

Kísérleti fizika I.

11. gyakorlat

Hullámok

Szükséges előismeretek: húron terjedő hullámok, határfeltételek: szabad vég és rögzített vég esete; állóhullámok, interferencia, lebegés, Doppler-effektus

Feladatok órai munkára

F1. Keskeny acélszálból hűrt készítünk. Meg tudjuk-e annyira feszíteni a hűrt, hogy a rajta haladó transzverzális hullámok terjedési sebessége megegyezzen a benne terjedő longitudinális (rugalmas) hullámokéval? Az acél sűrűsége $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$, Young-modulusa $E = 200 \text{ GPa}$, szakítószilárdsága $\sigma = 500 \text{ MPa}$.

F2. Átlagosan mekkora teljesítményt vezet el az A amplitúdójú, f frekvenciájú rezgéseket végző testről a hozzá erősített feszes kötél, amelyben a rugalmas hullámok terjedési sebessége c , egységnyi hosszának tömege ρ ?

F3. Egy álló mozdony sípjának hangmagasságát $f = 600 \text{ Hz}$ -nek méri a szintén álló megfigyelő. A hang terjedési sebessége $c = 340 \text{ m/s}$

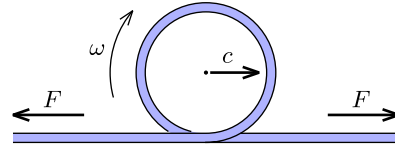
- Mekkora sebességgel közeledik a mozdony az állomáshoz, ha a peronon várakozó megfigyelő $f' = 700 \text{ Hz}$ frekvenciájú hangot érzékel?
- A mozdony most áll az állomáson, de ismét dudál. Mekkora sebességgel közeledik a másik vonat az állomáshoz, amelyen utazó megfigyelő ismét $f' = 700 \text{ Hz}$ frekvenciájú hangot érzékel?
- Elindul a mozdony, szemben a közeledő vonattal (párhuzamos vágányon), és felgyorsít az $a)$ feladatban kapott sebességre. A közeledő vonat nem lassít. Mekkora a közeledő vonaton utazó megfigyelő most a szintén közeledő mozdony sípjának frekvenciáját?

F4. Mindkét végén nyitott üveghenger fölé, melynek alsó végét vízbe merítjük, egy 440 Hz frekvenciájú hangot adó hangvillát tartunk. Az üveghengert függőleges irányban kicsit mozgatva egy bizonyos magasságnál erősebb hangot (rezonanciát) észlelünk. Milyen hosszú rész áll ki a vízből ekkor?

F5. Egy 15 N erővel meghúzott húr alaphangja és egy hangvilla hangja $f_L = 8 \text{ Hz}$ frekvenciájú lebegést eredményez. Ha a húzóerőt 16 N -ra növeljük, akkor a lebegés megszűnik. Mennyi a hangvilla frekvenciája?

F6.* Egy hosszú, súlyos, hajlékony kötelet, amelynek hosszegységre eső tömege ρ , állandó F erővel feszítünk. A kötél egyik végénél egy hirtelen mozdulattal kör alakú hurkot képezünk. A hurok – a transzverzális

hullámokhoz hasonlóan – valamekkora c sebességgel végigszalad, végiggördül a kötélen.



- Számítsuk ki a hurok c sebességét!
- Határozzuk meg az ω körfrekvenciájú hurok által szállított energiát, impulzust (lendületet) és impulzusnyomatékot (perdületet)! Milyen kapcsolatban állnak ezek a mennyiségek egymással?

F7.* Egy ρ sűrűségű, A keresztmetszetű, L hosszúságú és E Young-modulusú rugalmas rúd végéhez egy M tömegű téglát rögzítettünk, a téglát sűrűségmentes asztalon nyugszik. Milyen frekvenciájú longitudinális állóhullámok alakulhatnak ki a rendszerben? Értelmezzük az $M \gg \rho AL$ és $M \ll \rho AL$ határeseteket is.



Segítség:

- Keressük az állóhullám kitérés-idő függvényét az alábbi alakban:

$$u(x, t) = A_0 \sin(\omega t) \sin(\omega x/c)$$

Mekkora a téglát kitérés-idő függvénye? Mekkora (időfüggő) erő hat rá?

- Az $u(x, t)$ kitérés-idő függvény alapján adjuk meg a rugalmas rúd végénél a helyi relatív megnyúlás miatt fellépő (időfüggő) erőt!
- Az $a)$ és $b)$ feladatok időfüggő erőit egyenlőnek véve egy transzcendens egyenletet nyerünk. Próbáljuk meg grafikusan megoldani! Diskutáljuk a megoldást az $M \gg \rho AL$ és $M \ll \rho AL$ határesetekben is!

Feladatok további gyakorlásra

Gy1. Egy hullámforrásból zérus kezdőfázissal induló hullámok 1 m/s sebességgel terjednek egy egyenes vonal mentén. Amikor a hullámban egy pont kitérése nulla, akkor a hozzá legközelebb lévő, maximális kitérésű pont tőle 1 méterre van.

- Mekkora a hullámhossz és a frekvencia?
- Mekkora távolságra vannak egymástól azok a pontok, melyek fáziseltérése 270° ?
- A hullámforrástól 5 méterre lévő pont fázisa a hullám indításához képest mennyi idő múlva lesz először 180° ?

Gy2. Egy fal előtt állunk. Köztünk és a fal között fülünk magasságában síp szól, amelynek rezgésszáma 600 Hz . Milyen sebesen kell mozgatni a sípot a fal felé, hogy másodpercenként 3 lebegést halljunk?

Gy3. Hosszú nyakú virágváza belseje 2 dl térfogatú, 3 cm átmérőjű függőleges henger. A vázába annyi vizet öntünk, hogy a víz feletti levegőoszlop jól felerősítse a váza fölé tartott, rezgő hangvilla hangját. Érdekes, hogy ha ezután ezt a vizet áttöltjük egy másik, magas nyakú vázába, amelynek belseje 3 dl térfogatú, 4 cm átmérőjű függőleges henger, ugyancsak felerősödik a váza fölé tartott és rezgésbe hozott hangvilla hangja. Mindkét váza alja $1,7 \text{ cm}$ vastag, a hangterjedési sebessége levegőben 342 m/s , és biztos, hogy a hangvilla rezgésszáma kisebb, mint 1 kHz .

- Milyen magasak a vázák?
- Mennyi volt a betöltött víz térfogata?
- Mennyi a hangvilla rezgésszáma?