

Kísérleti fizika I.

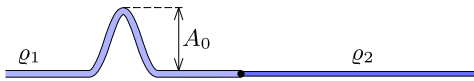
13. gyakorlat

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

Feladatok órai munkára

F1. 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 ?

F2. Egy ρ_1 lineáris sűrűségű, félvégtelen húr, amely a koordináta-rendszerünk negatív x tengelyén helyezkedik el egy ρ_2 lineáris sűrűségű másik félvégtelen húrhoz csatlakozik, amely a pozitív x tengelyen foglal helyet. Az 1-es húron egy A_0 amplitúdójú transzverzális zavar halad az origó felé.



a) Határozzuk meg az origóról visszaverődő, és onnan továbbhaladó hullámok amplitúdóját!

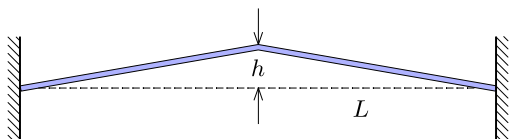
b) Vizsgáljuk meg az eredményt a $\rho_1/\rho_2 \rightarrow 0$, illetve $\rho_2/\rho_1 \rightarrow 0$ határesetekben!

F3. Egy félvégtelen húr a koordináta-rendszerünk pozitív x tengelyén helyezkedik el, a húr origóban lévő vége rögzített. A húron a $\psi(x, t) = f_-(t + x/c)$ transzverzális hullám halad az origó felé, ahol

$$f_-(x/c) = \begin{cases} x, & \text{ha } 0 \leq x \leq a, \\ 2a - x, & \text{ha } a \leq x \leq 2a, \\ 0 & \text{egyébként.} \end{cases}$$

A fenti formulákban a pozitív konstans, c pedig a hullám terjedési sebessége. Kilenc egymás alatti kis ábrán rajzoljuk fel a húr alakját a $t = (0, 2a/c)$ időintervallumban, $\Delta t = a/(4c)$ időközönként!

F4. Egy hosszegységenként ρ tömegű, F erővel megfeszített húr végeit egymástól L távolságra rögzítjük. A húr közepét megfogjuk, és $h \ll L$ távolsággal a húrra merőleges irányban kitérítjük. Hogyan változik a húr alakja az idő függvényében?



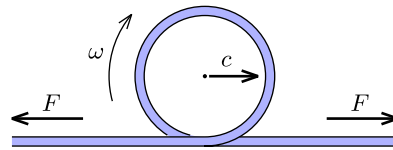
F5. Egy fal előtt állunk. Köztünk és a fal között fülünk magasságában síp szól, amelynek rezgésszáma 600 Hz. Milyen sebesen kell mozgatni a sípot a fal felé, hogy másodpercenként 3 lebegést halljunk?

Házi feladatok

H1. Oldjuk meg az **F3.** feladatot, ha a húr origóban lévő vége nem rögzített, hanem súrlódásmentesen csúszkálhat egy, az x tengelyre merőleges rúdon!

H2. Egy hajlékony, súlyos, L hosszúságú kötél egyik végét a mennyezethez rögzítettük, a másik vége szabadon lóg. A kötelet a felfüggesztési pont alatt vízszintesen megütjük. Mennyi idő alatt éri el a kötélt alsó végét a felfüggesztési pont közeléből indított transzverzális jel?

H3. Egy hosszú, súlyos, hajlékony kötelet, amelynek hosszegységre eső tömege ρ , állandó F erővel feszítünk. A kötélt egyik végénél egy hirtelen mozdulattal kör alakú hurkot képezünk. A hurok – a transzverzális hullámokhoz hasonlóan – valamekkora c sebességgel végigszalad, végiggördül a kötélén.



a) Számítsuk ki a hurok c sebességét!

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

H4. Egy kalandparkban erősen megfeszített acélkábel vezet át a tó felett. A kábel majdnem vízszintes (a valóságban azért egy kicsit „lejt”), és még a legnagyobb belógása is sokkal kisebb, mint a teljes hossza. (Az izgalomra vágók egy mozgócsiga segítségével a víz felett végigszágulva átjuthatnak a tó egyik széléről a másikra.)

Valaki megméri, hogy a kábel egyik végénél indított transzverzális zavar mekkora T idő alatt ér vissza az indítási helyre. Hogyan lehet ebből az adatból meghatározni a kábel legnagyobb „belógását” (vagyis a legnagyobb eltérését a végpontjait összekötő egyenestől)?

H5. A slinky-rugó egy olyan rugó, melynek nyújtatlan hossza elhanyagolhatóan kicsi, jó közelítéssel követi a Hooke-törvényt, és már a saját súlya hatására is számottevően megnyúlik.

Súrlódásmentes asztalon egy m tömegű, D rugóállandójú slinkyt vízszintesen L hosszúságúra nyújtunk. Mekkora a slinkyben terjedő longitudinális hullámok sebessége?

H6. 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.

a) Mekkora a hullámhossz és a frekvencia?

b) Mekkora távolságra vannak egymástól azok a pontok, melyek fáziseltérése 270° ?

c) A hullámforrástól 5 méterre lévő pont fázisa a hullám indításához képest mennyi idő múlva lesz először 180° ?

H7. Egy radarállomás 10^{-6} s időtartamú impulzusokat bocsát ki, másodpercenként ezret, egyenletes szaporasággal. Mekkora a lokátor minimális és maximális hatósugara?

H8. 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?

H9. Egy kelet-nyugati irányba haladó egyenes útszakasztól 100 méterre délre található egy ház. A házban TV-t néz a tulajdonos. A TV jelét egy távoli átjátszó adó közvetíti, ami szintén valamerre délre van az úttól. Az átjátszó adó alaphangfrekvenciája 60 MHz . Amikor az úton egy távolsági autóbusz halad állandó sebességgel keletről nyugati irányba, a TV jelének intenzitása ingadozik. Amikor a busz éppen legközelebb van a házhoz, akkor az ingadozás üteme 2 Hz . Ha ettől a ponttól 200 méterre nyugatra halad el a busz,

akkor a jel ingadozása időlegesen megszűnik. Mekkora a busz sebessége, és milyen irányban helyezkedik el az átjátszó adó?

H10. 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 .

a) Milyen magasak a vázák?

b) Mennyi volt a betöltött víz térfogata?

c) Mennyi a hangvilla rezgésszáma?

H11. Határozzuk meg a sekély víz felszínén haladó víz hullámok terjedési sebességét! Tegyük fel, hogy a víz H magassága sokkal kisebb a hullámhossznál. Emiatt bármely függőleges keresztmetszet mentén a vízrészecskék vízszintes v sebességkomponense megegyezik, és sokkal nagyobb a függőleges sebességkomponensnél. Tegyük fel továbbá, hogy a víz hullámok magassága sokkal kisebb H -nál, ezért a vízrészecskék vízszintes sebességkomponense sokkal kisebb a hullám c terjedési sebességénél.

Útmutatás: Ülünk bele a hullámmal együttmozgó (c sebességű) vonatkoztatási rendszerbe, és alkalmazzuk a kontinuitási egyenletet, valamint a Bernoulli-törvényt!