

50. Promatračka stanica A na Pacifiku registrira val tsunami. Primijećeno je dizanje razine mora u 10 sati i 30 minuta nakon čega je za 20 minuta uslijedilo spuštanje. Ista pojava je zabilježena u stanici B koja se nalazi 175 km istočno od A u 10 h i 20 minuta te u stanici C koja se nalazi 320 km sjeverno od stanice A u 11 sati. Odredite valnu duljinu, te brzinu i smjer širenja vala, pretpostavljajući da je brzina stalna.

R: 364 km; 151,8 m/s; 58,6° prema meridijanu

#### □ Energija vala

51. Intenzitet P-valova potresa (sferni longitudinalni valovi) 100km daleko od izvora potresa je  $10^6 \text{ W/m}^2$ . Koliki će biti intenzitet tih valova na udaljenosti 400 km od izvora potresa?

R:  $6,2 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$

52. Dva potresna vala imaju jednaku frekvenciju i šire se kroz isti medij. Jedan val prenosi četiri puta veću energiju od drugog. Koliki je omjer amplituda tih valova?

R: 2

53. Usporedite intenzitete i amplitude sfernih valova na mjestima koja su  $r_1=10\text{km}$  i  $r_2=20\text{km}$  udaljena od izvora vala.

54. Koliki je omjer intenziteta *ravnog* vala na udaljenosti 1 km i 100 km od izvora vala?

R: Površina  $S$  je konstantna  $I=P/S \Rightarrow I_1=I_2 \Rightarrow I_1/I_2=1$

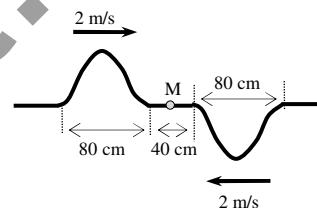
55. Longitudinalni val frekvencije 440 Hz širi se kroz zrak brzinom 330 m/s. Kolika je amplituda titranja ako je intenzitet vala  $10^{-6} \text{ W/m}^2$ ? Gustoća zraka je  $1,293 \text{ kg/m}^3$ .

R:  $24 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

#### □ Interferencija

56. Na slici je prikazana fotografija dva identična pulsa koji se šire u suprotnim smjerovima brzinom 2 m/s duž napetog užeta.

- a) Skicirajte kako će izgledati uže nakon vremena  $t = 0,1\text{s}; 0,2\text{s}; 0,3\text{s}; 0,4\text{s}$  i  $0,5\text{s}$ .  
 b) Kako izgleda pomak točke M tijekom vremena?  
 c) Svaki puls prenosi energiju. Što se dogodilo s energijom u trenutku  $t = 0,3 \text{ s}$ ?



57. Razlika hoda dvaju valova koji interferiraju iznosi  $0,2 \lambda$ . Koliko iznosi razlika faza tih valova?

R:  $0,4\pi \text{ rad}$

58. Dva potpuno jednaka vala gibaju se u istom smjeru duž napetog užeta i interferiraju. Amplituda svakog od njih je 9,8mm. Valovi se razlikuju u fazi za  $100^\circ$ . a) Kolika je amplituda rezultantnog vala i koji tip interferencije opažamo? b) Kolika bi bila razlika faza i razlika hoda tih valova kada bi rezultantni val imao amplitudu 4,9mm?

R: Amplituda je  $y_0=13\text{mm}$ . To je neka interferencija između maksimuma i minimuma. b)  $\pm 2,636 \text{ rad}$ ;  $\Delta x = \pm 0,42\lambda$

59. Razlika hoda dvaju jednakih valova koji interferiraju je: a)  $0,2\lambda$  b)  $0,45\lambda$  c)  $0,6\lambda$  d)  $0,8\lambda$ . Poredajte amplitude rezultantnog vala po veličini.

R: a) = d) > b) > c)

60. Dva vala jednakih valnih duljina putuju u istom smjeru duž užeta. Jesu li brzine i frekvencije tih valova jednake ili različite?

61. Napišite jednadžbu progresivnog i stojnog vala i objasnite razliku. a) Prenosi li stojni val energiju s jednog mjesta sredstva na drugo? b) Prenosi li progresivni val energiju s jednog mjesta sredstva na drugo? c) Da se formira stojni val što valovi moraju imati jednako?

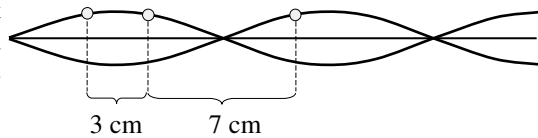
62. Dva vala jednakih valnih duljina od 8 m stižu u točku P različitim putovima. Ako je razlika u fazi ta dva vala  $3\pi/4$  radijana, kolika je razlika u hodu tih valova?

R: 3 m

63. Žica dugačka 9 m učvršćena je na oba kraja. Na žici postoje četiri čvora (računajući i krajeve žice). Kolika je valna duljina valova koji uzrokuju ovakvo titranje žice?

R: 6 m

64. Na užetu se formira stojni val tako da udaljenost između susjednih točaka s jednakim elongacijama po iznosu iznosi 3 cm i 7 cm (slika). Kolika je valna duljina stojnog vala?



R: 20 cm

65. Kolika je razlika u fazi u točkama A i B u prostoru, ako je udaljenost tih točaka od točkastog izvora vala 40 cm i 52,5 cm. Valna duljina je 25 cm. Nacrtajte sliku!

R:  $\pi$

66. Dva vala na žici opisujemo jednadžbama:  $y_1 = 3 \sin [2\pi (t - x)]$  i  $y_2 = 3 \sin [2\pi (t + x + \frac{1}{4})]$  (cm,s)

- Koji je smjer širenja jednog i drugog vala?
- Kako glasi jednadžba stojnog vala koji nastaje superpozicijom ta dva vala?
- Kolika je amplituda stojnog vala?
- Na kojim mjestima na žici nastupa poništavanje ta dva vala (čvorovi) a na kojim mjestima pojačavanje (trbusi)?
- Koliki je razmak između dva susjedna čvora, a koliki između dva susjedna trbuha vala?

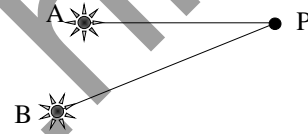
R: a) suprotan b)  $y = 6 \{ \sin 2\pi [(2t + 1/4)/2] \} \{ \cos 2\pi [(-2x - 1/4)/2] \}$  c) 6 cm d) čvor:  $x = -m/2 + 3/8$ ;  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ; trbuh:  $x = [\pm 4m + 1]/8$  e) razmak 1/2 cm.

67. Točke A i B su izvori valova jednakih valnih duljina  $\lambda = 3$  cm i faza.

Na prikazanoj slici su udaljenosti  $d(AP) = 9,5$  cm i  $d(BP) = 17$  cm.

Kakva će biti interferencija u točki P - konstruktivna ili destruktivna?

R: destruktivna



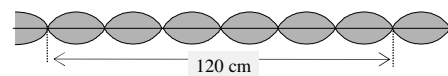
68. Žica titra prema jednadžbi:  $y = 5 [\sin(\frac{1}{3}\pi x)] \cdot [\cos(40\pi t)]$ . Sve veličine su iskazane u centimetrima i sekundama. Odredite:

- Kolika je amplituda, valna duljina i frekvencija valova čija superpozicija uzrokuje titranje.
- Koliki je razmak između dva susjedna čvora.

R: a) 5/2 cm; 6 cm; 10 Hz b) 3 cm

69. Na niti se pomoću vibratora formira stojni val (slika).

Frekvencija kojom titra vibrator je 50 Hz. Kolika je brzina širenja vala na niti?



R: 20 m/s

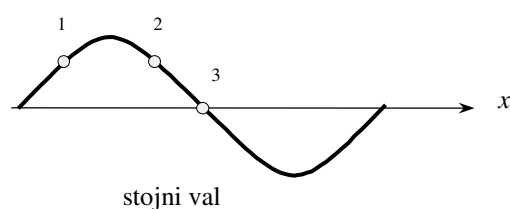
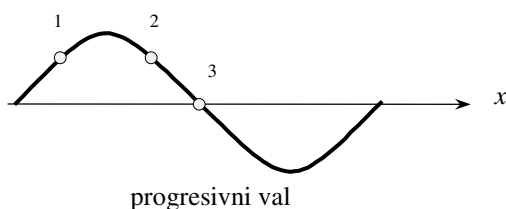
70. Jednadžba stojnog vala je:  $y = 2 [\cos(\pi x/3)] \cdot [\sin(10\pi t)]$ . Sve jedinice su iskazane pomoću SI sustava. Kolika je amplituda, valna duljina i frekvencija svakog pojedinog vala? Napišite jednadžbe valova od kojih je dobiven stojni val.

R: 1 m, 6 m, 5 Hz

71. Koja tvrdnja je točna? Kod stojnog vala:

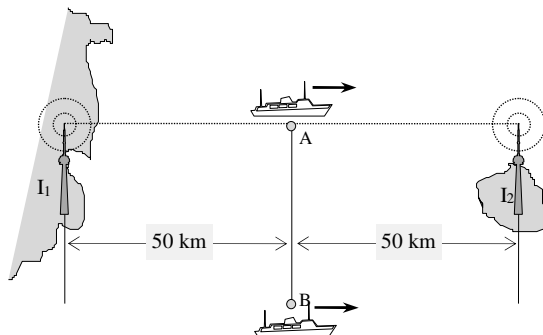
- razmak između dviju najbližih čestica koje su u fazi jednak je polovici valne duljine  $\lambda$ .
- sve točke vala titraju istom amplitudom.
- razmak između dva susjedna čvora jednak je valnoj duljini  $\lambda$ .
- razmak između dva susjedna trbuha jednak je valnoj duljini  $\lambda$ .
- razmak između dviju najbližih čestica koje su u fazi jednak je valnoj duljini  $\lambda$ .

72. Na slici su fotografije dva vala od kojih je jedan progresivni, koji se kreće u pozitivnom smjeru  $x$  osi, a drugi stojni val. Odredite smjer brzine čestica 1, 2 i 3 te na istoj slici crtkanom linijom predočite stanja oba vala u bliskom ranijem i kasnijem trenutku.



73. Crtež prikazuje dvije navigacijske radiopostaje  $I_1$  i  $I_2$  koje emitiraju radiovalove jednakih amplituda  $y_0$  i valnih duljina  $\lambda=200\text{m}$ . Kad se brod nalazi u točki A detektira signal dva puta veće amplitude ( $2y_0$ ) od amplitude koju emitira svaka postaja zasebno.

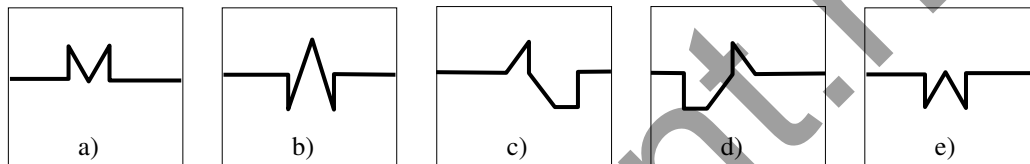
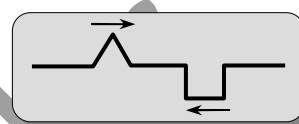
- Kolika je razlika u fazi dvaju izvora radiovalova?
- Brod koji se nalazio u točki A dođe krećući se u naznačenom smjeru na novu poziciju koja je od točke A udaljena za 100m. Kolika je amplituda signala koju detektira brod?
- Kolika je amplituda signala koju prima drugi brod koji se nalazi na poziciji B?
- Ako brod B plovi u naznačenom smjeru mora li on putovati jednakom brzinom, manjom ili većom od broda A da opet čuje signal koji ima amplitudu  $2y_0$ ?



74. Dva sinusoidalna vala jednakih valnih duljina i amplituda putuju duž užeta u suprotnim smjerovima brzinom  $10\text{cm/s}$ . Ako vremenski interval između dva stanja kad je uže ravno iznosi  $0,5\text{s}$  kolika je valna duljina tih valova?

R: 10 cm

75. Dva pulsa prolaze oprugom kako je prikazano na crtežu. Koji od predloženih crteža prikazuje oprugu nešto kasnije?



#### □ Vlastiti načini titranja

76. Vibrator frekvencije  $50\text{Hz}$  stvara stojni val na žici koja je napeta silom od  $50\text{N}$ . Žica po jednom metru svoje duljine ima masu od  $2\text{g}$ . Odredite duljinu žice da bi ona titrala osnovnom frekvencijom.

R: 1,58 m

77. Žica gitare titra frekvencijom  $440\text{Hz}$ . Kolika će biti frekvencija žice ako napetost žice povećamo za  $10\%$ ?

R: 461,48 Hz

78. Osnovna frekvencija svirale zatvorene na jednom kraju a otvorene na drugom iznosi  $110\text{Hz}$ . Kolika je duljina svirale ako je brzina širenja vala u zraku  $330\text{m/s}$ . Kolika je frekvencija prvog višeg harmonika?

R: 0,75 m; 330 Hz

79. Žica duga  $L$  učvršćena na oba kraja titra frekvencijom  $100\text{Hz}$ . Pri toj frekvenciji točka koja je udaljena  $\frac{1}{4}L$  od jednog kraja žice titra najvećom elongacijom. Za koju prvu višu frekvenciju će ta točka opet izvoditi titranje tako da se maksimalno udalji od ravnotežnog položaja. Kolika je osnovna frekvencija titranja žice?

a) 300 Hz b) 50 Hz

80. Frekvencija osnovnog tona neke žice učvršćene na krajevima iznosi  $f$ . Kako i koliko puta se promijeni frekvencija osnovnog tona zategnute žice ako se ona skрати (odsiječe) za  $35\%$ , pri čemu se sila zatezanja poveća za  $70\%$ .

R: Poveća se za  $100\%$

81. Svirala je napravljena tako da u zraku pri stalnoj temperaturi proizvodi dva uzastopna harmonika od  $240\text{Hz}$  i  $280\text{Hz}$ .

- Koji su to najniži harmonici?
- Kolika je frekvencija osnovnog tona?
- Je li svirala otvorena ili zatvorena?
- Kolika je duljina svirale ako je brzina zvuka  $340\text{m/s}$ ?

R: a) 6. i 7. b) otvorena c) 40 Hz d) 4,25 m

82. Svirala je napravljena tako da u zraku pri stalnoj temperaturi proizvodi dva *uzastopna* harmonika od 440 Hz i 520 Hz.

- a) Koji su to najniži harmonici? Je li svirala otvorena ili zatvorena?  
 b) Kolika je frekvencija osnovnog tona?  
 c) Kolika je duljina svirale ako je brzina zvuka 340 m/s?

R: a) omjer frekvencija je 13/11. To je zatvorena svirala.  $m=6$  pa su to peti i šesti harmonik ako je osnovni to označen kao prvi. b) 40 Hz c) 2,125 m

83. Za žicu učvršćenu na oba kraja izmjerili ste frekvencije dvaju uzastopnih viših harmonika koje iznose 360 Hz i 400 Hz. Koji su to najniži harmonici po redu? Kolika je osnovna frekvencija žice?

R: To su deveti i deseti harmonik.  $f_{osn} = 40$  Hz

84. Ravna uska cijev duljine 180 cm napunjena plinom otvorena na oba kraja u rezonanciji je s dva uzastopna harmonika frekvencije 380 Hz i 456 Hz. a) Kolika je brzina zvuka u toj cijevi? b) Kolika je temperatura zraka ako je brzina zvuka kod 0°C jednaka 331 m/s?

R: To su 5. i 6. harmonik. 76 Hz.  $v = 273,6$  m/s b)  $-86^{\circ}\text{C}$

85. Osnovna frekvencija svirale otvorene na jednom kraju a zatvorene na drugom iznosi 83 Hz. Ako je brzina zvuka u zraku 330 m/s odredite: a) duljinu svirale, b) frekvencije prva tri viša harmonika.

R: a) 99 cm b) 249 Hz; 415 Hz; 581 Hz

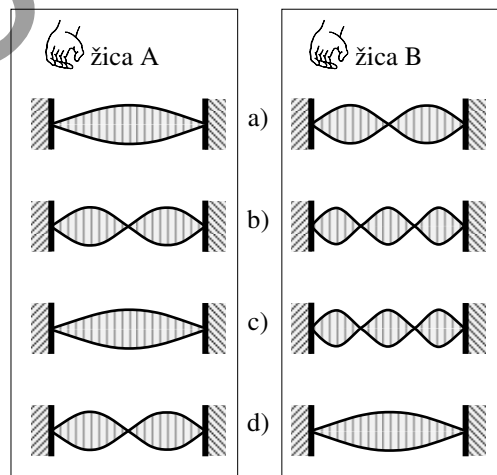
86. Pretpostavimo da je brzina zvuka u zraku 330 m/s. Glazbenu vilicu frekvencije 550 Hz pobudimo u titranje i držimo iznad otvorenog kraja cijevi, koja je s donjeg kraja potopljena u vodu, dakle zatvorena. Koju najmanju duljinu mora imati cijev da bi došlo do rezonancije? Može li doći do rezonancije ako cijev ima veću duljinu. Ako da, navedite par takvih uzastopnih duljina.

R: 15 cm, 45 cm, 75 cm

87. Valjkasta staklena cijev potopljena je u vodu tako da 30 cm viri iznad vode. Stupac zraka u cijevi u rezonanciji je s glazbenom vilicom koja titra iznad cijevi. Kolika je frekvencija glazbene vilice ako je brzina zvuka u zraku 340 m/s?

R: 283,3 Hz

88. Žice A i B na slikama potpuno su jednake osim što je žica B dva puta jače napeta. Na slikama od a) do d) su prikazane različite mogućnosti titranja žica. Je li u nekim situacijama moguće da žice A i B titraju jednakim frekvencijama?



89. Dvije potpuno jednake svirale u istoj prostoriji, jedna otvorena, a druga na jednom kraju zatvorena, proizvode osnovni ton. Koja od fizikalnih veličina je jednaka kod obaju svirala?

a)	b)	c)	d)	e)
valna duljina	frekvencija	brzina vala	broj trbuha	nijedna

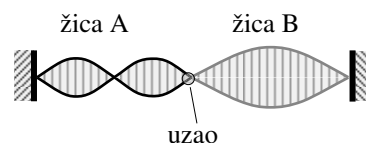
90. Otvorena svirala na orguljama ima osnovnu frekvenciju 300 Hz. Prvi viši harmonik zatvorene svirale na jednom kraju ima istu frekvenciju kao prvi viši harmonik otvorene svirale. Kolika je duljina svake svirale ako je brzina širenja vala 340 m/s?

R:  $l_{otv.} = 0,567$  m;  $l_{zat.} = 0,425$  m

91. Duljina žice na violini napete između dviju čvrstih točaka je 50 cm. Kad se žica pobudi na titranje emitira osnovni A ton frekvencije 440 Hz. Gdje moramo pritisnuti prstom žicu da ona emitira osnovni ton C frekvencije 528 Hz?

R: 8,33 cm

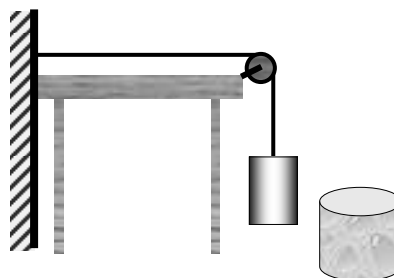
92. Dvije žice A i B jednake duljine ali načinjene od različitih materijala svezane su zajedno i napete kao na slici. Tako spojene žice zatitramo i dobijemo stojni val prikazan slikom. Koja od žica ima veću masu po jedinici duljine?



93. Aluminijski uteg napinje čeličnu žicu (crtež). Osnovna frekvencija transverzalnih titraja tako napete žice je 300 Hz. Ako uteg uronimo u vodu, tako da je polovica volumena utega pod vodom kojom će sada osnovnom frekvencijom titrati žica? Zadano:

$$(\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg/m}^3, \rho_{\text{Al}} = 2700 \text{ kg/m}^3)$$

R: 271 Hz



### 📖 ZVUK

94. Kolji je raspon frekvencija koje čuje čovjek? Koliko je to oktava?

R: Približno od 20 Hz do 20 kHz. Približno 10 oktava.

95. Kolika je najveća i najmanja valna duljina valova zvuka koje čuje prosječno uho ako je brzina širenja zvuka u zraku 340 m/s? Kolika je valna duljina ultrazvuka frekvencije 100 MHz?

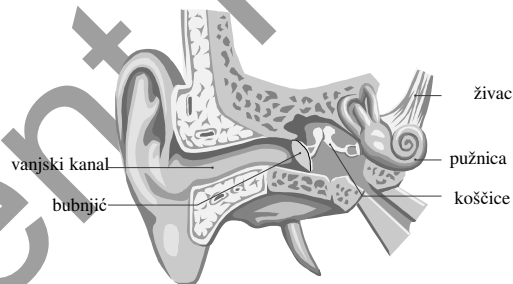
R: 17 m ; 0,017 m; 3,4  $\mu\text{m}$

96. Rezonantna tuba uha ima duljinu oko 2,5 cm. Na jednoj strani je tuba otvorena dok je na drugoj zatvorena bubnjićem. Za koju najmanju frekvenciju zvuka dolazi do rezonancije? ( $v_{\text{zvuka}} = 340 \text{ m/s}$ )

R: 3400 Hz

97. Neka istraživanja ukazuju povezanost veličine bubnjića i čujnosti visokih frekvencija pojedinih osoba. Bubnjić titra osnovnom frekvencijom slično kao žica učvršćena na oba kraja, koja ima duljinu jednaku promjeru bubnjića. Ako je tomu tako, koliki bi trebao biti promjer bubnjića da osoba čuje zvuk frekvencije 20 kHz? Brzina zvuka pri temperaturi ljudskog tijela od 37 °C iznosi 353 m/s.

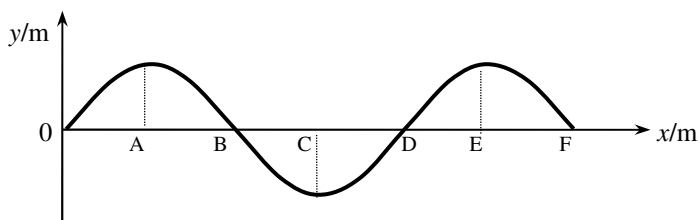
R: 8,8 mm



98. a) Kako se mijenja volumen neke mase plina ako se tlak  $p$  smanji dva puta pri stalnoj temperaturi? b) Što se događa s gustoćom plina  $\rho$  u tom slučaju? c) Što se događa s omjerom  $p/\rho$  kad se tlak plina mijenja pri stalnoj temperaturi? Napišite izraz koji pokazuje kako brzina zvuka ovisi o temperaturi. d) Koliki je omjer brzina širenja valova zvuka ljeti (27 °C) i zimi (-13 °C)?

R: d) 1,07

99. Na slici je prikazana ovisnost elongacije  $y$  čestica zraka o udaljenosti  $x$  od izvora vala kad se njime širi progresivni val zvuka u pozitivnom smjeru  $x$  osi u nekom trenutku  $t$ .



- a) U kojem području se čestice vala nalaze lijevo od ravnotežnog položaja, a u kojim desno?  
 b) U kojim točkama je tlak zraka najveći (kompresija)?  
 c) U kojim točkama je tlak zraka najmanji (ekspanzija)?  
 d) U kojim točkama je tlak zraka jednak atmosferskom?  
 e) Kako izgleda ovisnost promjene tlaka  $\Delta p$  u ovisnosti o  $x$ ? Na grafu naznačite točke od A do F.

100. Prilikom povećanja temperature zraka brzina zvuka poveća se 1,05 puta? Ako je niža temperatura bila 0 °C kolika je viša temperatura zraka?

R: 27,98 °C

101. Brzina zvuka u plinu iznosi 330 m/s pri temperaturi 0°C. Kolika je brzina zvuka u tom plinu pri temperaturi 40°C?

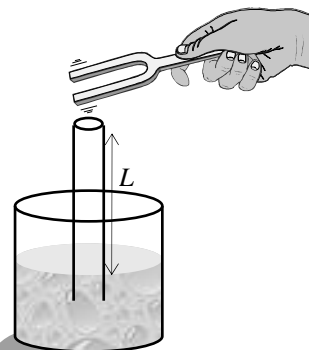
R: 353m/s

102. Brzina širenja zvuka:

a) ne ovisi o sredstvu.	b) veća je u vodi nego u zraku.	c) veća je u zraku nego u željezu.	d) veća je u vodi nego u željezu.	e) najveća je u vakuumu.
----------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

103. Otvorenu staklenu cijev uranjamo u vodu (crtež). Iznad cijevi nalazi se glazbena vilica koja ima frekvenciju  $f$ . Brzinu zvuka u zraku označavamo slovom  $v$ . Rezonancija u cijevi je postignuta kad je duljina stupca zraka  $L$  u cijevi jednaka:

a) $\frac{v}{f}$	b) $\frac{v}{4f}$	c) $\frac{4v}{f}$	d) $\frac{4f}{v}$	e) $\frac{f}{v}$
---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------



□ **Intenzitet zvuka**

104. Kolika je razina zvuka koji ima intenzitet  $10^{-7} \text{ W/m}^2$ ?

R: 50 dB

105. Koliki je intenzitet zvuka razine 60 dB?

R:  $10^{-6} \text{ W/m}^2$

106. Izračunajte najveći pomak od ravnotežnog položaja molekula zraka na pragu čujnosti ( $I_0=10^{-12} \text{ W/m}^2$ ) pri frekvenciji od 1000 Hz, ako je gustoća zraka  $1,29 \text{ kg/m}^3$  a brzina širenja zvučnih valova 343 m/s.

R:  $y_0 = 1,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

107. Razina zvuka aviona na udaljenosti 30m je 140dB. a) Kolika je razina zvuka na udaljenosti 300m od zrakoplova zanemarimo li apsorpciju i refleksiju valova od tla. b) Koliki je omjer intenziteta na 30 m i 300 m od aviona? c) Koliki je omjer amplituda čestica zraka na 30m i 300 m od aviona ako ga smatramo točkastim izvorom?

R: 120 dB; 1:100; 1:10

108. Dva zvučnika razlikuju se u razini zvuka za 50dB. Koliki je omjer intenziteta ta dva zvučnika?

R:  $\Delta L = 10 \log I_2/I_1 = 50 \Rightarrow I_2/I_1 = 10^5$

109. Dva zvuka razlikuju se po relativnoj jakosti za 80dB. Koliki je omjer njihovih amplituda?

R:  $\Delta L = 10 \log (I_2/I_1) = 10 \log [(y_2/y_1)^2] = 80 \text{ dB} \Rightarrow (y_2/y_1) = 10^4$

110. Sirena daje zvuk razine 90 dB. Koliku razinu zvuka daju dvije takve sirene na istom mjestu?

R: Intenziteti se zbrajaju  $\Rightarrow I_2 = 2I_1$ ;  $\Delta L = L_2 - L_1 = 10 \log I_2/I_1 = 10 \log 2 = 3,01 \Rightarrow L_2 = 93,01 \text{ dB}$

111. Dva jednaka zvučnika daju na istom mjestu u prostoru razinu zvuka od 95 dB. Kolika će biti razina zvuka na tom mjestu ako jedan od zvučnika prestane raditi?

R: 92 dB

112. Zvuk razine 95 dB udara o bubnjić uha. Površina bubnjića je  $50 \text{ mm}^2$ . Koliko energije se tijekom jedne sekunde prenosi kroz bubnjić?

R:  $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

113. a) Kolika je razina zvuka na istom mjestu kad dva zvučnika razine zvuka 80 dB i 85 dB emitiraju zajedno? b) Koliki je rezultantni intenzitet kad dva zvuka razine 80 i 85 dB čujemo istodobno?

R: a) 86,2 dB b)  $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$

114. Dva vala zvuka imaju jednake amplitude ali jedan ima dva puta veću frekvenciju od drugog. a) Koliki je omjer njihovih intenziteta? b) Kolika je razlika u razini zvuka?

R: 4:1 b) 6 dB

115. Ako se amplituda vala poveća tri puta: a) Koliko puta poraste intenzitet vala? b) Za koliko decibela poraste razina zvuka?

R: a) 9 puta b) 9,54 dB

116. Kolika bi bila razina zvuka u decibelima ako bi val zvuka imao amplitudu 1,8 mm i frekvenciju 280 Hz? ( $\rho_{\text{zraka}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ,  $v = 343 \text{ m/s}$ )

R. 153 dB

117. Izračunajte amplitudu titranja molekula zraka pri frekvenciji zvuka 120 Hz, razine 120 dB. ( $\rho_{\text{zraka}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ,  $v = 343 \text{ m/s}$ )

R:  $8,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

118. Na udaljenosti 10 m od zvučnika razina zvuka iznosi 100 dB. Kolika je izlazna snaga zvučnika?

R:  $L = 10 \log(I/I_0) \Rightarrow I = 10^{-2} \text{ W/m}^2 \Rightarrow P = I_1 4r^2\pi = 12,6 \text{ W}$

119. Zrakoplov emitira tijekom jedne sekunde valove zvuka energije 0,3 MJ. a) Kolika je razina zvuka na udaljenosti 40 m od zrakoplova? b) Ako zrak apsorbira zvuk oko 7 dB/km izračunajte kolika će biti razina zvuka na udaljenostima 1 km i 5 km od zrakoplova.

R: a)  $I = P/S$ ;  $S = 4r^2\pi$ ;  $L = 10 \log(I/I_0) \Rightarrow L = 132 \text{ dB}$

b) Bez apsorpcije  $L = 103,8 \text{ dB}$  sa apsor.  $L = 103,8 - 7 = 96,8 \text{ dB}$ . Na udaljenosti 5 km  $L_{\text{bez}} = 89,799 \text{ dB}$ , a sa apsor.  $L = 54,8 \text{ dB}$

120. Kolika je snaga točkastog izvora zvuka ako je na udaljenosti 30 m od tog izvora razina zvuka 85 dB?

R: 3,6 W

121. Kolika je razlika u razini zvuka dvaju izvora čiji su intenziteti  $I_1 = 10^{-4} \text{ W/m}^2$  i  $I_2 = 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ?

R: 20 dB

122. Na određenom mjestu u prostoru razina zvuka je 50 dB. Koliki je intenzitet zvuka na tom mjestu? Koliko energije tijekom jedne sekunde prolazi površinom od  $3 \text{ m}^2$  koja je okomita na smjer širenja zvučnih valova?

R:  $I = 10^{-7} \text{ W/m}^2$ ;  $3 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

123. Jedan komarac koji se nalazi 10 m od uha stvara zvuk razine 0 dB. Koliku razinu zvuka bi stvaralo 1000 komaraca na toj udaljenosti?

R. 30 dB

124. U audio komunikacijskim sustavima razina zvuka prikazuje se formulom:  $L = 10 \log \frac{P_{\text{izlaza}}}{P_{\text{ulaza}}}$ . Izlazna snaga stereo pojačala je 75 W, a ulazna 1 mW. Kolika je razina zvuka tog pojačala?

R: 48,8 dB

125. Mali zvučnik (točkasti izvor) emitira valove zvuka izlaznom snagom 80 W. Zanemarite li apsorpciju u zraku i refleksiju izračunajte:

- Koliki je intenzitet zvuka na udaljenosti 3 m od zvučnika?
- Kolika je razina zvuka na toj udaljenosti iskazana u dB?
- Na kojoj udaljenosti od zvučnika je razina zvuka 40 dB?

R: a)  $0,71 \text{ W/m}^2$  b) 118,5 dB c) 25 km

126. Radnim danom razina buke blizu autoputa kada tijekom jedne minute prolazi oko 100 automobila iznosi 70 dB. Vikendom tijekom jednakog vremena prolazi oko 25 automobila. Kolika će tada biti razina buke na istom mjestu?

R: 64 dB

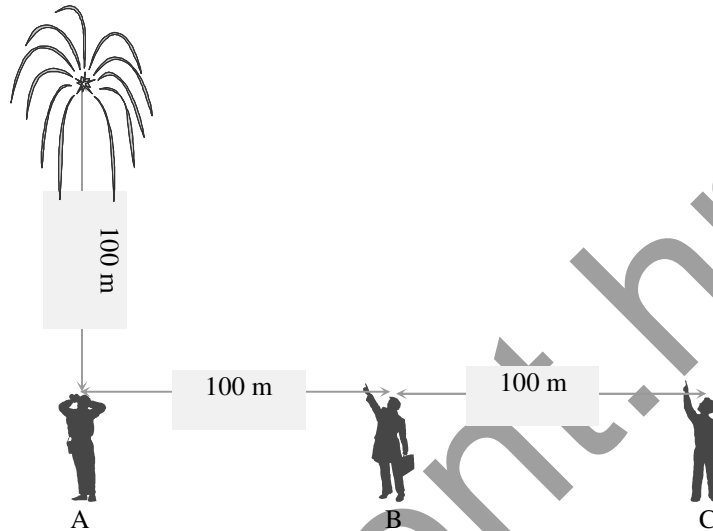
127. Raketa eksplodira na visini 100m iznad slušatelja koji se nalazi vertikalno ispod mjesta eksplozije. Intenzitet zvučnog vala koji dopire do slušatelja iznosi  $7 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^2$ . Kolika je razina zvuka koju čuje slušatelj?

a) 84,5 dB	b) 100,0 dB	c) 108,5 dB	d) 119,4 dB	e) 8,45 dB
------------	-------------	-------------	-------------	------------

128. Razina zvuka 5 m od točkastog izvora iznosi 95 dB . Na kojoj udaljenosti će razina zvuka biti 75 dB ?

a) 75 m	b) 500 m	c) 25 m	d) 225 m	e) 50 m
---------	----------	---------	----------	---------

129. (Intenzitet) Raketa eksplodira 100 m iznad promatrača A. Koliki je omjer intenziteta koji čuje promatrač A i intenziteta koji čuju promatrači B i C međusobno razmaknuti 100 m (crtež), dakle  $I_A/I_B = ?$  i  $I_A/I_C = ?$



#### □ Dopplerov učinak

130. Sirena policijskog automobila emitira zvuk frekvencije 1800 Hz. Koliku frekvenciju čuje mirni slušatelj kad mu se automobil približava, a koliku kad se automobil udaljuje od njega brzinom 30 m/s? Brzina zvuka je 343 m/s.

R: 1973 Hz i 1655 Hz

131. Zviždaljka emitira zvuk frekvencije 900 Hz. Koliku frekvenciju čujemo kad se približavamo ili udaljavamo od zviždaljke brzinom 20 m/s? Brzina zvuka je 340 m/s.

R: 953 Hz i 847 Hz

132. Dva vlaka kreću se jedan prema drugom po paralelnim kolosijecima jedan brzinom 20 m/s a drugi brzinom 30 m/s. Lokomotive vlakova daju naizmjenice signale frekvencije 400 Hz. ( $v_{\text{zvuka}} = 340 \text{ m/s}$ )

a) Koju frekvenciju koju emitira brži vlak čuje putnik u sporijem vlaku pri približavanju vlakova, a koju pri njihovu udaljavanju?

b) Koju frekvenciju koju emitira sporiji vlak čuje putnik u bržem vlaku pri približavanju vlakova, a koju pri njihovu udaljavanju?

R. a) 464,52 Hz, 346 Hz b) 462,5 Hz i 344,45 Hz

133. Hitna pomoć emitira zvuk frekvencije 1000 Hz gibajući se iza automobila brzinom 50 m/s. Automobil se giba brzinom 30 m/s u istom smjeru kao i automobil hitne pomoći. a) Koliku frekvenciju čuje osoba u automobilu? b) Koliku frekvenciju će čuti osoba u automobilu kada ju hitna pomoć prestigne? Brzina zvuka je 340 m/s.

R: a) 1069 Hz b) 948,7 Hz





**134.** Vatrogasna kola idu brzinom 108 km/h po ravnoj cesti s uključenom sirenom koja emitira zvuk frekvencije 1 kHz. Automobil se giba brzinom 72 km/h po istoj cesti. Koliku frekvenciju čuju putnici u automobilu ako se vatrogasna kola i automobil međusobno približavaju vozeći jedno drugom ususret, a koliku kada se mimoidu i udaljavaju? Brzina zvuka u zraku je 340 m/s.

R: 1161,3 Hz i 864,9 Hz

**135.** Frekvencija zvižduka lokomotive koju čuje nepomičan slušatelj kad se vlak približava je 460 Hz, a kad se udaljava 380 Hz. Kolika je brzina vlaka pod pretpostavkom da je konstantna? ( $v_{zvuka} = 343$  m/s)

R: 32,7 m/s

**136.** Šišmiš leti brzinom 5 m/s u potrazi za kukcima. Pritom emitira ultrazvučni signal frekvencije 40 kHz, koji mu se nakon refleksije sa kukca vraća frekvencijom 40,6 kHz. Odredite brzinu kukca po smjeru i veličini. ( $v_{zvuka} = 340$  m/s)

R: 2,47 m/s od šišmiša

**137.** Brodski ultrazvučni radar ima frekvenciju 35 kHz. Krećući se prema obali na brodu se registriraju reflektirani valovi od obale frekvencije 36,55 kHz. Kolika je brzina broda ako je brzina zvuka 340 m/s?

R: 7,4 m/s

**138.** Podmornica plovi brzinom 15 m/s ususret brodu i ispod mora šalje signale frekvencije 50 kHz koji se reflektirajući od broda vraćaju s frekvencijom 51,5 kHz. Kolika je brzina broda ako je brzina zvuka u moru 1550 m/s?

R: 7,9 m/s

**139.** Morski valovi udaraju o obalu 10 puta u minuti putujući brzinom 8 m/s. Koliko valova u minuti sretne lađa koja presijeca valove okomito a plovi brzinom 10 m/s: a) u susret valovima, b) u smjeru valova.

R: a) 22,5 valova u minuti b) -2,5 valova u minuti

**140.** a) Kojom brzinom bi se trebao slušatelj približavati mirnom izvoru zvuka da bi se primljena frekvencija povećala dva puta? b) Kolika bi bila primljena frekvencija kad bi se izvor zvuka udaljavao od slušatelja brzinom zvuka?

**141.** Pored ceste nalazi se radarski uređaj za kontrolu brzine automobila. On emitira elektromagnetne valove frekvencije  $10^{10}$  Hz, brzine  $3 \cdot 10^8$  m/s. Budući da su brzine male može se računati klasično.

- a) Koliku frekvenciju prima radar ako se automobil približava radaru brzinom 20 m/s?
- b) Kolika je razlika između odaslane i primljene frekvencije tzv. frekvencija udara?
- c) Kolika će biti ta razlika ako se automobil udaljava jednakom brzinom?

R: a) 10,0000133 GHz b) 1333 Hz c) 1333 Hz

**142.** Val ultrazvuka frekvencije 1 MHz uperen je prema fetusu. Na istom mjestu gdje je i emiter nalazi se i detektor zvuka. Brzina zvuka u tkivu je 1500 m/s. Koju najveću promjenu frekvencije registrira detektor ako se fetus giba najvećom brzinom 0,1 m/s u smjeru širenja ultrazvuka?

R:  $\Delta f = 2fv_{djeteta}/[v - v_{djeteta}] = 133$  Hz

**143.** Izvor zvuka frekvencije 18 kHz približava se ili udaljava mirnom rezonatoru podešenom na valnu duljinu 2 cm. Kojom brzinom se izvor mora gibati da bi došlo do rezonancije. ( $v_{zvuka} = 330$  m/s).

R: -30 m/s

**144.** Izvor emitira valove frekvencije  $f$  i rotira stalnom kutnom brzinom  $\omega$  po kružnici polumjera  $R$  oko nepokretne osi. Nepokretni prijammnik tijekom jednog perioda  $T = 2$  s registrira zvuk periodične promjene frekvencije od  $f_1 = 600$  Hz do  $f_2 = 400$  Hz pri čemu je brzina zvuka  $v = 340$  m/s. Koliki je polumjer kružnice  $R$ ?

R: 21,64 m

**145.** Kada automobil ide prema nama čujemo ton frekvencije  $f$ , a kada odlazi od nas zadržavajući jednaku brzinu čujemo ton za oktavu niži od prijašnjeg ( $f/2$ ). Kolika je brzina automobila ako je brzina zvuka  $v = 360$  m/s?

R: 120 m/s

**146.**Dva vlaka voze jedan drugom u susret istom brzinom. Kolika mora biti brzina vlakova da signal kojeg jedan vlak emitira drugi vlak prima s dvostrukom frekvencijom prije mimoilaska vlakova od frekvencije koju prima nakon mimoilaska vlakova?

R: 58,3 m/s

**147.**Kolika bi bila frekvencija koju prima nepomičan detektor kad se izvor zvuka emitirajući frekvenciju 1000Hz od njega udaljuje brzinom širenja zvuka?

R: 500 Hz

**148.**Radarskim valovima čija je frekvencija 2000MHz kontrolira se brzina automobila. Kolika je razlika u frekvenciji upadnog i reflektiranog vala na automobilu koji se približava radaru brzinom 20m/s? ( $c=3 \cdot 10^8$ m/s)

R:  $\approx 267$ Hz

**149.**Mlazni avion leti nisko. Pri nailasku zrakoplova čuje se zvuk frekvencije 15 kHz, a pri udaljavanju ta frekvencija iznosi 1 kHz. Kolika je brzina zrakoplova?

R: 297,5 m/s

**150.**Izvor zvuka frekvencije 300 Hz giba se brzinom 10 m/s prema nepomičnom slušatelju. a) Ako je brzina zvuka u zraku 340 m/s koju frekvenciju čuje slušatelj? b) Kojom brzinom bi se detektor morao gibati i u kojem smjeru da čuje dva puta veću frekvenciju od frekvencije gibajućeg izvora?

R: a) 309 Hz b) 320 m/s

**151.**Patka plivajući kroz vodu proizvede val frekvencije 0,5 Hz. Brzina širenja valova vode je 0,5 m/s. Razmak između dva susjedna brijega ispred patke je 0,2 m.

a) Kolika je brzina patke?

b) Koliki je razmak između brjegov valova iza patke?

R: a) 0,4 m/s b) 1,8m

**152.**Izvor zvuka miruje i emitira ton frekvencije 440 Hz. Slušatelj se giba brzinom zvuka: a) od izvora b) prema izvoru. Koliku frekvenciju čuje slušatelj u oba slučaja?

R: 880 Hz; 0 Hz

**153.**Slušatelj miruje, a izvor zvuka emitirajući ton frekvencije 440 Hz giba se brzinom zvuka: a) prema slušatelju b) od slušatelja. Koliku frekvenciju čuje slušatelj u oba slučaja?

R:  $\infty$ ; 220 Hz

**154.**Izvor zvuka (policijski automobil) emitira zvučni signal frekvencije 30 kHz gibajući se brzinom 30 m/s. Zvuk se reflektira od automobila koji se giba brzinom 10m/s, te se vraća prema izvoru koji je ujedno i detektor zvuka. Izvor zvuka i automobil se gibaju u istom smjeru. Ako je brzina vala zvuka 340 m/s izračunajte koliku frekvenciju registrira detektor (izvor) ako se: a) automobil vozi ispred izvora. b) automobil vozi iza izvora.

R: a) 33,76 kHz b) 26,66 kHz

**155.**Djevojčica sjedi u vlaku koji se giba prema istoku brzinom 10m/s. Lokomotiva emitira signal frekvencije 500Hz. Dječak stoji pored pruge i vlak se od njega udaljava.

a) Koju frekvenciju signala čuje dječak?

b) Koju frekvenciju signala čuje djevojčica?

c) Ako sa istoka puše vjetar brzinom 10m/s, koju će sada frekvenciju čuti dječak, a koju djevojčica?

R: a) 485,8 Hz b) 500 Hz c)  $f_{djevojčice} = 500$  Hz;  $f_{dječaka} = 486,2$  Hz

**156.**Zviždalka emitira ton frekvencije 650Hz. Sa sjevera prema jugu puše vjetar brzinom 12m/s. Koju frekvenciju čuju mirni slušatelji koji se nalaze: a) sjeverno, b) južno, c) zapadno i d) istočno od zviždalkje? Koju frekvenciju čuje biciklist koji se giba: e) sa sjevera, f) sa zapada prema zviždalkji brzinom 15 m/s? Brzina zvuka je 343 m/s.

R: U slučajevima a) b) c) d) ništa se ne mijenja osim što jedan čuje prije, a drugi kasnije pa je frekvencija 650Hz U slučaju gibanja  $f = f_0 \frac{[v \pm v_{vjetra}] + v_{prijamnika}}{[v \pm v_{vjetra}] - v_{izvora}}$ ; e) 677 Hz Ovaj se rješava sa + jer vjetar "nagurava" fronte f) 678 Hz vjetar ne utječe jer je okomito.

157. Sirena emitira signal frekvencije 2000 Hz s obzirom na tlo. Koju frekvenciju čuje čovjek koji miruje ako puše vjetar brzinom 12 m/s: a) od izvora prema čovjeku b) od čovjeka prema izvoru?

R: uvijek 2000 Hz, jer čovjek miruje

158. Pokažite da udaljavanjem ili približavanjem izvora (prema mirnom opažaču) brzinom  $v_i$  koji emitira valove frekvencije  $f$  (ili valne duljine  $\lambda$ ) brzine širenja  $v$ , dolazi do promjene frekvencije ( $\Delta f = f_1 - f$ ) ili valne duljine ( $\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda$ ) po formulama:

$$\frac{\Delta f}{f} = \pm \frac{v_i}{v} \quad \text{ili} \quad \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \mp \frac{v_i}{v}$$

Iako je jednadžba izvedena klasično može se upotrijebiti i za svjetlost koja se širi brzinom  $c$  ako se izvor giba brzinom dosta manjom od brzine svjetlosti  $c$ . Iz formula se vidi da pri udaljavanju izvora dolazi do povećanja valne duljine. To povećanje ima popularan naziv "pomak prema crvenom" jer crvena boja svjetlosti ima najveću valnu duljinu. Pri smanjenju valne duljine naziv bi odgovarao "pomak prema ljubičastom" jer ljubičasta svjetlost ima najkraću valnu duljinu.

159. Promatrač sa Zemlje promatra Sunce. Polumjer Sunca je  $7 \cdot 10^8$  m. Sunce zrači žutu svjetlost valne duljine 500 nm. Period okretanja Sunca oko vlastite osi je 24,7 dana. Koliki je pomak valnih duljina ako promatramo obod Sunca na njegovu ekvatoru? Koju valnu duljinu opažamo u središtu Sunca. Nacrtajte sliku i komentirajte gdje je Sunce "crvenije" a gdje "ljubičastije".

R:  $\Delta \lambda = \pm 0,00343$  nm

#### □ Udari, interferencija zvuka

160. Dva tona imaju frekvencije 665 Hz i 671 Hz. Kolika je frekvencija udara? Koliku približnu frekvenciju ima val nosilac?

R: 6 Hz, 668 Hz

161. Kolika je frekvencija udara dva tona kad zvuče zajedno: jedan ton je C (262 Hz) dok je drugi C# (277 Hz). a) Čujemo li te udare ako ljudsko uho može čuti udare do 7 Hz? b) Kolika bi bila frekvencija udara kad bi dva uzastopna C tona svirali za dvije oktave niže? Bi li tada čuli udare?

R: 15 Hz, ne čujemo jer je granica oko 6 do 7 Hz. b) Svaku frekvenciju treba podijeliti sa 4.  $\Delta f = 3,75$  Hz. To čujemo.

162. Žica glasovira trebala bi imati frekvenciju 132 Hz. Ugađač glasovira zatitra dvije žice – jedna pokusna a druga klavirska i čuje udare svakih 1,5 sekunde kad one zvuče zajedno. a) Ako jedna žica titra frekvencijom 132 Hz, kolika je frekvencija druge žice? b) Za koliko % mora ugađač povećati silu zatezanja žice želi li da obje titraju jednakom frekvencijom?

R: a)  $\Delta f = 2/3$  Hz;  $f_2 = (132 \pm 2/3)$  Hz b) 1,02%

163. Val nosilac zvuka koji potječe od dva izvora ima frekvenciju 132 Hz. Frekvencija udara je 1,5 Hz. Kolikom frekvencijom mogu titrati izvori zvuka?

R:  $132 = (f_1 + f_2)/2$ ;  $f_1 - f_2 = \pm 1,5$ ; 131,25 Hz i 132,75 Hz

164. Dvije glazbene vilice daju 5 udara u sekundi kad titraju istodobno. Jedna vilica ima frekvenciju 256 Hz. Ako na drugu vilicu stavimo komadić voska dobiju se udari frekvencije 2 Hz. Kolika je frekvencija druge vilice prije postavljanja voska?

R: 261 Hz

165. Dva zvučnika razmaknuta su 4 m i emitiraju istodobno ton jednake frekvencije (koherentni tonovi). Osoba koja je od zvučnika udaljena 100 m i giba se paralelno sa spojnicom zvučnika (crtež) opet čuje maksimum intenziteta zvuka kada se udalji od točke A za 2,5 m. Odredite frekvenciju emitiranog zvuka ako je brzina zvuka 330 m/s.

R: 3301 Hz

