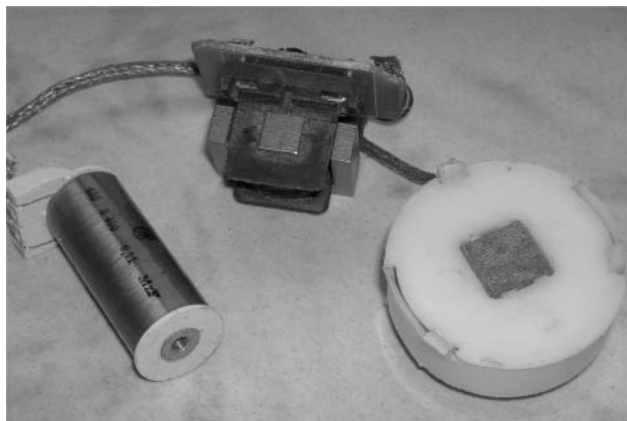


Az elektroakusztikai átalakítók két legfontosabb eleme egy vasmagos tekercs és egy aktív hangfal. Az eszköz alkalmas mobiltelefon kihangosítására, dinamikus mikrofon vagy hangszedő működésének bemutatására.

A kísérletek könnyen reprodukálhatók, nem igényelnek drága, nehezen beszerezhető alkatrészeket. A fizikatanítás során több témakörben is felhasználhatók. A kísérletek a jelenségek interaktív bemutatását teszik lehetővé bármely korosztály számára.



1. ábra. Vasmagos tekercsek.

A tekercs a változó mágneses mező érzékelésére és elektromos jelekké történő átalakítására szolgál. A „mágneses szenzor” szerepére bármilyen nagy menet-számú, lágyvasmaggal ellátott tekercs – villanymotor állórésze, fojtótekercs, elektromágneses relé – alkalmas (1. ábra). A különböző berendezésekből származó elektromágneses jeleket az erősítő felerősíti, a hallható tartományba eső rezgéseket a hangfal alakítja.

## Pozitív visszacsatolás szemléltetése

A tekercset kapcsoljuk rá az erősítő bemenetére. Közelítjük az elektromágneses érzékelőket elektromos berendezésekhez. Kezdjük az aktív hangfállal. A mély, bűgő hang elárulja, hol található benne a tápegység transzformátora. Ha periodikusan közelítjük a tekercset a hangszóróhoz, ugatáshoz hasonló, közepesen magas hangot hallhatunk. A mikrofon gerjedésére emlékeztető pozitív visszacsatolást kapunk. A különbség az, hogy a jelenséget itt nem az akusztikus, hanem a hangszóróból származó elektromágneses jelek okozzák. (Meissner-féle visszacsatolás [1].)

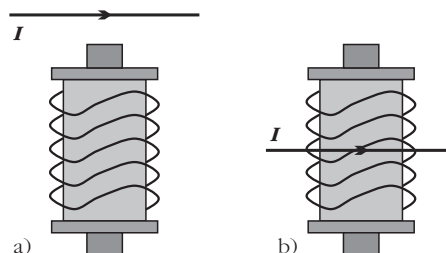
## Mobil kihangosító

Mobil telefonkészülékből kiszűrődő mezők is detektálhatók az érzékelőnk segítségével. Jól „kitapintható” a CPU elhelyezkedése, amelyet jellegzetes hangja árul

el. Előerősítő közbeiktatásával szívdobogást imitáló telekommunikációs jelek is hallhatók. Hasonlóan izgalmas meghallgatni az elemmel működő analóg órákból kilépő mezők „hangját” is. Kitűnő minőségű kihangosítót kapunk, ha mágneses szenzorunkat a telefon hangszórója közelébe helyezzük.

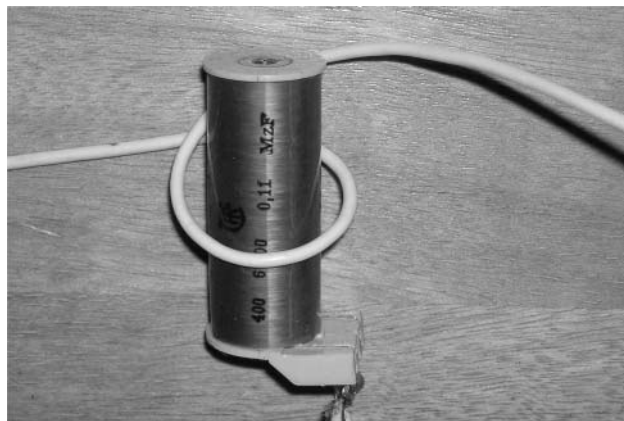
## Az áram mágneses hatása, bifiláris tekercselés

Állítsunk össze egy tetszőleges, néhány amperes váltakozó áramot szállító áramkört! Az áram mágneses mezőt kelt, amit „műszerünkkel” ki tudunk mutatni. Ha a tekercs tengelyére merőlegesen T-alakban helyezkedik el a vezető, semmilyen hatást nem tapasztalunk.



2. ábra. A tekercs és a vezeték egymáshoz viszonyított helyzete.

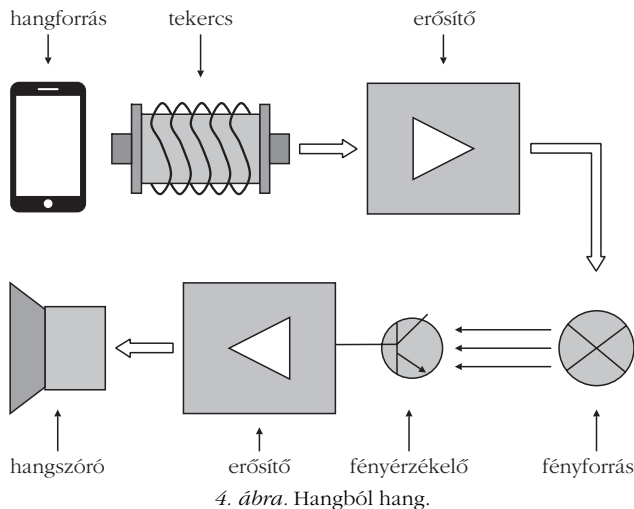
lunk (2.a ábra). Viszont, ha szintén merőlegesen, de a tekercs mellett fut az áramjárta vezeték (2.b ábra), 50 Hz-es bűgő hangot hallhatunk. Ha az áramot szállító vezető felcsévéljük az érzékelőkre, minden egyes menet hozzáadásával a hang fokozatosan erősödik. Egy változtatható menetszámú transzformátort hoz-



3. ábra. Egymenetes szekunder tekercs.

tunk létre (3. ábra). Ilyen módon egyszerűen és látványosan szemléltethető a kölcsönös indukció jelensége, a transzformátor működési elve.

Ha a tekercseléshez a táphoz (fogyasztóhoz) kötött mindkét vezetékét egyszerre használjuk, a hatás elmarad: az ellentétes irányú áramok eredő mágneses indukciója nulla. A kísérlettel bemutatható a bifiláris tekercselés lényege.



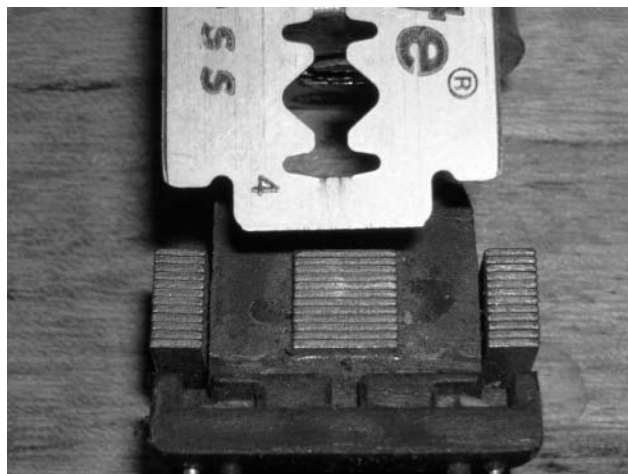
4. ábra. Hangból hang.

### Elektro-opto-akusztikus átalakító

Amennyiben rendelkezésünkre áll valamilyen optoelektronikus átalakító [2] (napelem, fotodióda), egy egész jelátalakítási láncot hozhatunk létre. A mobil hangszórójából tekerccsel felfogott jelet felerősítjük és egy fényforrás segítségével (LED, infra-LED, lézermutatató, zseblámpaizzó) továbbítjuk. A kilépő fényjel amplitúdómodulált lesz. Ha ráesik a fényérzékelőre, abban hangfrekvenciás áram jön létre. Aktív hangfalal az elektromos jel újra hanggá alakítható (4. ábra).

### Borotvapenge rezgése

Az erősítő bemenetére csatlakoztatott tekerccs vasmagjához szorítsunk hozzá egy borotvapenge-darabot (5. ábra)! A penge szabadon maradt szélét vagy végét pengessük meg. A keletkezett mechanikai álló-

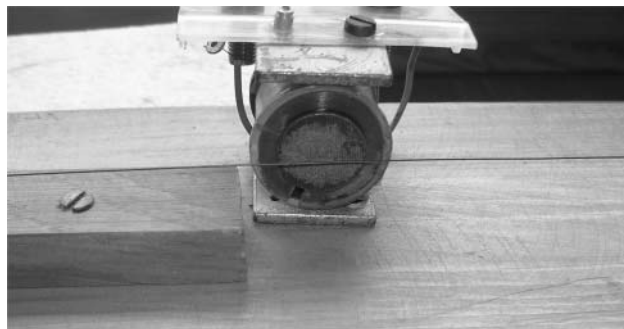


5. ábra. Hangszedő modellje.

hullám elektromos jelet indukál a tekerccsben. Erősítést követően a befogott hossz és a lemez alakjától függően különböző magasságú hangokat állíthatunk elő. Mivel a penge acélból készült, tartósan megőrzi korábban szerzett mágneses állapotát. Az adott összeállítás lényegében nem más, mint egy hangszedő modellje [3].

### Monokord

Készítsünk egy egyhúros hangszert! Ehhez egy deszkalapra és egy rugalmas, kifeszített húzra van szükség. Még jobb, ha valamilyen húros hangszer fölöslegessé vált (elszakadt) húrját használjuk fel erre a célra. Rögzítsünk a deszkára egy tekerccset úgy, hogy

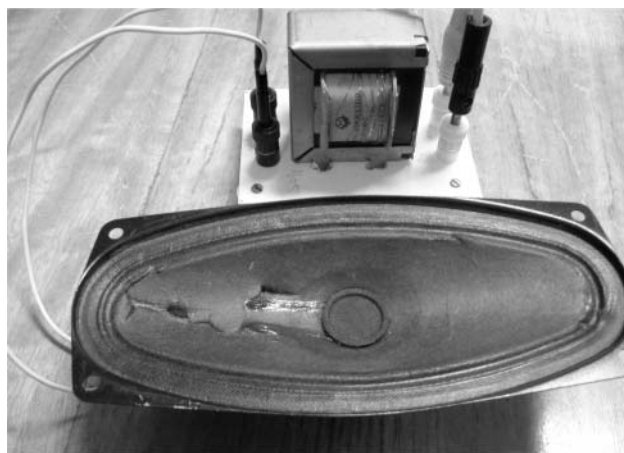


6. ábra. Monokord.

annak vasmagja közel kerüljön a kifeszített húrhoz (6. ábra). Az előző kísérlethez hasonlóan most is csak akkor működik a hangszedő, ha a húr kellőképpen mágnesezett. Állandó mágneset közelítve a húrhoz a hangerősség növekedését vagy gyengülését tapasztaljuk attól függően, hogy milyen irányból és melyik pólusával közelítjük a mágneset. A húr különböző pontjai nem egyformán kerülnek felmágnesezésre. Erről könnyen meggyőződhetünk, ha a rezgő húr mentén végighúzzunk egy (másik) vasmagos tekerccset. A hangerősség hol erősödni, hol pedig gyengülni fog.

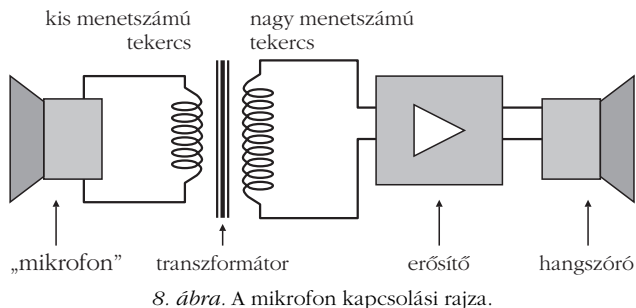
### Mikrofon hangszóróból

Dinamikus hangszóróból könnyűszerrel készíthető mikrofon. A membránnal együtt mozgó tekerccsben feszültség indukálódik. Az így kapott jelet felerősít-



7. ábra. Mikrofon hangszóróból.

jük, és hangszóróval hanggá alakítjuk. Mivel a „mikrofon” tekerccsének kicsi az ellenállása, az erősítő bemeneti ellenállása pedig nagy, illesztés nélkül nem teljesülhet a maximális teljesítményátadás feltétele. Ezen könnyen segíthetünk egy transzformátor közbeiktatásával (7. ábra). A kis menetszámú tekerccset

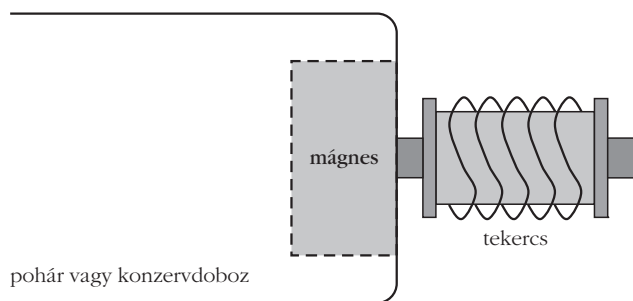


8. ábra. A mikrofon kapcsolási rajza.

a mikrofonként funkcionáló hangszóróhoz csatlakoztatjuk, míg a nagy menetszámút az erősítő bemenetére kötjük (8. ábra). Bármilyen 20-40 menetszámátétellel rendelkező transzformátort használhatunk erre a célra.

### Mikrofon konzervdobozból

Az elektroakusztikus átalakító segítségével elvileg bármilyen – rezgésre alkalmas felületet tartalmazó – tárgyból készíthető mikrofon. Lehet az konzervdo-



9. ábra. A mikrofon vázlatja.

boz, műanyagpohár, üveglap vagy teáskanna. A mikrofonmodell működéséhez szükség van még egy erős mágnesre, amit a hangfalra kötött vasmagos tekercsrel együtt az edény alján helyezünk el (9. és 10. ábra). A hanghullámok rezgésbe hozzák a felü-



10. ábra. A mikrofon konzervdobozból.

letet. A membránnal azonos ütemben mozgó mágnes változó fluxust kelt, ami feszültséget indukál a tekercsben. A felület és a mágnes tekercstől független,

szabad mozgásának biztosítására célszerű a tekercs és a membrán közé egy vékony filc- vagy szivacsdarabot helyezni.

### Fűrészlap

Szereljük át a mágneset és a tekercset egy satuba befogott fűrészlapra (11. ábra)! A kapott eszköz nemcsak



11. ábra. Fűrészlap-mikrofon.

a megpengetett lap rezgéseinek vizsgálatára alkalmas. Ha közelebb visszük a hangszóróhoz, begerjed, azaz mikrofonként is üzemel.

### Mérőszalag

Egy szabadesést eredményező hanyag mozdulat, és a szalag teljes hosszában szétterült a földön. Így vált elektroakusztikus eszközzé. A fűrészlaphoz hasonlóan felszereljük mágnessel és tekercsrel. Ha elejtjük a szalagot, mennydörgést idéző hangeffektusban lesz részünk.

### Összegzés

Egyszerű, látványos, ugyanakkor komoly didaktikai értékkel bíró kísérletek mutathatók be egy házilag könnyen elkészíthető elektroakusztikus átalakítómodell segítségével. Aktív hangfalra kötött lágyvasmaggal ellátott tekercsrel változó mágneses mezők tanulmányozására alkalmas eszközökhöz juthatunk. A berendezés kiválóan alkalmas szabad- és kényszerrezgések vizsgálatára, mobil kihangosító, hangszedő vagy dinamikusmikrofon-modellek készítésére.

A kísérleteket bemutató videofelvételek letölthetők az internetről [4, 5].

### Irodalom

1. <http://wiki.ham.hu/index.php/Meissner-oszcill%C3%A1tor>
2. Jendrék M.: Látható hangok, hallható fények. *Fizikai Szemle* 62/3 (2012) 96–100.
3. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hangszed%C5%91>
4. ESTV Online: Letöltések / Nagyító / Meggyőző kísérlet, váci fizikatanár a legjobbak között
5. <http://archive.galileowebcast.hu> (Kutatók Éjszakája az Ericssonban 2014. szeptember 26.)