

A fogalmak méréssel és grafikonnal való bevezetésének hallatlan nagy előnye, hogy a diákoknak nem kell matematikai kifejezésekkel birkózniauk, csak a fizikai lényegre kell figyelniük. Az sem elhanyagolható előnye a grafikonoknak, hogy szemlélteti a mozgás lefolyását, így például könnyebben el tudják képzelni a gyorsuló mozgást a grafikon alapján, mint a négyzetes úttörvény képletén keresztül. Tapasztala-

taim szerint ezt jól kihasználhatjuk feladatmegoldásban is, „kikerülhetjük” a képletek kizárólagos alkalmazását, amellyel nagy lépést tehetünk a fizika megértése felé.

Irodalom

1. Szakmány Tibor, Papp Katalin: Digitális fényképezőgép alkalmazása a fizika tanításában. *Fizikai Szemle* 57/6 (2007) 205–208.

AZ ELEKTROMOS HÁZICSENGŐ MŰKÖDÉSE

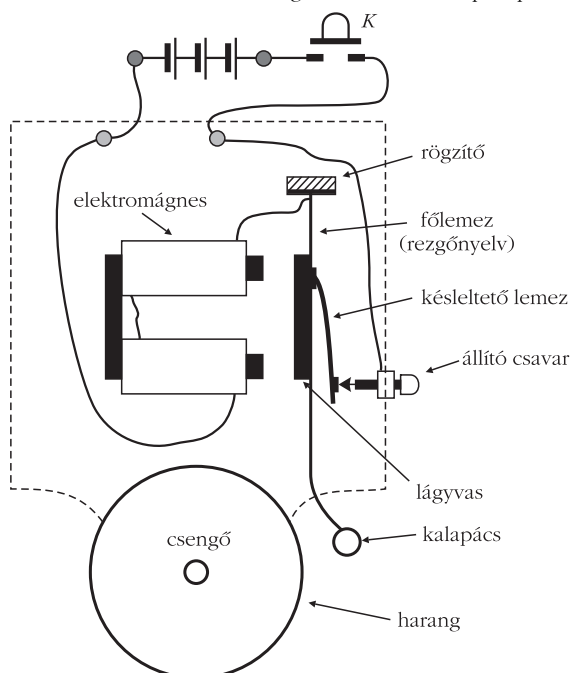
Légrádi Imre
Sopron

A középiskolai fizikatanításban ismét szóba került az elektromos csengőnek az a régi változata, amely ma már – valószínűleg – nem sok lakásban működik.

E régi elektromos csengő működését azért érdemes még ma is végiggondolni, mert – mint elektromechanikai szerkezet – többféle elektromos és mechanikai elemet tartalmaz. Fizika tankönyveinkben azonban alig van róla részletes és világos leírás. Legtöbb helyen már a rá vonatkozó ábra sem jó, mert a működéséhez feltétlenül szükséges alkotó részek vagy nincsenek berajzolva, vagy formájuk olyan, amely nem segíti a működés megértését.

A valóban működőképes csengő helyes rajza és működésének ugyan nem teljes, de helyes magyarázata már az 1936-ban megjelent *Új idők lexikona* ötödik kötetében is, a *Csengő* címszó alatt megtalálható. Szerepel még *Budó Ágoston: Kísérleti fizika* 1968-ban kiadott II. kötetében a 186,5. ábrán, és a hozzá tartozó apróbetűs, a lényeget bemutató, rövid magyarázatban.

1. ábra. Az elektromos házicsengő alkotóelemei alapállapotban.



Az elektromos csengő külső megjelenése, a technika fejlődésének megfelelően, mindig más és más volt. Számunkra ez most érdektelen, ezért ábráinkon csak az elektromos, illetve mechanikai szempontból lényeges elemeket és elrendezésüket tüntetjük fel.

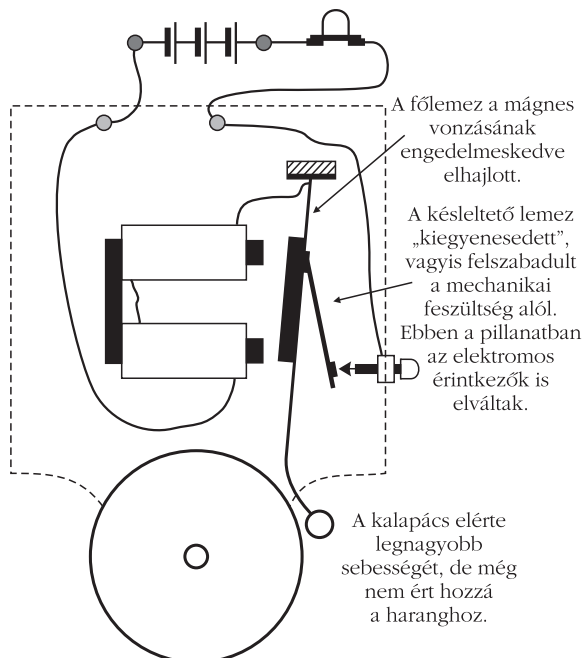
Tekintsük a csengőnek azt az állapotát alaphelyzetnek, amikor az 1. ábrán látható *K* kapcsoló nyitva van. Ekkor a főlemez (rezgőnyelv) is az ábrán látható helyzetében van; a ráerősített késleltető lemez pedig neki nyomódik az állítócsavar hegyének és meghajlított állapotban van, tehát mechanikai feszültség ébred benne.

Mint ahogy a késleltető lemez a főlemezre van erősítve, a főlemez is kap hajlító nyomatókat, vagyis alaphelyzetében a főlemez sem feszültségmentes, de ez a nyomatók csak nagyon kis mértékű elhajlítást hoz létre a főlemez feszültségmentes helyzetéhez képest. A csengőnek ez az állapota, vagyis amikor nem csengetnek, természetesen sokszorosan hosszabb ideig áll fenn, mint a működési állapot. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a késleltető lemezt olyan acélból kell készíteni, amely – az állandó, jelentősen hajlított állapot ellenére – évtizedekig sem veszíti el rugalmasságát.

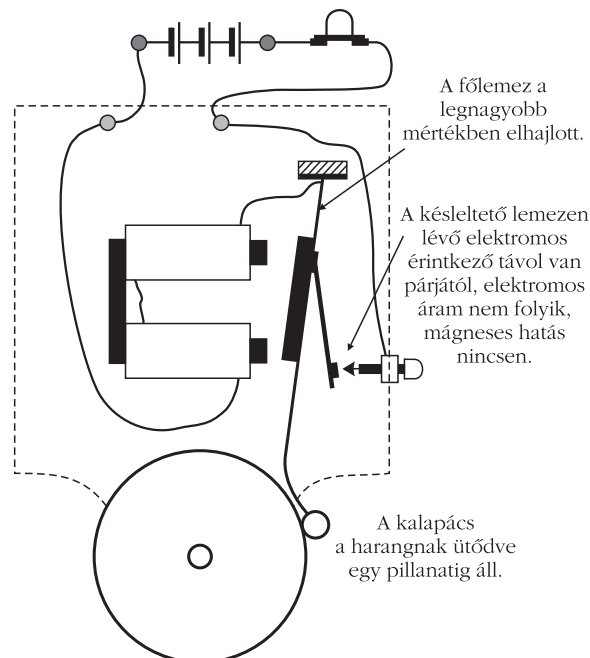
Ha vendég érkezik és csenget, akkor a *K* kapcsoló bezár, az elektromágnes áramkörében áram indul meg. Az elektromágnes feladata az, hogy a rezgőnyelvre erősített lágyvas lemezt akkora erővel vonzza, hogy a kalapács eljusson a harangig és megüsse azt. Ezt az ütést többször is meg kell ismételnie!

Mint ahogy az elektromágnesben önindukció lép fel, ezért az áramerősség időbeli növekedése logaritmikus menetű. Így az áramkör teljes ellenállása, valamint a tápláló áramforrás feszültsége által meghatározott áramerősség csak lassan alakulhat ki. Tehát az elektromágnes vonzóereje az áramkör zárása után csak véges időtartam elteltével ér el a megkívánt értékhez. Ezért van szükség a késleltető lemezre, amelynek az áramkör megszakadását kell késleltetnie. Vagyis mindaddig, amíg a főlemez és vele együtt a késleltető lemez el nem jut a 2. ábrán látható helyzetbe, az áramkör zárva marad, a mágneses vonzóerő növekszik, akár el is érheti maximumát.

Mechanikai szempontból e bekapcsolt állapotnak, vagyis a mágneses vonzóerő munkavégzésének addig kell tartania, amíg a főlemez teljes tömege (vagyis a



2. ábra. A csengetés előtti pillanat...



3. ábra. ... és a harang megütése.

lemez, a ráerősített lágvas tömb, a kalapács, valamint a késleltető lemez együttese) akkora mozgási energiára nem tesz szert, amely elegendő lesz az áram megszünte után elvégzendő munkához, a harang megütéséhez. Itt kell megemlíteni az alapállapotban meghajlított késleltető lemez segítő munkáját is, hiszen a benne lévő feszültség igyekszik ellökni a főlemezt az állító csavartól, így járul hozzá a rendszer mozgási energiájának növekedéséhez.

Az áram megszünte után elvégzendő munkák a következők: a főlemeznek (és rajta lévő alkatelemeknek) tovább kell hajolnia az elektromágnes felé, hogy a kalapács elérje a harangot, ez a hajlítás munkája. A kalapács a haranggal való rugalmas ütközése során (3. ábra) ugyancsak munkát végez a harangon, vagyis legalább annyi energiát kell átadnia, hogy annak hangja az egész lakásban hallható legyen.

A kalapácsütés után a meghajlított főlemez rugalmas erejé végez munkát. Ez a munka az alaphelyzet visszaállításához szükséges. A következő folyamat zajlik le: a kalapácsütés utáni pillanatban az egész főlemez áll (bár szigorúbban tekintve, mindegyik alkateleme valamilyen frekvencián rezeg, de ezt a rezgést a csengő működése szempontjából nem kell figyelembe vennünk, mert gyorsan csillapodik), majd a rugalmas erő visszarántja a főlemezt az alaphelyzet felé, miközben először gyorsítási munkát végez rajta. Amikor pedig a késleltető lemez ismét hozzáér az állítócsavarhoz, a késleltető lemez meghajlításához szükséges munkát is elvégzi.

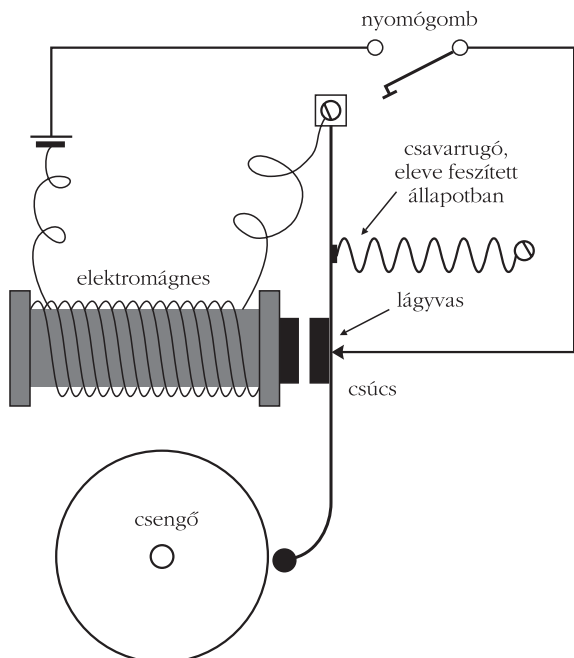
A K kapcsoló még zárva van, hiszen az eddig leírt, egyetlen ütéssel eredményező folyamat körülbelül $1/30$ – $1/20$ másodpercet vesz igénybe, a vendég pedig ennél tovább csenget. Emiatt a főlemezben ébredt rugalmas erő nem az árammentes alaphelyzetbe viszi vissza a főlemezt és a hozzá erősített késleltető le-

mezt: amint a visszatérő késleltető lemez újra hozzáér az állítócsavarhoz, az áramkör máris zárul, ekkor a mágneses vonzás, ha nem is gyorsan erősödve, de megindul. Ez azt eredményezi, hogy amikor a főlemez az alapállapothoz közel – de nem pontosan ott – megáll, akkor a késleltető lemez nem hajlik be olyan mértékben, mint amennyire árammentes alapállapotban volt. Ezek az eltérések természetesen nagyon kicsinyek. Amíg az áramkör a K kapcsoló segítségével zárva marad, addig a második és további ütések ebből a módosult alaphelyzetből indulnak.

Az állítócsavarnak kettős szerepe van. Egyrészt úgy kell beállítani, hogy alaphelyzetben a késleltető lemez érintkezzék vele, hiszen az áramkör rajta keresztül záródhat. Másrészt biztosítja, hogy a késleltető lemez alkalmas görbülségben legyen, és a kalapács még megfelelő távolságot tartson a harangtól. E távolság változtatásával a két ütés közötti időtartam hossza állítható, ami azért fontos, mert egy-egy harangütés után kellő lecsengési időt is kell hagyni, hogy a csengetés az emberi fül számára ne legyen sértő, kellemetlen. Ezt a beállítást a fentiek ismerete nélkül is bárki elvégezheti: a csengő bekapcsolt állapotában addig kell tekerni az állítócsavart, amíg a csengő jó ütemben, kellemes hangon nem szól. Régen a villanycsengőket olyan kis haranggal látták el, amely zenei tekintetben is kellemes csendüléssel reagált a kalapács ütésére.

A leírtakban egyenáramú áramforrásra gondoltunk. A ilyen működésű elektromos csengőket, köznyelven villanycsengőket azonban a váltakozó áramú hálózatról is táplálhatták, úgynevezett csengőreduktoron keresztül.

A reduktor egy transzformátor, amely a 220 V effektív feszültséget 8 V effektív feszültséggé alakítja. A hálózati áram frekvenciája 50 Hz, vagyis egy periódusának időtartama $1/50$ másodperc. Bekapcsolt álla-



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

