



Oktatási Hivatal

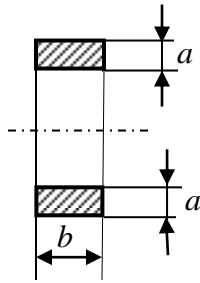
A 2014/15. tanévi FIZIKA Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny döntő fordulójának feladatai II. kategória

Hangvilla vizsgálata.

1./ Bevezetés

Ha egy rezgésre képes rugalmas testet például ütéssel rezgésbe hozunk, a test szabad rezgést végez, a rezgés frekvenciája a testre jellemző lesz. A frekvenciát a test geometriai adatai, és anyaga határozza meg. Ez a frekvencia a test sajátfrekvenciája.

Tégllalap keresztmetszetű hangvilla esetén:



1. ábra

$$f_0 = \frac{1,875^2}{2\pi \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{Ea^2}{12\rho}} \quad (1.)$$

ahol ℓ a villa ág hossza, a az ág keresztmetszetének vastagsága, (lásd az 1. számú ábra) E a hangvilla anyagának rugalmassági modulusa, és ρ az anyag sűrűsége.

A rezgésbe hozott test amplitúdója a különböző veszteségek (külső- és belső súrlódás, közegellenállás, stb.) hatására fokozatosan csökken, és a rezgés lecseng, megszűnik.

Ilyenkor beszélünk csillapított rezgésről. Az amplitúdó csökkenés időbeli lefolyását a csillapítási tényező (β) határozza meg, az alábbi összefüggés szerint:

$$y(t) = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega' t + \varphi), \quad (2.)$$

Ahol $y(t)$ a rezgésbe hozott test kitérése, A_0 az amplitúdó a $t=0$ időpontban,

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \text{ és } \omega_0 = 2\pi \cdot f_0$$

Amikor a rezgésre képes testet egy külső periodikus erővel ($F = F_0 \cos \omega t$) tartjuk rezgésbe, kényszerrezgésről beszélünk. Állandósult állapotban a kényszerrezgés a gerjesztő erő frekvenciájával működő csillapítatlan rezgés lesz. A kényszerrezgés amplitúdója valamint a gerjesztő erő és a kényszerrezgés közötti φ fáziskülönbség a gerjesztő erő ω körfrekvenciájától függ.

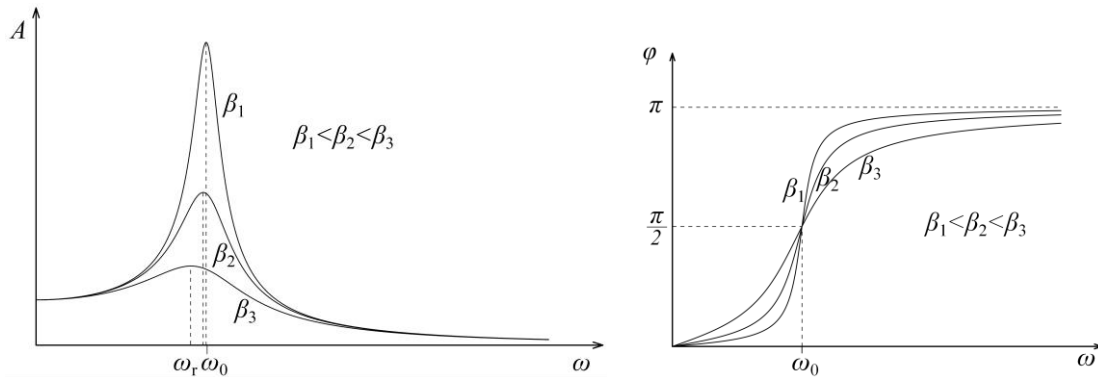
Amint ω (a gerjesztő erő körfrekvenciája) 0-tól ω_0 -ig (a gerjesztett rendszer saját körfrekvenciájáig) majd innen ∞ -ig nő, a φ fáziskülönbség 0-tól $\pi/2$ -ig, majd tovább π -ig növekszik, azaz a kényszerrezgés fázisban mindig elmarad a gerjesztő erőtől.

Az amplitúdó kis ω értéktől a körfrekvencia növekedésével fokozatosan növekszik, $\omega = \omega_0$ közelében maximumot ér el, majd növekvő ω -val csökken. Ezek szerint az

amplitúdó akkor a legnagyobb, amikor a gerjesztő erő körfrekvenciája a gerjesztett rendszer saját frekvenciájának közelébe esik. Ilyenkor beszélünk rezonanciáról, az $A = A(\omega)$ görbe a rezonancia görbe.

(A rezonanciakörfrekvencia – az a frekvencia aminél a rezonancia bekövetkezik – pontos értékét az $\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ kifejezés adja meg,)

Az A amplitúdó és a φ fázis változását az ω függvényében, különböző csillapítás mellett a 2. számú ábra mutatja.



2. ábra

Látható, hogy a rezonancia annál határozottabb, minél kisebb a csillapítási tényező. Elméletileg csillapítás nélkül az amplitúdó a rezonancia frekvenciánál végtelen nagy. A rezonancia jellemzésére szokásos a rezonancia görbe félértékszélességének megadása.

A félértékszélesség Δf annak a két frekvenciának a különbsége, ahol $A(\omega) = \frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}$.

Kis csillapítás esetén a csillapítási tényező is meghatározható a félértékszélesség ismeretében, ekkor:

$$\Delta f = \frac{\beta}{\pi}. \quad (3.)$$

2. A méréshez felhasználandó elemek:

2/a. Az acél alaplagra szerelt **hangvilla** lényegében egy nyélen lévő, U lakra hajlított acél rúd. Ha például egy ütéssel rezgésbe hozzuk, felhangjai hamar elenyésznek, és a továbbiakban az alaphang szól tovább. Ezért állandó frekvenciájú tiszta (szinuszos) hangrezgések előállítására használják. A hangvilla két szára egymással ellentétes fázisban rezeg.

2/b. A hangvilla rezgéseit kondenzátor-**mikrofon** segítségével vizsgáljuk. A mikrofon gyenge jelét **előerősítővel** felerősítve vezetjük egy digitális **multiméterre**, ahol a rezgés amplitúdójával arányos feszültséget mérhetünk. A mikrofont piros műanyag tömbbe

helyeztük el. A tömb az aljába szerelt mágnes segítségével az alaplap tetszőleges helyén jól rögzíthető. Az előerősítő tápfeszültségét az erősítőt tartalmazó dobozban elhelyezett elem biztosítja.

2/c. A hangvilla **elektromágnes** segítségével hozható rezgésbe. Az elektromágnest (piros műanyag csévetesten lévő tekercsben, lágvas maggal) fekete műanyag tömbbe építettük be. Ez a tömb is az aljába szerelt mágnesek segítségével az alaplapon bárhol jól rögzíthető. Az elektromágnest **hanggenerátorról**, változtatható frekvenciájú szinuszos árammal működtetjük. A hanggenerátor kezelő szervei közül csak a frekvenciaállító gombot kell működtetnie!

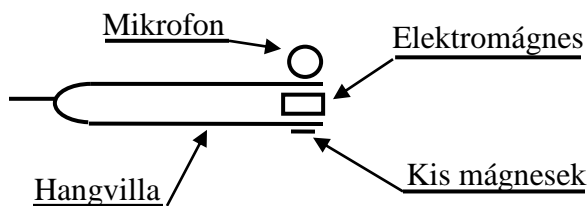
2/d. A multiméter és a hanggenerátor kezelésével kapcsolatos tudnivalókat a helyszínen található leírás tartalmazza.

2/e. 15 db. 10x10x1 mm-es stroncium-ferrit mágnes. Egy darab tömege 0,5 g.

2/f. 1 db ismeretlen tömegű 15 x 15 x 2 mm méretű neodímium mágnes.

3. Feladatok

3.1. A gerjesztő **elektromágnest** helyezze a hangvilla végéhez, a két ág közé. A hangvilla rezgéseit érzékelő kondenzátor-mikrofont pedig az elektromágnessel szemben, a hangvilla mellé, a 3. ábra szerint.



3. ábra

Mérje meg, hogy hogyan változik az érzékelő kimenetén (a multiméteren) mérhető feszültség a hanggenerátor frekvenciájának függvényében. Táblázatban tüntesse fel a mért feszültségeket, a hanggenerátor-frekvencia függvényében. Mérési eredményeit felhasználva a frekvencia függvényében milliméterpapíron ábrázolja a mért feszültségeket.

Ennél a feladatnál mérés közben a hanggenerátor frekvenciáját a **216 Hz-től a 222 Hz-ig** lévő tartományban változtassa. A mérési pontok sűrűségét a jel változásának függvényében válassza meg.

A hanggenerátor csak 0,1 Hz-enként jelzi a frekvenciát. Előfordulhat, hogy a maximális amplitúdó a két kijelzett frekvencia között jelentkezik!

3.2. A 3.1. feladat eredményeit felhasználva határozza meg a hangvilla saját frekvenciáját. Indokolja válaszát! Adja meg a rezonanciagörbe félértékszélességét, valamint a β csillapítási tényező értékét.

3.3. A 3.1 feladat megoldásánál alkalmazott elrendezést hagyja változatlanul. A hanggenerátor frekvenciáját tartsa azon az értéken, ahol megtalálta a hangvilla sajátfrekvenciáját. A 15x15x2 mm-es neodímium mágneset helyezze a hangvilla oldalára, arra merőlegesen, (a mágnes 15 x 15 mm-es lapja legyen függőleges síkban és a 15 x 2 mm-es lapja érintkezzen a hangvilla oldallapjával) a villa szárának végétől 1 cm-re. Mérje meg most a rezonancia frekvenciát. Ebből a helyzetből kiindulva, vizsgálja meg, hogy miként alakul a rezonancia frekvencia értéke akkor, ha a mágneset kis (5 – 10 mm-es) lépésekkel végigviszi a hangvilla szárán. A mágnes helyzetét mindig a villa végétől mért távolsággal adja meg!

Táblázatban adja meg a mágnes helyének függvényében a mért rezonanciafrekvenciákat. Ábrázolja milliméterpapíron a mért rezonanciafrekvencia értékeket a hely függvényében.

3.4. Milyen megállapítást tehet a 3.3. feladat eredményei alapján? Mit jelez a jel maximuma?

3.5. Helyezzen a hangvilla-szár végére a 3. ábra szerint kis méretű (10 x10 x 1 mm-es) stroncium-ferrit mágneseket. (1 db mágnes tömegét tekintse 0,5 g-nak.) Határozza meg a hangvilla rezonancia-frekvenciájának alakulását 1, 2,15 db mágnes felhelyezésének hatására. Mérési eredményeit foglalja táblázatba, és rajzolja fel a tömeg függvényében a mért rezonanciafrekvenciákat.

3.6. A 3.5. feladat pontjaira illesszen függvényt, adja meg a függvény egyenletét, majd a kapott egyenlet felhasználásával állapítsa meg a 15x15x2 mm-es méretű neodímium mágnes tömegét.

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!