

# EÖTVÖS DEMONSTRÁCIÓS FIZIKAI INGÁJA – ÚJRAHANGSZERELVE

Kovács László  
Nyugat-magyarországi Egyetem

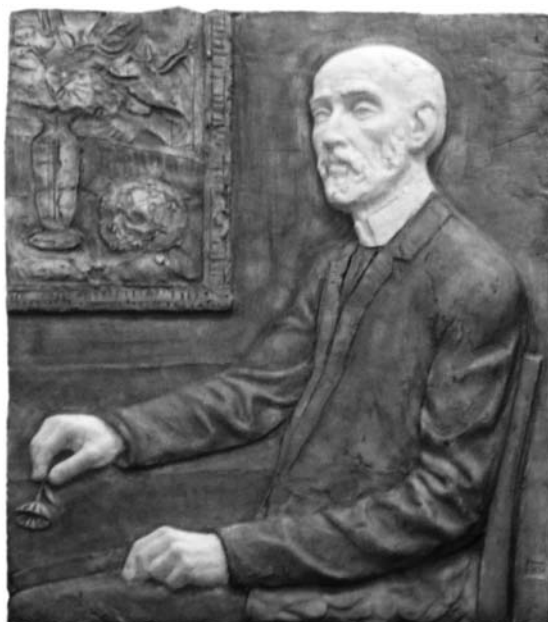
Eötvös Loránd (1. ábra) kiváló tanár volt: minden tudományos eredményével kapcsolatban készített olyan eszközöket, amelyeket egyetemi előadásai során használt. Demonstrációs eszközeiről a *Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv* (Szerk. Fröblich Izidor; Budapest, 1930) VII. fejezetében – „Előadásairól és eredeti előadásai kísérleteiről. Rybár István I. tagtól.” – olvashatunk:

Az ott leírt 18 kísérlet közül most a 4-es számút mutatom be (2. ábra) – Rybár professzor jelöléseit használva –, azt a

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{Mgs}}$$

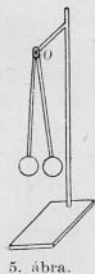
fél lengésidejű fizikai ingát, amelynél az inga súlypontjának és a felfüggesztési pontjának  $s$  távolságát úgy tudjuk változtatni, hogy közben a rendszer  $K$  tehetetlenségi nyomatéka állandó marad. Nézzünk rá a több, különálló tömegpontból álló rendszer tehetetlenségi nyomatékát megadó összefüggésre! Ez azt mondja, hogy szorzatokat kell összegezni: a tömeg-

1. ábra. Barták Csaba Eötvös Loránd-reliefje (fotó: Kerényi János).



Ha a rudak hajlásszögletét változtatjuk, akkor ezzel sem az inga tömege, sem pedig tehetetlenségi nyomatéka nem változik meg, ellenben súlypontjának a forgási tengelytől való távolsága igen. Ennek folytán ez ingával az ingák oly sorát állíthatjuk elő, melyeknek tömegei és tehetetlenségi nyomatékai egyenlők, de súlypontjaiknak a forgási tengelytől mért távolságai különbözők. Tehát ez ingával az inga lengésidejének  $T$ -nek az  $s$ -től való függése megvizsgálható.

Ha a gömbalakú súlyok egymást érintik, azaz az inga súlypontja a forgási tengelytől legtávolabb van, akkor az inga szaporán leng, lengésideje kicsiny; ha azonban az inga rudjai egymással közel  $180^\circ$ -ot képeznek, azaz ha a súlypont a forgási tengelyhez közel van, akkor az inga rendkívül lassan leng, lengésideje igen nagy.



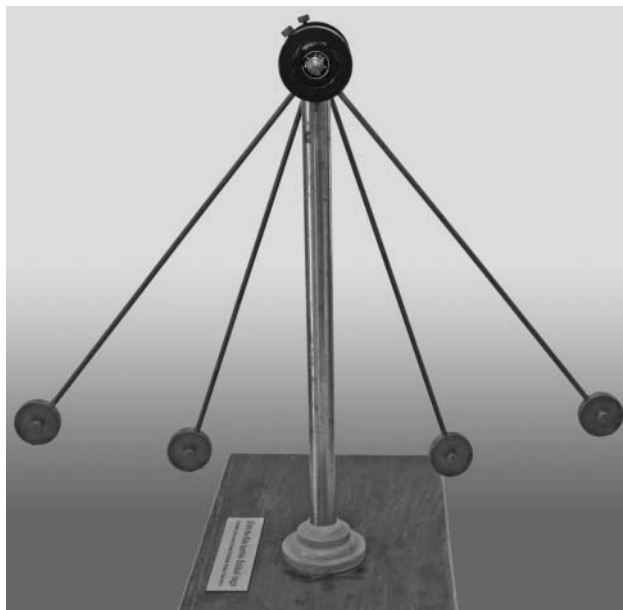
5. ábra.

2. ábra. Részlet a *Báró Eötvös Loránd Emlékkönyvből*, benne az Eötvös-féle demonstrációs inga rajza.

pontok tömege szorozva a forgásponttól mért távolságuk négyzetével. Kis matematikai érzékkel kitalálhatjuk, hogy legalább két tömegpontból álló, összetett eszközt kell alkotnunk. Az  $s$  súlyponttávolság változtatásakor a tömegeknek körív mentén kell elmozdulniuk, így  $K$  változatlan marad.

Kettő darab, félig kifűrt fagolyóból és közepén meghajlított fémhuzalból azonnal el is készíthetjük a kérdéses eszközt. A fémhuzal ne legyen túl vastag, de túl vékony se azért, hogy a közepénél, a majdani fel-

4. ábra. Az élő Eötvös-féle fizikai inga két állapota.



3. ábra. A Berzsényi Dániel Főiskolán készített, továbbfejlesztett Eötvös-féle fizikai inga.

függesztési pontnál – azaz az említett körívet tartalmazó kör középpontjánál – kézzel könnyen hajlíthatjuk, azonban utána őrizze meg alakját.

Szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy azért is figyelemre méltó Eötvös megoldása, mert alkalmazza azt a fontos kísérletbemutató, képletellenőrzési elvet, hogy *egyszerre csak egy fizikai mennyiség változzon!*

Én „újrhangszereltem”, kicsit továbbfejlesztettem az eredeti Eötvös-féle fizikai ingát (3. ábra): *megdupláztam* azt, és *Szunyogh Gábor* kollégám ötlete alapján, *csapágyas felfüggesztést alkalmaztam*. Így egyszerre két olyan inga lengése mutatható be, amelyek lengési ideje egymás kétszerese: a négyzetgyökös kifejezés miatt a két inga  $s$  távolsága ekkor negyede egymásnak. (A lengésidő képletében az  $s$  a nevezőben van.)

A csapágyas felfüggesztés segít abban, hogy az eszközzel könnyen bemutatható a lengésidő nehézségi gyorsulástól való függése is. Ha az eredeti, csak két tömegpontot tartalmazó ingát  $\alpha$  szöggel megdöntjük, akkor azt mondhatjuk, hogy az inga  $\alpha$  hajlásszögű lejtőn leng. Ekkor a nevezőben szereplő nehézségi gyorsulás a  $\sin\alpha$ -szorosára csökken, a lengésidő megnő. Szép matematikai feladat kiszámítani azt, hogy hány fokkal kell megdönteni az ingát a lengésidő kétszeresére növekedéséhez.

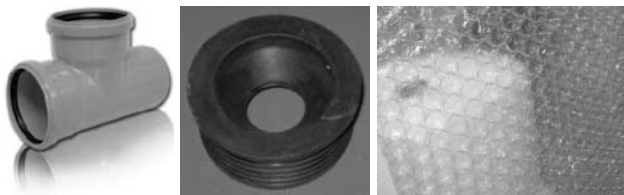
### További fizikai inga-példák az $s$ változtatására

Nem kell fémhuzalt és golyókat alkalmaznunk. Ha egy ollót kinyitott állapotában rögzíteni tudunk, akkor szépen látszik a becsukott alaphelyzethez képest megnövekedett lengésidő.

Megkérhetünk egy tornászlányt (4. ábra) – lányosztály előtti bemutatásnál tornászfiút –, hogy kinyújtott kézzel és lábbal *hajoljon át* egy kellő magasságra

feltett rúdon úgy, hogy a rúd a hasa alatt legyen, keze érintse a lábát. Meglengetjük ezt az élő Eötvös-féle fizikai ingát. Megjegyezzük a lengésidőt. Ezután megkérjük a tornászt, hogy *egyenese*djen *ki* amennyire csak tud. Ismét lengetünk. Az  $s$  csökkenése miatt,

most nagyobb lengésidőt kapunk. A  $K$  tehetetlenségi nyomaték kiszámításához most integrálni kell, de az a feltétel megmaradt, hogy az egyes tömegpontok körív mentén mozdultak el,  $K$  értéke (számottevően) nem változott.



4. ábra. T-idom tömítőgyűrűjével, WC-tömítőgyűrű, légpárnás fólia.

be kellett repeszteni a bőrt. A betóduló levegő gyorsította és röpítette a lövedéket az ellenség felé. Azóta az élet(?) a kémiai energiát hasznosító ágyúkat igazolta, míg a vákuumágyú nyomtalanul eltűnt. Pedig a vákuumágyú jó pár szokatlan, előnyös tulajdonsággal rendelkezett:

- a kialakításának köszönhetően nincs visszalökődés,
- érzéketlenebb volt az eső áztató hatására,
- nem melegedett a cső,
- lényegesen halkabb volt, és
- a kis nyomáskülönbség miatt sokkal könnyebb lehetett, mint lőporos társa.

Ezzel a utolsó megállapítással el is mondtuk a legfőbb hátrányát: tűzreagy, hatótávolsága korlátozott volt. Mégis bíztatok mindenkit, hogy e régi elvet alkalmazó, tanulságos és szórakoztató eszközt építse meg! Tanórán való bemutatásával – főleg általános iskolában – könnyen száműzhetjük a fizika iránti érdektelenséget.

*A szükséges eszközök (4. ábra):*

- porszívó,
- szennyvíz lefolyócső 50 mm  $\varnothing$   $\times$  2 méter hossz,
- szennyvíz lefolyócső T-idom (50 mm  $\varnothing$ ),
- tömítőgyűrűk,
- légpárnás (buborék) fólia,
- gyurma vagy agyag.

*Az ágyúcső elkészítése:*

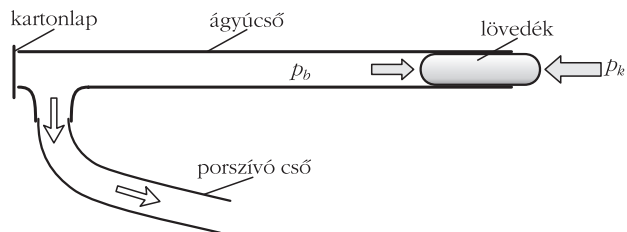
Az egyenes cső bővebb végébe helyezük el a tömítőgyűrűt és ide csatlakoztassuk a T-idomot. A T-idom oldalsó csatlakozásába helyezzünk el egy WC-tömítőgyűrűt. Ebbe a gyűrűbe kell csatlakoztatni a porszívó szívócsövét.

*A lövedék elkészítése:*

Készítsünk gyurmából egy ujjnyi vastagságú, 10 cm hosszú hengert. Ezt tekerjük be a légpárnás fóliával úgy, hogy a külső átmérője egy-két milliméterrel legyen nagyobb a PVC-cső belső átmérőjénél. A végeit ragasztóval zárjuk le.

*Használat:*

A porszívóból távolítsuk el az összes szűrőt és porszakot. Kapcsoljuk be a porszívót, amelynek szívócső-



5. ábra. A porszívós ágyú működése, fölül porszívó bekapcsolása, cső lezárása, lövedék behelyezés, alul a kilövés a megfelelő vákuum elérése után.

ve csatlakoztatva van az ágyúcsőhöz. Zárjuk le a T-idom nyitott végét egy kartonlappal. Ha működik a porszívó, akkor elég csak a végére helyezni, mert a nyomáskülönbség oda fogja szorítani. Ekkor a cső másik végébe helyezzük bele a lövedéket! Erősen kell tartanunk, hiszen a légritka tér már igyekszik beszívni! Várjunk egy kicsit, amíg a kellő nyomáskülönbség ki nem alakul, ezt hallani fogjuk a porszívó-motor hangjából. Ekkor engedjük el a lövedéket (5. ábra).

*Balesetvédelem:*

Egy modern, nagy szívóerejű porszívóval akár 20 méternél is messzebb lehet ellőni a lövedéket. Ha lehetséges, akkor szabadban kell kísérletezni. Semmiképpen ne irányítsuk a csövet emberre, de állatokat se vegyünk célba!

Egy átlagos porszívó 20 kPa nyomáskülönbséget képes előállítani. Ez nem tűnhet nagyinak – az 50 mm belső átmérőjű csőbe szorosan illeszkedő lövedékre megközelítőleg 40 N erőt fog kifejteni. Nem nehéz kiszámítani, hogy a két méter hosszúságú cső végén mekkora sebességgel fog távozni.

Irodalom és kapcsolódó oldalak

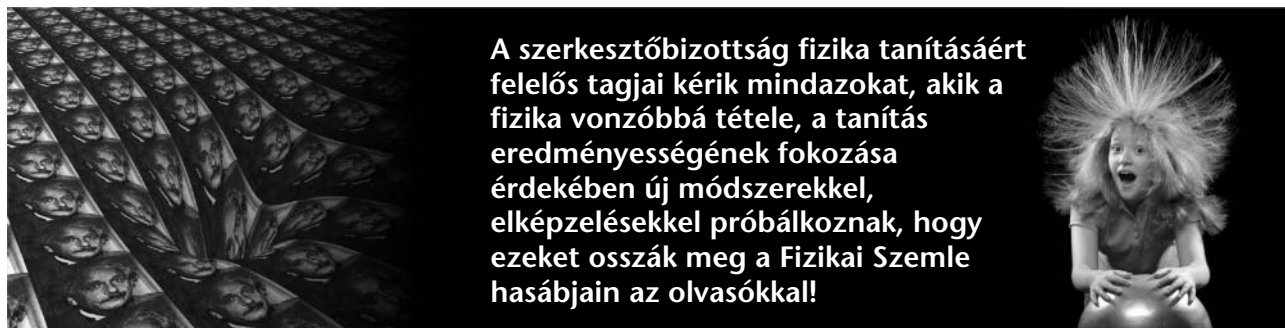
Guericke, Otto von: *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*. Waesberge, Amsterdam, 1672.

[http://hu.wikipedia.org/wiki/Otto\\_von\\_Guericke](http://hu.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Guericke)

<http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1064346>

[http://videotorium.hu/hu/recordings/details/2970,Nem\\_elhetunk\\_fizika\\_nelkul](http://videotorium.hu/hu/recordings/details/2970,Nem_elhetunk_fizika_nelkul)

[http://archive.galileowebcast.hu/20120625\\_BME\\_Gyermeknap\\_fizika](http://archive.galileowebcast.hu/20120625_BME_Gyermeknap_fizika)



**A szerkesztőbizottság fizika tanításáért felelős tagjai kérik mindazokat, akik a fizika vonzóbbá tétele, a tanítás eredményességének fokozása érdekében új módszerekkel, elképzelésekkel próbálkoznak, hogy ezeket osszák meg a Fizikai Szemle hasábjain az olvasókkal!**