

zett és ennek következtében már nagyon sokan életüket veszítették. A tesztek során az alagútban különböző járműveket helyeztek el, majd az alagút egy adott helyén tüzet gyújtottak és vizsgálták, mi történik az alagút különböző pontjain. (Az alagútban még külön légáramlást is lehetett kelteni hatalmas teljesítményű ventilátorokkal.) A kutatókat is meglepte, hogy bizonyos esetekben (például amikor gyúlékony vagy robbanásveszélyes anyagot szállító tehergépjárműveket helyeztek el az alagútban) a tűz milyen sebességgel terjed, illetve az előzetesen számított értékeknél sokkal magasabb hőmérséklet alakul ki az alagútban. A kutatók észrevették, hogy az alagút bizonyos szempontból úgy viselkedik, mint egy vízszintes helyzetű Rijke-cső. Benne is kialakulhat gázoszilláció, hasonlóan a Rijke-csővekhez, az oszcilláció periódusideje néhány másodperc volt, tehát hallható hang nem keletkezett. A kutatók megállapították, hogy a tűz terjedését viszont befolyásolja ez az oszcilláció, ezért a Rijke-cső az alagútban terjedő tüzek „termoakusztikus” modelljéül szolgált. Remélhetőleg a vizsgálat hozzájárul ahhoz, hogy a jövőben biztonságosabb alagutakat tervezhessenek a mérnökök.

## Összegzés

Ebben a cikkben néhány érdekes termoakusztikus jelenséget mutattam be, amelyek alkalmasak lehetnek arra, hogy a diákjainkat motiváljuk a termoakusztikus folyamatok megismerésére.

## Irodalom

1. K. I. Matveev: *Thermoacoustic Instabilities in the Rijke Tube: Experiments and Modeling*. California Institute of Technology, Pasadena, CA, 2003.
2. Lord Rayleigh (J. W. Strutt): *The Theory of Sound 2*. (2nd ed.) Macmillan, London, 1896,
3. A. M. Annaswamy, M. Fleifil, J. W. Rumsey, R. Prasanth, J. P. Hathout, A. F. Ghoniem: Thermoacoustic Instability: Model-based Optimal Control Designs and Experimental Validation. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 8/6 (2000) 905–918.
4. S. M. Sarpotdar, N. Ananthkrishnan, S. D. Sharma: The Rijke Tube – a Thermoacoustic Device. *Resonance* 8/1 (2003) 59–71.
5. B. W. Entezam, W. K. Van Moorhem, J. Majdalani: Two-dimensional Numerical Verification of the unsteady thermoacoustic field inside a Rijke-type pulse combustor. *Numerical Heat Transfer A* 41 (2002) 245–262.
6. D. Fahey, P. Timbie: Thermoacoustic Oscillations. *Wave Motion and Optics*, Spring (2006) 1–9.
7. The SCORE thermoacoustics technology web site: <http://www.score.uk.com/research/default.aspx>

# AKIKET AZ ELEKTROMOSSÁG SZIKRÁJA MEGCSAPOTT...

Daróczy Csaba Sándor  
MTA MFA

Jelen írás apropója egy, az *Élet és Tudomány*ban megjelent cikk [1], amelynek középiskolás szerzője az intézetünkben (MTA MFA) végzett tudományos munkájának szakmai beszámolója mellett utal egy bizonyos nanotechnológiai kísérlettel kapcsolatos áramütéses esetre is. A történet nálunk szájhagyomány útján terjed, így szolgál figyelmeztető példaként, mintegy aláhúzva a munkavédelmi rendszabályok betartásának szükségességét. De nyomtatásban látva a cikket kisebb vita támadt közöttünk, hogy vajon nem lett-e félreérthető, nem csábít-e „rosszra”. Ezért az MFA Nyári Iskola szervezőjeként úgy gondoltam, hogy talán hasznos lenne a témát közelebbről is áttekinteni. Annál is inkább, mert a természettudományokkal való ismerkedést egyszerűen nem lehet túl korán kezdeni [2, 3], ami viszont magával hoz bizonyos veszélyeket.

Szóval a természettudományok kísérletes művelése *veszélyes üzem*. Sejtethetnek ebből valamit még Hollywoodban is, különben nem születne annyi ilyen tárgyú katasztrófafilm. Persze a veszélyekkel mi, kutatók is tisztában vagyunk, hiszen mi találkozunk velük a leghamarább! De a személyes okulás egy bizonyos szint fölött önmagában nem elég, szükséges a részletes és szigorú szabályozás – amelynek minden fontos pontját korábbi balsikerű események indokolják. Ezért aki például nálunk szeretne dolgozni, akárcsak egy nyúlfarknyinak tűnő hétre is, annak tűz- és munkavédelmi oktatásban kell részesülnie, amit vizsga követ,

és ez alól még a nálunk dolgozó diákok sem kivételek! A veszélyek megismeréséhez honlapunkon jó előre megadunk minden segítséget, továbbá részletes leírások olvashatók a laboratóriumok megfelelő helyein is, de munkatársaink is sokkal jobban odafigyelnek az újoncokra. Talán ennek is köszönhető, hogy az elmúlt években egyetlen ilyen természetű baleset sem fordult elő! Ám lelkiileg meglehetősen nehéz azonosulni a szigorú rendszabályokkal, ha az ember nem látja maga előtt a negatív példákat. Szükség van az elrettentésre! (Alighanem még a *Grimm* fivérek rémtörténeteinek is volt ilyen szándékosan elrettentő célja.) Véleményem szerint nagyon fontos a legfiatalabb korú kísérletezőket is ráébreszteni a veszélyekre, és erre mi lenne alkalmasabb, mint saját megélt tapasztalataink?! Az alábbiakban tehát az én történeteimből jön egy csokor, de biztos, hogy másoknak is akad, csak vissza kell rá emlékezni! Leginkább saját elektromos eseteimből fogok idézni, még gyermek- és ifjú koromból. Munkahelyi példát sajnos nem tudok hozni – ki tudja, tán végre benőtt a fejem lágya ☺

## A legelső horror

Édesapámnak volt egy próbálampája (220 V-os izzólámpa, hozzá csatlakozó vezetékekkel), bizonyos elektromos szereléseknél a fáziskeresőt helyettesítette

vele. Amolyan 4-5 éves fiúcskaként elbűvölve láttam, hogy a megfelelő helyekhez érintve világít. Nagyobb csoda volt ez, mint a villanykapcsoló! Persze nem volt szabad hozzányúlnom, apám ezt szigorúan megtiltotta. Na de nem volt mindig otthon, én pedig megfigyeltem, hogy hova is teszi a lámpáját... Első kísérletem tehát az volt, hogy ellenőrizzem a konnektorban a feszültséget. A lámpa nálam is nagyszerűen világított! Ezután, a csuda tudja hogy miért, az az elmebeteg (igen, az) ötletem támadt, hogy a talált bronz huzalokkal meghosszabbítom a próbálámpa rövidke drótjait, hogy vajon rajtuk keresztül is világít-e majd a lámpa. Ezt nemes egyszerűséggel úgy oldottam meg, hogy bal kezem hüvelyk- és mutatóujjával összefogtam az egyik vezetéket az egyik bronz huzallal, jobb kezem hüvelyk- és mutatóujjával meg összefogtam a másik vezetéket a másik bronz huzallal (khm), majd így bedugtam a konnektorba!... Az istenért, ki ne próbálja valaki! Inkább elárulom: a kísérlet sikerült, mert azt még világosan láttam, hogy a lámpa felvillant! De azon nyomban úgy megrázott *valaki* ☺, hogy mindent elejtettem, még az eszméletemet is elvesztettem egy időre. Arra ocsúdтам fel, hogy a néhai lámpa maradványai ott hevernek előttem a földön, a bronz huzalokkal együtt. Azt ugyan nem tudtam megállapítani, hogy ki rázott meg, mindenesetre a nyomokat eltüntettem. Később apám roppantul csodálkozott, hogy próbálámpája hová tűnt (engem szerencsére nem vett gyanúba), az újabb lámpájával pedig *nem* ismételt meg a kísérletet. Akkor még nyilván nem tudtam, hogy egy tudományos kísérletnél a reprodukálhatóságot is ellenőrizni kell ám ☺.

## Elektrosokk-kezelés

Igazság szerint itt az érdem a nővéremé. (Nem emlékszem rá, hogy valaha is más elektromos tárgyú felfedezést tett volna, de ez alkalommal igen.) Egyszer csak azzal a mesével szaladt be az udvarról, hogy egy nagyon különleges felfedezést tett: ugyanis ha a nyelvért hozzáérinti az esőcsatornához, akkor nem lehet semmi mást látni, csak egy nagy vörös foltot! Kizárólag azt! Na ez olyan képtelenül hangzott, hogy már csak ki kellett próbálnom! Az öcsémmel felsorakoztunk az esőcsatornához egy-egy nyalintásra, és láss csodát – *igaza* volt! Különös élmény, az eszemnél voltam (fogjuk rá), fájdalmat nem éreztem, az egyensúlyomat sem veszítettem el, mindent hallottam, és ha kissé beszédhibásan is (a kinyújtott nyelvem miatt), de még beszélni is tudtam! Viszont látni csak a nagy vörös foltot láttam – mellette a Jupiter nagy vörös foltja nyugodtan elbújhatott. Az öcsém hasonlóan. Így hát most már csapatostul rohantunk apámhoz beszámolni a nagyszerű hírről! Aki miután meghallotta a történeteket, egyből leizzadni látszott, és rohant intézkedni. Ha *Egely György* hallott volna az esetről, alighanem kész lett volna előrukkolni egy jó kis gömbvilágos magyarázattal, de apám földhözragadtabb ember lévén, inkább a villanyvezeték és az eső áztatta

hátzető egy lehetséges nemkívánatos kapcsolatára gondolt – helyesen. Hogy mekkora áramot szenvedtünk el, azt nem tudom, valószínűleg azért nem akkorát, mint némely pszichiátrián volt szokás alkalmazni a 20-as, 30-as években...

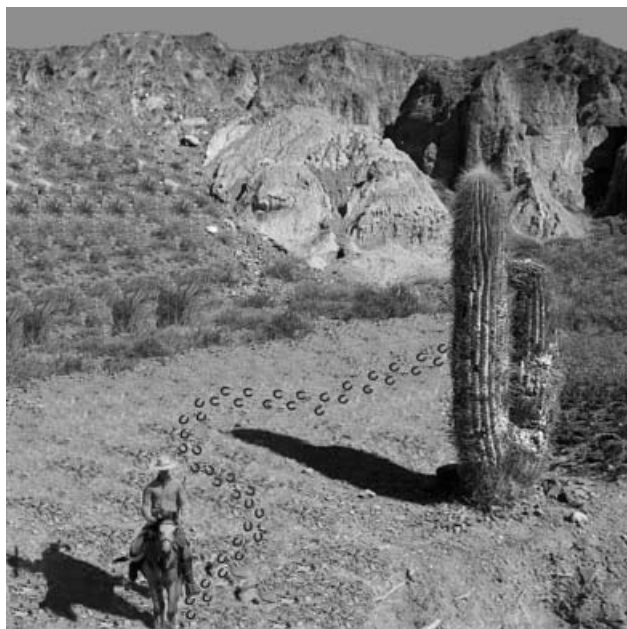
Azt az egyet máig sem tudom, hogy a nővérem miképp jutott erre a felfedezésre. Vajon hogyan támadhat valakinek az a különös ötlete, hogy megnyalja az esőcsatornát? (Hiába no, a tudományos ismeretszerzés útjai kifürkészhetetlenek...)

## ReMekkElek

A próbálámpás kaland utáni években nem fordítottam hátat az elektromosságnak, de a 220 V helyett egy darabig megelégedtem az apám zseblámpájából kölcsönöcsört laposelemekkel. (Hogy mennyit szidta a Perion gyárat!) Akkoriban ment a tv-ben *Öveges József* sorozata, azokat a kísérleteket is igyekeztem elvégezni. Röpké pár év alatt fabrikáltam először is elektromágnezt, majd működőképes dudát, csengőt, telefont, villanymotort, detektoros rádiót stb. De eljött az idő, amikor komolyabb erőforrás után kellett nézmem, már csak azért is, mert nagyon megtetszettek az elektromos hegesztőtrafók szikrái ☺. A trafókról is volt már bizonyos elképzelésem, a vasmag + tekercs témában meg kifejezetten otthon éreztem magam (8-9 évesen...). Szóval megkaparintottam egy nagy darab, kiszuperált relé vasmagját, és egy roncs transzformátor csévetestét jó sok dróttal, és ebből készítettem el a saját hegesztőtrafómat. Csupán 1 db tekercs volt rajta (minek feleslegesen bonyolítani a dolgokat), amolyan össze-vissza tekercseléssel, az átütési szilárdsága pedig gondosan a laposelemek igényéhez igazítva... Elképzeléseim szerint a tekercset majd egyszerűen sorba kötöttem volna (mit volna, kötöttem is!) az egyik hálózati vezetékkel.

Akkor még nem sokat tudtam arról, hogy akad itt minimum 2 nagyon fontos biztonságtechnikai szempont: 1. a szekunder tekercs legyen a primertől elkülönült és elszigetelt, és 2. a feszültsége (menetszáma) legyen nagyságrendileg kisebb a bejövő 220 V-nál (primer tekercsénél).

Elmondhatom, hogy engem csak hébe-hóba vágott meg a cucc, ellenben minden alkalommal levágta az automatát, vagy kiverte a biztosítékot. Olybá tűnt, hogy az én hegesztési igényeimhez valahogy nem elég erős ez a 220 V ☺! (Vajon mi történik, ha egy komolyabb távvezeték is akad a közelünkben ☺?) Mindenesetre akkor már felfogtam, hogy az elektromos rázásért valamiképp az én rossz „trafóm” a felelős, továbbá az is a baja, hogy rosszul gazdálkodik a 220 V-tal. Így hát nem erőltettem tovább a dolgot, hanem megpróbáltam utánaolvasni a trafóknak. Sikerült is, de nem mondhatnám hogy a tankönyvekben (viszont éljen a *Természettudományi Kislexikon!*), ugyanis az iskolában, másokhoz hasonlóan, csak 13-14 évesen találok találkozni először az elektromossággal. (Mondhatni túl későn, már alig számított.)



Egyesek szerint az igazán veszélyes dolgokat legjobb elkerülni...

## Amikor igazán megvágott az áram

Hamar eljutottam oda, hogy különféle (általam gyártott) trafókkal szikráztattam, nagy kapacitású kondikkal durrogtattam, immár átlátván a magasabb szempontokat, de aztán főleg erősítőket és tranzisztoros rádióvevőket készítettem. Életre keltettem néhány, az áruházból rendkívüli kedvezménnyel megvásárolt üzemképtelen rádiót, amiért is a falunkban hírem ment, így egyre gyakrabban hoztak hozzám javíttatni is hasonlókat. (Volt, hogy olyan „kis hibás” autórádiót is, amelynek belsejében, talán egy zárlat miatt, szisztematikusan szénné égett minden. Én, mint „szakember”, ingattam is a fejem rendesen!) Alapvetően már a tranzisztor korában cseperedtem fel, de azért valamennyire beletanultam az elektroncsövek világába is. Az elektroncsöves kapcsolásokban bizonyos dolgok másképp vannak, például gondosodni kell fűtőáramról is, meg több száz voltos anódfeszültségről, de összességében mégis esztétikusan egyszerűek voltak a tranzisztorosokhoz képest. A szóban forgó alkalommal édesanyám egyik volt munkatársnője (egy nyugdíjas néni) egy Néprádiót hozott javíttatni, amelyet előzőleg alaposan kiporszívózott ☺. Akkor már egy pillanatra sem hittem, hogy a pornak valami kulcsfontosságú szerepe lehetne a működésében – inkább valamelyik huzal elszakadására tippeltem (nyert). A hibakeresés és javítás tehát nem tartott soká, legfeljebb ha fél órát. De miután összeszereltem a rádiót, feltűnt, hogy egy csavart kifelejtettem. Pechemre, nem a hátlap csavarja volt, hanem a rádió belsejében volt hivatott rögzíteni egy kondit. Gyarló az ember, különösen, ha már profinak hiszi magát. Nem volt kedvem újra szétszedni az egészet, gondoltam így is vissza tudom csavarni, hátulról óvatosan benyúlva... (A kezűgyességemre sosem volt panasz.) Továbbá a készülék kikapcsolását is feleslegesnek éreztem, hiszen az

adott kontaktus úgysem volt különösebb feszültség alatt. Na most a szitu a következő: bal kézzel „könyékig” bent vagyok a bekapcsolt rádió belsejében, ahol a mutató és a középső ujjammal megpróbálom vakon a helyére bizgatni a csavart, hogy közben ne is érjek hozzá valami nagyobb feszültségű ponthoz, esetleg egy forró elektroncsőhöz, de ha mégis, akkor sem szabad ám hirtelen mozdulatot tenni... Hát mit mondjak, nem sikerült! Életemben akkorát még nem vágott rajtam az áram, mint akkor! Az anódfeszültség kondijának minden energiája utat talált az egyik ujjamon át – még egy kis lyukat is égetett belé! Egész hátralevő nap látszólag a zsebemben hordtam a bal kezem. (Annyira elzsibbadt, hogy megemelni sem tudtam...)

## Katonadolog

A következő egyetemi előfelvettként esett meg néhányunkkal, akik a katonaságnál ugyanazon az orosz gyártmányú R140-es rádióállomáson teljesítettünk szolgálatot. A rádióállomás lelke egy tehergépkocsira szerelt, 1,5 kW maximális kimenő teljesítményű (és 4-5 kW hőt kisugárzó) rövidhullámú hibrid (elektroncsövek plusz félvezetők) adóvevő berendezés volt. A hadgyakorlaton egy HAD16 nevű 16 kW-os aggregátor gondoskodott az ellátásáról. Nos, az antennarendszer kitelepítésével végeztünk úgy 4-5 óra alatt, még éppen időben, mert már sötétedett. Kezdődhetett (volna) a munka intelligensebb része, vagyis az adóvevő számos rezgőköri kondijának, induktivitásának és potméterének behangolása a műszerek visszajelzései és a megkívánt átviteli frekvenciák függvényében. Így hát az állomás pk (parancsnok) utasítást adott a készülék bekapcsolására. Ámde ebben a pillanatban a belső életvédelmi egység leváltott. Valami nem tetszett neki. (De mi?) Visszakapcsoltuk hát, majd újra megpróbáltuk „beizzítani” az adóvevőt. Ugyanaz. Ekkor az egyik honvédtársam parancsot kapott, hogy tartsa nyomva a belső életvédelmi gombot, hogy az ne tudjon leváltani... (Hajaj!) Újabb indítási kísérlet, mire fel leváltott a külső életvédelmi egység. (Ezek az oroszok... mindenre gondoltak!) Újabb honvéd, újabb parancs, ő meg tartsa nyomva a külső életvédelmi egység gombját! Következő indítási kísérlet – erre levált az aggregátor automatája! (Azért ez már valami, ugyanis  $3 \times 380 \text{ V} \times 40 \text{ A}$  csúcsterhelésre volt méretezve...) Ekkor jött az én parancsom: tartsam nyomva az aggregátor reléjét, hogy az se válthasson le! A következő indításnál ámulatba ejtő dolog történt az orrom előtt: mintha csak egy óriás a vasmarkába fogta volna, a teljes sebességgel pörgő, és minimum fél tonnás aggregátor 2 másodperc alatt úgy lefulladt, hogy minden műszere végkiterítésbe ment, az aggregátor maga pedig fél kerekére emelkedett!

Így hát újra kellett indítani az aggregátort is (nem lett baja). Ekkor időszerűnek láttuk megtekinteni, hogy voltaképpen mi a fene is történhet az adóvevő nagyfeszültségű tápegységének belsejében ☺. Ezért az állomás pk kicsavart egy biztosítékot, valami apróbbat, valame-

lyik visszajelző áramkörhöz tartozót. Újabb indítási kísérlet: az aggregátor reléje levált (azt már akkor békén hagytuk, nehogy újra kelljen majd indítani azt is). De ami a lényeg: a körülbelül kockacukornyi lyukon át olyan fény árasztotta el a gépkocsi belsejét, mintha fényes nappal lenne! Ááááá, szóval valami zárlat! (Ugye milyen hamar kitaláltuk ☺?) Kivettük a nagyfesz tápegység egyenirányító paneljét (körülbelül 40 cm minden oldala), rajta 36 db sorba kötött vaskos dióda, mátrix elrendezésben. (Khm, ez egy másik „Mátrix”!) A bakelit alaplemez tényleg elég szenesnek tűnt, így hát nekiálltunk az elszenesedett részt levakargatni. Egy röpké óra alatt meg is voltunk vele. Visszatettük, aztán jött az utolsó próba: És működött! Nagyot nőtt a szememben az orosz haditechnika, már ami a szinte elpusztíthatatlan méretezését illeti. De ugyanez nem vonatkozik az emberekre, mi nagyon is könnyen meghalhattunk volna! – Igaz, legalább parancsra.

## A mihez tartás végett

Az idézett esetek mindegyike olyan, hogy simán agyonüthetett volna az áram! Persze az ember meg is úszhatja, mert nagyon sok körülményen múlik, hogy milyen lesz az áramütés végső kimenetele. Számít a feszültség, az áramerősség, az áram frekvenciája (ha váltó), időtartama, teljesítménye, az érintkezési helyek, az áram útvonala testünkben, de még a fizikai és lelki állapotunk is! A legveszélyesebbek azok az esetek, amikor az elektromos áram útja a szívünket keresztezi, ugyanis ilyenkor fennáll a lehetőség, hogy a szív azonnal megáll. De ha még ezt el is kerüljük, akkor is szenvedhetünk izomgörcsöt, bénulást, súlyos égést, az elektrolízis révén fejlődő gázoktól embóliát stb. Vannak alattomos kémiai hatások is, amelyek esetleg csak 1-2 nap múlva okoznák a halálunkat, amikor már szinte el is felejtkeztünk az egésztől! Szóval a témával nagyon fontos volna még gyerekkorunkban megismerkedni. Hallom, mostanság már munkavédelemből is lehet érettségizni. Ennek ellenére, legalábbis a magyar nyelvű Internet egyáltalán nem hemzseg a témába vágó érdekes és részletes művektől. Hosszas keresgélés után a PilisCentrum.hu honlapján találtam a leginformatívabb és olvasmányos leírást [4], *Áramütés* címmel, de sajnos a szerző megjelölése nélkül. Egy másik írást is nagyon ajánlok a figyelmükbe *Ifj. Záttonyi Sándortól* [5], aki

érdekes kísérletekkel együtt ír az elektromosság veszélyeiről. Az ilyen segítségek nagyon hasznosak lehetnek abban, hogy a kísérletezni vágyó fiatal elkerülje a buktatók zömét, és természettudományos fejlődése magasabb sebességre kapcsoljon. Hogy némelyikük mennyire szerteágazó problémahalmazon is át tudja így magát verekedni, arra remek példa *Schronk Edina*, aki kacsaringós munkájáról nemrég pont itt, a *Fizikai Szemle*-ben számolt be [6]. Edinával az MFA egyik nyílt napján találkoztam, ahol bekukucskálhattam laborjainkba. Mások előtt is nyitva áll ez a lehetőség, ahogyan az MFA Nyári Iskola nevű középiskolás tudományos kutatótábor is, amelyre ezúttal is nagy szeretettel várjuk a kutatni vágyó diákokat, az általunk is művelt tudományos témákban [7]!

## Epilógus

Nem állíthatom, hogy az utóbbi években már egyáltalán nem rázott meg az áram, de csak kisebb szurkapiszkák értek. Talán megtanultam tisztelni az elektromosságot, és végérvényesen tudomásul vettem, hogy bizonyos rendszabályokat muszáj betartanom, mert különben a balszerencsém kifoghat rajtam. Mindenesetre azt is gondolom, hogy az embernek szüksége van valamennyi személyes tapasztalásra. De ezt ne tekintse senki se bátorításnak, nehogy utánozza az én hülyeségeimet, legalább azokat ne, nem adok rá licenst (ha már, akkor legyen kreatív ☺...!) Na és ha valaki az ismeretlennel kezd, mint a kísérleti természetkutatók általában, legyen különösen elővigyázatos!

## Irodalom

1. Ferenc Kata: Nyári iskola az MTA MFA-ban: Hogyan lesz a tojásból műcsont? *Élet és Tudomány* LXV/37 (2010) 1174–1176.
2. MOL – Dialógus Konferencia – 2011. február 21., Budapest, háttéranyag link: <http://www.mol.hu/repository/644531.pdf>
3. Rocard-jelentés – első kézből (Szilágyi Zsuzsa interjúja Csermely Péterrel, a természettudományos oktatás megújításával foglalkozó EU-szakértői csoport magyar tagjával). *Fizikai Szemle* 57/9–10 (2007) 340.
4. [www.piliscentrum.hu](http://www.piliscentrum.hu): Áramütés, feltöltve: 2009.03.24. 18:34, [http://www.piliscentrum.hu/?lap=/hirek\\_irasok/cikk\\_sablon.php&cimfajl=aramutes](http://www.piliscentrum.hu/?lap=/hirek_irasok/cikk_sablon.php&cimfajl=aramutes)
5. Ifj. Záttonyi Sándor: *Elektromos áram az emberben*. [www.fizkapu.hu](http://www.fizkapu.hu), 2004.04.27., <http://www.fizkapu.hu/fiztan/fiztan03.html>
6. Schronk Edina: Aladdina Csodalámpája. *Fizikai Szemle* 61/1 (2011) 26.
7. MFA Nyári Iskola: <http://alag3.mfa.kfki.hu/mfa/nyariiskola/>

# A PÉCSI KÖZÉPISKOLÁKNAK AJÁNDÉKOZOTT DIGITÁLIS GEIGER–MÜLLER-SZÁMLÁLÓ HASZNÁLATÁRÓL

A fémdobozba épített készülék alkalmas radioaktív sugárzás érzékelésére, mérésére. Sugárzó anyag hiányában működtetve csak a pillanatnyi háttérsugárzás mérési (beütés/perc). Sugárzó anyagként – ha más nincs

– alkalmas az úgynevezett gázizzó-harisnya, amelyet gázlámpák világítófejében használnak. (Pár évvel ezelőtt még technikai eszközöket árusító boltban beszerezhető volt.)