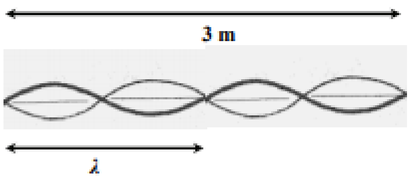
1. **Mindkét végén rögzített, 3 m hosszú kötélen 20 Hz frekvenciájú állóhullámokat alakítottunk ki. A végpontokat leszámítva 3 csomópont keletkezett.**
a) Készítsen rajzot! Mekkora a hullámhossz?
b) Mekkora sebességgel terjednek a hullámok a kötélben?
c) Mekkora egy csomópont és egy ezzel szomszédos duzzadóhely távolsága?
(2008. május)

Megoldás:

a) *Helyes ábra készítése:*

3 pont
(bontható)



(λ jelölése nem szükséges a 3 ponthoz.)

A hullámhossz meghatározása:

2 pont

$\lambda = 1{,}5\ m$
(Ha a rajzon helyesen szerepel λ, de a számérték elmarad, vagy hibás, akkor csak 1 pont jár.)

b) *A hullám sebességének felírása és kiszámítása:*

2 + 1 pont

$c = \lambda \cdot f$
$c = 30$ m/s

c) *Egy csomópont és egy ezzel szomszédos duzzadóhely távolságának meghatározása:*

$d = \lambda/4$.

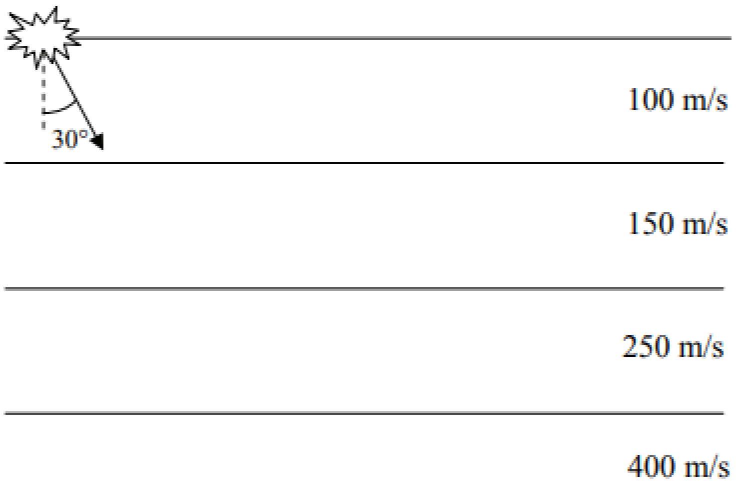
1 pont

$d = 0{,}375$ m

1 pont

Összesen 10 pont

2. Egy geofizikai kísérlet során a Föld felszínén végzett robbantás segítségével rezgéshullámokat indítanak, amelyek a különböző kőzetrétegekben különböző sebességgel terjednek. Az egyes rétegekhez tartozó terjedési sebesség a mellékelt ábrán van feltüntetve. A kőzetrétegek mindegyike 100 m vastag.
a) Vázolja fel egy olyan hullám teljes pályáját a kőzetrétegekben, amely a robbantás helyétől a kőzetrétegekre merőleges (függőleges) egyenessel 30°-os szöget bezáró irányban indul el!
b) Milyen mélyre hatol le ez a hullám a Földbe?



(2009. október)

Megoldás:

Adatok: $v_1 = 100$ m/s, $\alpha = 30°$, $v_2 = 150$ m/s, $v_3 = 250$ m/s, $v_4 = 400$ m/s, $d = 100$ m

a) *A törési törvény alkalmazása az első és a második kőzetréteg határára:*

1+1 pont

$$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{v_2}{v_1}, \quad \sin\beta = 0{,}75$$

A törési törvény alkalmazása a második és a harmadik kőzetréteg határára:

1+1 pont

$$\frac{\sin\gamma}{\sin\beta} = \frac{v_3}{v_2}, \quad \sin\gamma = 1{,}25$$

Annak felismerése, hogy ezen a határon visszaverődik a hullám:

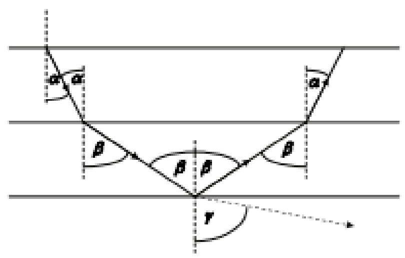
2 pont

Egy szög szinusza nem lehet 1-nél nagyobb, ezért teljes visszaverődés következik be.

A hullám útjának ábrázolása:

4 pont
(bontható)

A hullám útját feltüntető ábrán a pontok bontása az alábbiak szerint javasolt:
- $\alpha < \beta$ (1 pont)
- A harmadik réteg határáról visszaverődik a hullám. (1 pont)
- A visszaverődés után a hullám útja szimmetrikus az oda-útra. (2 pont)



b) *A behatolás mélységének kiszámítása:*

2 pont

A hullám két rétegnyi, azaz 200 m mélyre hatol le a földbe.

Összesen: 12 pont

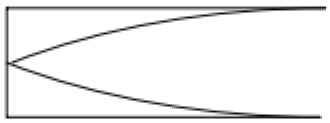
3. Egyik végén zárt, másik végén nyitott sípba hélium (He) gázt töltve, majd a sípot megszólaltatva 525,5 Hz frekvenciájú alaphangot kapunk. E sípot egy másik gázzal megtöltve az alaphang frekvenciája 235 Hz lesz. A hang terjedési sebessége a He gázban c = 610 m/s.
a) Rajzolja le a sípban kialakuló hullámképet! Számítsa ki a hang terjedési sebességét az ismeretlen gázban! Határozza meg a síp hosszát!
b) Rajzolja le az első felharmonikus hullámképét a sípban! Számítsa ki az első felharmonikus frekvenciáját mindkét gáz esetén!
(2011. október)

Megoldás:

Adatok: $f_1 = 525{,}5\ \text{Hz}$, $f_2 = 235\ \text{Hz}$, $c_1 = 610\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

a) *Megfelelő ábra készítése:*

2 pont



L

(Az ábrán látszania kell, hogy a síp nyitott vége duzzadóhely, zárt vége pedig csomópont, továbbá, hogy az alapharmonikusra $\lambda = 4 \cdot L$)

A hangsebesség meghatározása az ismeretlen gázban:

$$\lambda_1 = \lambda_2 \Rightarrow \frac{c_1}{f_1} = \frac{c_2}{f_2}$$

1 pont

$$c_2 = \frac{f_2}{f_1} \cdot c_1 = 273\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

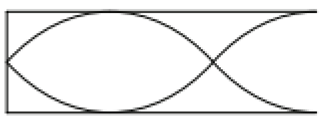
1 pont

$$L = \frac{c}{4 \cdot f} = 29\ \text{cm}$$

1 + 1 pont

b) *Megfelelő ábra készítése:*

2 pont



L

(Az ábrán látszania kell, hogy a síp nyitott vége duzzadóhely, zárt vége pedig csomópont, továbbá, hogy az első felharmonikusra $\lambda' = 4 \cdot L / 3$)

Az első felharmonikusok frekvenciáinak kiszámítása:

$$f' = \frac{c}{\lambda'}$$

1 pont

$f'_{He} = 1577\ \text{Hz}$

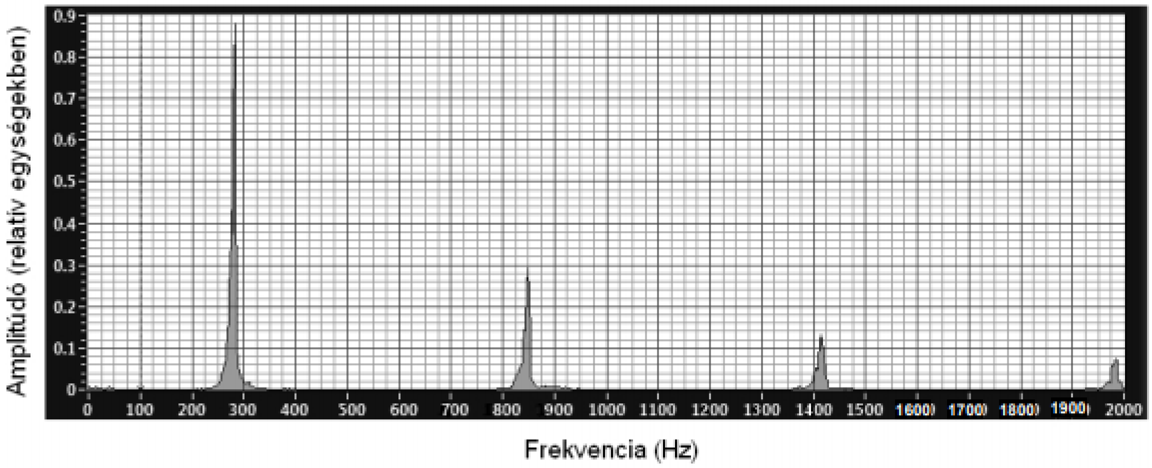
1 pont

$f_2' = 705\ \text{Hz}$

1 pont

Összesen 11 pont

4. **Egy számítógépes frekvencia-elemző programmal vizsgáljuk egy síp hangját. A program egy diagramon megjeleníti, hogy a síp hangjában a különböző frekvenciájú összetevők milyen erősséggel vannak jelen.**
   a) Állapítsa meg a síp alaphangjának és első három felhangjának frekvenciáját!
   b) Nyitott vagy zárt síppal végeztük a vizsgálatot? Válaszát indokolja!
   c) Adja meg a síp hosszát centiméterre kerekítve, ha a vizsgálatot 15 ºC hőmérsékleten végeztük!
   d) Mekkora lesz az állandó hosszúságúnak tekinthető síp alaphangjának és megfigyelt felhangjainak frekvenciája, ha a levegő felmelegszik 50 ºC-ra? A számításokhoz szükséges adatokat olvassa le az alábbi grafikonokról!



(2014. október)

Megoldás:

Adatok: $T_1 = 15$ °C, $T_2 = 50$ °C

a) A keresett frekvenciák leolvasása az első grafikonról:

2 pont (bontható)

$f_0 \approx 280$ Hz, $f_1 \approx 850$ Hz, $f_2 \approx 1420$ Hz, $f_3 \approx 1980$ Hz.

(Egy vagy két helyesen leolvasott adat egy pontot ér, három vagy négy pedig két pontot. A grafikon jellegéből fakadóan a leolvasásoknál a 30 Hz-en belüli eltérések elfogadhatóak.)

b) A síp típusának meghatározása és megfelelő indoklása:

3 pont (bontható)

Az alapharmonikus és az első felharmonikus $\frac{f_0}{f_1} = \frac{1}{3}$ (1 pont) viszonyából

$\Rightarrow \lambda_0 = 3 \cdot \lambda_1$ (1 pont), ami a zárt sípokat jellemző összefüggés, tehát a <u>síp zárt</u> (1 pont).

c) A síp hosszának meghatározása:

4 pont (bontható)

Mivel zárt sípról van szó, $\lambda_0 = 4 \cdot L$ (1 pont), amiből $L = \frac{c}{4 f_0}$ (1 pont).

A második grafikon alapján $T_1 = 15$ °C, $c \approx 340$ m/s (1 pont), így $L = 30$ cm (1 pont).

d) A meleg síp frekvenciáinak meghatározása:

3 pont (bontható)

A második grafikonról $T_2 = 50$ °C, $c' \approx 360$ m/s (1 pont), így

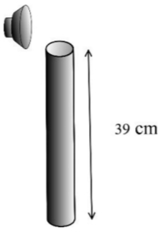
$f_0' = \frac{c'}{4L}$ és a harmonikusok 1:3:5:7 aránya miatt

$f_0 \approx 300$ Hz, $f_1 \approx 900$ Hz, $f_2 \approx 1{,}5$ kHz, $f_3 \approx 2{,}1$ kHz. (2 pont)

(Egy vagy két helyesen kiszámolt adat egy pontot ér, három vagy négy pedig két pontot. Az a) kérdésben leolvasott adatokból adódó eltérésekért nem jár pontlevonás.)

Összesen: 12 pont

5. **Egy mindkét végén nyitott, 39 cm hosszú, vékony cső tetejénél egy kis hangszórót helyezünk el. A hangszórót változtatható frekvenciájú hanggenerátorra kötjük. A hang frekvenciáját fokozatosan növeljük. Melyik lesz a legkisebb frekvencia, amelynél rezonanciát tapasztalunk? Melyik lesz a második legkisebb frekvencia? (A kísérlet elvégzésekor a hang terjedési sebessége a levegőben 343 m/s.)**



(2021. október)

Megoldás: (11 pont)

Adatok: $c = 343$ m/s, $L = 39$ cm

Az alapfrekvencia meghatározása:

7 pont
(bontható)

Mivel a cső mindkét végén nyitott, az alapfrekvenciához tartozó állóhullámnak a cső két végén duzzadóhelye, köztük félúton csomópontja van (2 pont). (Megfelelő ábra is elfogadható.)

Emiatt: $L = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 78$ cm (képlet + számítás, 1 + 1 pont)

$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{343\text{ m/s}}{0,78\text{ m}} = 440$ Hz (képlet + behelyettesítés + számítás, 1 + 1 + 1 pont)

Az első felharmonikus frekvenciájának meghatározása:

4 pont
(bontható)

Az első felharmonikusnak két csomópontja van (2 pont), tehát
$\lambda = 39$ cm (1 pont),

és így

$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{343\text{ m/s}}{0,39\text{ m}} = 880$ Hz (behelyettesítés + számítás, 1 pont).

Összesen: 11 pont

6. Egy kísérletben a λ1 = 550 nm hullámhosszúságú lézerfény egy 500/mm rácsállandójú rácsra esik, azon áthalad. A létrejövő diffrakciós képet a rács mögött elhelyezett ernyőn jelenítjük meg.
a) Számítsa ki az elsőrendű maximum α1 szögeltérését, amit az eredeti nyalábhoz viszonyítunk!
b) Legalább milyen széles legyen a rácstól 1 m távolságra elhelyezett ernyőnk, hogy megfigyelhető legyen mindkét harmadrendű maximum?
c) Legfeljebb hányadrendű maximumot lehet ezzel a fényforrással és ezzel a ráccsal megfigyelni – megfelelő méretű ernyő használata esetén?
(2023. május)

Megoldás:(11 pont)

Adatok: $\lambda_1 = 550$ nm, $N = 500$ 1/mm, $l = 1$ m.

a) Az elsőrendű maximum irányának meghatározása:

4 pont (bontható)

Mivel a rácsvonalak távolsága: $d = 1/N = 2$ μm (1 pont),

Az első erősítés iránya: $\sin\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{d} = \frac{0{,}55\ \mu\text{m}}{2\ \mu\text{m}} \rightarrow \alpha_1 = 16°$

(képlet + adatok behelyettesítése + számítás, 1 + 1 + 1 pont)

b) A harmadik rendű maximum irányának meghatározása:

3 pont (bontható)

A harmadik erősítés iránya: $\sin\alpha_3 = \frac{3\cdot\lambda_1}{d} = \frac{3\cdot 0{,}55\ \mu\text{m}}{2\ \mu\text{m}} \rightarrow \alpha_3 = 55{,}6°$

(képlet + adatok behelyettesítése + számítás, 1 + 1 + 1 pont)

A szükséges ernyőszélesség megadása:

2 pont (bontható)

Egyszerű geometriai megfontolásból: $D = 2l\cdot \mathrm{tg}\alpha_3 = 2{,}9$ m

(képlet + számítás, 1 + 1 pont)

c) A legnagyobb keletkező rend számának meghatározása:

2 pont (bontható)

Mivel bármely megfigyelhető maximumra $\sin\alpha_k = \frac{k\cdot\lambda_1}{d} \le 1$, és

$3\cdot\lambda_1 < d$, de $4\cdot\lambda_1 > d$ (1 pont),

ezért a 3. maximum az utolsó megfigyelhető maximum. (1 pont)

Összesen: 11 pont