

Állóhullám kötélen

Név: Tüzes Dániel

Mérési dátum: 2007.10.25.

Mérőpár: Papp László – Tüzes Dániel

Leadás ideje: 2007.11.08.

Mérés célja: a hullámtanban ismeretes összefüggések igazolása (úgy mint pl $f^2 \sim m$, vagy $f_1 : f_2 = n_1 : n_2$), és konkrét esetekben a hullámok jellemzőinek leírása (hullámhossz, terjedési sebesség). (Az összefüggésekben f a frekvencia, m a kötelet feszítő tömege)

Mérési eszközök:

- Szabályozható, harmonikusan rezgő vibrátor
- Egy vastagabb és egy vékonyabb kötel
- Hitelesített tömegek
- Mérőszalag
- A fonál tömegének méréséhez analitikai mérleg

Mérés leírása:

1. Első feladathoz tartozó elrendezés: egy vastagabb, rugalmas fonalat kifeszítünk két, egyforma magason lévő pont közé, melyek közül az egyik a vibrátor. Másik pontjának végét átvetve egy csigán, a súlyokat aggatjuk rá. Ebben az elrendezésben a fonál vízszintes hossza, mely a rezgéseket végezte $1,53m$, a felfüggesztett súlyok tömegei pedig $90g$ és $110g$ (nem kiértékelt). A vibrátort bekapcsoljuk, és a különböző számú csomópontokhoz tartozó frekvenciákat megkeressük. Akkor találtuk meg egy-egy esetben a keresett frekvenciát, ha arra a csomópontszámú esetre az amplitúdó maximális. A vibrátor frekvenciája diszkrét értékeket vehet fel, viszont finom beállítási lehetőségei révén nem biztos, hogy megtaláljuk egyértelműen a keresett frekvenciát. Megfelelő fényviszonyokkal és odafigyeléssel azonban lehetőségünk volt arra, hogy a legfinomabb változtatást a vibrátor frekvenciáján érzékeljük az amplitúdó változásában, így meg tudtuk határozni az egyes esetekben egyértelműen a keresett frekvenciaértéket. Ezt segítette, hogy a fonál fehér színű volt, mögéje pedig sötétkék háttérrel raktunk.

2. Itt azt vizsgáljuk, hogyan függ a kötel anyagi minőségétől a hullám terjedési sebessége. Ebben az esetben egy vékonyabb fonál állt rendelkezésünkre, melynek végére különböző súlyokat aggattunk. Azonos csomópontszámok esetén vizsgáltuk a

már említett frekvencia értékeket. Majd ezzel megadhatjuk a $f^2 = \frac{n^2 g}{4L^2 \mu} m$

összefüggést grafikusán, melyről leolvasható lesz ismert n , mg , L esetén μ lineáris sűrűség, ahol n a csomópontok száma, L a fonál hossza, m a húzó súly tömege. Ezt az

összefüggést kapjuk ugyanis a $v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ összefüggés (ahol ρ a sűrűség, A a

keresztmetszet és $F = mg$) és $v = f \lambda$ összefüggések alapján (ahol $\lambda = 2L / n$).

Mérési eredményünket ellenőrizzük is: egy hosszú, azonos anyagból készült fonál tömegét analitikai mérleggel lemérjük, majd hosszát is milliméterpontos centiméterszalaggal.

Mérés értékelése:

1. Mint említettem, az első esetben meg tudtuk határozni konkrétan a keresett frekvenciákat, így a bizonytalanság a mérési eszközön múlt. Ennek értéke $\pm 0,05 \text{ Hz}$. A mérési eredményeket az adattáblázatban láthatjuk, ahol f a frekvencia n pedig a csomópontok száma. A várt érték a frekvenciára: $f_{n=x} = f_{n=x-1} \cdot \frac{n_x}{n_{x-1}}$, ezen értékeket fel is tüntettem a táblázatban. A hullám c terjedési sebességét a $\lambda=c/f$ összefüggés alapján határoztam meg. Így szemlélve az első méréseket megállapíthatjuk, hogy mérési eredményeink remekül teljesítik a várt értékeket, vagyis sikerült igazolni az összefüggések helyességét.
2. A második esetben több párhuzamos mérést kellett végezni. Az utolsó két mérésnél jól látható a trendtől való eltérés. Az eltérésre adhat okot, hogy ebben a frekvenciatartományban volt az egész mérési elrendezés sajátfrekvenciája, ezért a vibrátor, mivel nem volt rögzítve a mérőpadhoz, lassan helyet változtatott. Ezt kiküszöbölendő, vissza kellett azt helyezni eredetinek vélt állapotába. Mivel nem egyik pillanatról a másikra változtatott helyet a vibrátor, valószínű, hogy némely közbülső mérés során sem volt eredeti helyén. A grafikonra egyenest illesztettem a legkisebb négyzetek módszerével. A kapott eredmény a meredekségére $a = 34397 \text{ s}^2 / \text{kg}$. Innen $\mu = 2,7403 \cdot 10^{-4} \text{ kg} / \text{m}$. A görbétől elvárjuk, hogy az x tengelyt a 0 pontban messe. A hibaábrázolás során jól látszik, hogy az utolsó két eredmény igen eltér a többitől. Azonban még ez sem magyarázza meg az ekkora eltérést a mérés, és az ellenőrzési értéke között, melyre $\mu_{ell} = (2,52 \cdot 10^{-4} \pm 6 \cdot 10^{-4}) \text{ kg} / \text{m}$. A vizsgált fonál tulajdonságai változhattak az idők folyamán, pl nedvességtartalma, vagy zsírtartalma a csupasz kézzel való érintésekor.

Hibaszámítás: A várt értékeket az első esetben az előző mérésből számítottuk ki, melynek van hibája, a várt érték eltérése $\pm 0,05 \cdot \frac{n_x}{n_{x-1}}$. Látható a táblázat alapján, hogy a mérési eredményeink valóban pontosak.

Második esetben a már részletezett feltételezett ok miatt van a nagy mérési pontatlanság. Azonban jól látható, hogy a többi pont egy egyenes mentén helyezkedik el. Ezt a megfelelő lapon jeleztem is.

Következtetés:

- Mérési pontatlanságunk ellenére jó közelítéssel beláttuk, hogy f^2 / m állandó és értéke csak az anyagi minőségtől függ.
- Egy szál rezonanciafrekvenciái úgy aránylanak egymáshoz, mint adott rezonanciafrekvenciához tartozó csomópontjaik száma
- A hullám terjedési sebessége független a frekvenciától, adott elrendezés esetében csak a feszítőerőtől függ, méghozzá úgy, hogy $c \sim 1/\sqrt{F}$
- Ez a mérési elrendezés valóban alkalmas anyagok lineáris sűrűségeinek meghatározásához