

# KÍSÉRLETEZZÜNK HÉTKÖZNAPI ESZKÖZÖKKEL!

Jendrék Miklós

Boronkay György Műszaki Középiskola  
és Gimnázium, Vác

„A legjobb bizonyítás a tapasztalat,  
feltéve, ha kísérletekre támaszkodik”

*Francis Bacon*

A fenti címet adtam a kísérleti bemutatómnak, amelyet a Békéscsabán rendezett 51. Országos Középiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató egyik műhelyfoglalkozására készítettem. A legegyszerűbb hétköznapi tárgyak, illetve eszközök is alkalmasak számos – fizika tanításában felhasználható – jelenség, folyamat szemléltetésére, tanulmányozására. Tudatosan választottam olyan eszközöket, amelyek ugyan nem a legkorszerűbbek, de széles körben elterjedtek. Ezek szétszerelhetők, szerkezetük jól áttekinthető. A megfigyelhető folyamatok, jelenségek elemzése lehe-

tővé teszi a tanulók számára a korszerűbb – bár szerkezetük tanulmányozására alkalmatlan – eszközök működési elvének megértését.

---

**A kísérletek elvégzésére használt eszközök egy része hálózati feszültségről üzemel. Ezért ezek megisméltése fokozott elővigyázatosságot, odafigyelést igényel. Elvégzésük, bemutatásuk – a balesetvédelmi előírások szigorú betartása mellett – csak demonstrációs céllal javasolt.**

---



1. ábra. Fóliacsíkok kölcsönhatása



2. ábra. Nejlonzacskó az ajtón

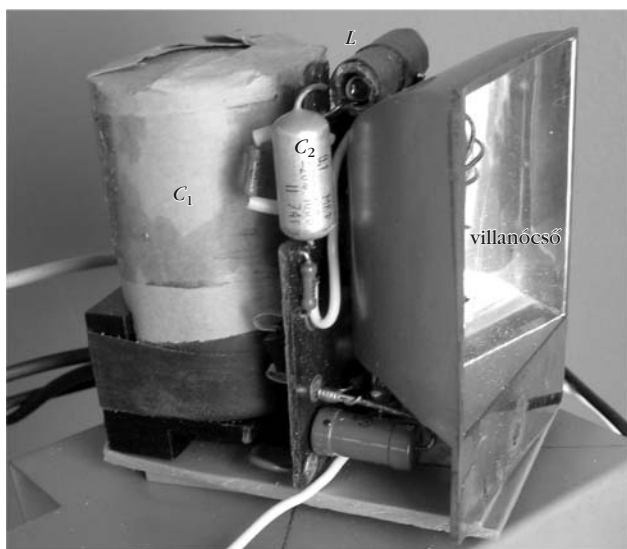
szítást figyelhetünk meg (1. ábra). Tanulmányozhatjuk a töltések szétválasztását, kölcsönhatását. Ha két ujjunk közé vesszük a szerteágazó fóliacsíkokat, és úgy húzzuk végig rajtuk ujjainkat, szépen összetapadnak, kölcsönös vonzás alakul ki közöttük.

Az elektrosztatika hasonlóan látványos megnyilvánulásával elkerülhetetlenül találkozunk polisztirol (hungarocell) lapok darabolása, fűrészelése közben is. Igaz, ebben az esetben a folyamat huzamos ideig, kitaróan végző (esetleg lakását hőszigetelő) „kísérletezőnek” szembe kell néznie, a jószomszédi viszony SI (sárga irigység) miatti esetleges megromlása mellett, a keletkező melléktermék eltakarításának nem könnyű feladatával is. Aki ezt nem szívesen vállalja, viszont az elektrosztatikai kísérletek iránti elszántsága, ragaszkodása töretlen, próbálkozhat ártatlanabb eszközökkel, például hagyományos nejlonzacskóval is (2. ábra).

## Egy kis elektrosztatika

A mai világban, ahol sok minden műanyagból van, nehéz elkerülni az elektrosztatikus feltöltődéssel való találkozást. Ezzel kapcsolatban végezzünk el hétköznapi tárgyakkal, anyagokkal pár egyszerű kísérletet. Vágjunk le három, közel 1 cm, széles írásvetítésnél használatos fóliacsíkot. Fogjuk meg az egymásra helyezett csíkok egyik végét, majd a másik kezünk ujjait húzzuk végig fésűszerűen a csíkokon. Látványos ta-

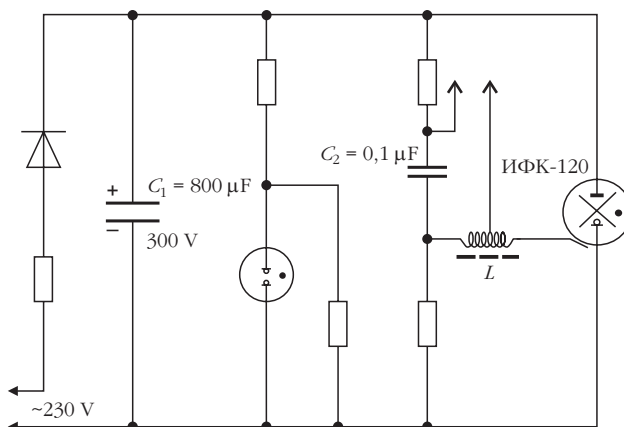
3. ábra. Fényképezési vaku főbb elemei

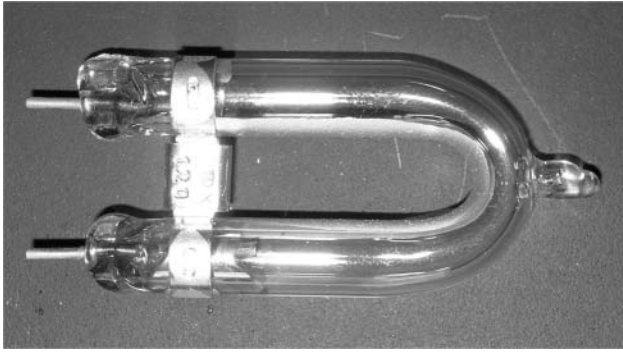


## A kondenzátor mint töltéstároló eszköz

Kísérletezzünk egy preparált, egykor jobb időket megélt, 30-as éveit „taposó” fényképezési vakuval (3. ábra)! A kapcsolási rajzból (4. ábra) látható, hogy

4. ábra. A fényképezési vaku kapcsolási rajza



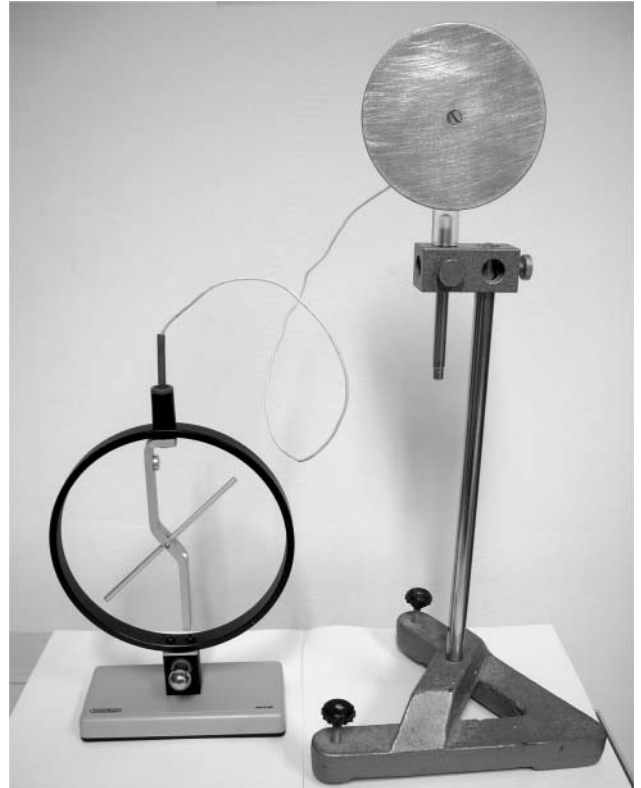


5. ábra. Villanócső

két töltéstároló kondenzátort tartalmaz: az egyik 800  $\mu\text{F}$ , a másik 0,1  $\mu\text{F}$  kapacitású. Korlátozó ellenálláson keresztül, diódával egyenirányított lüktető egyenárammal tölthetők fel közel 300 V feszültségre. A nagy kapacitású kondenzátor közvetlenül az ИФК-120 típusú xenontöltetű villanócsőre van kötve (5. ábra) [1]. Egy neonnal töltött glimmlámpa jelzi a feltöltődés mértékét. A Xe-töltetű cső kisütéséhez körülbelül 1000 V-os gyújtófeszültség szükséges, amit a  $C_2$  kondenzátor tekercsen keresztül történő kisütése önműködés révén biztosít.

Optikailag a vaku – a fényszórókhoz hasonlóan – fényvisszaverő felülettel és Fresnel-lencsével van ellátva. Ezáltal a villanócső egy meghatározott szögben, irányítottan bocsátja ki a fényt, biztosítva a fényképezendő objektum megfelelő megvilágítását. A villanócső által kibocsátott fény átfedéssé sávos színképe a nappali fényhez hasonló színhőmérsékletű. A viszonylag széles vörös és kék sávok arra utalnak, hogy a fénykibocsátás nem korlátozódik csak a látható tartományra. A vaku kisütésekor jól érezhető a fényvel egyidejűleg jelentkező hőhatás, de meggyőződhetünk arról is, hogy az emissziós színkép átnyúlik az UV-tartományba. Sejtésünket az a tapasztalati tény is erősíti, hogy a képtárakban, könyvtárakban, múzeumokban rendszerint a vaku használata. Végezzük el a külső fotoeffektust igazoló klasszikus (Hallwachs, Lénárd) kísérletet. Cink helyett használhatunk alumíniumlemezt is. A két fém kilépési munkája közel azonos: alumíniumnál 0,68 aJ (4,25 eV), cink esetében 0,69 aJ (4,29 eV) [2]. A külső fotoeffektus megvalósításának elvileg két feltétele van: a fény által kibocsátott fotonok  $h\nu$  energiája fedezze az elektronok kiszakításához szükséges kilépési munkát és a megvilágítás előtt a fémlemez negatív töltéstöbblettel rendelkezzen. Az elektroszkóphoz csatlakoztatott fémlemezt hagyományos módon vagy elektromos megosztással tölthetjük fel (6. ábra). A kísérlet sikeres bemutatásához egy harmadik feltételt is biztosítani kell: Csak tiszta, zsír- és oxidrétegtől megtisztított felületről tudnak távozni a fotoelektronok. A vakuval megvilágított, elektroszkóphoz kapcsolt lemez töltéscsökkenése jól megfigyelhető.

Kapcsoljuk a feltöltött, de a hálózatról leválasztott  $C_1$  kondenzátort egy hagyományos Ne-töltetű glimmlámpára! A lámpa világít. A kondenzátor töltése és egyben a feszültsége folyamatosan csökken. Amint a



6. ábra. Fotoeffektus Al-lemezzel

feszültség megközelíti a 140 V értéket, a gázkisülés megszűnik. Tehát, a lámpa működéséhez, világításához legalább ekkora feszültségre van szükség. Gondoljunk erre, amikor 4,5 V-os zsebteleppel, hasonló glimmlámpákkal végzünk indukciós kísérleteket!

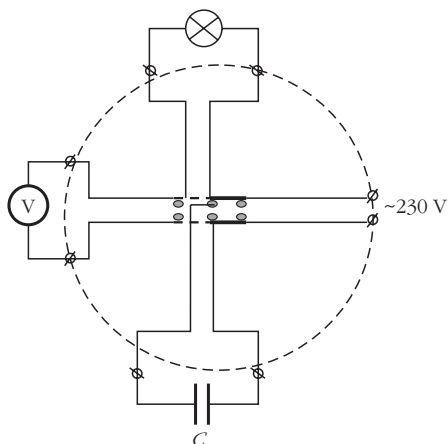
A  $C_1$  kondenzátor adataiból kiszámítható a kondenzátorban tárolt elektromos mező energiájának nagysága:

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = 36 \text{ J.}$$

A fenti energia egy részét a villanócső fény formájában adja le mintegy 1 ms alatt. Ha a kondenzátort egy 230 V-os, 40 W-os égőn keresztül sűjtjük ki, az izzószál felvillan, és 1–2 másodperc alatt kialszik. Meg lehet szabadítani a kondenzátort fölösleges töltésétől rövidebb úton, rövidebb idő alatt is. Ezt a fegyverze-

7. ábra. A kisülés következményei





8. ábra. Az átkapcsoló kapcsolási rajza

tek közvetlen összeérintésével érhetjük el. Jelentős hangeffektussal járó szikrakisülés szem- és fültanúi lehetünk. Egy valóságos kisméretű villámot láthatunk annak minden következményével: széles spektrumú elektromágneses hullámok keletkezése, hangrobbanás stb. A kisülés rövid időtartama miatt nem kell tartanunk még a viszonylag kis keresztmetszetű összekötő huzalok látványos felmelegedésétől sem. A kisülés következményei a 7. ábrán láthatók.

## Kondenzátor váltakozó áramú körben

Töltsük fel a kondenzátort váltakozó feszültséggel! Ehhez két, egyenként  $4 \mu\text{F}$  kapacitású, 200 V-ra méretezett, sorosan kapcsolt kondenzátort használtam. A soros kapcsolásra azért volt szükség, hogy az egyes kondenzátorokra jutó feszültség ne haladja meg a megengedett értéket. Természetesen ehhez a kísérlethez alkalmas a törpefeszültség is. Fontos, hogy ne egyenáramra tervezett, polaritás betartását igénylő elektrolit-kondenzátort használjunk.

A kérdés az, hogy mennyire tudjuk feltölteni váltakozó árammal a kondenzátort. A hálózatról leválasztva, majd a voltmérőre kapcsolva, lemérjük a kondenzátor feszültségét. Hogy könnyen és sokszor megismételhető legyen a mérés, készítettem egy erre alkalmas dobozban (8. ábra) elhelyezett egyszerű összeállítást, amely

10. ábra. A kondenzátor mint ellenállás

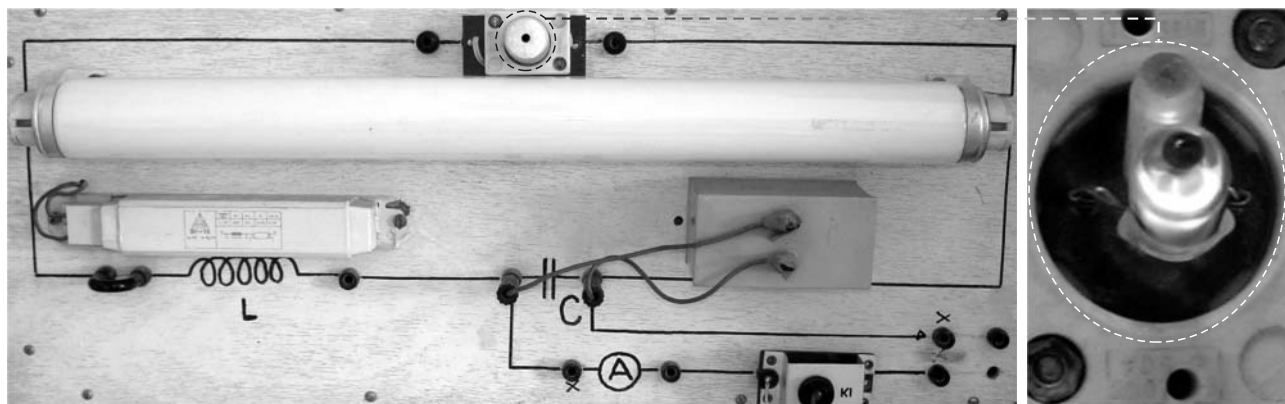


9. ábra. Az átkapcsoló gyakorlati kivitelezése

egy kapcsolót és egy – a következő kísérletekhez szükséges – zseblámpaizzót tartalmaz (9. ábra).

A kondenzátor feszültségét mérve különböző eredményeket kapunk. A leggyakoribbak a 200 V fölötti feszültségértékek. A polaritás véletlenszerű, a mért feszültségek is. Néha kis értékeket tapasztalunk. Mindez arra utal, hogy a kondenzátor fegyverzetein a szinuszosan váltakozó feszültség pillanatnyi értékeit mérhetjük. A szinuszfüggvény sajátosságából adódik az a tény, hogy viszonylag ritkán kapunk 10–20 V alatti feszültséget.

Felhasználva kondenzátorainkat, vizsgáljuk meg, hogy alkalmasak-e ezek az eszközök áramkorlátozásra? Fog-e működni az az összeállítás, amely egy 230 V-os hálózatra sorba kötött zseblámpaizzóból és egy  $2 \mu\text{F}$ -os kondenzátortelepből áll? Az izzó adatai: 3,5 V, 0,2 A, a kondenzátor kapacitása  $C = 2 \mu\text{F}$ , kapacitív ellenállása  $X_C = (2\pi fC)^{-1} = 1592 \Omega$ . Ohm-törvényből, 230 voltal számolva, a kondenzátoron átfolyó áram erőssége:  $I = U/X_C \approx 0,14 \text{ A}$ . Úgy tűnik, minden rendben, legfeljebb az égő nem fog teljes fénnel világítani. A gyakorlatban azonban nem ilyen egyértelmű a helyzet. Bekapcsoláskor az izzó nagy valószínűséggel tönkremegy. Hiszen a bekapcsolás pillanatában a kondenzátort érő pillanatnyi feszültség, illetve töltőáram nagysága nem jósolható meg előre. A kis feszültséghez hasonlóan (előző kísérlet) igen csekély az esélye annak, hogy a töltő áramerősség nem haladja meg a 0,2–0,3 ampert. Érdekes egy legalább 10 A méréshatáru ampermérővel sorosan kapcsolt kondenzátort kötni a hálózatra (zseblámpaégő nélkül). A bekapcsolás pillanatában mért áramértékek sok esetben meghaladják a 10 ampert! Ezt a zseblámpaizzónk, természetesen, nem bírja elviselni, amit nem vehetünk zokon tőle. Akkor mi legyen a megoldás? Az izzószál épségét úgy őrizhetjük meg, ha azt a bekapcsolás pillanatában rövidre zárjuk. Ezt követően, megszüntetve a rövidzárt, izzólámpánkat biztonságosan üzemeltethetjük (10. ábra). Ezután már csak arra kell



11. ábra. Hagyományos fénycső

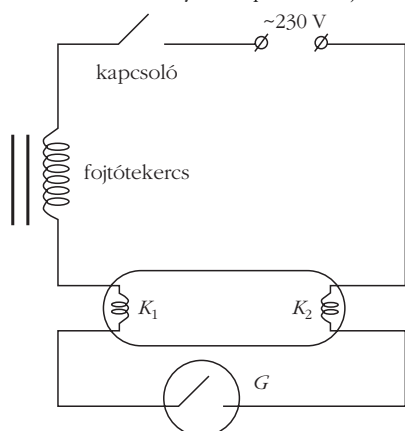
vigyázni, nehogy érintkezési gondok merüljenek fel, mert akkor újra szembetaláljuk magunkat – az izzó életét veszélyeztető – előző problémánkkal.

## A fénycső és társai

Vizsgáljunk meg a hagyományos fénycsövet (11. ábra), ami nem más, mint egy alacsonynyomású higanylámpa [3]. Gyakran hívják neoncsőnek is, ami nem egészen helyes, hiszen a Ne a töltőgázok legfeljebb 30%-át teszi ki és a fénykibocsátásban nem vesz részt közvetlenül. Elektronokkal gerjesztett Hg atomok vonalas színeképet adnak a 185 nm-es és a 257,3 nm-es UV-tartományban. A fénycső belülről fluoreszkáló anyaggal van bevonva. A fénypor olyan összetételű, hogy UV-fény hatására a látható színek tartományban sugároz (fotolumineszcencia). A szemünk által érzékelt színhátás additív színkeverés következménye [4].

Hagyományos fénycső váltakozó áramról táplált elektromos áramköre a 12. ábrán látható [5]. A kapcsoló zárásakor a  $G$  glimmgyújtó kisülési csövében gázkisülés jön létre. A kisülés során keletkező hő hatására a gyújtóba beépített bimetal kapcsoló (13. ábra) zárja az áramkört. Áram indul meg a fojtótekercsen és a  $K_1$  és  $K_2$  izzószálakon, a katódokból elektronok lépnek ki (elektronemisszió). Közben a  $G$  gyújtó kihűl, a bimetal megszakítja az áramkört, a fojtótekercsben a csökkenő mágneses fluxus hatására rövid

12. ábra. A fénycső kapcsolási rajza



ideig tartó, nagyfeszültségű impulzus keletkezik, ami begyújtja a fénycsövet, megindul a gázkisülés. Ezt követően a tekercs áramkorlátozó elemként biztosítja a cső működéséhez szükséges áramerősséget.

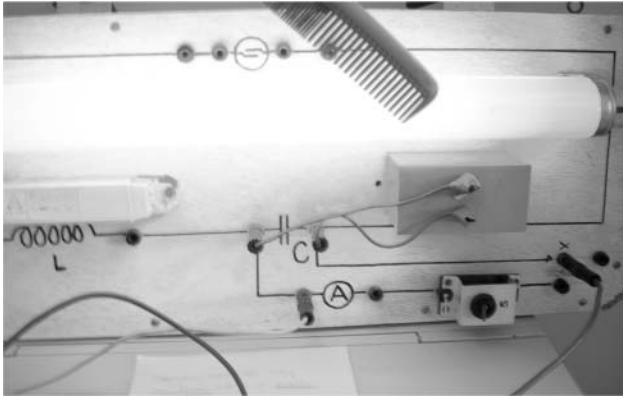
Akinek kedve van egy kis romantikához, a glimmgyújtóban lévő bimetallemez felmelegítésére használhat hagyományos, hétköznapi eszközt, például gyufát, gyertyát vagy öngyújtót. Amikor az ikerfémlemez kihűl és megszakítja az áramkört, jól látható szikrák keletkeznek az érintkezési felületeken. Ezek egyrészt beégést eredményezve csökkentik a kapcsoló élettartamát, másrészt elektromágneses hullámokat is keltenek. A nem kívánt hatások elkerülése végett, a gyújtó tartalmaz még egy zavarűző kondenzátort is, ami az indukált feszültség okozta fölösleges töltés felhalmozásával csökkenti a szikrázást, s egyben sőtöli a magas (rádió)frekvenciás áramokat is.

A 12. ábrán látható összeállítás még egy alkatrészt, úgynevezett fázisjavító kondenzátort is tartalmaz. Ha eltávolítjuk ezt a kondenzátort, a főágban számottevő áramerősség-növekedést figyelhetünk meg, miközben a cső ugyanolyan intenzitással világít. Ez azt jelenti, hogy változatlan hatásos teljesítmény mellett jelentősen megnő a látszólagos teljesítmény. Az energiavesztés csökkentésében betöltött fontos szerepe ellenére a kondenzátornak a fénycső működtetésében nincs különösebb funkciója.

Hasonlóan „nélkülözhető” a glimmgyújtó is. Kicserélhető lenne egy mechanikus kapcsolóra, de teljesen el is hagyható. De hogyan gyújtjuk be nélküle a feny-

13. ábra. A gyújtó bimetal kapcsolója





14. ábra. A fénycső begyűjtása fésű segítségével

csövet? Forduljunk segítségért az elektrosztatikához és használjunk valamilyen kéznél lévő hétköznapi eszközt, például hagyományos fésűt. Hozzuk a fésűt (optimális esetben hajunk segítségével) elektromos állapotba, majd húzzuk el a cső előtt (14. ábra).

## Néhány megjegyzés

A bemutatott kísérletek egy részénél a hálózati, illetve annál is nagyobb feszültségek alkalmazása elkerülhetetlen. Ilyen a glimmlámpa vagy a fénycső működtetése. A fotoeffektus bemutatásához nincs szükség a vaku szétszedésére, de a siker érdekében el kell távolítani a villanócső elől az UV-szűrőként is funkcionáló Fresnel-lencsét. A kondenzátor feltöltése/kisütése elvégezhető kifestésű egyen- vagy váltakozó áram segítségével is. Ugyanakkor a vaku kondenzátorával összemérhető energiára kis feszültséggel csak irreálisan nagy (nem hétköznapi) kapacitású kondenzátorral érhető el.

## Összegzés

A fizikai jelenségek tanulmányozására jó lehetőséget kínálnak a hétköznapijaink kényelmét szolgáló, környezetünkben fellelhető használati tárgyak, eszközök.



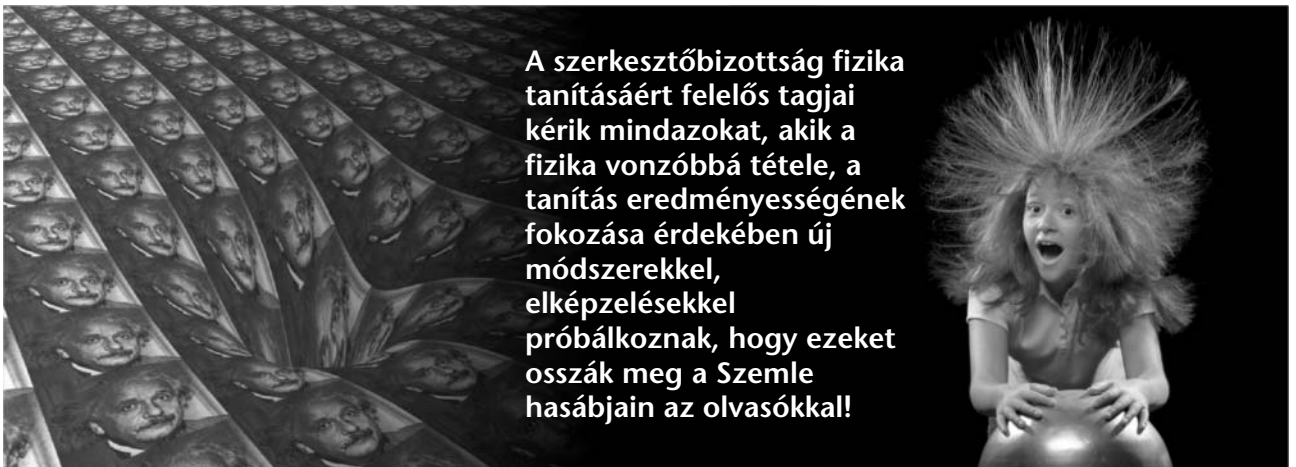
Jendrek Miklós kísérleti eszközeivel

zök. Ezek, illetve a bennük található kisebb-nagyobb egységek, alkatrészek segítségével a fizika-oktatás – a mechanikától az atomfizikáig terjedő – tematikájának széles palettáját átölelő jelenségek sokasága mutatható be. Egy-egy eszközben rejlő, ismeretszerzést, tanulmányozást célzó lehetőségek szinte kimeríthetetlenek.

Bemutatóm legfőbb célja az volt, hogy felhívjam a figyelmet a vizsgálódáson alapuló, tapasztalatra épülő tudásszerzés fontosságára, valamint arra, hogy e célra kiválóan alkalmasak az egyszerű, hagyományos, hétköznapi eszközök.

## Irodalom

1. [http://www.quartz1.ru/Si/Si\\_Gaz/si\\_gazl.htm](http://www.quartz1.ru/Si/Si_Gaz/si_gazl.htm)
2. Hortobágyi I., Rajkovits Zs., Wajand J.; *Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések. Négyjegyű függvénytáblázatok.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001.
3. <http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9nycs%C5%91>
4. <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Fenyecsó.htm>
5. <http://mek.niif.hu/00500/00572/html/viltech2.htm>



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