

5. ábra. Opto-akusztikus jelátalakító vázlata.

bizonyult a borotvapenge. Amellett, hogy elég jól visszaveri a fényt, meglehetősen jó rugalmassági tulajdonságokkal és kis tehetetlenséggel bír. Hangszóróhoz rögzítve állóhullámok alakulnak ki rajta. A visszavert lézerefény csodálatos mintákat rajzol ki a falra. Megfelelő frekvenciaarányok esetén jól megfigyelhetőek a Lissajous-görbék.

### „Lehallgató készülék”-modell

Az előző kísérlethez kapcsolódó – hangjelek többszintű átalakítását megvalósító – eszközt nevezhetnénk opto-elektro-akusztikus átalakítónak is. Elkészítéséhez helyezzünk egy hangforrást (hangszórót, MP-3 lejátszót) egy akváriumba, vitrines szekrénybe vagy egy plexidobozba. Lézerefényt irányítsunk az üvegre. A visszavert fény útjába helyezzünk egy fényérzékelővel (fotodióda, tranzisztor) ellátott mikrofonerősítőt [3]. A kísérlet vázlata az 5. ábrán látható. A visszavert fény amplitúdója a visszaverő felület rezgésével

arányosan változik (amplitúdómoduláció). A fényérzékelő elektromos jelekké, a hangszóró hanghullámokká alakítja a fény rezgéseit. Ily módon többszörös átalakuláson megy át a hang: akusztikus rezgésből modulált fényjel, abból elektromos váltakozó áram, majd újra mechanikus (akusztikus) hullám lesz. Ha a kimeneti hangszóró akkora intenzitású hangot kelt, hogy hatást gyakorol a dobozra, pozitív visszacsatolás jön létre. A rendszer – hangszóróhoz közelkerülő mikrofonhoz hasonlóan – begerjed.

### Összegzés

Érdekes kísérletek elvégzéséhez, fizikai jelenségek bemutatásához nem feltétlenül szükségesek drága, bonyolult eszközök. Mivel környezetünk a természet törvényei szerint működik, a fizikáért sem kell a szomszédba mennünk. Elég, ha nyitott szemmel járunk, és észrevesszük a csodák kimeríthetetlen sokaságát, amit fizikának nevezünk. Egyszerű eszközök felhasználásával végzett kísérletek igen tanulságosak és szórakoztatóak. Kiválóan alkalmasak a kreativitás fejlesztésére, és segítenek a környezettudatos magatartás elsajátításában. A fenti kísérletekről készült videók megtalálhatóak az Interneten [4].

### Irodalom

1. <http://www.ma.hu/tart/rcikk/f/0/133789/1>
2. <http://boronkay.vac.hu/site2010/controller/print.php?type=article&id=349>
3. Jendrék M.: Látható hangok, hallható fények. *Fizikai Szemle* 62/3 (2012) 96–100.
4. <https://sites.google.com/site/anket53/>

## OKOSTELEFONOK A FIZIKAOKTATÁSBAN

Medvegy Tibor  
ELTE, Természettudományi Kar  
Pannon Egyetem, Mérnöki Kar

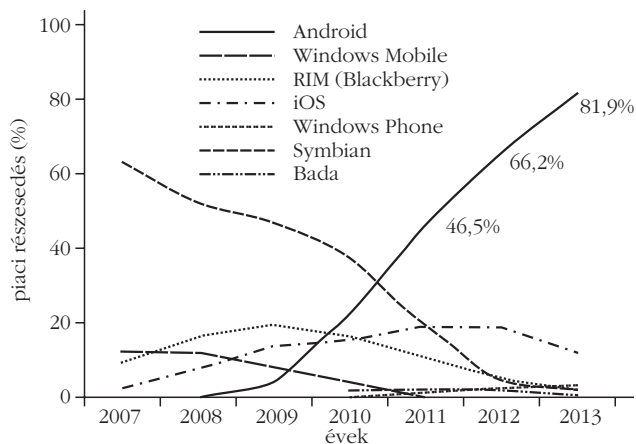
A modern kor kommunikációs és szórakoztató ipari eszközei egyre inkább belopják magukat a tanulók életébe. Mára már a legtöbb középiskolai osztályban nem is egy olyan fiatal akad, aki rendelkezik okostelefonnal vagy tábla PC-vel. Ezek a hardverek számos olyan szenzort és az abból érkező adatok feldolgozására használható szoftvert tartalmaznak, amelyek – felhasználhatóságuk szempontjából – vetekedhetnek a fizikaszertárak eszközeivel.

### Okostelefonok és az Android

Általánosságban a PC-szerű funkciókkal bíró mobiltelefonokat nevezzük okostelefonnak, vagy smartphonének (az Apple cég által gyártottakat iPhone-nak). Az okostelefonok rohamos terjedésével lassan a tanulók

legtöbbször zsebében ott lapul egy olyan eszköz, amelynek számítási kapacitása bőven túlszárja a NASA gépeinek kapacitását a Holdra szállás évében. Ezek a szerkezetek processzort, belső memóriát és háttértárat tartalmaznak, a vezérlést pedig érintőképernyőn keresztül oldják meg. A legtöbb készüléket felszerelik még GPS-szel, kamerával, WiFi és Bluetooth kommunikációs lehetőséggel, és ami számunkra talán a legfontosabb: különféle szenzorokkal. E komplex hardver irányításához természetesen megfelelő operációs rendszerre van szükség, amely mindezeket a funkciókat kezeli. Ahogy az elmúlt évek folyamán, jelenleg is komoly csata zajlik a fejlesztők között.

Az 1. ábrán látható az egyes operációs rendszerek piaci részesedése. A 2013. harmadik negyedéves adatok alapján [1] jelenleg egyértelműen az Android dominál a maga 81,9%-ával, így egyértelmű, hogy első-



1. ábra. Operációs rendszerek piaci részesedése.

sorban mely rendszeren futó programokkal érdemes foglalkoznunk. Az Android operációs rendszerekre írt – ingyenes és fizetős – applikációk tárházát érhetik el a telefontulajdonosok az internetre csatlakozó mobiljukon keresztül. Ezt a funkciót az Android esetében Google Play Áruháznak nevezik. Mivel a Google Play-en elérhető alkalmazások száma 2013 nyarán lépte át az egy milliót, így nem is remélhetjük, hogy e cikk a fizikaoktatás számára felhasználható szoftvereket a teljesség igényével mutassa be.

## Az okostelefon mint segédeszköz

A fizikaoktatásban – ahogy persze más tárgyak esetén is – az okostelefonokat mint segédeszközöket alkalmazhatjuk. A stopper- és számológép-funkciók a régebbi telefonokban is rendelkezésre álltak, de míg a számológépek esetén csak az alapműveletek elvégzésére volt beépített szoftver, az okostelefonokra már telepíthetünk tudományos számológép funkciókkal ellátott programot (például *RealCalc*). Lementhetünk különféle adatbázisokat, mint például az *ElectroDroid* és a *Periodic Table* nevű applikációkat. Az előbbi ellenállászínkód-táblázatokról IC-lábkiosztásokon át logikai kapuk igazságtáblázatát valamint fajlagosellenállás-adatokat is tartalmaz. A *Periodic Table* nevű alkalmazás, mint az a nevéből kitalálható, a periódusos rendszer minden adatát és annál még jóval többet is magában foglal. Természetesen a fizika alapösszefüggéseit tartalmazó szoftverek is léteznek. Ilyen alkalmazás a *Pocket Physics*, amely képletekből és az azokhoz tartozó rövid szöveges ismertetőkből áll.

A továbbiakban a Google Play-ről letölthető, minden esetben ingyenes és kipróbált szoftverek neveit *dőlt betűvel* fogom jelölni. Ha szeretnénk kipróbálni az alkalmazásokat, ezeket a neveket kell a Google Play keresőjébe beírni és telepíteni az adott telefonra. Az applikációk angol nyelvű bővebb leírásai a Google Play honlapján megtalálhatók [2].

Megfelelő módon felhasználva a telefonok hangszórói is használhatók segédeszközként. Gondoljunk csak a Mikola-csővel végzett mérésekre, ahol a metronóm ütemére jelöljük be a buborék adott időpontban elfog-

lalt helyét. Metronóm híján azonban használhatjuk a telefonra telepített virtuális eszközt is. A *Mobile Metronome* alkalmazás segítségével beállíthatunk bármilyen ütemet, amelyre elvégezhetjük a kísérletet. A hangszóró felhasználásának másik lehetősége a *Pro Audio Tone Generator* nevű programmal érhető el. Itt előre beállított frekvenciákon szólaltathatjuk meg a hangszórót, bemutatva a hallható hangok intervallumát.

## Az okostelefon mint mérőeszköz

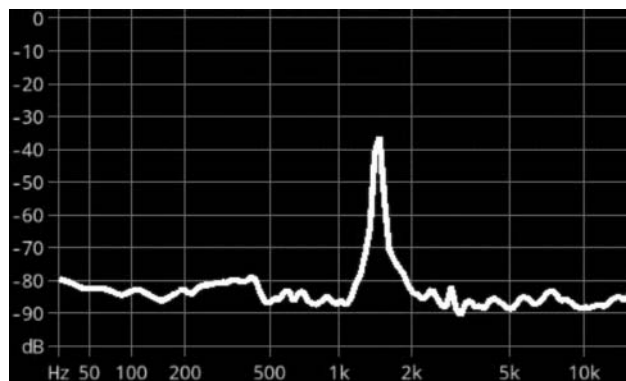
Ahogy a cikk elején is említettük, az okostelefonokat különféle érzékelőkkel szerelik fel. A továbbiakban az egyes szenzorok által nyújtott lehetőségeket mutatjuk be.

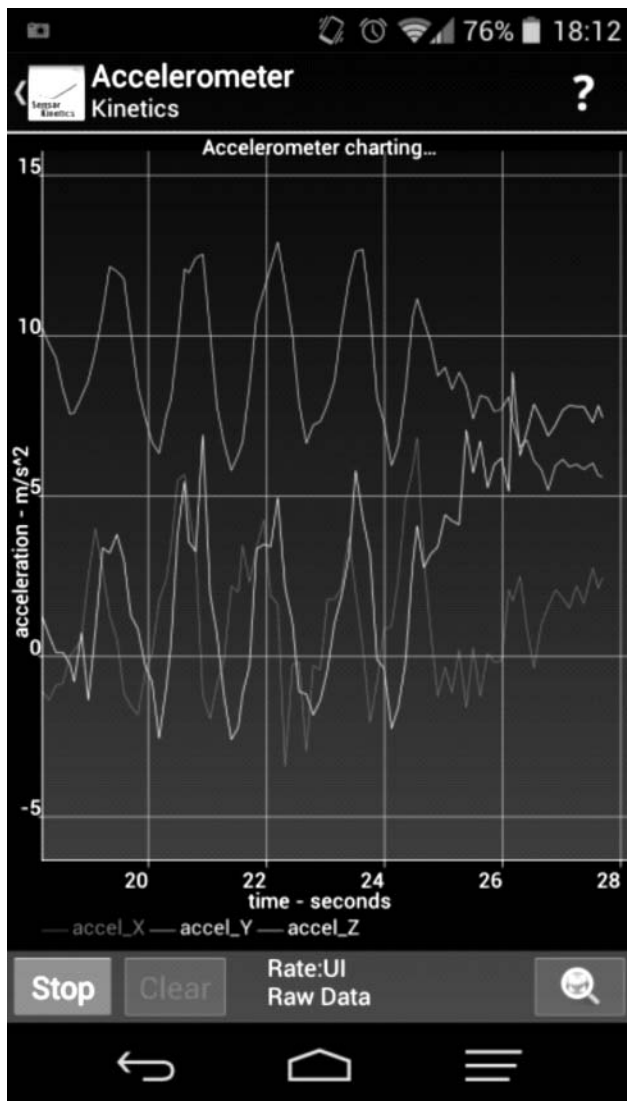
Egy telefon legfontosabb érzékelője természetesen a mikrofon, az általa szolgáltatott adatokat pedig különféle analízisnek vetethetjük alá. Mérhetjük például hangforrások erősségét különböző távolságokból a *Sound Meter* nevű alkalmazás segítségével. Frekvenciaanalízáló programok (*FrequenSee* vagy *RTA Analyzer*) felhasználásával bemutatathatók, hogy a környezetünkben előforduló zajok melyik frekvencián a legintenzívebbek. A 2. ábrán például az látható, ahogyan a háttérzajból kitűnik az emberi füttyülés.

A *Sonar* nevű alkalmazással a szonár működését szemléltethetjük, telefonunk hangszórója ilyenkor egy rövid hangjelet ad ki, amelynek a falakról és környező tárgyakra való visszaverődését a mikrofon detektálja. A detektálási időt mérve következtethetünk a tárgyak távolságára. Természetesen ez a módszer nagyon pontatlan, de a mérés elvét szépen bemutatja. Hátránya azonban, hogy csak olyan telefonokon működik jól, amelyeken a mikrofon és a hangszóró azonos irányba néz.

Az okostelefonok ma már nélkülözhetetlen szenzorok a háromtengelyes gyorsulásmérő, amellyel a telefon döntöttségének mértékét határozhatjuk meg a gravitációs gyorsulás irányához képest. Ezt használja az okostelefon, amikor elforgatja a képernyőnemetet a telefon forgatása esetén. Természetesen ezzel a szenzorral számtalan mérést végezhetünk el, hiszen például a *Sensor Kinetics* alkalmazás képes valós időben grafikonon megjeleníteni, illetve később elmenteni a

2. ábra. A *FrequenSee* alkalmazás és az emberi füttyülés.





3. ábra. A Sensor Kinetics alkalmazás a telefon forgatása közben.

telefon gyorsulásának pillanatnyi értékeit. Ezáltal mérhetjük sportolók, biciklizők, autók mozgása során fellépő gyorsulásokat. A telefonunkat akár kiskocsikra is rögzíthetjük és mérhetjük azok ütközése során fellépő gyorsulásokat, vagy akár rezgő (rugó) vagy forgó (lemezjátszó) rendszerekre is helyezhetjük telefonunkat (3. ábra). Természetesen ilyenkor ajánlatos a telefon biztonságát is szem előtt tartani!

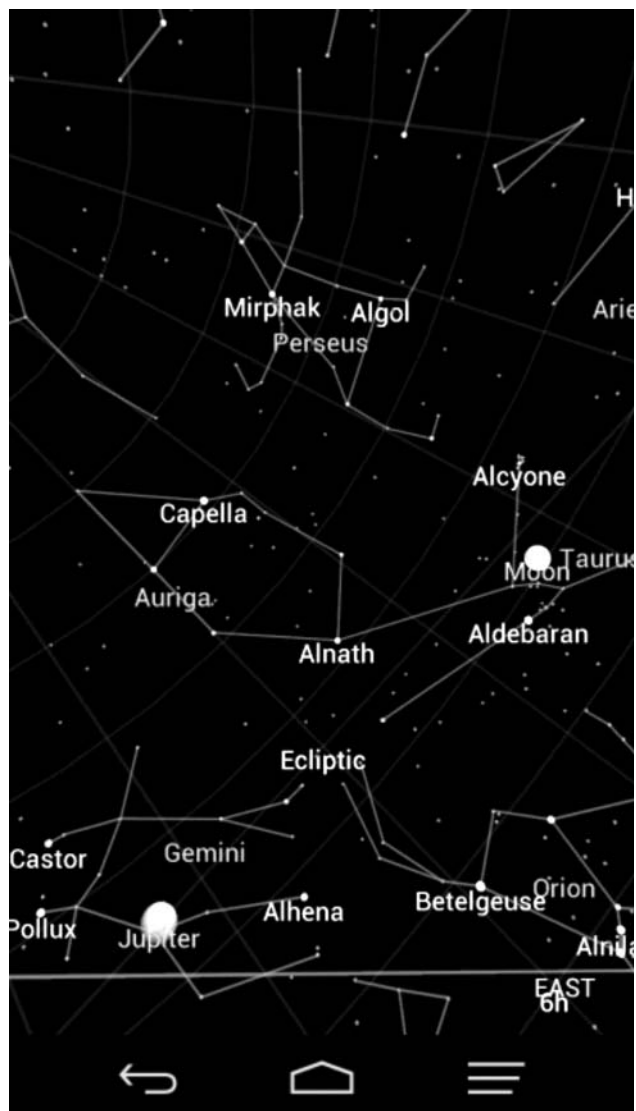
A telefon döntöttségének mérése lehetőséget ad arra, hogy egy egyszerű alkalmazást, a *Bubble*-t telepítve vízszintezővé/szögmérővé alakítsuk okostelefonunkat. Ennek segítségével gyorsan meghatározhatjuk akár egy lejtő, vagy éppen egy Mikola-cső dőlésszögét.

A harmadik szenzor, a háromtengelyes Hall-szenzoros magnetométer szintén alaptartozéknak számít a legtöbb mai okostelefon esetén. Ezen érzékelő segítségével telefonunk orientációját kaphatjuk meg a Föld mágneses tengelyének irányához képest. Használhatjuk iránytűként a *Compass* alkalmazást telepítve, vagy a gyorsulásmérő adatainak megjelenítéséhez és rögzítéséhez hasonlóan járhatunk el a *Sensor Ki-*

*netics* alkalmazással, csak ez esetben a magnetométert kell kiválasztanunk az applikáció menüjében. Így akár egy rezgő rendszer periódusidejét is megmérhetjük egyszerűen azáltal, hogy egy erős mágneset helyezünk a mozgó tárgyra és a telefonunkkal rögzítjük a mérhető mágneses indukció értékeit. A mágneses indukció változása hasonló periodicitást fog mutatni, hiszen a mágnes elmozdulásával változik a telefon helyén mérhető fluxussűrűség is.

Talán a legötletesebb alkalmazás mégis a *Google Sky Map*, amely a telefon gyorsulás és mágneses érzékelőinek adataiból meghatározza a telefon orientációját és megjeleníti a képernyőn az adott irányban és időben látható csillagos eget, csillagképeket és bolygókat (4. ábra). Ezen alkalmazás segítségével könnyedén elnavigálhatunk az égbolton, megtalálhatjuk a bolygókat és a csillagképeket. A telefont a padló felé irányítva pedig akár a déli égboltot is szemügyre vehetjük. Ezen alkalmazás segítségével, sokkal interaktívabbá tehetjük a csillagászati témájú óráinkat.

4. ábra. A Google Sky Map alkalmazás a kép készítésekor látható égboltról.



A negyedik szenzor – amellyel foglalkoznunk kell – nem más, mint a már régebbi típusokban is feltűnt digitális kamera. A *Smart Measures* alkalmazás használatakor a kamerát a mérendő tárgy alá vagy tetejére kell irányítanunk, ekkor a telefon gyorsulásmérője által szolgáltatott adatok alapján képes kis hibával megadni egy tárgy távolságát vagy magasságát. Ezen adatok a kamera talajtól mért magasságának (ezt meg kell adnunk) és vízszinteshez képesti döntősségének ismeretében kiszámíthatók.

A kamera és a *Speed Gun* nevű applikáció segítségével képesek lehetünk egy mozgó tárgy hozzávetőleges sebességének mérésére. Ehhez nem kell mást tennünk, mint megadni a mozgó tárgy távolságát, majd a mozgás során, az érintőképernyőn a tárgyat az ujjunkkal követni (ekkor a kamera által látott képet mutatja a kijelző). A kamera látószögének és a mozgást végző test távolságának ismeretében a szoftver megadja a becsült sebességet. A módszer természetesen elég pontatlan, de egy kis gyakorlással könnyen megmérhető egy autó, egy kerékpáros, vagy például egy futó sebessége. A *Real Speed Gun* alkalmazás használata során először a mérendő útszakasz két végére „célzunk” a kamerával (5. ábra). Ezzel a *Smart Measures* alkalmazásnál ismertetett módon a szoftver meghatározza a mérendő utat. A sebesség méréséhez már csak időadatra van szükségünk, ehhez a mozgó tárgyra kell irányítanunk a kameránkat és követnünk kell vele a mozgása során.

Habár a *Heart Rate Monitor* alkalmazás nem tartozik közvetlenül a fizika témakörébe, azért ötletessége miatt mégis érdemes megemlítenünk. Ez az applikáció ugyanis a kamerára szorított ujjunkon keresztül a háttérfényből átjutó fényerő méréséből képes meghatározni a pulzusunkat, hiszen ujjunk „átlátszósága” a pulzusunk következtében folyton változik és ez a periodicitás mérhető a fényerősségben.

A legtöbb telefon tartalmaz továbbá egy gyenge infravörös LED-et, illetve egy hozzá tartozó szenzort is. Ezek általában a telefon képernyője felett helyezkednek el és arra hivatottak, hogy amikor telefonáláskor a fülünkhöz emeljük a készüléket, a fejünkről visszaverődő fényt a szenzor érzékeli, és ekkor kikapcsolja a képernyőt, így az nem fogyaszt áramot a beszélgetés alatt. Ezt a szenzort is felhasználhatjuk a fizikaórán például a *Proximity Sensor Finder* applikáció segítségével, ugyanis ez a szoftver képes mérni, hogy mennyi ideig van egy tárgy a LED-szenzor páros előtt, így akár egy elguruló kiskocsi, vagy egy lengő ingatest áthaladási idejét is megmérhetjük vele. A kitararó test méretének ismeretében könnyen kiszámíthatjuk a test sebességét.

Néhány újabb modell rendelkezik még hőmérséklet mérésére is alkalmas szenzorral, de amennyiben nekünk csak egy egyszerűbb eszköz áll rendelkezésünkre, akkor sem kell feltétlenül lemondanunk a hőmérsékletmérés lehetőségéről, amennyiben segítségül hívjuk a *Thermometer* nevű alkalmazást. A biztonság érdekében minden telefon képes mérni ugyanis az akkumulátorának hőmérsékletét, amely éppen megegyezik a telefon hőmérsékletével abban az esetben, amikor



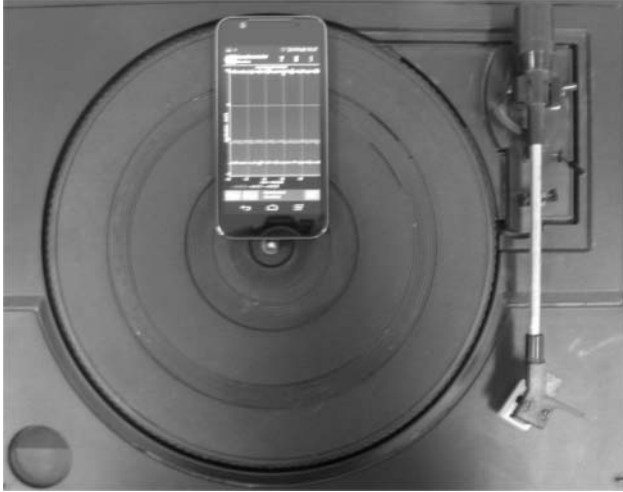
5. ábra. A *Speed Gun* alkalmazás (Google Play – Speed Gun).

éppen csak felébresztjük telefonunkat hosszabb alvó állapotából. Ezt a szenzort sajnos előzetes kalibrációval is csak nagy pontatlansággal alkalmazhatjuk.

Egyes telefonok további érzékelőkkel is fel lehetnek szerelve, például nyomás, páratartalom vagy fényerősség mérésére alkalmas szenzorokkal, illetve giroszkóppal is. Ezen szenzorok által szolgáltatott adatokat szintén a *Sensor Kinetics* alkalmazással lehetünk képesek megjeleníteni vagy akár le is menteni.

## Az alkalmazások bemutatása az osztályteremben

Egy mobiltelefon piciny képernyője természetesen nem alkalmas arra, hogy a telefonon futó alkalmazásokat osztálytermi körülmények között mutassuk be. E problémára szerencsére több megoldás is adható. Kisebb csoportokban, például szakköri foglalkozások alkalmával megelégedhetünk azzal is, hogy egyszerűen körbeadjuk a telefont, azonban egy teljes osztálynál már más eszközökhöz kell folyamodnunk.



6. ábra. Kísérleti elrendezés a gyorsulásmérő elhelyezkedésének meghatározásához.

Készülékünk képernyőjének kivetítése sajnos nem olyan egyszerűen oldható meg, mint egy PC esetében. Szerencsére létezik megfelelő alkalmazás, amellyel képesek lehetünk egy PC-n megjeleníteni telefonunk kijelzőjének valósídejű képét, majd a PC képernyőjét a szokásos úton vetíthetjük ki egy projektor segítségével. Ezt a módszert azonban csak az informatikában járatosabb kollegáknak ajánljuk. Az erre a célra fejlesztett *Droid@Screen* alkalmazás használatának részletes angol nyelvű leírását a szoftver honlapján érhetjük el [3].

Az előbbinél lényegesen egyszerűbb megoldás, ha a tanulók telefonjait is bevonjuk az óra menetébe. A felhasználható telefonok számát figyelembe véve csoportokat alakíthatunk ki, és amennyiben van nyílt hozzáférésű vezeték nélküli internet az iskolában, azon keresztül tanulóink az adott alkalmazást gyorsan telepíthetik. Internet-hozzáférés hiányában előre megkérjük a telefontulajdonosokat, hogy ezt még otthon végezzék el.

A harmadik megoldási lehetőség az, hogy a mért adatokat számítógépre exportáljuk és azokat kivetítve a gépen vagy a táblánál értékeljük ki. Az adatexportálás lehetősége a legtöbb említett szoftver esetén elérhető. Egyéb esetekben pedig egyszerűen képernyőmentéseket készíthetünk telefonunkról például az *Easy Screenshot* alkalmazás segítségével. (Így készültek a cikkben látható képek is.)

Terjedelmi okok miatt nem áll módunkban részletes példát adni az összes alkalmazás használatára, azonban egy kiragadott eseten keresztül szemléltetjük, hogy miként épülhet be az okostelefon egy fizikai mérésbe.

*Határozzuk meg, a telefonunkban lévő gyorsuláserzők helyét!*

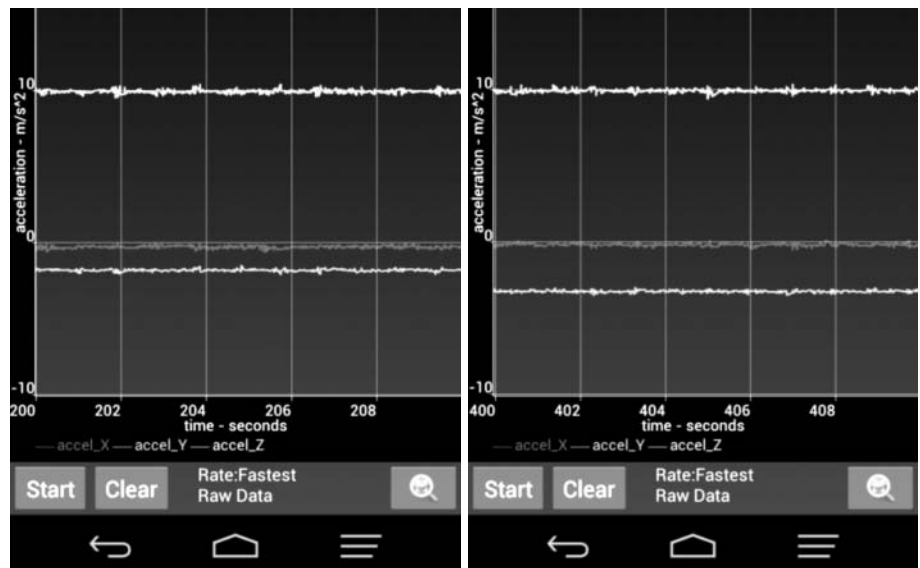
Ehhez a méréshez szükségünk lesz egy lemezjátszóra, illetve fel kell telepítenünk a *Sensor Kinetics* alkalmazást a telefonunkra. Telefonunkat a 6. ábrának megfelelően helyezzük a lemezjátszóra, majd indítsuk el a mérést! A lemezjátszót bekapcsolva azt tapasztalhatjuk, hogy egy vagy két tengely mentén a körmozgás következtében megváltoznak a mért gyorsulások értékei. Próbálgatással helyezzük el a telefont úgy, hogy csak az egyik tengely mentén tapasztaljunk gyorsulásváltozást a lemezjátszó működtetésekor. A mérést rövid ideig futni hagyjuk, majd azt megállítva a mért adatokat a leolvashatjuk telefonról (7. ábra), vagy azokat egy számítógépre exportálhatjuk. A 7. ábrán látható három görbe az egyes tengelyek mentén mért gyorsulásadatokat mutatja. A felső görbe a 6. ábra síkjára merőleges tengelyen mért értékeket mutatja, itt a gravitációs gyorsulás értékét láthatjuk. A középső görbe a körmozgás során fellépő gyorsulás tangenciális komponensét adja, ez természetesen jelen esetben az egyenletes körmozgás következtében zérus. Az alsó adatsor pedig a gyorsulás radiális komponensét adja meg, a későbbiekben ezt fogjuk felhasználni mérésünkhöz.

A fordulatszámok ismeretében meghatározhatjuk a lemezjátszó két forgatási sebességéhez tartozó szögsebességét, majd a mért gyorsulások értékeinek behelyettesítésével megkaphatjuk a szenzor forgástengelytől mért távolságát.

$n$ (1/min)	$\omega$ (1/s)	$a_{cp}$ (m/s <sup>2</sup> )	$r$ (m)
33	3,456	1,75	0,147
45	4,712	3,25	0,146

A mérést elvégezhetjük szakköri alkalmakkor, de a képernyő képét kivetítve akár tanórai keretek között is. A 6. és 7. ábrákat – vagy ahhoz hasonlóakat – akár házi feladatként is adhatjuk diákjainknak, hiszen amennyiben megadjuk például a telefon pontos mé-

7. ábra. Mért gyorsulásadatok különböző fordulatszámok esetén.



retét, úgy a méréskiértékelés már egy vonalzó segítségével történhet akár a képek alapján is. Erről a módszerről a [4] cikkben olvashatnak bővebben.

## Összefoglalás

Az okostelefonok felhasználásának még egy nagy előnyét meg kell említenünk: mindig kéznél vannak. Nem igényel óra előtti felkészülést, előzetesen csak egyszer kell telepítenünk a kívánt alkalmazásokat és

az óráinkon már használni is tudjuk azokat. Természetesen ez az eszköz nem válthat ki egy jól felszerelt szertárt, azonban kiegészítheti azt.

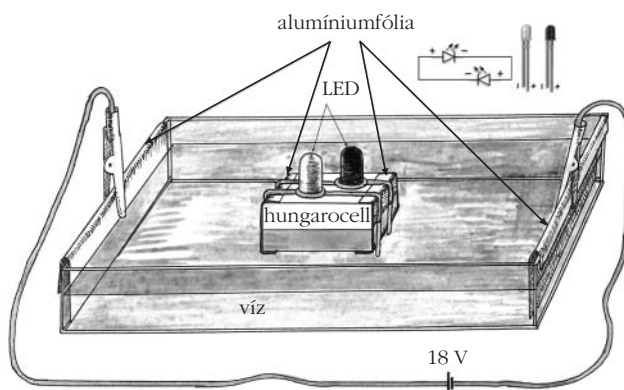
## Irodalom

1. <http://www.gartner.com>
2. <https://play.google.com/store>
3. <http://droid-at-screen.ribomation.com>
4. Teiermayer A.: Kísérletek, fényképek és videofelvételek alkalmazása a fizikaoktatásban. *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban*. Konferencia-kiadvány, Budapest, 2013. 285–290. old. (pdf formátumban letölthető: <http://fiztan.phd.elte.hu>)

# A SONS 2013-RÓL HOZTAM

A Science on Stage (Tudomány a Színpadon, SONS) fesztiválokon – így a 2013. évin is – elsőként mindig szomszédos országok standjait szoktam felkeresni, mert több éves tapasztalataim alapján ott mindig található valamilyen utánépítésre alkalmas kísérleti eszköz. Ez évben sem csalódtam, amikor megnéztem a szlovák fizikatanárok asztalát. Ott fedeztem fel egy nekem nagyon szimpatikus kis berendezést, amelyet *Ludmila Onderová* (Institute of Physics, Faculty of Science, University of Pavol Jozef Šafárik, Košice) mutatott be. A kis csoda egy vízben úszó, és látszólag áramforrás nélkül világító LED volt. Az eszköz megépítése nagyon egyszerű, fillérekbe kerül, és garantáltan felkelti bármely korosztály érdeklődését. Amellett, hogy a látványon mindenki nagyon meglepődik, működésének magyarázatával nagyon sok fizikai ismeret közvetíthető. A kísérletben egy téglalap alapú, szigetelő anyagból készült edényben lévő vízbe a tálca két végpontjánál alufóliából készült elektródákon keresztül egyenáramot vezetünk (1. ábra). Az elektródák úgy lettek kialakítva, hogy a vízben közel homogén elektromos tér alakuljon ki (potenciálkád). Az edény hosszát és a szükséges feszültségforrást úgy kell megválasztani, hogy a vízben néhány volt potenciálkülönbség legyen mérhető centiméterenként. Ebben az esetben a LED lábait néhány cm-re széthúzva, majd megfelelő pozícióban a vízbe mártva a LED világítani kezd. A víz közismerten rosszul vezeti az áramot, de szerencsére a LED-ek működtetéséhez már néhány mA áram is elegendő. A közönséges csapvízben mindig található annyi szennyeződés, hogy a vízben lévő ionok ezt az árammennyiséget gond nélkül képesek szállítani. A LED begyújtásához szükséges feszültség az  $e \cdot U = h \cdot f$  összefüggésből határozható meg. Így

Piláth Károly  
ELTE Trefort Ágoston Gyakorlógimnázium



1. ábra. Kád a világító diódákkal.

piros LED esetén ez a feszültség körülbelül 1,7 V-ra adódik, míg zöld LED esetén 1,9 V szükséges ahhoz, hogy a LED világítani kezdjen.

Már csak arról kell gondoskodnunk, hogy a LED úszson a víz felszínén. Ehhez hungarocell szigetelőanyagból készíthető egy kis ladik és már kész is az úszó világítótest. A csónakra két LED is felszerelhető, így még a feszültség polaritása is jelezhető. Ebben az esetben 180 fokkal elforgatva a csónakot a piros helyett a zöld színű LED kezd el világítani. Az elektromos erővonalakra merőleges pozíció esetén a LED-ek elektródái között nincs potenciálkülönbség, így az egyik LED sem világít. Az általam utánépített változatban feszültségforrásként két sorba kapcsolt 9 V-os elemet használtam. A műanyag edény hossza 20 cm volt. A vízbe merülő elektródák távolsága pedig körülbelül 4 cm-re lett beállítva.

## Irodalom

<http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/14-20-Onderova.html>

Szerkesztőség: 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II.emelet, 315. szoba, Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: [mail.elft@gmail.com](mailto:mail.elft@gmail.com)

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszté az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyezményen.

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 800.- Ft + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588–0540 (online)