

Hangszerek a „semmiből”

Dr. Nagy Anett

Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, 6720 Szeged, Tisza L. krt. 6-8.

Öveges tanár úr érdekes és lelkesítő felvételeivel egyetemista koromban találkoztam először. Akkor kaptam kedvet az otthoni kísérletezéshez, és azóta keresem azokat a kísérleteket, melyekhez csak hétköznapi, mindenki számára hozzáférhető eszközök kellenek. A következőkben Öveges tanár úr emléke előtt tisztelgve az Öveges díjat elnyert pályázatomból mutatok be részleteket. Az említett egyszerű kísérletek megvalósításával akár kis koncertet is adhatunk diákjainkkal, mellyel igazolhatjuk, hogy a fizika tényleg körülvesz minket.

Elméleti háttér

Poharakkal, csövekkel, üvegekkel zenei előképzettség nélkül is bármelyik osztály szórakoztató koncertet adhat. Annyit kell mindösszesen tudnunk, hogy a természetes (dúr) hangskála hangjainak frekvenciái olyan arányban nőnek, mint a következő számsor: 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48. Ez azt jelenti, hogy ha a házi készítésű hangszeren egy teljes oktávnyi hangot szeretnénk megszólaltatni, akkor a kiinduló (alaphanghoz) képest az oktávon belüli többi egész hanghoz tartozó frekvenciákat a következő törtek segítségével kaphatjuk meg [1]:

$$f, \frac{27}{24}f, \frac{30}{24}f, \frac{32}{24}f, \frac{36}{24}f, \frac{40}{24}f, \frac{45}{24}f, \frac{48}{24}f.$$

Házi hangszereinkben vagy az üveg falával együtt rezgő vízoszlop vagy egy rezgő levegőoszlop ad hangot. A rezgés során létrejövő legerősebb alaprezgés hullámhossza a rezgő levegő vagy vízoszlop hosszával arányos. Mivel egy hullám frekvenciája és hullámhossza egymással fordítottan arányos mennyiségek, az előbbieken alapján egy adott l hosszúsághoz tartozó kezdő hanghoz képest a többi hosszát az előbbi törtek reciprokaként kaphatjuk meg (a törteket egyszerűsítettem): (1. táblázat)

1. táblázat A természetes hangskálához tartozó csőhosszak

Hang	dó	ré	mi	fá	szó	lá	ti	dó'
A hosszak aránya a dóhoz képest	1	$\frac{24}{27}$	$\frac{24}{30}$	$\frac{24}{32}$	$\frac{24}{36}$	$\frac{24}{40}$	$\frac{24}{45}$	$\frac{24}{48}$
Az adott hanghoz tartozó hosszak	l	$\frac{8}{9}l$	$\frac{4}{5}l$	$\frac{3}{4}l$	$\frac{2}{3}l$	$\frac{3}{5}l$	$\frac{8}{15}l$	$\frac{1}{2}l$

Házi hangszerek

Zene-csövek

A diákok között legnépszerűbb „hangszer” a zene-cső (1. ábra). Megszólaltatása senkinek sem jelenthet akadályt és már elsőre is biztosan sikerül. Vékony műanyag csöveket megfelelő hosszúságúra vágva egy olyan hangszert kaphatunk, mellyel zenélhetünk, ha a tenyerünkhöz ütögetjük a cső egyik száját. A csőben levő levegő ekkor rezgésbe jön és a cső hosszától függően különböző hangot hallhatunk. A csövek oldalára érdemes ráírni a csőhöz tartozó adott hangot illetve kisebbek számára érdemes színkódot is használni. Így ezzel a hangszerrel akár egy óvodás csoporttal is zenélhetünk, ha kivetítjük a színekkel kódolt hangsort és rámutatunk a soron következő színre [2].

A zene-csöveket 20 mm-es külső és 16 mm-es belső átmérőjű, vízvezeték-szereléshez használt műanyag csövekből készítettem, de más csövekből is elkészíthetőek a „zenélésre”

alkalmas eszközök. Ezek a csövek viszonylag olcsón beszerezhetők, általában 2 m-es hosszúságban. Ebből egy nyolc hangból álló hangsort vághatunk ki. A 20 mm-es műanyag csőből készített hangsorban a megfelelő hangokhoz a következő csőhosszak tartoznak (2. táblázat):



1. ábra: A zene-csövek

2. táblázat Adott hangokhoz tartozó csőhosszak és frekvenciák

Hang	Hossz (cm)	Frekvencia(Hz)
A	38,5	220
H	36,4	233
B	34,3	247
C	32,3	261,5
C# (Db)	30,5	277
D	28,8	293,5
D# (Eb)	27,1	311
E	25,6	329,5
F	24,1	349
F# (Gb)	22,7	370
G	21,4	392
Ab (G#)	20,2	415,5
A	19,0	440
H	17,9	466
B	16,9	494
C'	15,9	523
C' # (D' b)	15,0	554
D'	14,1	587
D' # (E' b)	13,3	622
E'	12,5	659
F'	11,8	698
F' # (G' b)	11,1	740
G'	10,5	784
A' b (G' #)	9,8	831
A'	9,4	880
B'	9,2	892
C'	7,9	1046

Az **Örömóda** egy részletének előadása nagyon egyszerű, hiszen végig szinte egyforma hosszúságú hangokból áll, így könnyen felismerhető (3. táblázat).

3. táblázat Az Örömóda hangjai

E'	E'	F'	G'	G'	F'	E'	D'	C'	C'	D'	E'	E'	D'	D'		
E'	E'	F'	G'	G'	F'	E'	D'	C'	C'	D'	E'	D'	C'	C'		
D'	D'	E'	C'	D'	E'	F'	E'	C'	D'	E'	F'	E'	D'	C'	D'	G
E'	E'	F'	G'	G'	F'	E'	D'	C'	C'	D'	E'	D'	C'	C'		



2. ábra: Koncert zene-csőekkel

Pohár-zene

Tegyük egymás mellé egyforma üvegpoharakat és töltsük meg különböző magasságig vízzel (3. ábra)! Egyik kezünkkel fogjuk le a poharat a talpánál. Nedves ujjunkat végighúzza a pohár peremén, a pohár fala rezgésbe jön és hang keletkezik.

A pohár fala azért jön rezgésbe, mert az ujjunk hol megtapad, hol pedig megcsúszik a pohár peremén.

Minden testhez tartozik egy sajátfrekvencia, amelyen rezeg, ha magára hagyjuk. A poharakba töltött különböző magasságú vízoszlopok különbözőképpen módosítják a pohár sajátfrekvenciáját, így különböző magasságú hangokat hallunk. Egy elektronikus hangolóval, vagy énekkaros diákok segítségével néhány perc alatt összeállítható egy hangsor a poharakból. Egy kis gyakorlással pedig egy-egy dalt is előadhatunk a segítségükkel. A kísérlet alkalmat ad egy kis tudománytörténeti emlékezésre, ugyanis hasonló elven működik az üvegharmonika nevű régi hangszer.

Benjamin Franklin angoliai látogatása során találkozott egy zenésszel, aki vízzel töltött különböző poharakat egymás mellé téve úgy „zenélt”, hogy végighúzta a poharak peremén a nedves ujját. Miután hazatért, 1761-ben készített egy zenélő eszközt, az üvegharmonikát (4. ábra), mely egy közös tengelyre felfűzött üvegedényekből állt. A hangszer pedállal forgatta, mint a régi varrógépeket és nedves ujjal szólaltatta meg (5. ábra) [3]. A hangszer elkészültekor ezt írta egyik barátjának, a turini Beccaria professzornak.



3. ábra: Hangsor poharokból



4. ábra: Az üvegharmonika

„Talán némi örömet tudok szerezni önnek, hiszen hazája a zene országa. 32 üveg félgömb felhasználásával új hangszert készítettem. Úgy érzem, valamicskével gazdagítottam ezzel a legbűbajosabb tudományt, a muzsikát, amelynek mindannyian rabjai vagyunk. Hangszerem szava édes a fülnek, egyaránt zeng halkán és erősen, s ha egyszer behangoltuk, megtartja pontosságát. Az ön országának tiszteletére olasz nevet adtam találmányomnak, úgy hívják: armonica.” [4]

Az üvegedényeket nagyság szerint fűzte egymásba és színes festékkel jelölte a különböző hangokat. A hangszer nagyon népszerűvé vált, ezrével gyártották abban az időben. Az üvegharmonika számos zeneszerzőt is megihletett, például Mozart is komponált egy darabot (Adagio és Rondo 617) 1815-ben Beethoven egy melodramájában a narrátor elbeszélése alá szerzett zenét szintén üvegharmonikán.

A korabeli történetírók szerint az üvegharmonikán rendszeresen játszó zenészek egy része arról számolt be, hogy érzelmileg lehangolja őket a hangszer. Úgy gondolták, hogy a hangszerben keltett rezgések az ujjakon keresztül bejutnak a szervezetükbe és rossz kedvet gerjesztenek. Az akkori vizsgálatok inkább ólommérgezéssel magyarázták a zenészek lehangoltságát. A hangszer üveg félgömbjei ólmot is tartalmaztak, így elképzelhető, hogy a hangszerből jutott nagyobb mennyiségű ólom a szervezetükbe. Mivel azonban a 18. században igen elterjedt volt az ólom használata, így az ólom számos más forrásból is bejuthatott a zenészek testébe.



5. ábra: Franklin az üvegharmonikán játszik

Az üvegharmonika azóta is meg-megjelenik a koncerttermekben. Ebben az évben is sok hazai koncerten találkozhattak a hangszer különleges hangjával az érdeklődők.

Hangsor üvegekből

Egy másik egyszerű és olcsó hangszer a műanyag üdítő palack (vagy a sörös üveg, 6. ábra). Fél literes egyforma üdítő üvegekbe különböző magasságú vízoszlopot töltve szintén készíthetünk hangsort. Az üveg szája felett elfújva a levegőt, a palackban lévő levegő rezgésbe jön és a vízszintnek megfelelően hangot ad. A palack megszólaltatásához kell egy kis gyakorlás, de ha valaki egyszer megérezte a kézben tartott palack rezgését, utána már nagyon könnyen előidézheti a megfelelő hangot.



6. ábra: Hangsor sörös üvegekből

Érdeemes felhívni a diákok figyelmét arra, hogy míg a poharas kísérletben a magasabb vízoszlop mélyebb hangot eredményezett, addig ebben a kísérletben annak a palacknak lesz mélyebb a hangja, melyben alacsonyabb a víz szintje. Ennek a látszólagos ellentmondásnak az a magyarázata, hogy a poharak és a befőttes üvegek esetében az üveg fala a vízoszlopot hozza rezgésbe, míg amikor átfújunk az üveg szája felett, akkor az üvegben található levegőoszlop jön rezgésbe. Minél nagyobb a levegőoszlop magassága, (vagyis minél kevesebb víz van az üvegben), annál mélyebb lesz a megszólaltatott hang.

A palacknak nagy előnye a poharakkal szemben, hogy sokkal könnyebb behangolni, törhetetlen és akár egy egész osztály részt vehet vele egy koncerten. Gitárhangelővel igen gyorsan összeállítható egy hangsor, és ha az üvegeken alkoholos filctollal megjelöljük a vízszintet, akkor a későbbiekben nagyon könnyen feltölthetők és beállíthatók lesznek. Mivel egy adott hangmagassághoz tartozó vízszint függ a palack paramétereitől, így nem adható meg egy univerzális hangmagasság- vízoszlop táblázat. Ha tanárként nem érzünk elég önbizalmat magunkban a palackok behangolásához, kérjünk segítséget zeneileg képzett diákoktól vagy az iskola énektanártól. A vízoszlop-szintek meghatározása csak néhány percet vesz igénybe, így nem jelenthet megterhelést annak, akit megkértünk.



7. ábra: Koncert üdítő üvegekkel a 10.B-vel

Pille-palackos ütőhangszer

A műanyag csöveket a befőttes üvegekhez hasonlóan is használhatjuk hangszerként. Másfél literes palackokat töltünk meg különböző magasságokig vízzel és szájuknál fogva kössük fel őket sorban egy hosszú lécre. Kezdjük azzal, amelyikben a legtöbb víz van – ez lesz a legmélyebb hangú – és fejezzük be a legkevesebb vizet tartalmazóval. A hangszer megszólaltatásához üssünk rá valamivel a lécről lelógó üvegek oldalára. Az így kapott hangszer a befőttes üveghez képest tompább hangot ad, de nagy előnye, hogy törhetetlen, ha pedig elreped, akkor sem balesetveszélyes.

4. táblázat A természetes skála hangjaihoz rendelhető vízoszlop magasságok

hangok	dó	ré	mi	fá	szó	lá	ti	dó'
h(cm)	30	26,67	24	22,5	20	18	16	15

Papírhenger-xylophon

Alufólia vagy folpack (esetleg papírtörő) papírhengeréből egyszerűen készíthetünk xylophont (8. ábra). Vegyünk 8 egyforma papírhengert és vágjunk le a végeikből úgy, hogy a következő hosszúságú csöveket kapjuk (8. táblázat). Tegyük a hengereket egymástól 2 cm távolságra! Egy zsinór segítségével rögzítsük egymáshoz a hengereket úgy, hogy a zsinórt áthurkoljuk a hengereken. Az így elkészült xylophonon egy műanyag bot segítségével játszhatunk [5].

5. táblázat természetes skála hangjaihoz rendelhető csőhosszak

Hangok	dó	ré	mi	fá	szó	lá	ti	dó'
h(cm)	30	26,67	24	22,5	20	18	16	15



8. ábra: Alufólia papírhengeréből készült xylophon

Összefoglalás

Tavasszal az osztályommal a gimnáziumunkban rendezett Tavasz Kulturális Fesztiválon léptünk föl, ahol üvegekkel, poharakkal és csövekkel adtuk elő a Tavasz szél vizet áraszt című népdalt különböző „hangszereken” (9. ábra). A nagy „sikerre” való tekintettel házi hangszereinkkel (egy másik osztállyal) az Arany János Tehetségondozó Program szegedi konferenciáját is mi nyitottuk meg.

Kísérletezni mindig élmény, tanárnak, diáknak egyaránt. A hétköznapi eszközök nagy előnye, hogy a kísérleteket otthon is megismételhetjük, továbbfejleszthetjük. Az előbbi leírt kísérletek további nagy előnye szerintem, hogy miközben a fizikával foglalkozunk, csapatot is építünk és jól is szórakozunk. Ezért mindenkinek jó szívvel ajánlom, hogy próbálják ki ezeket a hangszereket a „semmiből”.



9. ábra: A Tavasz szél vizet áraszt... a Tavasz Fesztiválon

Irodalomjegyzék

- [1] Öveges, J.: Az élő fizika. Aranyhal Könyvkiadó, Budapest 1999.
- [2] Palm pipes (Zenecsövek); <http://www.stevespanglerscience.com/product/1185> (2010.02.18.)
- [3] A tudós feltaláló; http://www.sk-szeged.hu/statikus_html/kiallitas/franklin/talmany.html (a letöltés dátuma: 2010.02.18.)
- [4] Az Üvegharmonika; http://www.pbs.org/benfranklin/13_inquiring_glass.html (a letöltés dátuma: 2010.02.18.)
- [5] Tit, Tom: Tom Tit második száz kísérlete és produkciója. Atheneum, Budapest. 1904