

Ha tehát a valóságban találkozik egy „felnagyított” modellautó és egy valódi személyautó, az megfelel egy tank és egy személykocsi végzetes találkozásának (10. ábra).



A modellautók mért adatainak a valóságos autók paramétereivel való összehasonlítása és kiértékelése mindenképpen hasznosak lehetnek a fizikaoktatásban és a gépjárművezetésben is. A 11. osztályos tanulók többsége a jogosítvány megszerzése előtt áll (a vizsgált osztályban a tanulók 30%-a KRESZ-tanfolyamra járt), ezért a tanulók motiváltsága igen kedvező a gépjárművekkel kapcsolatos problémák megoldásában. A kísérletek során könnyen lehetett mozgósítani a közepes képességű diákokat is, a felhasznált digitális környezet szintén motiváló erőként hatott a diákokra. Az autóvezetés és a fizika kapcsolatát maguk a tanulók fedezték fel, és az előbbieken kívül sokkal több összefüggést is észrevettek a munka so-

rán (a gépkocsi tömege és fogyasztása közötti kapcsolat, miért nem lehet 100 km/h a tankok sebessége... stb.). A tanulók többsége már rutinszerűen alkalmazta a kinematika és a dinamika összefüggéseit, a grafikonelemzés is sikeres volt, a hasonlóságot, mint matematikai fogalmat már korábbról ismerték, a tömegekre alkalmazott arányosság pedig átvezette őket a fizika tantárgy témakörébe. A kísérletben részt vevő tanulók remélhetőleg körültekintő gépjárművezetők lesznek, és a fizika sem csak az utakon jut majd az eszükbe.

Irodalom

1. <http://autosguides.com/wp-content/uploads/2010/05/2009-Volvo-C70.jpg>
2. <http://www.decens.hu/barenyi-bela-es-a-gyrdesi-zona.html>
3. <http://www.youtube.com/watch?v=14oUIV89SGg>
4. <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>
5. http://www.masodikvh.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=894&Itemid=380
6. http://www.indavideo.hu/video/T-72_toresteszt

KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON!

Härtlein Károly
BME Fizikai Intézet

5. Hanginterferencia bemutatása

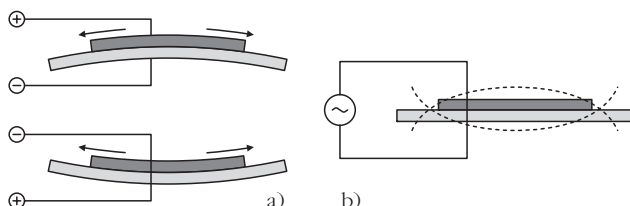
Két hullámforrásból érkező hang interferenciáját érdemes bemutatni fizikaórán, mert segítségével a jelenséget leíró bonyolult képletet meggyőző módon lehet igazolni. Hangtani bemutatónk hullámforrásául választunk két azonos típusú piezo zümmert (1. ábra). Ez a

kis elektronikai alkatrész jellemzően 3–20 V feszültségű egyenárammal működik, áramfelvétele 5–25 mA, tipikusan 2,5–4,5 kHz frekvenciájú, 75–95 dB erősségű hangot bocsát ki [1]. Én az eszközt két darab TAT-BPC3215W-1 típusú piezo zümmerből építettem meg, de megépíthető bármely hasonló, saját meghajtó áramkörrel rendelkező zümmerből.

1. ábra. Egy tipikus piezo zümmert.



2. ábra. A piezolapka alakváltozása egyenáram esetén (a) és rezgése váltóáram alkalmazásakor (b).



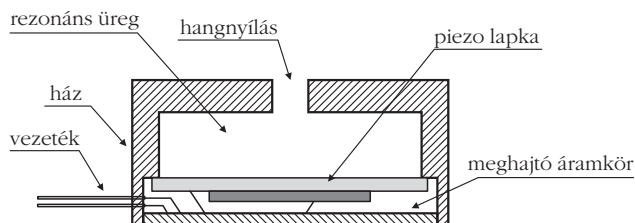
A piezo zümmert működése

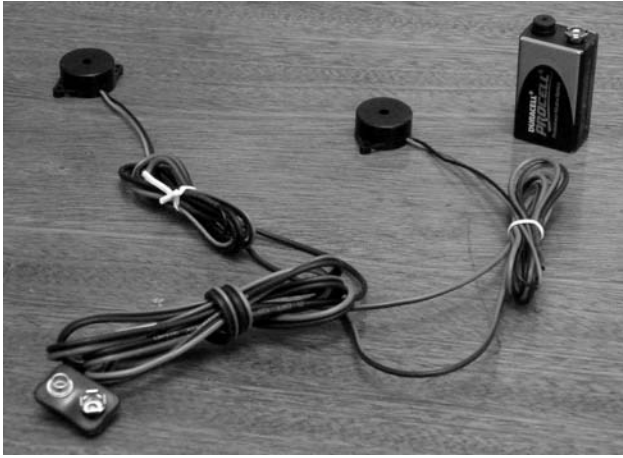
Eszközünk lelke egy piezolapka. A piezolapka feszültség hatására megváltoztatja alakját a 2.a ábrán látható módon. Váltakozó feszültség hatására pedig rezgésbe jön, a rezgés frekvenciája megegyezik a váltakozó feszültség frekvenciájával (2.b ábra).

A zümmertben a piezo lapkát egy meghajtó áramkör hozza rezgésbe, a rezgést jó hatásfokkal egy rezonáns üreg alakítja hanghullámmá, amely a házon lévő furaton keresztül jut ki a térbe (3. ábra).

Az interferenciához szükséges koherens – azonos frekvenciájú, és állandó fázishelyzetű zümmert még változtatással sem lehet találni, hiszen technikai adatai szerint a 4000 Hz-es névleges frekvenciától $\pm 12,5\%$ -os

3. ábra. A piezo zümmert felépítése.





4. ábra. Az elkészített hanginterferenciás eszköz.

eltérés is megengedett. Tanulmányozva a zümmer meghajtó áramkörét, észrevehetjük, hogy ha két zümmerünket sorosan kapcsoljuk, akkor koherens hullámforrásokká válnak. Ennek részleteiről a [2] honlapon tájékozódhat a kedves olvasó. A sorba kapcsolt zümmerek meghajtó áramköreik révén szinkronba kerülnek, frekvenciájuk teljesen megegyező lesz és ellenfázisban ($\varphi = 180^\circ$) fognak rezegni.

Az eszköz elkészítése

Hozzávalók és szerszámok:

- 2 darab piezo zümmer (például TAT-BPC3215W-1 típusú),
- 1 darab 9 V-os elem,
- 1 darab 9 V-os elemtartó,
- 5 méter hosszú egy eres, sodrott vezeték,
- zsugorcső vagy szigetelőszalag,
- forrasztópáka, forrasztó ón.

Az egyik zümmer negatív kivezetését a másik pozitív kivezetésével kell összeforrasztani. A két zümmer közé forraszunk 2 méter hosszú huzalt. Az így megmaradt két kivezetést forraszunk az elemtartóhoz, ügyelve a helyes polarításra. A zümmerek és az elemtartó közé másfél-másfél méter huzalt forraszunk (4. ábra).

Tanácsok a bemutatáshoz

Az eszköz bekapcsolása után először azt mutassuk be, hogy egy forrás esetén nincs interferencia. Ezt az egyik, majd a másik zümmer hangnyílásának befogásával tehetjük meg. Fordítsuk a zümmer a tanulók felé, és mozgassuk. Kérjük fel a hallgatóságot arra, hogy a zümmer hangerejének változását figyeljék meg! Ekkor szinte észlelhetetlen a hangerő változása.

Miután mindkét zümmerrel bemutattuk, hogy nincs változás, irányítsuk mindkét zümmer a tanulók felé. Lesznek, akik halknak és lesznek, akik hangosnak fogják hallani a két zümmer együttesen kisugárzott hangját. Ha a zümmerünk helyzetét változtatjuk, akkor az egyhelyben ülő megfigyelő hol hangosnak, hol halknak fogja hallani a két zümmer által kisugárzott

hangot. Mutassuk be, hogy milyen mozgások esetén figyelhetjük meg az interferenciát. Rögzítsük a zümmerünket egy faléc két végére (például a táblavonalzóra bluetack ragasztóval), így a két forrás távolságát állandósíthatjuk. Ekkor mozgatva vagy forgatva a léceket a léchez viszonyítva állandó interferenciakép is mozogni vagy forogni fog. Ezt jól fogják hallani a diákok. Ha az egyik zümmer a bal, a másikat pedig a jobb kezünkben tartjuk, majd az egyiket a testünkhöz közelítve a másikat távolítva mozgatjuk, akkor is megfigyelhető lesz az egyhelyben ülő számára az erősödés és halkulás.

Teljessé tehetjük az interferenciáról tanultakat, ha bemutatjuk azt, hogy a nem koherens hullámforrásokkal nem lehet létrehozni interferenciát. Zümmerünket a bemutató ezen részéhez párhuzamosan kell kapcsolni, ilyenkor nem szinkronizálódnak egymáshoz, eltérő lesz a frekvenciájuk. És bárhogy mozgatjuk őket, bármilyen helyzetbe állítjuk, diákjaink nem fognak hang erősödést és halkulást hallani.

Ha már a képletet levezettük, vagy megmutattuk, ne sajnáljuk ismét a táblára felírni.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(kr_1 - kr_2 + \varphi).$$

Mutassuk meg, hogy a képletben mit változtatunk, amikor mozgatjuk vagy az egyik, vagy a másik, vagy mindkét zümmer. Ha van írásvetítőnk, akkor egy hullámforrás kinyomtatott képét tartalmazó két fóliát egymás fölött mozgatva láthatóvá is tehetjük a hallottakat (5. ábra).

Az eszköz megépítése oly egyszerű, hogy mindenkinek ajánlom, főleg azoknak, akik még nem készítettek sajátkezűleg kísérleti eszközt! Az elkészítéshez és használatához sok sikert kívánok!

Kapcsolódó oldalak:

1. <http://piezo.com/tech4history.html>
2. <http://www.microbuzzer.com/buzzer-dirving-circuities>

5. ábra. Hanginterferencia demonstrálása hullámfrontokkal.

