



Kísérlet, labor

Hullámtani tanuló kísérletek okostelefon segítségével

Közhelyesen hangzik, mégis igaz a régi, Konfuciusnak tulajdonított mondás: „*Mondd el és, elfelejtem, mutasd meg és, megjegyzem, engedd, hogy csináljam és, megértem*”. A fizikaoktatás leghatékonyabb módja a tanuló kísérlet, különösen akkor, ha ezen keresztül nemcsak egyszerű jelenségeket figyelhetnek meg a gyerekek, hanem méréseket, és ezekhez kapcsolódó számításokat is végeznek. A tanuló kísérletek a tanár részéről külön erőfeszítést igényelnek, és a legtöbb iskolában a feltételek sem adottak, hiányosak vagy nincsenek megfelelő eszközök, és általában nem áll rendelkezésre az oktatást közvetlenül segítő laboráns sem.

Szintén nem kell sokat beszélnünk arról, hogy a XXI. század gyermekeinek figyelmét nehezebb lekötöni. A televízió, internet és az okoseszközök világában már nem kelt akkora csodálatot egy látványos kísérlet vagy egy jól sikerült óra. Őszintén be kell látnunk, a figyelemfenntartás tekintetében az okos-



telefonokkal szemben vesztesre állunk. Ősi bölcsesség, hogy amivel nem érdemes, azzal nem is szabad harcolni. Miért ne használhatnánk inkább a telefonokat a fizikaoktatásban? Ha az okostelefonokat kísérleti eszközként használjuk, két legyet ütünk egy csapásra, nem kell a figyelem fenntartásában versenyre kelnünk, és különösebb előkészület és eszközigény nélkül tanuló kísérleteket is végezhetünk, akár az iskola falain kívül is. A diákok projekt munkában otthon is végezhetik ezeket a feladatokat, még akár olyan különös helyzetekben is, mint a koronavírus szülte



digitális oktatás. Az interneten számos, telefonnal végezhető kísérletet találhatunk, sőt több alkalmazást fejlesztettek kifejezetten okoseszközökre fizikai mérések elvégzéséhez. Most egy rendkívül egyszerű, ám a fizikai tartalmak megértését nagyban elősegítő mérésorozatot mutatok be, mely szinte bármely telefonnal vagy mikrofonnal ellátott számítógéppel elvégezhető. A bemutatott leírásokat elsősorban gondolatébresztőnek szánom, melyet mindenki tovább alakíthat, és beépíthet a saját oktatási gyakorlatába. A mérések mindegyikéről videót készítettem, mely a legnépszerűbb videómegosztón elérhető, a lábjegyzetben ezen videók elérhetősége megtalálható.

A telefonokra több, ingyenesen letölthető frekvenciamérő programot találhatunk, különösen tudom ajánlani a hangszerekre kifejlesztett hangoló programokat, amelyek a hang frekvenciáját is mérik. Ha asztali vagy hordozható számítógépet használunk, rengeteg ingyenes program áll a rendelkezésünkre, a legtöbb hangvágásra alkalmas program egyben frekvenciát is mér. A linken megtalálható videók leírásában kettőt jómagam is ajánlok.

1. Megismerkedés az eszközzel egyszerű hangok hullámhosszá- nak mérésén keresztül¹

A környezetünkben kiválaszthatunk egyszerű tárgyakat, melyeket megütve, azok homogén (egy frekvenciából álló) hangot bocsátanak ki, ilyen tárgy lehet például egy vékony falú üvegpohár, egy lábas, különböző hangszerek és különösen tudom ajánlani a normál „A” hangot adó hangvillát, mert erről tudjuk, hogy 440 Hz frekvenciával rezeg, és így ellenőrizhetjük a mérőeszközünket is.

A telefonon elindítva a frekvenciamérő vagy hangoló programot, a felsorolt tárgyak közül egyet megütve a kibocsátott hang frekvenciája jól mérhető. Természetesen, mint minden mérésnél, legalább háromszor ismételjük meg az eljárást, hogy az esetleges zavaró tényezőkre felfigyelhessünk. Talán mondanom sem kell, hogy a méréseket viszonylagos csendben végezzük. A frekvencia mérése után és a hang terjedési sebességének ismeretében a hang hullámhossza már könnyedén becsülhető (azért beszélünk becslésről, mert az adott viszonyok között a hang terjedési sebességét pontosan nem ismerjük). A normál „A” hangot adó hangvillával végzett mérés frekvenciára 440 Hz-es értéket ad, a hang sebességét 340 m/s-nak véve, a hullámhossz a jól ismert összefüggés alapján adódik:

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{440 \text{ Hz}} = 0,772 \text{ m} = 77,2 \text{ cm}$$

¹ A mérésről készült videó elérhető itt:
<https://www.youtube.com/watch?v=D35uOE3wPRY&t=69s>



2. Húros hangszer húrjában, vagy megfeszített damilban, gumiban terjedő hullám sebességének mérése²

Az előző kísérlet továbbfejlesztéseként megmérhetjük egy húros hangszer húrjában vagy egy általunk kifeszített damilban, gumiban terjedő hullám terjedési sebességét. A kísérlet során én egy kisméretű tanuló gitár „E” húrja által kibocsátott hang frekvenciáját mértem, az előbb bemutatott hangolóprogram segítségével. Tudjuk, hogy a hang frekvenciája megegyezik a hangforrás frekvenciájával, vagyis a program által mutatott frekvenciával rezeg a húr is. A húrban terjedő hullámra érvényes az imént is használt összefüggés:

$$c = \lambda f$$

A gitár és a többi húros hangszer húrjainak mindkét vége rögzített. A jól ismert összefüggés szerint mindkét végén rögzített húrban kialakuló állóhullámok:

$$l = n \frac{\lambda}{2}$$

(„l” a húr „szabad” hossza)

A hangszer alaphangja esetén $n=1$

$$l = \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = 2l$$

(Fontos megjegyzés, hogy kellő csönd és halk gitár esetén az $n=2$ és $n=3$ felharmonikusokhoz tartozó frekvenciák is mérhetők rövid ideig. Érdeklődő és tehetőségesebb csoportok esetén erre a megfigyelésre is kitérhetünk.)

A két összefüggést egyesítve, a mért hosszúság és frekvenciaadatok segítségével a húrban terjedő hullám sebessége kiszámítható:

$$c = 2lf$$

A mérést érdemes megismételni, különböző helyeken (bundoknál) lefogva a húrt, más-más frekvenciát, hangmagasságot mérhetünk, ha a húr feszességét közben nem változtattuk. A terjedési sebesség azonban mindegyik esetben változatlan. Az általam vizsgált E-húrban a terjedési sebesség:

$$c = 102,7 \text{ m/s-nak}$$

adódott. Természetesen húronként és hangolásonként (a húr feszességének változtatásával) ez az érték eltérő lehet. A mérést bármely húros hangszeren elvégezhetjük, például hegedűn, citerán, gordonkán stb.

Ha nem áll rendelkezésünkre húros hangszer, a mérést kifeszített damillal vagy gumiszállal is elvégezhetjük. Gumi esetén, ha a „húr” hosszát változtatjuk, figyelni kell, hogy a feszessége ne változzon meg, hiszen a terjedési sebesség nagyban függ a feszességtől.

² https://www.youtube.com/watch?v=wXffIwu_nII&t=19s



3. A hangszer további húrjaiban a sebesség meghatározása

Természetesen a többi húrban terjedő hullám sebességét is megmérhetjük a vázolt módon, akad azonban más módszer is. Ismeretes, hogy ugyanazon hangot különböző húrokkal is megszólaltathatjuk, ha azokat különböző helyeken fogjuk le. Ha az ezekhez tartozó húrhosszokat lemérjük, az előző mérés adatát felhasználva a másik húrban a hullám terjedési sebesség kiszámítható.

$$f_1 = f_2$$

Felhasználva a $c = \lambda f$ összefüggést:

$$\frac{c_1}{\lambda_1} = \frac{c_2}{\lambda_2}$$

Behelyettesítve a $\lambda = 2l$ képletet:

$$\frac{c_1}{2l_1} = \frac{c_2}{2l_2}$$

Az egyenletet átrendezve, a másik húrban terjedő hullám sebessége meghatározható:

$$c_2 = c_1 \frac{l_2}{l_1}$$

A terjedési sebességet érdemes az előző módszerrel is megmérni, és a kapott értékeket összevetni.

4. Rezonancia létrehozása a hangszer húrjain³

Az előző mérésnél láthattuk, hogy két különböző húr képes ugyanazon frekvenciával rezegni, ha a hosszuk eltérő. A hangszeren keresünk két ilyen húrt és a hozzájuk tartozó hosszúságot. A frekvenciamérő program segítségével meggyőződhetünk arról, hogy valóban azonos rezgésszámmal rezegnek.

Az egyik húrra apró papírfecnit helyezünk, a másikat először más hosszúság mellett (ne bocsásson ki azonos frekvenciájú hangot) rezgésbe hozzuk. Jól látható, hogy a húrra helyezett papírfecni nem mozdul meg. Ezután a húrt úgy fogjuk le, hogy a rezgés frekvenciája megegyezzen a másik húrival, majd rezgésbe hozzuk. Kiválóan megfigyelhető, hogy a papírfecni mozgásba jön, még lehet, hogy le is repül a húrról. Mindebből arra következtethetünk, hogy a húr rezgésbe kezdett anélkül, hogy megpendítettük volna.

Ugyanezt a kísérletet elvégezhetjük a hangolóprogramunk segítségével is. Ha kellő csöndben végezzük a kísérletet, a program a halk hangokat is észleli. A húrt megpendítjük, majd gyorsan lefogjuk. Ha azonos frekvenciájú a két húr rezgése, akkor a lefogás után a program még kijelzi ugyanazon halkabb hang frekvenciáját.

³ <https://www.youtube.com/watch?v=b0V7HxyOqDA>



A jelenség magyarázata, hogy a másik húr rezgésbe jött az első hatására, ha ezt a húrt lefogjuk. Ha nem azonos hangon végezzük a kísérletet, a jelenség nem figyelhető meg. Ha jó a hallásunk, és csönd vesz körül bennünket, a saját fülünkkel is érzékelhetjük a jelenséget.

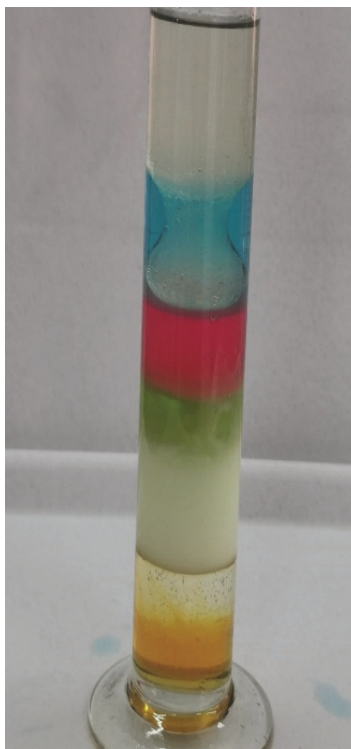
A bemutatott kísérletek tetszés szerint továbbfejleszthetők, átalakítva adaptálhatók a helyi sajátosságoknak megfelelően. A tanulók végezhetik ezeket projektfeladatként otthon, tanulókísérletként az iskolában, vagy ha a lehetőségeink úgy hozzák, a tanár demonstrációs formában is bemutathatja azokat.

Bognár Gergely

Színes folyadékoszlop különböző háztartási vegyszerekből

A kísérlethez a következő 8 cseppfolyós anyagot használtuk: méz, rizs-szirup, tej, zöld mosogatószer, piros ételfestékkel színezett víz, petróleum (lámpaolaj néven kapható a kereskedésben), étolaj, egészségügyi kékszesz. Ezeket, a felsorolás rendje szerint egy üvegbot mentén óvatosan a mérőhengerbe öntöttük annak a fala mentén, ügyelve arra, hogy a folyadékok egymásra rétegződjenek, ne keveredjenek össze. Az utolsó réteg betöltése után óvatosan megforgattuk a hengert a függőleges tengelye körül, eközben kialakult az 1. ábrán látható érdekes alakzat.

Ez a folyadékokban levő részecskék közötti kölcsönhatással, valamint a folyadék részecskéi és az üveg közötti kölcsönhatással magyarázható.



1. ábra

*8 cseppfolyós anyagból álló színes oszlop:
alulról felfelé: méz, rizs-szirup, tej, mosogatószer,
pirosra színezett víz, kékszesz, petróleum, étolaj*

