

# Sadržaj

1. Mehanika i dinamika.....	1
[Kosi hitac na kosini, Sears 6.19].....	1
2. Zakoni sačuvanja, energija, snaga.....	1
[Rad, sila, energija, ZSME, Sears 7.32].....	1
[ZSKG, ZSE, Sears 8.12].....	2
[ZSE, Ftr, trenutna snaga, Irodov 1.127].....	2
[Sudari, “matematički” dokazi, Irodov 1.177].....	2
[Raketa u prisustvu vanjske sile, spretno koristiti poznati izvod s predavanja. Irodov 1.178].....	2
3. Harmonički oscilator.....	2
[Zašto bi bio važan prigušeni oscilator za studente FER-a? Nije zadatak.].....	2
[ Ravnotežni položaj, sila za ovješenu oprugu. Sears 11.17].....	3
[ Izrazi za “serijski” i “paralelni” spoj opruga. Sears 11.19].....	3
[ Prigušeno titranje, logaritamski dekrement, Irodov 4.76].....	3
[ Taylorov razvoj potencijala, Kamal 6.39].....	3
[ Sila, H.O., ravnotežni položaj , Irodov 4.35].....	4
[ Frekvencija oscilacija, 2 različite mase , Irodov 4.58].....	4
[ vibracijsko stanje dvoatomne molekule, Kamal 6.49].....	4
[ Rad u jednom periodu, tjerani gušeni HO, Irodov 4.90].....	4
[ faza, period, Young-Freedman 14.62].....	5
[ Udari, varijacije Kamal 6.48].....	5
[ rad za “pomaknuti” odziv, Riješeni zadaci iz valova i optike, 1.36].....	5
[ koef. trenja, maksimalna sila i akceleracija, Young-Freedman 14.68].....	5
[ podloga i kuglica, akceleracija i sila pritiska, Young-Freedman 14.69].....	6
4. Valovi.....	6
[ putujući val, udaljenost točaka, Kamal 8.12].....	6
[ rješenje valne jedn, Kamal 8.21].....	6
[ jednostavni valovi, Young-Freedman 15.4].....	7
[ uvodno, valovi, Berkeley, Waves, 4.1].....	7
[ brzina transversalnog vala, Sears, 21.8].....	7
[ širenje poremećaja, količina gibanja, Sears, 21.25].....	7
[ teško uže, Young-Freedman, 15.20].....	7
[ uvodno, snaga, Berkeley, Waves, 4.13].....	8
[ snaga vala na žici, Young-Freedman, 15.22].....	8
[ fazna brzina, nalik Doppler ef., Irodov 4.153].....	8
[ superpozicija, valovi u zraku, Sears, 23.11].....	8
[ refleksija, Doppler ef., Sears 23.22].....	9
[ refleksija, Doppler ef., Sears 23.23].....	9
[ Doppler, varijante, Riješeni zadaci iz valova i optike 2.16].....	9
[ Doppler, rotacija, Riješeni zadaci iz valova i optike 2.17].....	9
[ Fourierov razvoj, energija harmonika u stojnom valu, Kamal 8.31].....	10

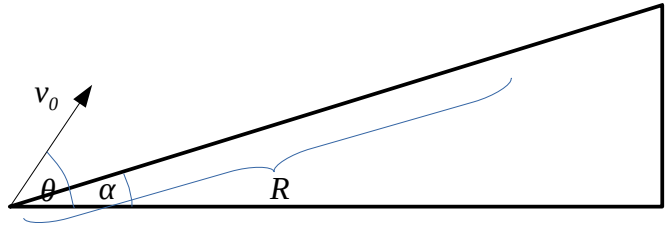
# 1. Mehanika i dinamika

[Kosi hitac na kosini, Sears 6.19]

Projektil je ispucao početnom brzinom  $v_0$  pod kutem  $\theta$  s dna kosine koja je pod kutem  $\alpha$  u odnosu na horizontalu.

a) Koliki je domet  $R$  duž kosine?

b) Pokažite da se taj izraz za  $R$  svodi na poznati domet kosog hica za horizontalnu površinu kada  $\alpha=0$ .



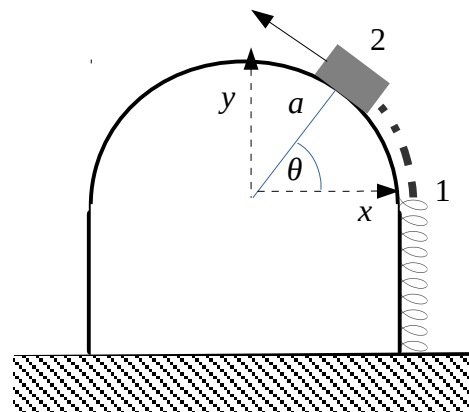
Rješenje:

$$R = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2} = \sqrt{tg^2 \alpha + 1} \cdot 2 \frac{v_x}{g} (v_y - v_x tg \alpha)$$

# 2. Zakoni sačuvanja, energija, snaga

[Rad, sila, energija, ZSME, Sears 7.32]

Promjenjiva sila  $F$  je neprestano u tangencijalnom smjeru na cilindričnu površinu polumjera  $a$  (slika). Mijenjajući postepeno tu silu, tijelo mase  $m$  pomaknulo se duž cilindra, a opruga za koju je tijelo pričvršćeno rastegnula se od točke 1 do točke 2. Opruga je u ravnoteži u točki 1. Izračunajte rad sile  $F$  a) integracijom, i b) koristeći ZSME.



Rješenje:

$$W_{12} = \Delta E_p = mga \sin \theta + \frac{k}{2} (a \cdot \theta)^2$$

$$d\vec{s} = a(-\sin \theta \hat{x} + \cos \theta \hat{y})$$

[ZSKG, ZSE, Sears 8.12]

Metak mase 2g koji putuje horizontalnom brzinom 500m/s pogodi drveni kvadar mase 1kg koji miruje na horizontalnoj podlozi. Metak prođe kroz kvadar i izleti s brzinom 100m/s. Kvadar se zbog sudara odskliže 20cm od početnog položaja.

- a) Koliki je koeficijent trenja klizanja kvadra s podlogom?
- b) Koliko je smanjenje kinetičke energije metka?
- c) Kolika je bila kinetička energija kvadra nakon što je metak prošao kroz njega?

Rješenje:

$$a) \mu = \frac{v_t^2}{2g \Delta s}, v_t = m_m \frac{(v_1 - v_2)}{m_t} \quad b) \Delta E_K = \mu g \Delta s m_t \quad c) m_t \frac{v_t^2}{2}$$

[ZSE, Ftr, trenutna snaga, Irodov 1.127]

Materijalna točka mase  $m$  nalazi se u ishodištu koordinatnog sustava na horizontalnoj podlozi. Tijelo odjednom dobije brzinu  $v_0$ . Nađite:

- a) Srednju snagu sile trenja tijekom cijelog gibanja, ako je koeficijent trenja  $\mu = 0,27$   $m=1$  kg a  $v_0=1,5$  m/s.
- b) maksimalnu trenutnu snagu sile trenja, ako se koeficijent trenja mijenja kao  $\mu = \alpha x$ , ako je  $x$  udaljenost od ishodišta.

Rješenje:

$$a) P = -2 \text{ W} \quad b) P(t)_{\max} = mgv_0^2 \sqrt{\alpha g} / 2$$

[Sudari, “matematički” dokazi, Irodov 1.177]

Čestica se sudara s drugom identičnom česticom iste mase, koja miruje. Dokažite da je međusobni kut pod kojim će se molekule nastaviti gibati nakon sudara:

- a)  $90^\circ$  ako je sudar elastičan.
- b) različit od  $90^\circ$  ako sudar nije elastičan.

[Raketa u prisustvu vanjske sile, spretno koristiti poznati izvod s predavanja. Irodov 1.178]

Raketa izbacuje plinove stalnim mlazom čija je brzina relativno prema raketi jednaka  $u$ . Masa plinova koja se izbacuje u jedinici vremena jednaka je  $\mu$  kg/s. Pokažite da je gibanje rakete u takvom slučaju moguće opisati jednadžbom:

$$m \vec{a} = \vec{F} - \mu \vec{u},$$

gdje je  $m$  masa rakete u trenutku promatranja,  $a$  njena akceleracija, a  $F$  vanjska sila.

### 3. Harmonički oscilator

[Zašto bi bio važan prigušeni oscilator za studente FER-a? Nije zadatak.]

[https://physics.uwo.ca/~psimpson/Experiment\\_4\\_G3](https://physics.uwo.ca/~psimpson/Experiment_4_G3)

[ Ravnotežni položaj, sila za ovješenu oprugu. Sears 11.17]

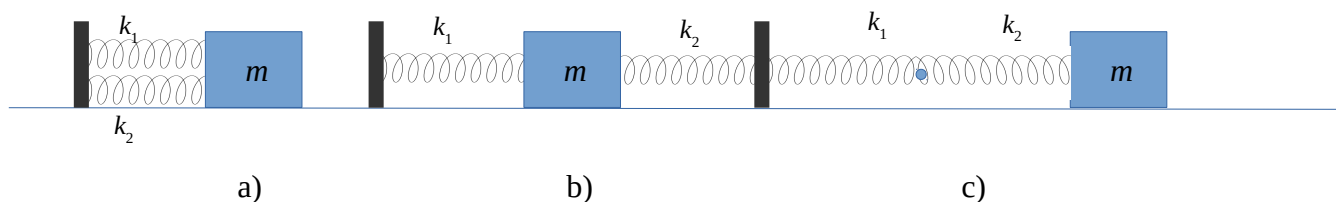
- a) Kojom se dodatnom silom treba djelovati na oprugu na koju je ovješeno uteg mase 3,63 kg kako bi uteg titrao punih 48 titraja u 32 s, uz amplitudu 7,62 cm?
- b) Kojom silom djeluje opruga u najnižoj točki, kojom u ravnotežnom položaju, a kojom u najvišoj točki oscilacija?
- c) Kolika je kinetička energija sustava kada se uteg nalazi 2,54 cm ispod ravnotežnog položaja? Kolika je tada potencijalna energija?

Rješenje: a) 24,54 N, b) 60 N, 11,06 N, 35,6 N, c) 0,8310 J, 0,1039 J

[ Izrazi za “serijski” i “paralelni” spoj opruga. Sears 11.19]

Dvije opruge različitih konstanti  $k_1$  i  $k_2$  ali iste ravnotežne duljine povezane su s tijelom mase  $m$  na horizontalnoj podlozi bez trenja (vidi slike). Odredite efektivne konstante opruge u svakom od slučajeva, a), b) i c).

d) Tijelo mase  $m$  ovješeno na opruzi konstante  $k$  titra frekvencijom  $f_1$ . Ako oprugu prepolovimo i isto tijelo postavimo da titra na samo jednoj polovici te opruge, frekvencija titranja je  $f_2$ . Koliki je omjer  $f_2/f_1$ ?



Rješenje: a)  $k_{\text{ef}} = k_1 + k_2$  b)  $k_{\text{ef}} = k_1 + k_2$  c)  $k_{\text{ef}} = k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$  d)  $2^{1/2}$

[ Prigušeno titranje, logaritamski dekrement, Irodov 4.76]

Čestica je pomaknuta iz položaja ravnoteže za  $l = 1$  cm i ostavljena da titra. Koliki će ukupni put čestica prevaliti za cijelo vrijeme titranja ako je logaritamski dekrement prigušenja  $\lambda = 0,020$  ?

Rješenje:  $s(t \rightarrow \infty) \approx 2m$

[ Taylorov razvoj potencijala, Kamal 6.39]

Pokažite da je period malih oscilacija mase  $m$  koja se giba oko ravnotežnog položaja u potencijalu oblika

$$U(x) = a/x^2 - b/x,$$

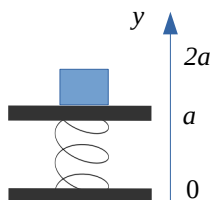
gdje su  $a$  i  $b$  pozitivne konstante, jednak  $T = 4\pi \sqrt{\frac{2a^3 m}{b^4}}$ .

[ Sila, H.O., ravnotežni položaj , Irodov 4.35]

Ravna podloga s tijelom mase  $m$  počinje se gibati prema gore prema izrazu  $y(t)=a(1-\cos \omega t)$ , gdje je period oscilacija  $\omega = 11 \text{ s}^{-1}$ , a  $y(t)$  opisuje pomak od početnog položaja. Pronađite:

a) Ovisnost sile kojom tijelo djeluje na podlogu o vremenu. Skicirajte tu ovisnost, ako je  $a = 4 \text{ cm}$ .  
b) Najmanju amplitudu kojom se oscilacije trebaju odvijati kako bi tijelo odskočilo/padalo na podlogu.

c) Početnu amplitudu kako bi tijelo bilo izbačeno 50 cm u vis u odnosu na početni položaj ( $u t = 0$ ).



Rješenje: a)  $F(t) = mg + ak \cos \omega t$ , b)  $a = mg / k$ , c)  $a = g / \omega^2 (\omega \sqrt{2gh} - 1)$ , uz  $\omega^2 = k / m$

[ Frekvencija oscilacija, 2 različite mase , Irodov 4.58]

Dvije kocke mase  $m_1$  i  $m_2$  povezane su oprugom elastičnosti  $k$  i postavljene na horizontalnoj podlozi. Mase su približene jedna drugoj i istovremeno puštene da osciliraju. Kolika je prirodna frekvencija oscilacija tog sistema?

Rješenje:  $\omega_0 = \sqrt{k \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}}$

[ vibracijsko stanje dvoatomne molekule, Kamal 6.49]

Kolika je frekvencija vibracija osnovnog stanja molekule HCl, ako su mase vodika  $m(\text{H})=1,0 \text{ amu}$  i klora  $m(\text{Cl})=36,46 \text{ amu}$ , a konstanta koja opisuje jakost veze  $k = 480 \text{ N/m}$ . (vrijednost 1 amu, atomic mass unit jednaka je  $1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ).

Rješenje:  $f = 8,68 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$

[ Rad u jednom periodu, tjerani gušeni HO, Irodov 4.90]

Kugla mase  $m = 50 \text{ g}$  ovješena je na bezmasenu oprugu konstante elastičnosti  $k = 20 \text{ N/m}$ . Vanjska sila frekvencije  $\omega = 25 \text{ s}^{-1}$  tjera sustav na titranje. U stacionarnom stanju amplituda oscilacija je  $a = 1,3 \text{ cm}$ , a pomak kugle kasni u fazi za silom za  $\varphi = 3\pi/4$ .

a) Koliki je faktor kvalitete tog oscilatora?

b) Koliki rad vanjska sila napravi u jednom periodu?

Rješenje: a)  $Q = 2,78$  b)  $\langle W \rangle_T \approx 60 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .

[ faza, period, Young-Freedman 14.62]

Tijelo harmonički oscilira s periodom 0,3 s i amplitudom 6 cm. U  $t = 0$  tijelo trenutno miruje na položaju  $x = 6$  cm. Koliko vremena je potrebno da tijelo od  $x = 6$  cm stigne do položaja  $x = -1,5$  cm ?

Rješenje:  $t = 0,09$  s

[ Udari, varijacije Kamal 6.48]

Superpozicija dviju oscilacija u istom smjeru ima resultantni pomak opisan kao

a)  $y = A\cos(6\pi t)\sin(90\pi)$

b)  $y = A\cos(6\pi t)\sin(90\pi t)$

Nađite komponente superpozicije u svakom od slučaja. Kolika je frekvencija udara?

Rješenje: a)  $y_1 = A\cos(6\pi t + 179\pi/2)$ ,  $y_2 = A\cos(6\pi t - 179\pi/2)$ ,  $f_{\text{udara}} = 0$   
b)  $y_1 = A\cos(96\pi t - \pi/2)$ ,  $y_2 = A\cos(84\pi t - \pi/2)$ ,  $f_{\text{udara}} = 6$  Hz

[ rad za “pomaknuti” odziv, Riješeni zadaci iz valova i optike, 1.36]

Vanjska periodička sila maksimalnog iznosa 10 N djeluje na tijelo na opruzi koje, zbog djelovanja te sile titra amplitudom 1 cm. Na početku titranja tijelo je udaljeno pola amplitude od središnjeg položaja. Valja izračunati rad što ga izvrši sila u vrijeme jednog perioda ako je u  $t = 0$  sila maksimalna.

Rješenje:  $W = 0,2721$  J

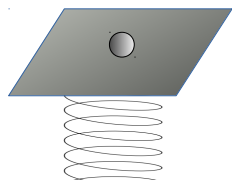
[ koef. trenja, maksimalna sila i akceleracija, Young-Freedman 14.68]

Promotrimo sustav dviju tijela na opruzi kao na slici. Između donjeg tijela i podloge nema trenja, no koeficijent statičkog trenja između gornjeg i donjeg tijela je  $\mu_s$ . Opruga je konstante  $k=150$  N/m, mase tijela su  $m=0,5$  kg i  $M=4$  kg. Tijela pokrećemo na gibanje rastezanjem opruge za neki  $d$ . (a) Ako je  $d$  dovoljno maleno da se tijela gibaju zajedno, koliki je period titranja sustava ? (b) Ako nam je poznato da je najveća udaljenost kojom možemo pokrenuti sustav da ne dođe do sklizanja gornjeg bloka jednaka  $d_{\text{max}}=8,8$  cm, odredite koeficijent statičkog trenja,  $\mu_s$ .



Rješenje: a)  $T=1,088$  s , b)  $\mu_s = 0,3$

Posuda mase 1,7 kg pričvrćena je za oprugu konstante 185 N/m. U posudu je postavljena kuglica mase 290 g. Opruga se nalazi ispod posude, i početno je sabijena za 16,1 cm u odnosu na ravnotežni položaj. (a) Koliko iznad početnog položaja će biti posuda u trenutku kada se kuglica odvoji od podloge? (b) Koliko vremena će proteći od otpuštanja opruge iz početnog položaja? (c) Koja će biti brzina kuglice u trenutku kad upravo napusti podlogu?



Rješenje: a)  $\Delta x = 0,266 \text{ m}$ , b)  $t = 0,237 \text{ s}$ , c)  $v = 1,16 \text{ m/s}$

## 4. Valovi

Val frekvencije 250 Hz ima faznu brzinu 375 m/s. (a) Koliko su udaljene točke koje su pomaknute u fazi  $60^\circ$ ? (b) Kolika je razlika u fazi dviju pomaka koji se nalaze na istom mjestu,  $x$ , ali su ostvarena u dva trenutka razmaknuta za  $10^{-3} \text{ s}$ ?

Varijacije:

(c) Koliko su *ukupno* udaljene točke iz dijela (a), ako nam je poznata amplituda oscilacija,  $A=1\text{m}$ , te ako znamo da je faza prve točke  $\varphi_1 = 0^\circ$ ?

(d) U kojem rasponu može varirati ta udaljenost, ako ne poznajemo fazu prve točke?

Rješenje: a)  $\Delta x = 0,25\text{m}$ , b)  $\varphi = 1,57 \text{ rad}$ , c)  $\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 0,56 \text{ m}$  d) između 0,25 m i 1,03 m

Zadan je putujući puls oblika:

$$y(x, t) = \frac{0,10}{4 + (2x - t)^2} .$$

Odredite brzinu pulsa (iznos i smjer) kao i to je li puls simetričan ili ne.

Rješenje:  $\vec{v} = (0,5 \text{ m/s}) \cdot \hat{x}$  ,

simetričan je:  $y(0+x, t) = y(0-x, t)$ , os simetrije pulsa giba se faznom brzinom  $x_0 = (0,5 \text{ m/s}) t_0$ , pa

$y((0,5 \text{ m/s}) t + x, t) = y((0,5 \text{ m/s}) t - x, t)$ ,

<https://www.geogebra.org/calculator/mhbex875>

[ jednostavni valovi, Young-Freedman 15.4]

Ribič primijeti da se čamac vertikalno periodički giba zbog valova na vodi. Čamac od najniže točke dosegne najvišu za vrijeme od 3 s. Ukupno se visina čamca promijeni za 0,69 m. Vrhovi valova udaljeni su 8 m. (a) Koja je brzina širenja valova? (b) Kolika je amplituda vala? (c) Kada bi ukupna promjena visine čamca tijekom oscilacija bila 0,35 m, kako bi to utjecalo na vrijednosti pod (a) i (b) ?

Rješenje: a)  $4/3$  m/s, b) 0,345 m c) (a) – isto, (b) 0,175 m

[ uvodno, valovi, Berkeley, Waves, 4.1]

Kraj niti na  $z = 0$  harmonički oscilira frekvencijom 10 Hz i amplitudom 1 cm. Nit možemo smatrati beskonačnom te nema refleksija. Fazna brzina je 5 m/s. Detaljno opišite gibanje točke na užetu na udaljenosti 325 cm, odnosno na udaljenosti 350 cm.

Rješenje:  $y(3,25\text{ m}, t) = (1\text{ cm}) \sin [(20\pi\text{ rad/s}) t - (3,25\text{ m}) (4\pi\text{ m}^{-1})]$   
 $y(3,5\text{ m}, t) = (1\text{ cm}) \sin [(20\pi\text{ rad/s}) t - (3,5\text{ m}) (4\pi\text{ m}^{-1})]$

[ brzina transversalnog vala, Sears, 21.8]

Jedan kraj gumene trake duge 20 m i teške 1 kg učvršćen je za zid, dok je o drugi preko koloture ovješena uteg mase 10 kg. Na jednom kraju udarcem stvorimo transversalni puls. Za koje će vrijeme on stići do drugog kraja?

Rješenje:  $t = 0,45$  s

[ širenje poremećaja, količina gibanja, Sears, 21.25]

Slobodna zavojnica elastične niti duljine  $L$  i mase  $M$  nalazi se na stolu s kojim nema trenja. Sila  $F$  primijeni se na jedan kraj niti, a nit se sa stola izvlači konstantnom brzinom  $v$ .

- Nadite odnos  $F$  i  $v$ .
- Ako se potakne puls dok se nit povlači, kako će se on gibati?
- Koliki je rad izvršila sila  $F$  kad zadnji kraj niti napušta stol?
- Kolika je kinetička energija niti? (Sjetite se da ga povlačimo konstantnom brzinom.)
- Kako je to moguće?

Rješenje: a)  $v^2 = FL/M$ , b) puls miruje u odnosu na stol, giba se brzinom  $2v$  c)  $W = FL$

[ teško uže, Young-Freedman, 15.20]

Uže teško 29,4N i dugo 6m ovješeno je za strop. Na njegovom kraju ovješena je masa 0,5 kg. Kolika je brzina transversalnog vala na užetu pri (a) dnu, (b) sredini i (c) vrhu? (d) Je li napetost užeta u sredini jednaka srednjoj napetosti na vrhu i dnu? A kako se odnosi brzina, i zašto?

Rješenje: a) 3,13 m/s b) 6,26 m/s c) 8,28 m/s d) Da. Ne.



[ uvodno, snaga, Berkeley, Waves, 4.13]

Beskonačna nit linearne gustoće mase  $0,1 \text{ g/cm}$  i napetosti  $445 \text{ N}$  potiče se harmoničkim oscilacijama amplitude  $1 \text{ cm}$  i frekvencije  $100 \text{ Hz}$  u  $z = 0$ . Kolika je prosječna snaga vala u jednom periodu?

Rješenje:  $41,6 \text{ W}$

[ snaga vala na žici, Young-Freedman, 15.22]

Piano žica mase  $2,90 \text{ g}$  duga je  $76 \text{ cm}$  i napeta silom  $33 \text{ N}$ . Po njoj putuje val frekvencije  $115 \text{ Hz}$  i amplitude  $1,7 \text{ mm}$ . a) Izračunajte srednju snagu vala. b) Kako se taj iznos promijeni ako se amplituda polovi?

Rješenje: a)  $P = 0,267 \text{ W}$  b)  $P' = P/4$

[ fazna brzina, nalik Doppler ef., Irodov 4.153]

Ravni val oblika  $y = a \cos(\omega t - kx)$  širi se u mediju  $K$ . Nađite jednadžbu gibanja u referentnom okviru  $K'$ , koji se giba brzinom  $V$  u odnosu na medij.

Rješenje:  $y = a \cos((\omega - Vk)t - kx')$ ,  $\ddot{y} - (v - V)^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x'^2} = 0$

[ superpozicija, valovi u zraku, Sears, 23.11]

Dva zvučnika, A i B emitiraju zvuk u svim pravcima jednoliko. Snaga zvučnika A je  $8 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ , a zvučnika B  $13,5 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ . Oba zvučnika odašilju zvuk iste frekvencije jednake  $173 \text{ Hz}$ .

- a) Odredite razliku u fazi dvaju signala na položaju C, koji se nalazi na spojnici zvučnika i udaljen je od zvučnika A  $4 \text{ m}$ , a od zvučnika B  $3 \text{ m}$ .  
b) Koliki je intenzitet zvučnika A na položaju C, ako je zvučnik B ugašen? Koliki je na istom položaju intenzitet samo zvučnika B, ako je ugašen A?  
c) Kada su uključena oba zvučnika, koliki je intenzitet na položaju C. Kolika je razina intenziteta izražena u dB?

d) varijacija: Kako se gornje veličine mijenjaju ako je kružna frekvencija jednaka  $173 \text{ rad/s}$ ?

Rješenje: a)  $\Delta\varphi = \pi$  b)  $I_A = 4 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ;  $I_B = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$  c)  $2,1 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ;  $63,2 \text{ dB}$   
d) a –  $\Delta\varphi = 30^\circ$ ; b – ne mijenja se; c –  $31 \cdot 10^{-6}$ ;  $74,9 \text{ dB}$ .

[ refleksija, Doppler ef., Sears 23.22]

Gospođa stoji ispred zida, držeći u ruci glazbenu vilicu koja emitira zvuk frekvencije 400 Hz. U jednom trenutku, glazbenu vilicu pomiče brzinom 1,22 m/s prema zidu. Kolika će biti frekvencija udara zbog superpozicije zvuka koji ona čuje iz glazbene vilice i zvuka koji se reflektira sa zida?

Rješenje: 2,87 Hz

[ refleksija, Doppler ef., Sears 23.23]

Izvor zvuka koji u mirnom zraku emitira frekvencijom 1000 Hz giba se brzinom 30,48 m/s udesno. Desno od izvora je velika ravna reflektirajuća ploha koja se giba 121,92 m/s ulijevo.

- a) Koliko emitirani val otputuje u 0,01 s ?
- b) Kolika je valna duljina udesno od izvora?
- c) Koliko valova doputuje na reflektirajuću plohu u 0,01 s?
- d) Kolika je brzina reflektirajućih valova?
- e) Kolika je njihova valna duljina?

Rješenje: a) 3,4 m b) 0,31 m c) 14,93 d) 340 m/s e) 0,146 m

[ Doppler, varijante, Riješeni zadaci iz valova i optike 2.16]

Dva se automobila međusobno udaljavaju brzinom  $v/10$  ( $v$  je brzina zvuka). Ako automobil koji se udaljava od reflektirajućeg zida brzinom  $v/20$  šalje zvučne valove čija je frekvencija 1000 Hz, koje frekvencije čuje slušatelj u drugom autu, koji se približava zidu?

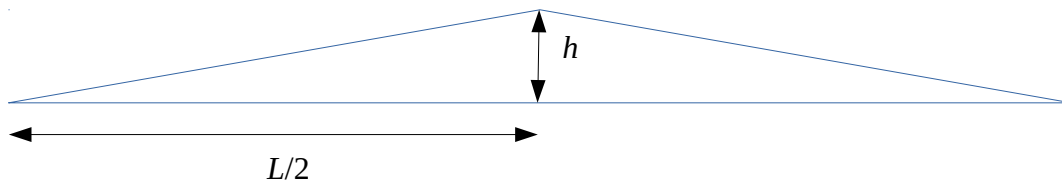
Rješenje: 904,76 Hz i 1000 Hz

[ Doppler, rotacija, Riješeni zadaci iz valova i optike 2.17]

Izvor, pričvršćen na horizontalnoj ploči, emitira ton čija je frekvencija 1000 Hz. Izvor je udaljen 1,5 m od vertikalne osi vrtnje. Ako vrtnja ploče dostiže kutnu brzinu  $50 \text{ s}^{-1}$ , koji frekventni pojas čuje vrlo udaljeni slušatelj? (Brzina zvuka u zraku pri  $20^\circ\text{C}$  je 340 m/s.)

Rješenje: (819 – 1283) Hz

Valovi na žici potaknuti su tako da je žica duljine  $L$  učvršćena na oba kraja, izvučena iz položaja ravnoteže za  $h$  točno na sredini žice (slika).



- a) Pokažite da je energija sadržana u pojedinom harmoniku  $n$ , jednaka  $E_n = \frac{16 M h^2 v^2}{n^2 \pi^2 L^2}$ .
- b) Usporedite energije prvog i trećeg harmonika ovako potaknutih stojnih valova.

Rješenje: b)  $E_1/E_3=9$