

Mit tud a Foucault inga és mit kell nekünk tudni róla?

Galileo Galilei (1564-1642) –Pisa szülötte – mint egyetemi hallgató a pisai székesegyházban mise közben felfedezte, hogy a himbálódzó csillár lengésideje mindig azonos. Észlelését a rendelkezésre álló egyetlen „karórán”, saját pulzusán ellenőrizte és meglepetésére a csillár-inga lengésideje a kilengés tágasságának csökkenésével ugyanaz maradt. Azt is sikerült bizonyítania, hogy a lengési idő az inga hosszának négyzetgyökével arányos.

Ugyan az idős Galilei az inkvizíció előtt visszavonta tanait a Föld forgásával kapcsolatban, de állítólag a kihallgatás után indulatosan toppantott a lábával és ezt mondta: „Eppur si muove...”, és mégis mozog, mármint a Föld. Arra azonban még ő sem gondolt, hogy kora eszközeivel – éppen az általa is tanulmányozott ingával – igen egyszerűen bizonyíthatná is állítását.



1. ábra. A Pantheon

A matematikai inga tudományos vizsgálata Christiaan Huygens (1629-1695) nevéhez fűződik, aki az 1673-ban megjelent *Horologium Oscillatorum* című nagyszerű művében levezette és elsőként közölte az inga lengésidejének képletét, mely szerint

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$
 ahol az egyetlen változó „ ℓ ” az inga

hossza méterben. Ezzel megalapozta a nagypontosságú időmérő szerkezetek – az ingaórák – megtervezését és kivitelezését. Ez azonban már egy másik történet.

Majdnem kétszáz év múlva –1851 márciusában– mutatta be ingáját Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) a párizsi Pantheonban, ahol a meghívottak tanúi lehettek amint az inga lengési síkja lassan elfordul a központi asztalon berajzolt vonalakhoz képest, ld. 1. és 2. ábra.

Foucault eredeti ingája egy 67 m hosszú huzalra függesztett 28 kg tömegű bronzgolyóbis volt, a huzal hosszának megfelelően csak lassan mozgott,

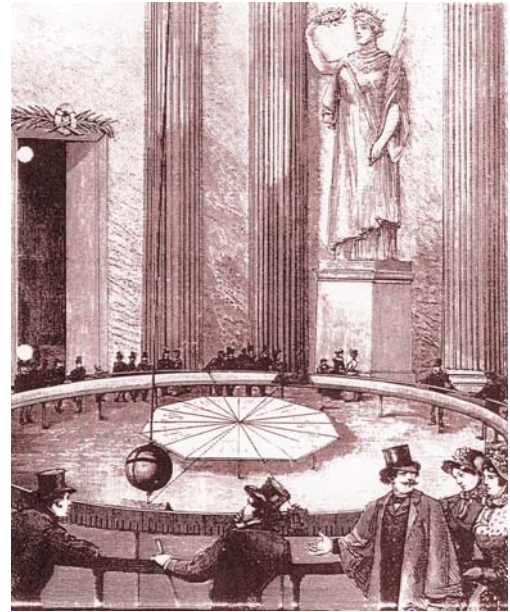
mintegy 16,4 másodperc alatt végzett egy teljes lengést. A zárt tér, a merev felfüggesztés és a nagy indítási energia miatt az inga órákig lengett és csak lassan csökkent a lengések tágassága.

Ezért a kísérletéért – és a fénysebesség megméréseért – Foucault megkapta a becsületrendet és halála előtt a Francia Tudományos Akadémia tagjává választották.

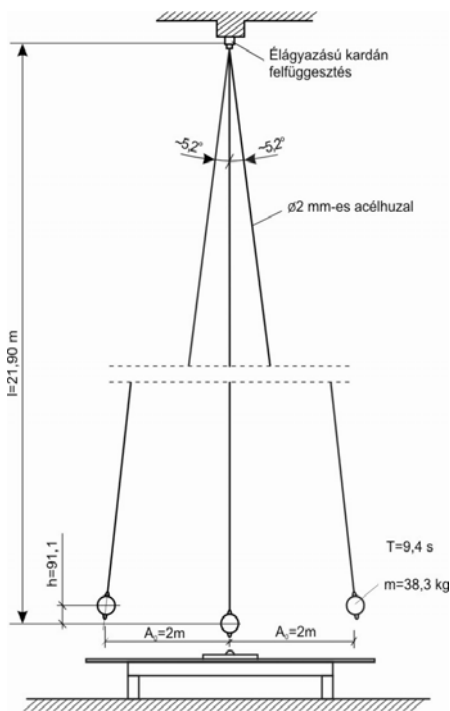
Mi is az a Foucault inga és mit lehet vele bizonyítani?

Az Óbudai Egyetem Népszínház utcai épületének lépcsőházában felfüggesztett inga szerényebb méretű, mint az eredeti, de ennek ellenére alkalmas a Föld forgásának szemléltetésére, a lengésidő és a lengéstágasság függetlenségének igazolására. Az itt látható inga hossza $l = 21,63$ m, a felfüggesztett tömeg pedig $m = 36$ kg. A gömb alakú burkolat a légellenállás szempontjából ideális, ld. 3. ábra.

Az inga lengésidője $T=9,33$ s.



2. ábra. Foucault kísérlete



3. ábra. A mi ingánk adatai

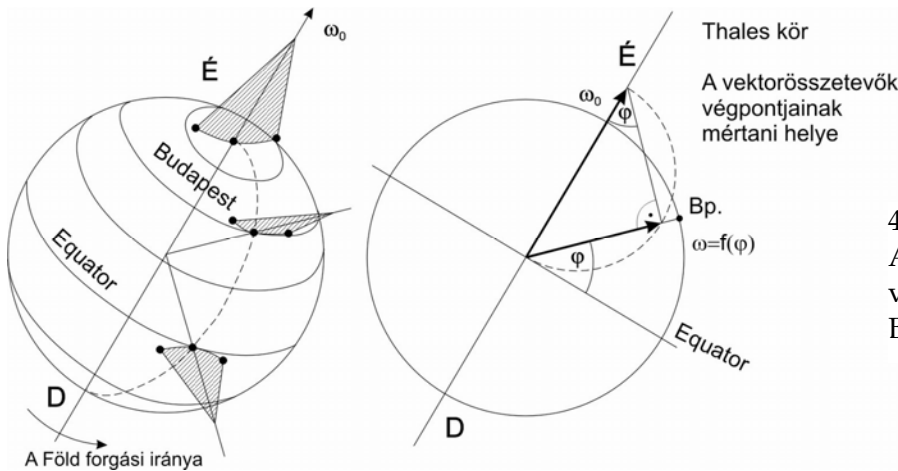
Hogyan mutatja meg egy inga a Föld forgását?

Vizsgáljuk meg, hogyan viselkedne egy Foucault inga az Északi-sarkon, a mi szélességünkön és az egyenlítőn, ld. 4. ábra. Könnyen belátható, hogy a sarkokon felállított inga – mivel lengési síkját igyekszik megtartani – lassan elfordul a Földhöz képest, mégpedig 24 óra alatt 360 fokot, azaz óránként 15 fokot. A helyzet valójában fordított, a Föld fordul el az inga alatt az északi sarkon az óramutató járásával ellenkező irányban. Az inga az északi féltekén tehát az óramutató járásának megfelelő irányban tér ki, hasonlóan a kád lefolyónyílásánál kialakuló örvényekhez. A Föld forgási szögsebesség vektorának irányát tekintjük pozitívnak az északi féltekén. Ennek a vektornak a Budapest szélességéhez tartozó összetevőjét az 5. ábra alapján könnyen ki tudjuk számítani:

$$\omega = \omega_0 \sin \varphi$$

$$\text{azaz } \omega = 11,06 \text{ fok/óra.}$$

Épületünk lépcsőháza majdnem pontosan az északi szélesség 47,50 fokán fekszik, így a mi szélességünkön egy teljes körülforduláshoz 32 óra és 33 perc szükséges. Ha az inga 3 órán keresztül lengésben marad, akkor az elfordulás már jól megfigyelhető lesz és kb. 33 fokot tesz ki. Az egyenlítőn az inga síkjában az inga nem forog, hiszen ott $\varphi = 0$, és így $\sin \varphi = 0$.



4. ábra.
A Föld forgási szögsebesség-vektorának nagysága Budapesten

Milyen nyomot rajzolna az inga a homokba?

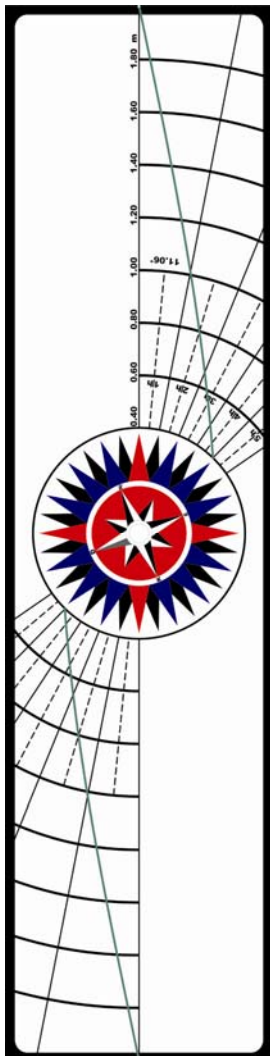
Az 5. ábrán az inga alatt elhelyezett asztal rajzára rászerkesztettük az ingamozgás helygörbéjét.

A görbe jól mutatja az amplitúdó gyors csökkenését, melyen a jelen körülmények között nem lehet segíteni. Elméletileg igazolható, hogy az amplitúdó növekedése köbösen növeli, az ingahossz növekedése pedig lineárisan csökkenti a légellenállási veszteségeket. Ezért az eredeti Foucault inga és társai Szentpéterváron az Izsák templomban, vagy a müncheni Deutsches Museum-ban – melyek hossza rendre meghaladja a 60 m-t – sokkal kevésbé csillapodnak.

Budapesten az ELTE Duna-parti épületében található Foucault ingánál a lépcsőház mérete egy a miénknél kisebb inga kialakítását tette lehetővé, de ez az inga is alkalmas a Föld forgásának szemléltetésére.

Közel 400 év telt el a Galilei per óta, a Föld forgásában ma már nem kételkedik senki. Azt, hogy ez számunkra ennyire természetes olyan óriásoknak köszönhetjük mint G. Galilei, C. Huygens és nem utolsósorban J.B.L. Foucault.

Készült 2005-ben, a fizika évében, Albert Einstein nagyjelentőségű felfedezéseinek 100. évfordulóján.



5. ábra. Az ingalengések helygörbéje

Összeállította: Dr. Kégl Tibor, főiskolai docens