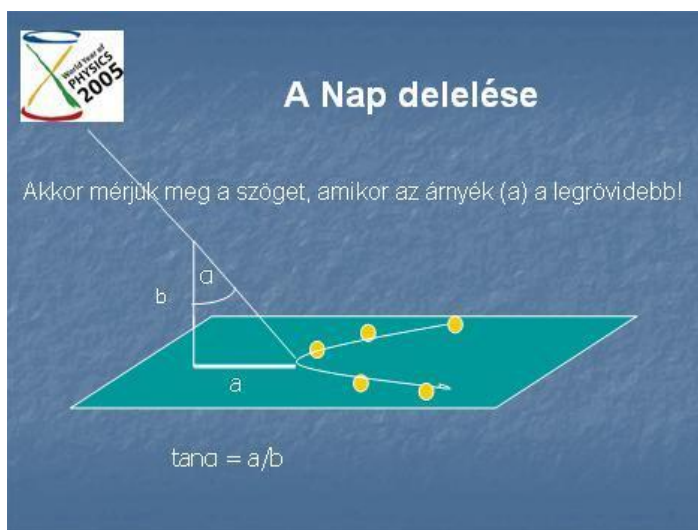
Hogyan mérjük meg a Nap által vetett árnyékot?

- **A kísérletben részt vevők pontosan délben megméri a Nap által vetett árnyék hajlásszögét.**
- **Hogyan mérjük meg a valódi delelés időpontját?**

Szúrjunk le egy merőleges rudat, (**állvány a laborból!**) majd **percenként jelöljük be a földön a rúd árnyékának végpontját.**

**12.40 és 13.00 között!**

Jegyezzük fel, mikor jelöltük be a pontokat; mindezt legalább 30 perccel a becsült valódi dél előtt kezdjük. **Az árnyék változásaival egy szépen görbülő ív fog kirajzolódni (I. ábra). Amikor a rúd árnyéka a legrövidebb, akkor van dél. Mérjük le ekkor az árnyék hosszát, s a rúd hosszának ismeretében számítsuk ki az árnyék hajlásszögét:**



Vagy: Vegyünk egy méterrudat, és állítsuk függőlegesen a talajra! Előtte kérjük meg a tanulókat, hogy méréssel ellenőrizzék, hogy valóban pontosan 1 méter hosszú-e a rúd! A helyi dél időpontjában a tanulókkal mérjük meg az árnyék S hosszát (lásd az ábrát)! Ismételjük meg ötször egymás után a mérést (vagy végeztessük el öt diákkal), az eredményeket jegyezzük fel!

Számítsuk ki a Föld méretét!

Amikor Eratosztenész elvégezte számításait, a sikerhez nagyban hozzájárult, hogy Sziéna és Alexandria közel azonos földrajzi hosszúságon található, illetve hogy karaván-utazók becslései alapján ismerte a két hely valódi távolságát. Ha mi is az ő megfontolásait követnénk, csak olyan iskolák vehetnének részt az ideai kísérletben, melyek azonos hosszúságon vannak. Mi azonban azt szeretnénk, ha minden iskola részt vehetne. Hogyan lehetséges ez?

**Számunkra csak az érdekes, hogy megtudjuk a mi iskolánk és a fiktív, a Ráktérítőn elhelyezkedő partneriskola távolságát észak-déli irányban, azaz a két hely földrajzi szélességkülönbségét.**



Használjunk egy térképet ehhez! Olvassuk le egy térképről a két iskola földrajzi szélességét:  $47^{\circ} 13'$  és  $23^{\circ} 26'$ . Esetben az esetben tehát csak e két szélességi kör távolsága kell; legyen ez  $D$  kilométer, amit a térkép távolságskáláját felhasználva számítsunk ki.

(A földrajzi szélességeket természetesen egy GPS-vevővel is meghatározhatjuk.)

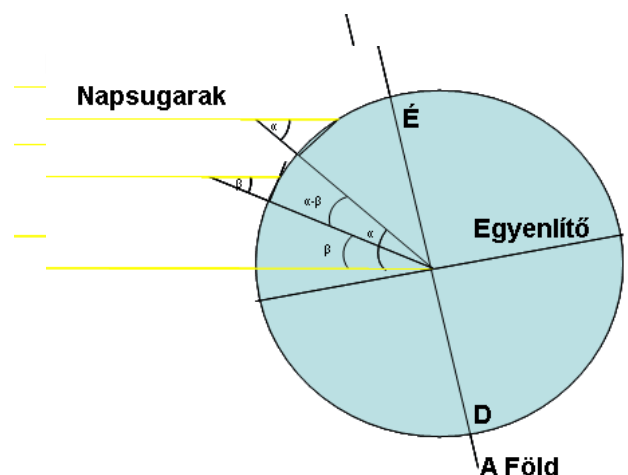
### Számítások

A rúd árnyékának mérésével kiszámoltuk a Nap által vetett árnyékok hajlásszögét ( $\alpha$ ).

$\alpha = a$  mért hajlásszög a szombathelyi iskolában

$\beta = 0^{\circ}$  a Ráktérítőn 06.21-én

$D =$  Szombathely szélességi körének távolsága a ráktérítőtől kilométerben



$C =$  a Föld kerülete

$\alpha =$  .....

$D =$  kb. 2540 km .....

$$D/C = (\alpha)/360$$

Fejezzük ki  $C$ -t!

$C =$  .....

**Hát nem hihetetlen, hogy pusztán árnyékok mérésével megmérhetjük a Föld méretét?!**

Mérési hibákról...

Sztadionnak nevezett hossz mértékből több is volt, és nem tudjuk, hogy Eratoszthenész melyiket használta. Ha a kb. 185 méteres olümpiai sztadiont, akkor a Föld kerülete ezzel a számítással mintegy 46 250–46 280 km; a valós értéknél úgy 15 %-kal több – ha viszont a mindössze 157 méteres egyiptomi sztadiont használta, akkor eredménye 39 250 km, ami a ténylegesnél mindössze 2 %-kal kevesebb.

Méréseinek számos hibája volt (a szögmérés, a két város távolsága, az, hogy a két város nem pont azonos délkörön fekszik), ezek azonban szerencséjére kiejtették egymást.

Másfél évezred múlva, amikor ismét elkezdtek foglalkozni a gömbölyű Föld eszméjével, annak méretét Eratoszthenésznél jóval pontatlanabban, többnyire jelentősen kisebbnek becsülték – egyebek közt [Kolumbusz](#) is ebben a hitben vágott neki első útjának.

Ebből az eredményből kiindulva képes volt meghatározni a Hold méretét, valamint a Föld és a Hold távolságát is. Ennek elméleti alapjait már korábbi gondolkodók lefektették, de a számításához ismerni kellett a Föld átmérőjét – így miután ezt Eratoszthenész meghatározta, a többi számítással viszonylag egyszerű dolga volt.

Nyári napforduló : 2016/06/20 22:35:20

Mérés: 2016. június 21. Szombathely, KDG udvar

$$\alpha = 22,52^\circ \text{ ( 12.54-kor)}$$

$$D = 2540 \text{ km}$$

$$D/C = (\alpha)/360$$

$$2540 / C = 22,52 / 360$$

Fejezzük ki C-t!

$$C = 40\,640 \text{ (km)} = 2 * 3,14 * R$$

$$R = 6471,3 \text{ km ( 1,6 \% -os hiba! :) )}$$

**Hát nem hihetetlen, hogy pusztán árnyékok mérésével megmérhetjük a Föld méretét?!**



Források:

[www.konkoly.hu](http://www.konkoly.hu)

-A csillagászat megfigyelési módszerei és eszközei

[wyp.csillagaszat.hu/iles/eratosthenes/history.html](http://wyp.csillagaszat.hu/iles/eratosthenes/history.html)