

3. Kör keresztmetszetű hengeres vasmagot egy kör alakú vezetőkeret vesz körül, amelynek átmérője csak igen kevésbé nagyobb a vasmag átmérőjénél. A vezetőkeret 0,3 mm sugarú, $1,75 \cdot 10^{-8} \Omega$ fajlagos ellenállású huzalból készült. A vezetőkeret átmérője 15 cm. A vasmagban a fluxus egyenletesen változik. A vezetőben 10 A erősségű áram keletkezik.

a) Hány wéber a mágneses fluxus megváltozása 5 másodperc alatt?

b) Mennyi hő fejlődik a keretben 0,15 perc alatt?

4. A tórium-232 izotóp 3,98 MeV-os alfa-sugárzást bocsát ki. A felezési ideje $1,4 \cdot 10^{10}$ év. Egy kaloriméterbe, amelynek a hőkapacitása $5 \text{ J/}^\circ\text{C}$, bizonyos mennyiségű ilyen tóriumot helyeztünk.

Mekkora volt a tórium-izotóp mennyisége, ha a kaloriméter hőmérséklete 20 óra alatt $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal emelkedett? (Számításaid során használhatod a $2^{-x} \approx 1 - x \cdot \ln 2$ közelítést!)

A győztesek és köszönetnyilvánítás

Az egyes évfolyamok győztesei, iskolai és a diákokat felkészítő fizikatanárok a következők:

A 9. osztályosok versenyében 1. helyezett lett *Csáthó Botond*, a debreceni Dóczy Református Gimnázium tanulója, felkészítő tanára *Tófalusi Péter*.

A 10. osztályosok versenyét *Kacz Dániel* (Bonyhád, Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, *Wiandt Péter*) nyerte meg.

A 11. osztályosok kategóriájának győztese *Takács Gábor* (Bonyhád, Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, *Wiandt Péter*).

A 12. osztályosok között győzött *Ercsey Tamás* (Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Református Gimnázium, *Nagy Tibor*).

Köszönet illeti a felkészítő tanárokat, akik – időt, energiát nem kímélve – elhozták a diákokat a versenyre.

A verseny lebonyolításában az alábbi kollégák vettek részt: *Hevesi Krisztina*, *Vozár Andrea*, *Balog László* és *Fekete Ilona Fazekas Attiláné*, akiknek munkáját külön köszönjük.

A verseny támogatását köszönjük az Országos Evangélikus Egyháznak és az iskola vezetőségének.

A verseny elérte kitűzött célját. A kísérletet elvégzése, a problémamegoldás adhatja azt a többletet, ami karöltve a fizika iránti elkötelezettséggel a pályaválasztásban nyújthat segítséget.

DEMONSTRÁCIÓS MECHANIKAI MÉRÉSEK DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁVAL

Pál Mihály

Bocskai István Gimnázium, Szerencs

Néhány évvel ezelőtt *Szakmány Tibor* és *Papp Katalin* cikke keltette fel figyelmemet, amelyben a digitális fényképezőgép tanórai alkalmazását mutatták be. Kipróbáltam és továbbgondoltam a lehetőségeket annak érdekében, hogy demonstrációs órai mérést végezhessünk, de mindenképp egy tanóra alatt. Ennek eredményeit szeretném itt megosztani.

A mérés eszközei

Sok próbálgatás után a következő eszközöket használtam demonstrációs mechanikai mérésre: digitális fényképezőgép, számítógép, projektor. Az eszközválasztásban három szempont játszott fő szerepet:

- gyors elvégezhetőség
- látványos legyen
- be tudjam vonni a mérésbe a diákokat

Gyors elvégezhetőség

A mérés nem veheti el a tanóra nagy részét, mert ezt a tananyag mennyisége nem engedi meg. A gyakorló tanárok tudják: nem bízhatjuk csak a diákság szorgalmára (és érdeklődésére), hogy a bevezetett fogalma-

kat, összefüggéseket otthon maguktól megértsék és alkalmazzák, ezért a tanórai idő kincs. Több publikáció is található már az interneten, amelyben digitális fényképezőgép segítségével elemezznek mozgásokat. Úgy látom, ezek közös gyökere a Dede-Isza-féle, a középiskola 2. évfolyamára írt fizikakönyv. Ebben a szerzők a mozgásokat stroboszkópos felvételeken keresztül elemzik. Az akkori fényképezési technológiát jól kihasználták, de a módszer hátránya, hogy nem lehet a kísérlet után rögtön vizsgálni a felvételeket. A már említett dolgozatokban reprodukálni igyekeznek a stroboszkópos felvételeket, mégpedig oly módon, hogy képszerkesztő programok segítségével egy kép-pé szerkesztik a digitálisan felvett videó képkockáit. Ez a szerzők szerint is több órát vehet igénybe, nem lehet a felvételt ugyanazon az órán kiértékelni. Ezért próbálkoztam az alább bemutatandó módszerrel.

Látvány

A látványosságon nem a cirkuszias show-t értem, hanem a korosztály számára megszokott és elvárt vizuális technológia alkalmazását. Tapasztalataim szerint nem lehet sikert elérni a taneszközpiacon elterjedt apró, az iskolapadból alig látható műanyag műtűrők-

kel. Ezek demonstrációra alkalmatlanok. E helyett a felvételek képkockáit projektorral kivetítve, azt mindenki számára jól láthatóvá tehetjük. A diákoknak az is tetszik, hogy magukat látják kísérletezés közben, mintha valamelyik tudományos tv-csatornát néznék.

A tanulók bevonása a mérésbe

A tanulók mindennapjaiban szerepel a digitális fényképezőgép, a memóriakártya, a számítógép. Ezek mind olyan tárgyak, amelyek használata tőlük már nem igényel külön figyelmet, sőt jogosan elvárják, hogy mi is ezeket alkalmazzuk. Lehet milliméterpapíron is ábrázolni, és lehet Excel program segítségével is, a diák az utóbbit választja, mert azt jobban ismeri. A cikkben szereplő jelenségeket digitális fényképezőgéppel rögzítjük, a memóriakártyát áttesszük a számítógépbe, médialejátszó programmal lejátszuk, megállítjuk, elindítjuk, léptetjük. Mind olyan tevékenységek, amelyek boldogan jelentkeznek a tanulók, és ezek mellett még a kísérletet is ők végzik. A tanárnak csak előkészítő és irányító szerep jut. A mérések kiértékelését – az órán látottak alapján – otthon önállóan is elvégezhetik, csak a fájlt kell közzé tenni.

Az egyenes vonalú mozgások vizsgálatához egy szalagfüggönysínt, rajta egy csapágygolyót, ütközések elemzéséhez a mechanikai készlet sínjét és kiskocsijait alkalmazom. A síneket helymeghatározás céljából beosztással láttam el, oldalára papír mérőszalagot ragasztottam.

A digitális fényképezőgépek úgy készítenek videót, hogy másodpercenként meghatározott számú képet – úgynevezett frame-et – rögzítenek. Minden fényképezőgép leírásában megtalálható ez a képszám, amely függ a képfelbontástól is. Nekem egy alsó kategóriás kompakt gépem van, ezen 640×480 felbontás esetén 30 fps (azaz másodpercenként 30 frame-et készít) beállítás található. Tapasztalataim szerint ez elegendő. Ellenőriztem, hogy a frame-ek tényleg egyenletes időközönként készülnek-e. Ehhez felvétel készítem egy éppen futó digitális stopperrel, és olyan médialejátszóval játszottam le, amely képes frame-enként léptetni. Bármely időpillanatban indítottam el a kockázást, 30 kocka alatt mindig 1 másodperc telt el, 3 kocka alatt pedig 0,1 másodperc. Ez azt jelenti, hogy a digitális fényképezőgép valóban 30 fps sebességgel és egyenletes időközönként készíti a frame-eket. (Ha mégsem teljesen egyenletesek az időközök, az sem fog problémát okozni.) A videófájl lejátszásának lényege a kockázás. Rengeteg ilyen lejátszó program létezik, én a VLC médialejátszó ingyenes verzióját használom. Tudom, hogy 1 kocka $1/30$ másodperc, így külön időmérésre nincs szükség.

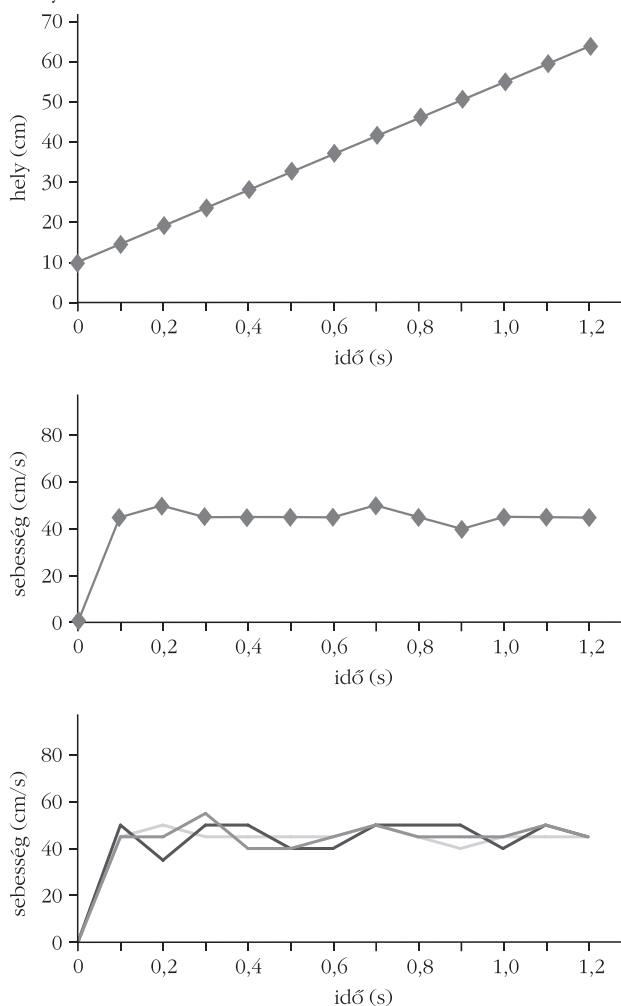
Egyenes vonalú egyenletes mozgás

A csapágygolyót végiggurítjuk a vízszintesen elhelyezett sínen, a mozgást felvesszük, majd projektoron keresztül léptetve lejátszuk (5 perc!). A mozgás se-

bessége határozza meg, hogy hány képkockánként olvassuk le a golyó helyzetét. Én praktikusán három többszöröseihez ragaszkodom, tudván, hogy 3 képkocka 0,1 másodperc. A golyó helyének leolvasása 1-2 cm-es szórást okoz az osztályban. Ez kedvező alkalom arra, hogy beszéljünk a mérés szubjektív tényezőjéről és a hibáról is. Bátorítom a tanulókat, fogadják el a saját maguk által leolvasott értéket és ne a tanár adatát várják, hiszen előbb megbeszéltük a leolvasás pontatlanságát. Erre ne sajnáljuk az időt, mert itt egy lényeges fogalmat alapozunk meg: a mérést. Táblázatban rögzítjük az idő-hely adatpárokat:

idő (s)	hely (cm)	elmozdulás (cm)	sebesség (cm/s)
0	9,5	–	–
0,1	14	4,5	45
0,2	19	5	50
0,3	23,5	4,5	45
0,4	28	4,5	45
0,5	32,5	4,5	45
0,6	37	4,5	45

1. ábra. Egyenes vonalú egyenletes mozgás „filmezéséből” származott út-idő, sebesség-idő grafikonja, valamint több leolvasás eredményének összehasonlítása.



Ezt először mindig kézzel rajzolt táblázatban teszem meg, mert ekkor folyamatában látható a struktúra kialakítása. Kiszámítjuk az egyes időközökhöz tartozó elmozdulásokat, majd ebből a sebességeket is. Rögtön szembetűnik, hogy az elmozdulások és a sebességek közel azonosak. A megtett út pedig egyenletesen növekszik.

Ezt grafikonokkal megerősítjük. Sajnos órán nincs mindenki előtt számítógép, így ők kézzel ábrázolnak, de én táblázatkezelővel is rögzítem az eredményeket.

Az út-idő grafikon elég meggyőző (1. ábra, felül), a sebesség-idő grafikon (1. ábra, középen) bizonytalanságra adhat okot. Erre megkérek két diákot, hogy az én általam leolvasott adatoktól függetlenül írjuk be a táblázatba az ő adataikat is. Ehhez célszerű előre elkészíteni egy üres Excel-táblát, képletekkel, üres grafikonnal, így a hely adatainak megadásával rögtön kirajzolódik az ő mérési eredményük is (1. ábra, alul).

A fent említett 1-2 cm-es leolvasási eltérés más alakú, de ugyanolyan jellegű görbét eredményez. Nem nehéz a tanulókat rávezetni arra, hogy a sebességek átlagával jól jellemezhetjük a mozgást, és a „rendelenségek” a mérés természetes velejárói.

Érdekes több felvételt is készíteni különböző sebességekkel mozgó golyóról. A második mérést már elég csak Excel-táblázattal elemezni. Ennek struktúrája teljesen azonos az első táblázatával, és a grafikonok pillanatok alatt elkészülnek. A többi két-három felvétel fájlját elérhetővé tehetjük az osztály számára (például Facebook). Ebből mindenkinek fel kell dolgoznia egyet, akár kézzel, akár táblázatkezelővel. Sok digitális feldolgozás szokott születni, amelyet kinyomtatva a füzetbe ragasztanak. Most hivatkozhatnánk az informatikával való interdiszciplináris kapcsolatokra, de a tanulóknak nem azt jelenti, csupán egy mindennapi eszközhasználatot.

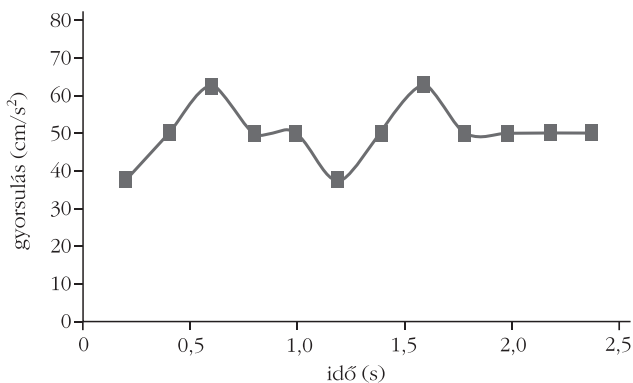
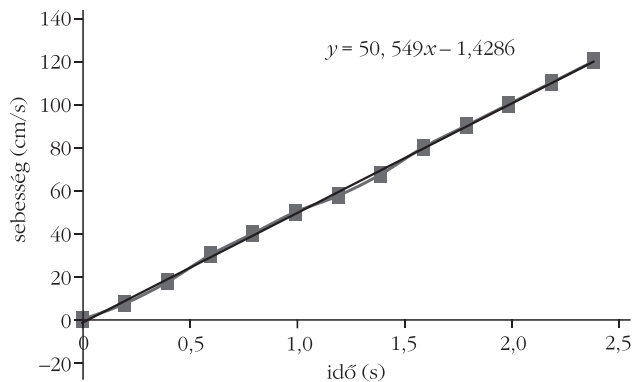
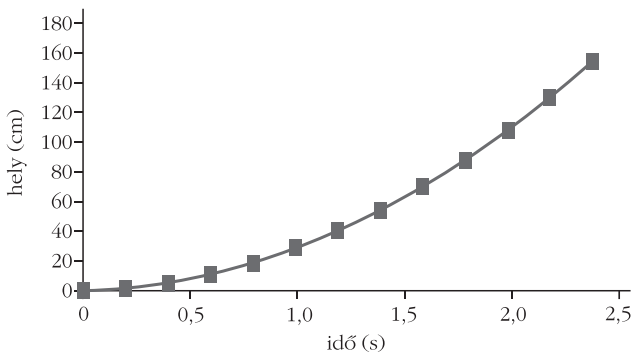
A mellékelt táblázatokban és grafikonokban nem szerepel a mennyiségek hagyományos jelölése, csak a mértékegység. Ez direkt készül így. Szeretném elkerülni – legalább az első órákon – hogy pusztán képletalkotás legyen a mérés eredménye. Az egyenletes mozgás képletét úgyis hozzák magukkal az általános iskolából, de úgy tapasztaltam, hogy nem kapcsolódik rögtön össze a kísérleti eredménnyel. Feladatmegoldás során már bennük merül fel a természetes igény a mennyiségek jelölésére, az összefüggések matematikai megfogalmazására. Ekkor „esik le”, hogy ezt már tanulták, csak nem ismerték fel. Ez (ha nem is katartikus) jó érzéssel tölti el a tanulókat: helyükre kerültek a dolgok.

Egyenes vonalú, egyenletesen változó mozgás

Ezek után jönnek az első meglepetések. A sín alig észrevehetően lejtős helyzetbe állítom úgy, hogy észre sem veszik és megismétljük a néhány órával ez előtti mérést. Mi lehet az eltérés oka? Gyorsan felismerik, hogy a sín nem áll vízszintesen, és tapasztalat szerint a lejtőn fel lehet gyorsulni. (Mélyebbre még nem megyünk.)

idő (s)	hely (cm)	elmozdulás (cm)	sebesség (cm/s)	sebesség változása (cm/s)
0	0	0	0	0
0,2	1,5	1,5	7,5	7,5
0,4	5	3,5	17,5	10
0,6	11	6	30	12,5
0,8	19	8	40	10
1	29	10	50	10

és így tovább.



2. ábra. Egyenletesen gyorsuló mozgás út-idő (föül), sebesség-idő (középen) grafikonja. A sebesség-idő grafikonra illesztett egyenes meredeksége jó egyezésben van az gyorsulás-idő grafikon (alul) átlagértékével.

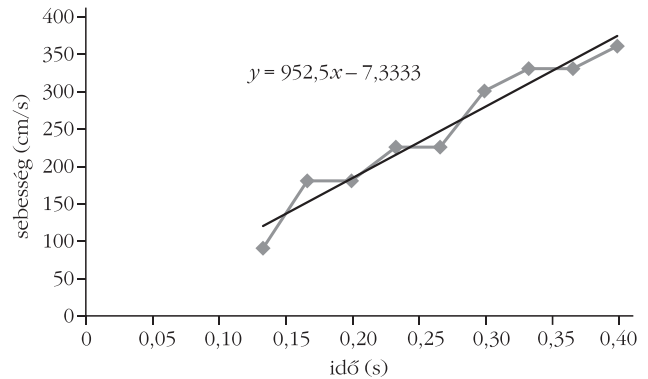
A táblázat szerint valami baj van: az időegység alatti elmozdulás egyre nő, felül kell vizsgálni eddigi eredményeinket. Most is elkészítjük a táblázatokat, grafikonokat (2. ábra), és a füzetükben meglévő eredményekkel összehasonlítjuk. Szembetűnik a sebesség változása, ezért a táblázatot kiegészítjük ezzel az oszloppal.



3. ábra. Szabadesés vizsgálata (a golyó pillanatnyi helye körrel kiemelve). Az azonos időközökben felvett képeket egymás mellé rakva szépen kirajzolódik a négyzetes üttörvény.

Ez az oszlop már nagyobb szórást mutat. Ha Excellel dolgozzuk fel az adatokat, akkor könnyen megmutathatjuk, a megtett utat akár csak 1-2 cm-rel megváltoztatjuk a táblázatban, milyen hatalmas eltérések keletkeznek a gyorsulásban.

A gyorsulás grafikon (2. ábra, alul) helyett célszerűbb és didaktikusabb is a sebességgrafikont elemezni. A táblázatkezelő ebben is segítségünkre van, hiszen pillanatok alatt trendvonalat illeszt (2. ábra, középen) az adatokra feltüntetve a gyorsulás értékét is. (Ezt a módszert várják el az emeltszintű érettségi mérésénél is.) Lényegében az átlaggyorsulást olvassuk le a sebesség-idő grafikonról: $a = 0,5 \text{ m/s}^2$.



4. ábra. Szabadesés sebesség-idő grafikonja, az illesztett egyenes meredeksége $\approx 9,5 \text{ m/s}^2$ gravitációs gyorsulást ad.

A gravitációs gyorsulás mérése

A guruló golyó gyorsulását nem ismerjük, de a nehézségi gyorsulásnak jól elfogadott értéke van, ezért a g mérésénél precízebben kell eljárunk. A mérés elve a gyorsuló mozgásával azonos, de a gyors mozgás miatt törekedni kell a jó megvilágításra és háttérválasztásra. A digitális fényképezőgépek a „záridőt”, vagyis egy – egy képkocka exponálási idejét a fényerősség átlagának megfelelően, automatikusan állítják be, de vannak olyan fényképezőgépek is, amelyeknél manuálisan állíthatjuk a fényérzékenységet. Ezért mindenképpen fehér, erősen megvilágított háttér előtt, sötétszínű golyó esését célszerű felvenni (3. ábra). Erre a legjobb lehetőség egy napsütötte fehér fal, de tanteremben is lehet értékelhető felvételeket készíteni (ekkor számítani kell a golyó elmosódására). Egy nagy csapágygolyó jól megfelel a célnak, ugyanis a közegellenállás hatása a négyzetes törvénnyel számolva meg sem közelíti a helyleolvasás hibáját. Íme, egy tantermi mérés minden hibájával és erényével. (A legnagyobb erénye, hogy meg tudtuk mérni.)

Terjedelmi okokból nem tudok a mérési eljárásból adódó hibáról részletesen szót ejteni, de célszerű a

mérés első néhány pontját kihagyni az ábrázolásból (4. ábra), mert a hiba mértéke az idő előrehaladtával csökken.

További mérési lehetőségek

Nagyon sokféle mérést elvégezhetünk még, ezekből néhányat most csak felsorolni tudok:

- Rugóra akasztott test kitérés-idő, sebesség-idő grafikonjának felvétele.
- Vízszintes, függőleges, ferde hajítás vizsgálata (háttérnek például egy földrajztérkép hátulját használhatjuk, amire négyzethálót rajzolunk).
- Lendületmegmaradás törvényének felfedeztetése, vagy mérési igazolása (5. ábra). (Az az eset is szépen mérhető, amikor kezdetben mindkét kiskocsi mozog.)
- Megmutathatjuk, hogy addig tart a gyorsulás, ameddig nem nulla az erők eredője. (Ehhez a mechanikai készlet kiskocsijának sebességét figyeljük, amint egy csigán átvett kötél húzza.)
- Végezhetünk nem szigorúan tantervi méréseket is, például ki mekkora sebességgel tudja a focilabdát elrúgni, a súlygolyót eldobni.

5. ábra. Lendületmegmaradás vizsgálata.



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 HÁZICSZENGŐ MŰKÖDÉSE

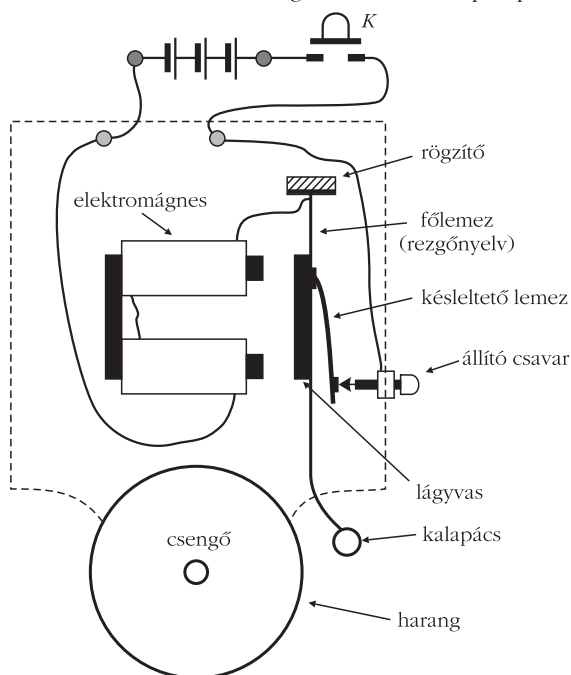
Légrádi Imre
Sopron

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 házicszengő 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 hogy a késleltető lemez a főlemezre van erősítve, a főlemez is kap hajlító nyomatékot, vagyis alaphelyzetében a főlemez sem feszültségmentes, de ez a nyomaték csak nagyon kis mértékű elhajlást 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 hogy 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