



**A 2017/2018. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
döntő forduló**

FIZIKA II. KATEGÓRIA

JAVÍTÁSI ÚTMUTATÓ

„Pohár rezonanciája”

A mérőberendezés leírása:

A mérőberendezés egy változtatható frekvenciájú hanggenerátorból és egy mikrofonból áll. A mikrofon jelét egyenirányítás és szűrés után egy külön erre a célra tervezett feszültségmérővel mérjük. Az eszközhöz tartozó kijelzőn megjelenik az aktuális frekvencia és a mikrofonon jeléből előállított, a hang intenzitásával arányos egyenfeszültség.

A hanggenerátor frekvenciája két módon változtatható. A mérőeszköz jobb alsó részén található potenciométerrel a frekvencia 500 és 2000 Hz között változtatható. (Mivel a mikrofon a jelét a rendszer másodpercenként csak maximum egyszer tudja mérni, a potenciométert viszonylag lassan csavarjuk!) A hangszóró a kék nyomógomb benyomásával szólal meg. A gomb újbóli megnyomásával kikapcsol.

A piros nyomógomb megnyomásával elindul az ún. "szkennelési mód". Ekkor a potenciométer aktuális állásának megfelelő frekvenciáról indulva 5 másodpercenként 5 Hz-cel nő a frekvencia. A gomb újbóli benyomásával a szkennelés leáll. Ez a mód a gyorsabb, automatikus mérést teszi lehetővé.

Figyelmeztetés:

Bármilyen esetleges probléma esetén forduljunk a jelenlevő tanárokhoz!

Mérési feladatok:

1. A rendszer átvitelének meghatározása

A pohár (lásd később) odahelyezése nélkül szkennelje végig az 500-tól 1500 Hz-ig tartó intervallumot! A mikrofon jeléhez tartozó adatokat a mellékelt táblázatba írja be! Figyeljen oda, mert egy adat felvételéhez csak 5 s áll rendelkezésre. A kapott eredményeket ábrázolja grafikusán! Értelmezze mit lát a rendszer átvitelén!

5 pont

2. Vízzel töltött pohár rezonancia frekvenciájának meghatározása

A mérés során egy különböző mértékig vízzel megtöltött pohár rezonancia görbéjének a meghatározása a feladat. Ehhez a vízzel valameddig megtöltött poharat helyezze a hangszóró tartójának vázán berajzolt körre! Ezután végezze el az előző feladatban ismertetett mérést! A mérési idő lerövidítéséhez a szkennelés megkezdése előtt a potenciométerrel körülbelül keresse meg a rezonancia helyét! Ezután válassza ki az induló frekvenciát úgy, hogy az a rezonancia frekvenciától megfelelően távol legyen! A mérést végezze el 4 különböző vízmagasság mellett úgy, hogy a vízmagasság a pohár tetejéhez képest 2 és 6 cm között változzon! A kapott rezonanciagörbéket ábrázolja grafikusan!

20 pont

3. A rezonancia frekvencia és a félértékszélesség meghatározása

Határozza meg az egyes vízmagasságokhoz tartozó rezonancia görbék rezonancia frekvenciáját és félértékszélességét. Ábrázolja ezeket a pohár tetejéig mérhető víz fölötti levegőoszlop magasságának (L) függvényében! Értelmezze a félértékszélesség változásának okát! A szélesebb rezonanciagörbén sokszor éles csúcsok jelennek meg. Mi lehet ennek az oka?

7 pont

4. Frekvencia-vízmagasság összefüggés meghatározása

Ábrázolja a rezonancia frekvencia négyzetét a levegőoszlop magasságának reciprok négyzete függvényében (f^2 az $1/L^2$ függvényében)! Illesszen erre egy egyenest! Adjon magyarázatot miért jó ez az ábrázolás és az egyenes miért nem megy át az origón!

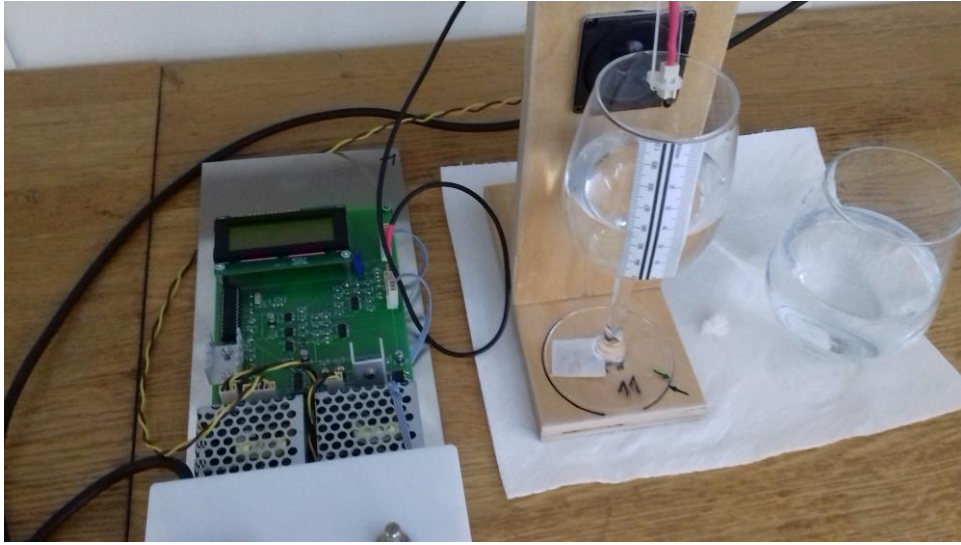
8 pont

A mérés elvégzéséhez 4 óra áll rendelkezésre. A feladatok megoldásához számítógép és telekommunikációs eszköz kivételével bármilyen segédeszköz használható. Ha valamelyik eszközzel problémája van, forduljon a felügyelő tanárhoz.

Jó munkát!

Megoldás

A berendezés fényképe az 1.es ábrán látható.

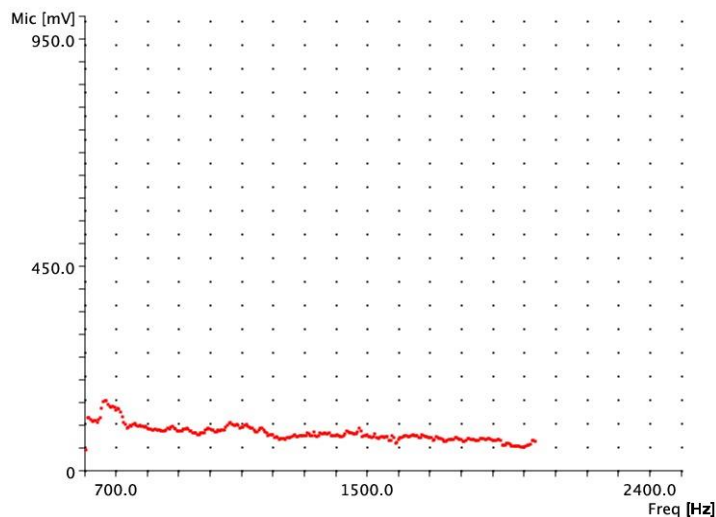


1. ábra A mérőberendezés fényképe.

A berendezés leírása a feladatlap elején található.

1. feladat

A mért átviteli függvény az 2.-es ábrán látható.

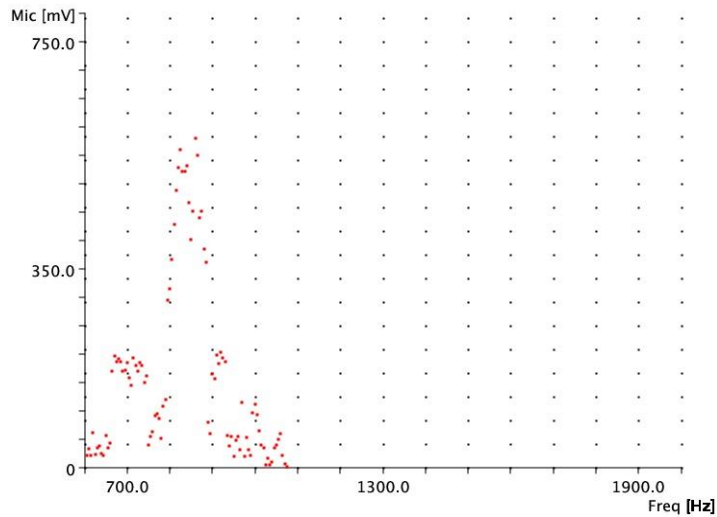


2. ábra A rendszer átviteli függvénye

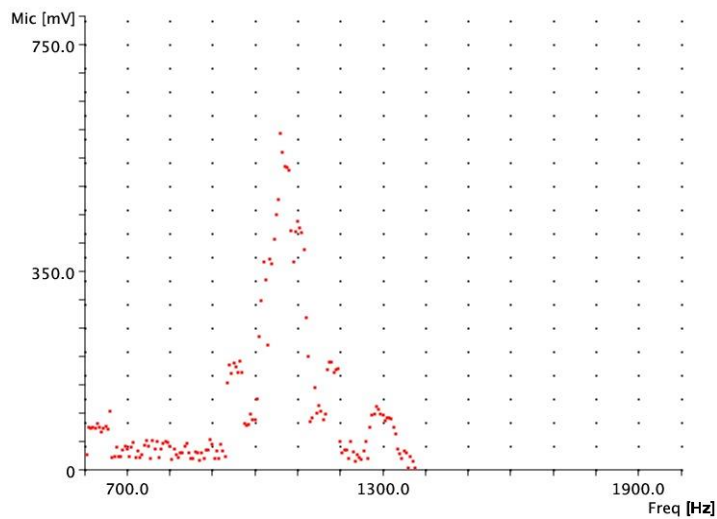
Megállapítható, hogy a frekvencia növekedésével a rendszer átvitele enyhén csökken. Ez azt jelenti, hogy a rendszerben van valamilyen csillapítás ami a sebességgel (és ezen keresztül a frekvenciával) arányosan növekszik.

2. feladat.

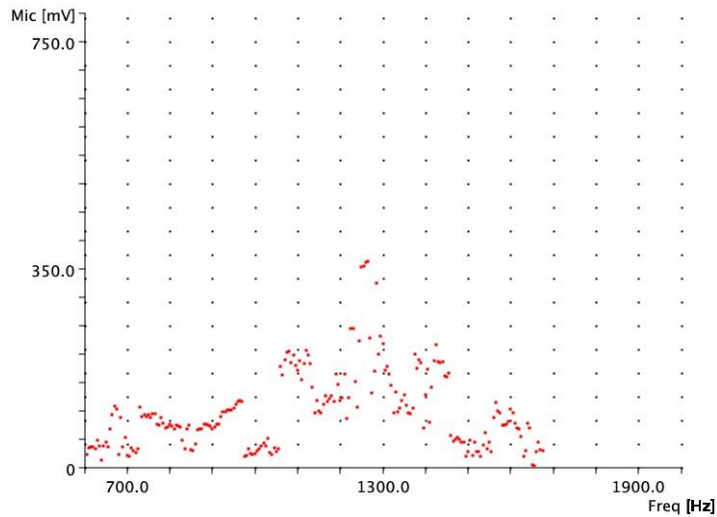
4 különböző vízszintnél a mért rezonancia görbék.



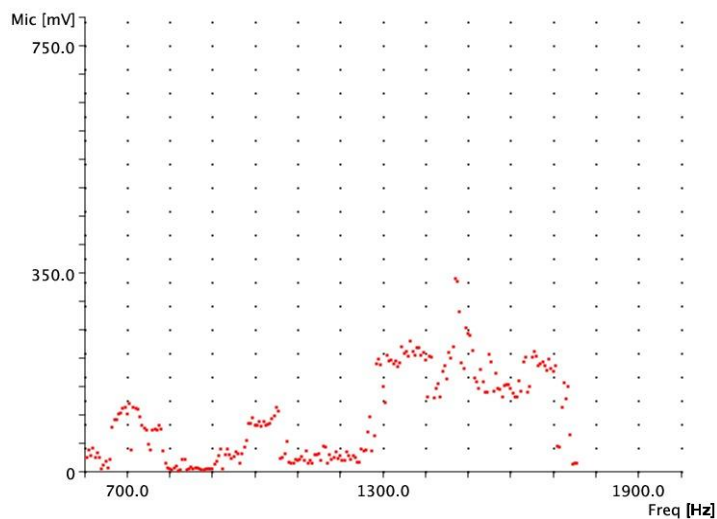
3. ábra 6 cm-es levegőoszlop magasságnál mért görbe.



4. ábra 5 cm-es levegőoszlop magasságnál mért görbe.



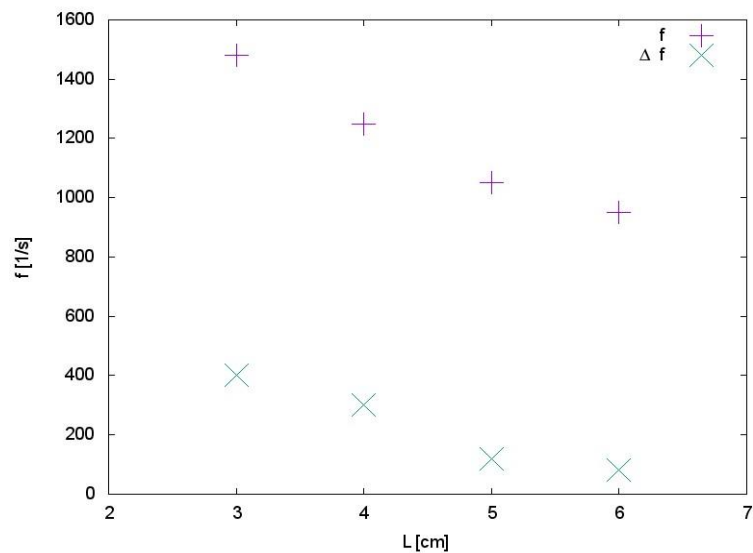
5. ábra 4 cm-es levegőoszlop magasságnál mért görbe



6. ábra. A rezonancia görbe 3 cm-es levegőoszlopnál.

3. feladat.

Megállapítható, hogy a levegőoszlop magasságának csökkenésével a rezonancia frekvencia növekszik. Ugyanakkor a rezonanciagörbe félérték szélessége is nő (lásd 7. ábra).

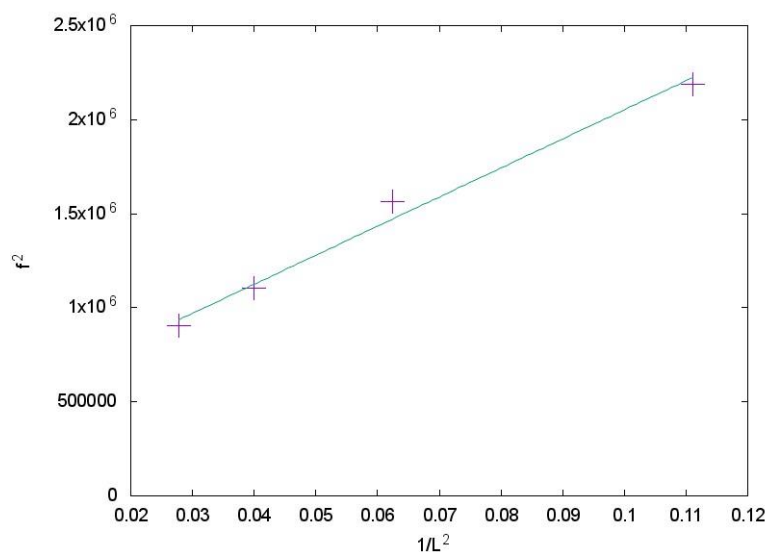


7. ábra A rezonancia frekvencia és a rezonancia görbe félérték szélessége a levegőoszlop magasságának függvényében.

Ez annak a következmény, hogy a frekvencia növelésével nő a levegő molekulák sebessége a rezgés során, így az energiaveszteség is nő, ami növekvő csillapítást eredményez. Ez vezet a félértékszélesség növekedéséhez.

A nagy és széles rezonancia görbe a pohárban levő levegő rezgésének a következmény. A keskeny éles csúcsok pedig a pohár üvegfalában kialakuló rezgéseknek felelnek meg. Mivel az üvegben sokkal kisebb a csillapítás mint a levegőben ezek a rezonanciák élesek.

4. feladat



8. ábra f^2 az $1/L^2$ függvényében.

A rezonanciafrekvencia négyzetét a levegőoszlop magasságának reciprok négyzete függvényében (f^2 az $1/L^2$ függvényében) ábrázolva a 8. ábra szerint egy egyenest kapunk, amely nem megy át az origón.

Ennek magyarázatára tekintsük egy egyszerű esetet. Egy téglalatest alakú dobozba zárt rezgő rendszer rezgési frekvenciái a következők:

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2} c^2 \left[\frac{n_1^2}{L_1^2} + \frac{n_2^2}{L_2^2} + \frac{n_3^2}{L_3^2} \right]$$

ahol n_1, n_2 és n_3 egész számok, míg L_1, L_2 és L_3 a doboz méreteit jelöli. Ha a n_2 és n_3 rögzített akkor a frekvencia négyzete $1/L_1^2$ függvényében egy egyenes, ami nem megy át az origón.

Habár a mérésben henger alakú poharat használtunk a

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2} c^2 \left[\frac{n_1^2}{L_1^2} + A^2 \right]$$

formula itt is érvényes. Ez magyarázza a kapott eredményt.