[1 rad = $360^{\circ}/2\pi \approx 57{,}3^{\circ}$] „a Föld kerületének mérése” (Eratoszthenész)

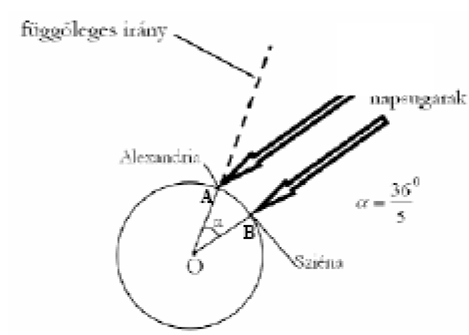
(Fizikusok szerint) ez minden idők hetedik legelegánsabb[1] *kísérlete.*

A <u>sík</u>szög SI `egy`ségének külön neve: *radián* [rad], az 1 rad nagyságú szög szárai között az egységsugarú körnek éppen egységnyi íve helyezkedik el (ezért a szög dimenziója: m/m = 1).

A megszokott *fok* is használható, az átszámítás egyszerű: $360^{\circ} \rightarrow 2\pi$ rad (a kör kerülete: $2r\pi$ és r = 1), így $1^{\circ} = (2\pi/360)$ rad $\approx 0{,}0175$ rad $= 17{,}5 \cdot 10^{-3}$ rad = 17,5 mrad. (Az „igazi szöglet”, a derékszög: $\pi/2$ rad.)

Több mint kétezer éve Eratoszthenész (az alexandriai könyvtár vezetője, Arkhimédész kortársa, az i.e. III. században) lokális szög- és távolság-méréssel meghatározta a Föld kerületét.[2] Megfigyelte, hogy nyári napforduló idején Sziénában (Assuan), délben, a Nap sugarai merőlegesen esnek a Föld felületére (a Nílus vízállását jelző mély kút vizében a napkorong képe teljes egészében tükröződik: „évente egyszer csillan meg a napfény”), és ugyanezen a napon délidőben, Alexandriában a teljes kör *ötvened részének* megfelelő szög alatt[3] érik a Föld felületét a napsugarak.

Mivel a napsugarak párhuzamosak (a Nap nagyon távol van a Földtől), s Alexandria és Sziéna kb. ugyanazon a délkörön fekszik (mindkét helyen azonos időpontban éri el a Nap a delelőpontját), ha a két város távolsága ismert, akkor ezt szorozva *ötven*nel megkapjuk a Föld kerületét (mert egy körív hossza arányos a hozzá tartozó középponti szöggel).[4]



Az AB távolságot becsléssel állapította meg: a naponta 100 *stadion*nyi utat megtevő tevekaraván 50 nap alatt ért Alexandriából Sziénába.
Így Föld kerülete $250 \cdot 10^{3}$ stadion. (Az átváltását SI-re megnehezíti, hogy eltérő méretűek voltak a stadionok, ezek kerülete [a *stadion*], különböző források szerint, 154 és 215 méter közé esett.)

---

[1] Elegáns a kísérlet, ha zseniális ötlet, egyszerű eszköz, szellemes és látványos megoldás alapvető kérdésre ad választ. A tíz legszebb fizikai kísérlet:
http://www.origo.hu/tudomany/technika/20060124atiz.html
(Galilei két helyet is kapott, a tizedik a Foucault-inga. Sajnos pl. Faraday vagy Röntgen „nem fért be”.)

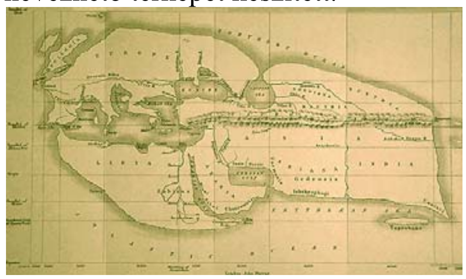
[2] Már mozgalom is szerveződött az „Eratoszthenész-mérés” megismétlésére:
http://wyp.csillagaszat.hu/files/eratosthenes/index.html

[3] Egy oszlop magasságát és az árnyék hosszát kellett megmérni, épp délben (időmérő nélkül: elegendő a napközben változó hosszúságú árnyék minimális hosszát megállapítani). Mivel számításra nincs mód (hiszen a szögfüggvényeket jóval később fogják kitalálni), egyszerűen a kapott szöget többször lemásolva adódik, hogy az a teljes kör 1/50 része. **„Csupán egy árnyék és egy gondolat!”** (Pólya György).
A fokokban való szögmérés előtt körívekkel mérték a szöget (a rad tehát **ív**mérték), erre utal a „peripheria” szó az ilyen összefüggésekben.

[4] Mai jelölésekkel: a délkör kerülete $K = 2\pi R$ (ahol R a Föld sugara) és $AB = \alpha R$, ahol $\alpha = (2\pi/50)$ rad, AB = 5000 stadion ≈ 800 km (**?**, 1 stadion ≈ 160 méter), ebből $K \approx 40 \cdot 10^{3}$ km (ez a mai adat).

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

Eratoszthenészt "Pentatlosz"-nak (öttusázónak) is nevezték sokrétű tudományos tevékenysége miatt. Tőle ered a "geográfia" megnevezés, ezalatt ő elsősorban a térképalkotást értette, és a mai értelemben is világtérképnek nevezhető térképet készített.



Kivonat **Eötvös Loránd**[5] elnöki beszédéből, mellyel a Magyar Tud. Akadémia ünnepi közülését 1901. május 12-én megnyitotta.

„A régiek, a Homeros korabeliek, korongalakúnak képzelték a Földet s ezen a korongon helyezték el gondolatukban Görögország körül mindazokat a középtengerparti vidékeket, melyekig hajósaik eljutottak.

Aristoteles korában azonban már általánosan elfogadott volt az a nézet, hogy a Föld gömbalakú, s e nézettel együtt megszületett a fokmérés feladata. Ha t.i a Földet gömbnek tekintjük, úgy valamely felületén húzott legnagyobb kör meghatározott részének, például $^{1}/_{360}$ részének, azaz egy fokának hossza az egész Földnek kerületét, más szóval a Föld nagyságát állapítja meg.

A történet bizonysága szerint úgy látszik, hogy az alexandriai Eratosthenes volt az első a Kr. születése előtti harmadik században, a ki a feladatot mai értelmében megoldotta. Szerinte a Nap Felső-Egyiptom Syene nevű városában a nyári solstitium idején pontosan a zenitben áll, holott Alexandriában ugyanakkor $7\,^{1}/_{5}$ fokkal tér el tőle. Ebből helyesen következtette, hogy a vizek szintjei, vagy, a mi egyre megy, a függélyek irányai Syenében és Alexandriában $7\,^{1}/_{5}$ fokkal, azaz a kör kerületének körülbelül $^{1}/_{50}$ részével hajlanak egymáshoz, s e szerint ama helyek távolsága a Föld kerületének közel $^{1}/_{50}$ részével egyenlő. E mérések alapján az egész földkerület hossza 250000 stadionnal egyenlő.”

---

[5]A magyar kísérleti fizika csúcsteljesítménye (és az Einstein-féle általános relativitáselmélet kísérleti alapköve) az **Eötvös-kísérlet** (1908): a „gravitációs (súlyos)” és a „tehetetlen” tömeg ekvivalenciájának igazolása. (Fogalmilag különböznek, mindegyiket a maga helyén használjuk.)

Egy test tömege kettős szerepű: (1) ható (vonzó) jellegű: más testre gravitációs (tömeg)vonzást gyakorol (→ **súlyos** tömeg, a gravitációs képességet leíró mennyiség: „gravitációs erőtörvény”), (2) ellenálló jellegű: sebessége változtatásához, a gyorsításhoz szükséges erő a test tömegével arányos (→ **tehetetlen** tömeg: a mozgásállapot-változásnak ellenálló mennyiség: „a dinamika erőtörvénye”).

Ha kézbe veszünk egy golyót, amit az izmainkban érzünk, az a test gravitáló (súlyos) tömegétől függ. Rátéve a golyót egy asztallapra kiküszöböljük a súlyos tömeget, ekkor a vízszintes gyorsító erő a tehetetlen tömeggel kapcsolatos.

A meghökkentő az, hogy a nehezebb test nem esik gyorsabban: minden test, tömegétől függetlenül (!), azonos gyorsulással esik szabadeséssel. Ezt igazolta Galilei klasszikus, a pisai ferde toronyból végzett ejtési kísérlete 1590-ben. (A „legszebb tíz fizikai kísérlet” között a második helyezett.) Ez csak úgy lehetséges, hogy a kétféle – eltérő tulajdonságot jellemző – tömeg azonos (a testek gravitációs kölcsönhatást kifejtő képessége és tehetetlensége arányos egymással). Eötvös az általa szerkesztett torziós ingával ezt az ekvivalenciát igen nagy ($5\cdot10^{-9} = 5\cdot10^{-3}$ ppm) pontossággal kimutatta.

Szemléletesen: egy rugós mérlegre helyezett test esetén ugyanakkora erőt mérünk, mintha a testet súrlódásmentesen **g** gyorsulással gyorsítanánk.

A „gravitációs erőtörvény” állandóját H. Cavendish mérte meg egy torziós ingával (1797; ez a kísérlet a hatodik helyezett a „legszebb tíz fizikai kísérlet” között). A fémszál szögelfordulását a rá erősített tükörrel mérte (nagy érzékenységű fénysugaras leolvasás). Eötvös az eszközt tökéletesítve, az érzékenységet lényegesen megnövelve érte el kimagasló eredményét. A pontosságot annak köszönhette, hogy az ingához szükséges fémszálat évekre berakta ruhásszekrényébe, hogy „kirúgja” magát (azaz belső feszültsége lecsökkenjen).