

4. ábra. Ez nem csengő, maximum „zümmögő”!

potban a csengőn tehát 1/100 másodpercig folyik egy irányban az áram, a következő 1/100 másodpercig pedig ellenkező irányban, de az elektromágnes és a lágnyvas közötti vonzást ez nem befolyásolja – az min-

dig vonzás marad. Így a fent elmondottak, a mechanikai folyamatokat tekintve, a reduktorról táplált csengőre is érvényesek.

Több könyvben, tankönyvben az elektromos csengő működését a 4. ábrához hasonlóan szemléltetik. Az ilyen ábrák alapvető hibája, hogy rajtuk nincsen feltüntetve a késleltető lemez, így alapállapotban az állítócsavar közvetlenül a főlemezhez ér. Az ilyen eszköz a valóságban nem csengőként, hanem inkább csak „zümmögő”-ként működik. Ugyanis amint az elektromágnes áramát bekapcsoljuk, az a bekapcsolási önindukció késleltető hatása ellenére már az első pillanatokban akkora erősségű mágneses teret hoz létre, hogy a lágnyvas testet – a főlemez rugalmas ereje ellenére – nagyon picit ugyan, de elhúzza, s ezáltal az áramkört máris megszakítja. Minthogy a tápfeszültség kicsi, még az sem jöhet szóba, hogy a távolodó érintkezők között olyan erős elektromos ív jöjjön létre, amely fenntartja az áramkör zártságát. Így a főlemez nem tesz szert akkora mozgási energiára, hogy a kalapáccsal megüsse harangot, az megcsendüljön. Az áramkör megszakítódásának, az áram megszűnésének, a főlemez visszaugrásának és az áramkör újra záródásának együttes időtartama roppant rövid, század másodperceket jelent csupán. Így, mégha a kalapács hozzá is ér a haranghoz, az nem ad csengő hangot, csak zörög, de általában a főlemez, a rezgőnyelv csak maga rezeg, és a keltett hang a zümmögés.

EÖTVÖS DEMONSTRÁCIÓS FIZIKAI INGÁJA – ÚJRAHANGSZERELVE

Kovács László
Nyugat-magyarországi Egyetem

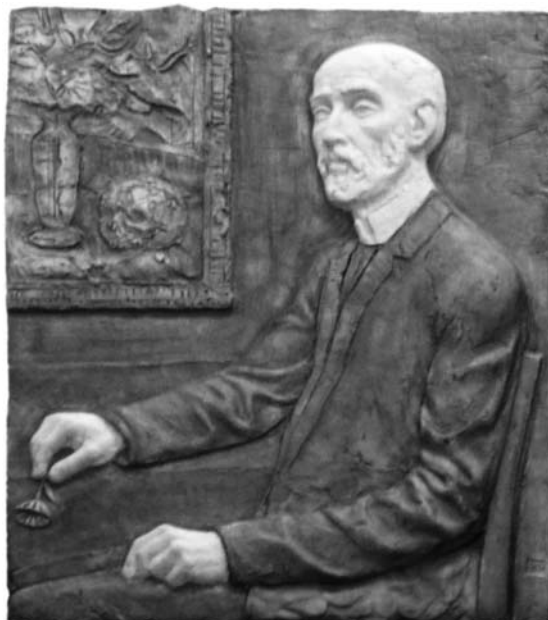
Eötvös Loránd (1. ábra) kiváló tanár volt: minden tudományos eredményével kapcsolatban készített olyan eszközöket, amelyeket egyetemi előadásai során használt. Demonstrációs eszközeiről a *Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv* (Szerk. Fröblich Izidor; Budapest, 1930) VII. fejezetében – „Előadásairól és eredeti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

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{Mg s}}$$

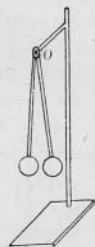
fél lengésidejű fizikai ingát, amelynél az inga súlypontjának és a felfüggesztési pontjának s távolságát úgy tudjuk változtatni, hogy közben a rendszer K tehetetlenségi nyomatéka állandó marad. Nézzünk rá a több, különálló tömegpontból álló rendszer tehetetlenségi nyomatékát megadó összefüggésre! Ez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

1. ábra. Bartók 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° -ot képeznek, azaz ha a súlypont a forgási tengelyhez közel van, akkor az inga rendkívül lassan leng, lengésideje igen nagy.



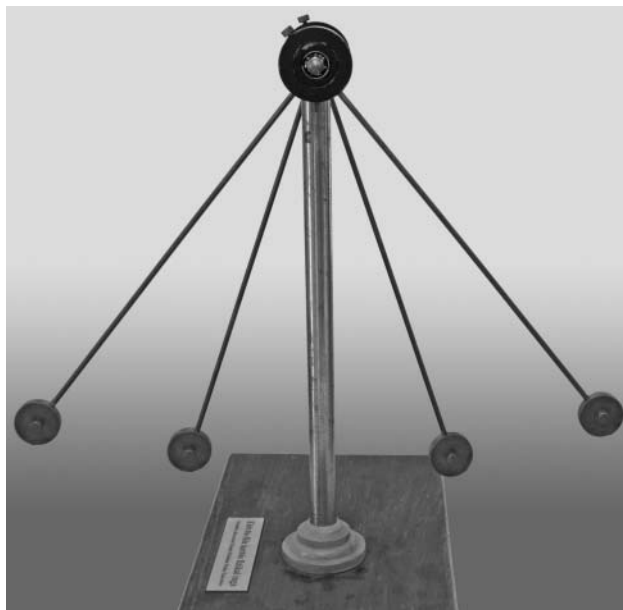
5. ábra.

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 kísérletbemutatósi, képzetellenőrzési 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 α szöggel megdöntjük, akkor azt mondhatjuk, hogy az inga α 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 lengéssidőt. Ezután megkérjük a tornászt, hogy *egyenesebben* ki amennyire csak tud. Ismét lengetünk. Az s csökkenése miatt,

most nagyobb lengéssidőt 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.

KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON!

Härtlein Károly
BME Fizikai Intézet

11. Polarizációs jelenségek II.

A írás előző részében láttuk, hogy az LCD-képernyők polarizált fényt bocsátanak ki, valamint azt, hogy nagyon könnyen találhatunk polarizáló szűrőt is. Megbeszéltük, hogy az átlátszó tárgyakban a bennük rejlő eltérő mechanikai feszültség hatására eltérő mértékben fogják elforgatni a polarizált fény síkját. Ennek eredményeképpen szivárványos csíkokat figyelhetünk meg az átlátszó tárgyakon belül, amelyek árulkodnak a mechanikai feszültség eloszlásáról. A Brewster-polarizációt is segítségül hívjuk, ha feszültségoptikai csíkokat akarunk megfigyelni. Tegyük egy LCD-monitor az asztalra, képét állítsuk be egységes fehérre! Fekessünk a monitor előtt az asztalra egy átlátszó plexi tárgyat (az 1. *ábra*¹ színes fényképén egy CD-tokot figyelhetünk meg)! A monitorról érkező fény a plexi felületén részben visszaverődik, részben megtörik. A megtört fény a hátsó felületről visszaverődve jut el a szemünkhöz. Megfelelő (Brewster) szöget választva megjelennek a feszültségoptikai csíkok. A Brewster polarizáció során nemcsak a visszavert nyaláb lesz poláros, hanem a megtört is. Ez nem lesz teljesen poláros, de a polarizáció olyan fokú lesz, hogy a feszültségoptikai csíkok megfigyelését lehetővé teszi.

Ahhoz, hogy jól láthassuk a mechanikai feszültség okozta csíkokat, be kell sötétíteni a helyiséget és az asztallapot matt fekete papírral kell letakarni. A polarizáció és a polárforgatás jelenségének még jobb megértéséhez fekvőből álló helyzetbe forgassuk el a monitort. Figyeljük meg a csíkok színváltozását, miközben alakjuk nem változik. Ugyanezt figyelhetjük meg a tárgy forgatásakor is.

A csíkok megfigyelésének másik módja is létezik. Most a matt fekete kartonra helyezünk egy üveglapot és erre állítsuk rá a vizsgálandó tárgyat (a 2. *ábra* fényképén egy névjegykártya-tartót figyelhetünk meg)! A rajta áthaladó polarizált fény polarizációs síkját a tárgy – a benne lévő mechanikai feszültségtől függően – elforgatja. Az üveglapról Brewster-szögben visszaverődve láthatóvá válnak a csíkok. Ennél a kísérletnél is megfigyelhetjük a monitor és a tárgy forgatásával a csíkok színváltozását.

¹ Az írás színes képeit tartalmazó 1. és 2. ábra folyóiratunk közepén, a színes melléklet IV. oldalán látható (a műszaki szerkesztő).

Noha jóval kevésbé megfigyelhető, azonban érdekes a kísérletnek azzal a változatával megpróbálkozni, amelyben a monitort, mint fényforrást „lecseréljük” egy másik poláros fényforrásra: a felhők mögül érkező szórt fény is részben poláros, tehát alkalmas lehet a mechanikai feszültség kimutatására.

Kapcsolódó oldalak:

<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0603/hartlein0603.html>
http://fizipedia.bme.hu/index.php/Brewster_polarizáció
http://en.wikipedia.org/wiki/Brewster's_angle
http://en.wikipedia.org/wiki/David_Brewster

12. Porszívó működtetésű ágyú

Otto von Guericke, a légszivattyú megalkotója nagy kísérletező volt. Neve hallatán kinek jutna eszébe, hogy fegyvert is készített. A mindenki által ismert magdeburgi féltékével elvégzett kísérlete csak egy volt a számtalan közül. Az elképesztően nagy erő, amelyet légritkítással tudott előállítani ösztönözhette, hogy fegyvert is alkosson. A 2007-es kutatók éjszakáján egy ezen az elven működő ágyúval egy pingpong-labda lövedékkel 3 mm-es ablaküveget törtem össze. A pingpong-labda másfél méter távolságon megközelítőleg 200 m/s sebességre gyorsult fel (második ajánlott link; a kísérlet 1 óra 50 percnél tekinthető meg)!

Az 1600-as évek közepén a lőporos ágyúk mellett ígéretes találmány lehetett a vákuumágyú (3. *ábra*). A fegyver csöve mindkét végén nyitott volt, a lövedéket a lőiránnyal ellentétes oldalon kellett elhelyezni. A cső mindkét végét bőrrel hermetikusan lezárták és ezután kiszivattyúzták a levegőt. Elsütéskor az ágyúcsövet a lövedék oldalán hirtelen ki kellett nyitni, egy éles késsel

3. *ábra*. Korabeli rajzok a vákuumágyúról.

