

ТАЛАСИ

Понедељак, 15. децембар, 2014.

- Основне величине потребне за описивање таласног кретања
- Трансверзални и лонгитудинални таласи
- Суперпозиција и интерференција
- Стојећи таласи. Избијања
- Енергија таласа. Интензитет
- Акустика

1

Таласи

- таласно кретање на води-не преноси се вода већ се деформација преноси



- таласи
 - механички
 - акустички, таласи на води
 - електромагнетни
 - видљива светлости, ИЦ, УВ, ...

2

Таласи

- Да би могао да постоји механички талас мора да постоје

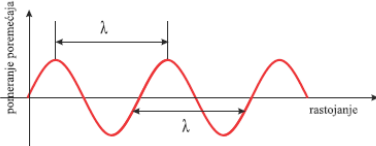
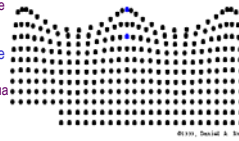
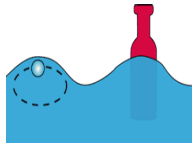
- извор поремећаја
- средина кроз коју се простире
- физичка веза између делића средине



3

Величине потребне за описивање таласног кретања

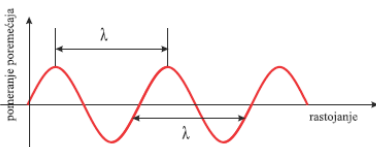
- боца која плута по језеру – подиже се и спушта у ритму подизања и спуштања таласа
 - брег таласа-тачка у којој је померање делића воде максимално
- зависно од начина настанка растојање суседних брегова неће бити исто код свих таласа. Уводи се
 - таласна дужина – удаљеност два суседна брега
 - таласна дужина генералније – удаљеност два дела средине који су у истој фази осциловања



Величине потребне за описивање таласног кретања

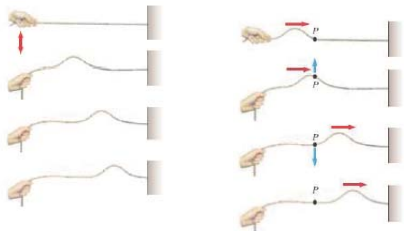
- боца која плута по језеру – подиже се и спушта у ритму подизања и спуштања таласа
- време између наилаза два суседна брега таласа – период таласа
- број брегова таласа који прођу кроз дату тачку у простору у јединици времена – фреквенција
- максимално померање делића средине, од њиховог равнотежног положаја – амплитуда таласа
- брзина таласа – зависи од особина средине

$$u = \frac{\lambda}{T}$$



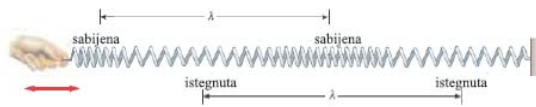
Трансверзални и лонгитудинални таласи

- Прогресивни таласи код којих се делићи средине крећу у правцу нормалном на простирање таласа називају се трансверзални таласи



Трансверзални и лонгитудинални таласи

- Прогресивни таласи код којих се делићи средине крећу паралелно кретању таласа, називају се лонгитудинални таласи
- пример
 - звук у ваздуху
- пример таласа који има обе компоненте – и трансверзалну и лонгитудиналну
 - земљотрес



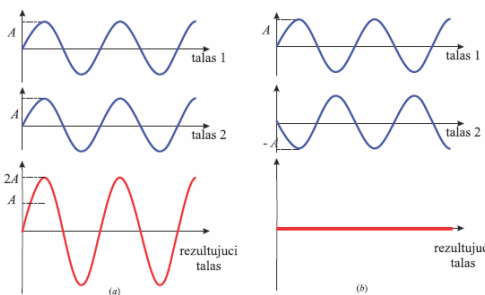
7

Суперпозиција и интерференција

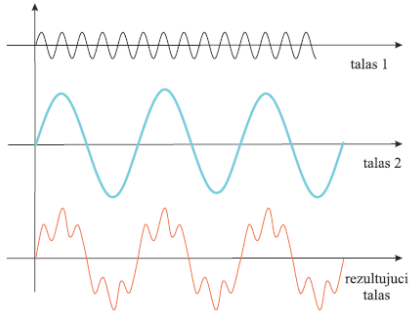
- талас из извора у коме се врши просто хармонијско осциловање је синусоидалан
- у природи обично постоји више извора па исти делићи средине бивају истовремено захваћени са више таласа одједном
- збирно понашање-збир деловања када би у тај део средине дошли таласи независно
- сабирање-суперпозиција



Конструктивна и деструктивна интерференција – идентични таласи



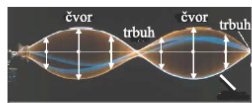
Конструктивна и деструктивна интерференција – различити таласи



10

Стојећи таласи

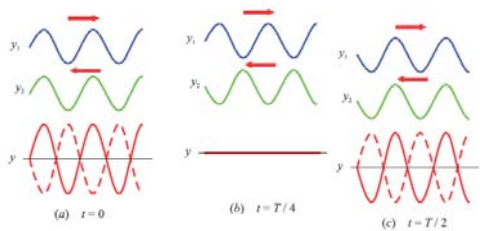
- начин осциловања делова средине се не мења са временом.



Slika 8.8: Multifleš fotografija stojećeg talasa na žici.

11

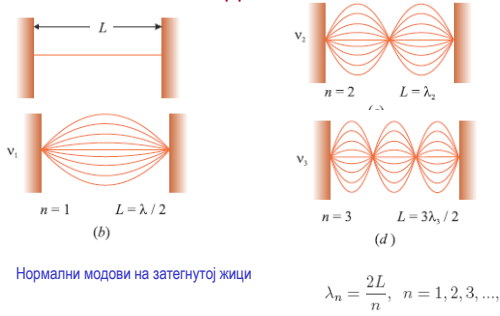
Стојећи таласи



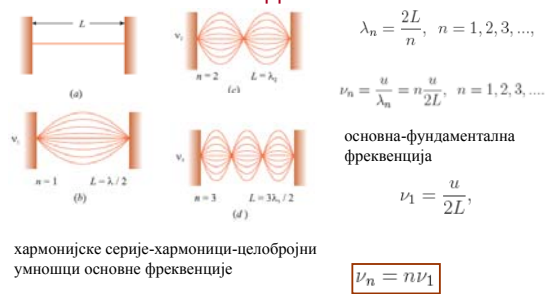
Slika 8.9: Oblik stojećeg talasa u raznim momentima vremena.

12

Стојећи таласи на жици – нормални модови

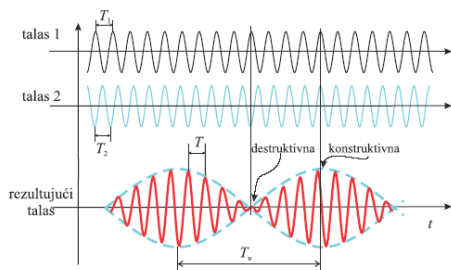


Стојећи таласи на жици – нормални модови

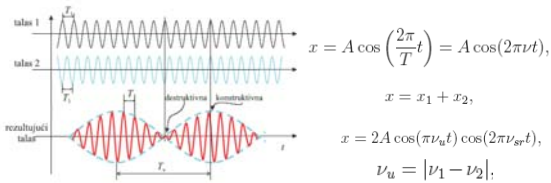


Избијања-удари

суперпонирање два таласа блиских фреквенција-даје талас чија фреквенција је једнака средњој вредности њихових фреквенција и чија амплитуда флукутира (мења се)-избијања.



Избијања-удари



16

Енергија таласа. Интензитет

- Чињенице
 - Земљотрес велике амплитуде може да уништи цео град
 - интензивни звук може да уништи слушне ћелије у увету
 - ласерски сноп довољно великог интензитета може да спали ћелије
 - водени таласи мењају облик обале коју заплъскују
- Ослобођена енергија-ефекти зависе од
 - амплитуде таласа

$$1/2kx^2,$$

17

Енергија таласа. Интензитет

- Ослобођена енергија-ефекти зависе од
 - амплитуде таласа
 - зависе и од времена (дуже деловање има јачи ефекат)
 - као и од тога кроз коју област у простору се талас пренео (земљотрес је све слабији и слабији што смо даље од центра)
- Све побројано је укључено у дефиницију интензитета таласа
 - однос снаге таласа и површине кроз коју пролази

$$I = \frac{P}{S},$$

$$I = \frac{P}{S} = \frac{E/t}{S} = \frac{E}{St}.$$

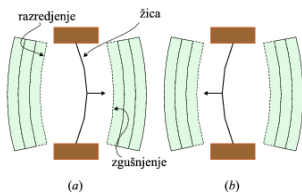
18

Акустика

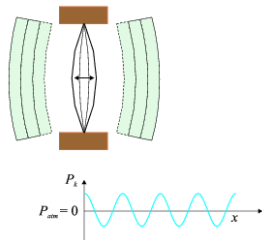
- Звук – механички талас
- акустика се бави проучавањем услова настанка, простирања звука, интеракцијом са средином и телима у њој, ...
- звук – поремећај у материјалној средини – поремећај у поретку атома – настаје осцилација која се преноси на суседне атоме, итд. .
- у зависности од средине
 - лонгитудинални – у флуиду и у чврстом агрегатном стању
 - трансверзални – у чврстом стању – не и у флуиду

19

Настанак звука (15.12.2014.)



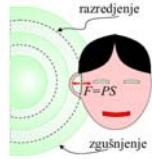
Slika 9.12: Oscilovanje žice stvara talas. (a) Kada se kreće na desno sabija vazduh ispred a razredjuje ga iza sebe. (b) Kada se kreće na levo stvara još jedan niz razredjenja i zgušnjeња.



Slika 9.13: Nakon više oscilacija, stvara sa niz zgušnjeња i razredjenja, odnosno zvučni talas. Na grafiku je prikazana promena kalibrisanog pritiska P_k u zavisnosti od udaljenosti x od izvora zvuka. U slučaju uobičajenih zvučnih talasa reč je o malim odstupanjima pritiska od atmosferskog, odnosno o malim vrednostima kalibrisanog pritiska.

Како чујемо звук?

- Звук изазове принудне осцилације у нашем уху, ...



Slika 9.14: Zvučni talas koji dolazi do čoveka izaziva prinudno oscilovanje bubne opne.

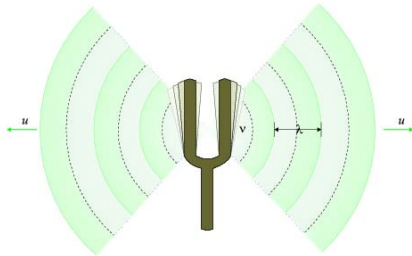
22

Брзина, фреквенција, таласна дужина

- Колика је брзина звука (u) у поређењу са брзином светлости? Имамо субјективан осећај
- Фреквенција (ν) – региструјемо је субјективно као висину звука
- таласна дужине (λ) - немамо субјективну перцепцију, али....
 - мањи инструменти генеришу звук какве фреквенције?
 - веће фреквенције али зато мање таласне дужине
 - већи инструменти ?
 - мање фреквенције али веће таласне дужине – као и ђуди

23

$$u = \nu \lambda.$$



Slika 9.15: Zvučni talas koji se prostire brzinom u i ima talasnu dužinu λ nastao usled oscilovanja izvora (zvučne viljuške) frekvencijom ν .

24

sredina	u (m/s)	sredina	u (m/s)
<i>gasovi na 0 °C</i>			
vazduh	331	guma	54
ugljen dioksid	259	polietilen	920
kiseonik	316	mermer	3810
helijum	965	staklo	5640
vodonik	1290	olovo	1960
		aluminijum	5120
		čelik	5960
<i>tečnosti na 20 °C</i>			
etanol	1160		
živa	1450		
voda	1480		
morska voda	1540		
ljudsko tkivo	1540		

Tabela 9.1: Brzina zvuka u različitim sredinama.

- брзина звука у ваздуху


$$u = (331 \text{ m/s}) \sqrt{\frac{T}{273 \text{ K}}}$$



Интензитет звука и ниво звука

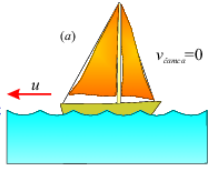
- граничне вредности интензитета
 - праг чујности (на 1000 Hz) $J_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.
 - праг бола $I = 1 \text{ W/m}^2$.
- реакција људског уха није таква да може да прави разлику у толиком распону и на такав начин
- људско уво реагује логаритамски – уводи се нова величина – ниво звука $L(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$,

primer/efekat	I (W/m^2)	L (dB)
prag čujnosti	1×10^{-12}	0
šuštanje lišća	1×10^{-11}	10
šaputanje na 1 m udaljenosti	1×10^{-10}	20
tišina u kući	1×10^{-9}	30
prosečna buka u kući	1×10^{-8}	40
prosečna buka u kancelariji, lagana muzika	1×10^{-7}	50
razgovor	1×10^{-6}	60
bučna kancelarija, gust saobraćaj	1×10^{-5}	70
glasno odvrnut radio	1×10^{-4}	80
unutrašnjost metroa		
(posledice prilikom duže izloženosti)	1×10^{-3}	90
najbučnije fabrike		
(posledice prilikom izloženosti 8 h dnevno)	1×10^{-2}	100
posledice prilikom izloženosti 30 min dnevno	1×10^{-1}	110
prag bola, glasni rok koncerti,		
pneumatski čekić udaljen 2 m	1	120
(posledice prilikom izloženosti u trajanju od sekunde)		
mlazni avion na 30 m udaljenosti	1×10^2	140
pucanje bubne opne	1×10^4	160



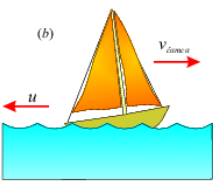
Доплеров ефекат

- ефекат повећања фреквенције сирене амбулантних кола када се крећу ка нама и њеног смањења када се крећу од нас
- пример – чамац на води
- $T=3$ секунде нпр. – сваке три секунде на чамац наиђе брег таласа

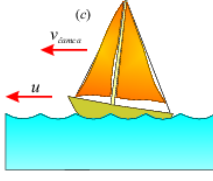


(a) $v_{\text{чимаца}} = 0$

29



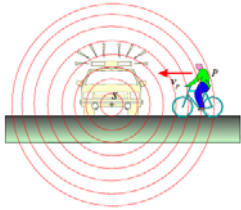
(b)



(c)

30

Доплеров ефекат – звук у ваздуху



- посматрач се креће ка извору брзином v_p
- еквивалентно ситуацији $u' = u + v_p$
- фреквенција коју он региструје је $\nu' = \frac{u'}{\lambda} = \frac{u + v_p}{\lambda}$.

$$\lambda = u/\nu,$$

$$\nu' = \left(1 + \frac{v_p}{u}\right) \nu \text{ (posmatrač se kreće ka izvoru)}$$

Доплеров ефекат – звук у ваздуху

- посматрач се креће ка извору брзином v_p

$$\nu' = \left(1 + \frac{v_p}{u}\right) \nu \text{ (posmatrač se kreće ka izvoru)}$$

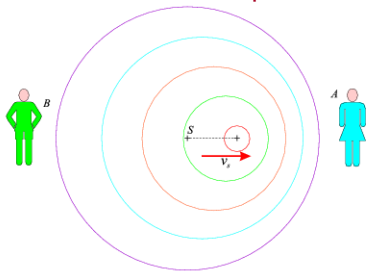
- посматрач се креће од извора брзином v_p

$$\nu' = \left(1 - \frac{v_p}{u}\right) \nu \text{ (posmatrač se kreće od izvora)}$$


$$\nu' = \left(1 \pm \frac{v_p}{u}\right) \nu,$$

32

Доплеров ефекат – кретање извора



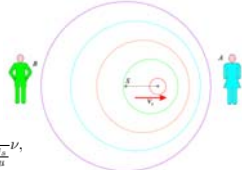
Slika 9.19: Izvor S се креће брзином v_s ка стационарном посматрачу A , односно од такође стационарног посматрача B .



- таласни фронтови које прима посматрач А су ближи него када извор мирује
- за време од једног периода (T), извор пређе пут $v_s T = v_s / \nu$ па му је таласна дужина $\lambda' = \lambda - v_s / \nu$
- фреквенција звука који прима посматрач је

$$\nu' = \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{\lambda - \frac{v_s}{\nu}} = \frac{u}{\frac{u}{\nu} - \frac{v_s}{\nu}}, \quad \nu' = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{u}} \nu,$$

34



- за посматрача А $\nu' = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{u}} \nu,$
- док је за посматрача В $\nu' = \frac{1}{1 + \frac{v_s}{u}} \nu.$
- укупно $\nu' = \frac{1}{1 \mp \frac{v_s}{u}} \nu,$
- Формула која обједињује све случајеве (горњи знак за приближавање а доњи за удаљавање)

$$\nu' = \frac{u \pm v_p}{u \mp v_s} \nu.$$

35

Ударни таласи

- брзина извора звука може да буде
 - мања од брзине звука
 - једнака
 - већа од ње





$v_s < u$
 $v_s = u$
 $v_s > u$

$$\sin \theta = \frac{ut}{v_s t} = \frac{u}{v_s}$$
 v_s / u se naziva *Mahov broj*,

Slika 9.21: Zvuk iz izvora koji se kreće brže od zvuka se širi sferno od tačke u kojoj je emitovan. Konstruktivna interferencija se događa duž linija koje su prikazane stvarajući udarni talas.

Ударни талас – конусни таласни фронт облика слова V

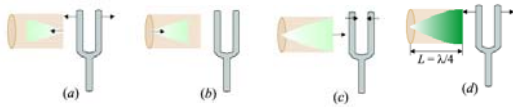
Slika 9.23: Razlika u kalibrisanom pritisku na kljun i repu aviona

Интерференција и резонанца звучних таласа. Стојећи таласи

- интерференција – карактеристика таласних процеса – кад год је откријемо дати процес је обавезно таласног типа
- интерференција – примена – смањење буке емитовањем додатних таласа који деструктивно интерферирају са непожељнима

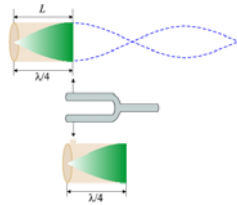
Интерференција у музици

- само таласи одређене фреквенције ће интерферирати конструктивно и појачати се

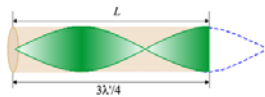


40

- реч је о природним фреквенцијама резонатора
- на претходној слици се то дешавало на најнижој природној фреквенцији
- то се дешава независно од места на коме се налази звучна виљушка



41

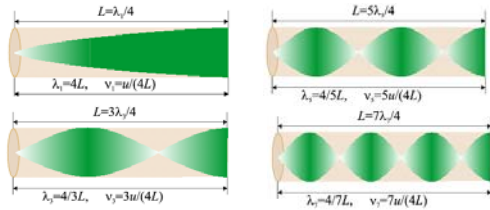


Slika 9.27: Naredna rezonanca cevi zatvorene na jednom kraju. Talasna dužina je kraća i iznosi $\lambda = 4L/3$.

- најнижа фреквенција – фундаментална – основна
- све носе име **хармоници**

42

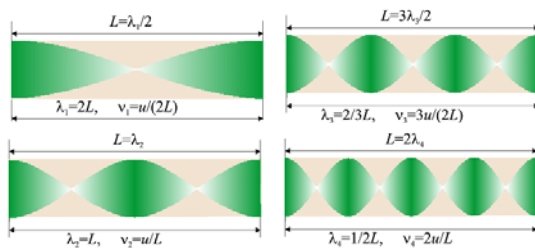
Први и наредна три хармоника цеви затворене на једном крају



- резонантне фреквенције су
$$\nu_n = n \frac{u}{4L}, \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

43

Резонантне фреквенције цеви отворене на оба краја



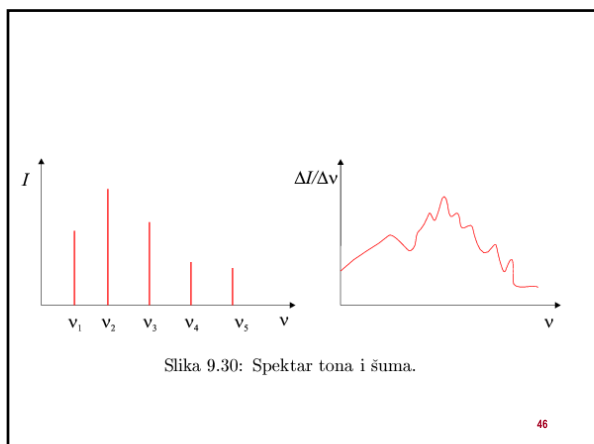
$$\nu_n = n \frac{u}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

44

Спектар

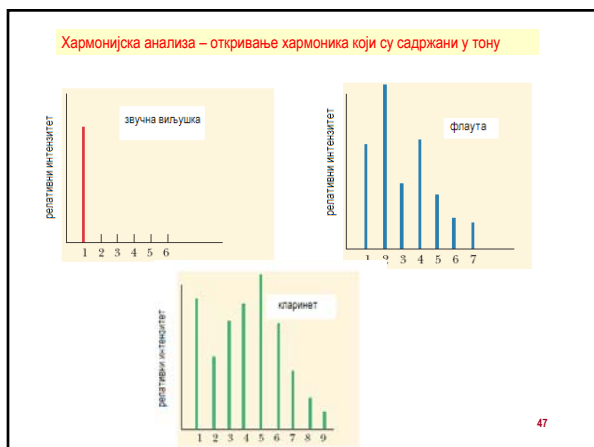
- тон (периодичан)
 - прост
 - сложен – може да се разложи на прсте
- шум – није периодичан и не може да се разложи на прсте тонове
- разлагањем се добија **спектар**
- ако нас интересују амплитуде за разне фреквенције добија се **амплитудни спектар**
- тон – спектар је линијски – једна или више фреквенција
 - једна фреквенција- прост тона
 - више фреквенција – сложени тон

45



Slika 9.30: Spektar tona i šuma.

46



47

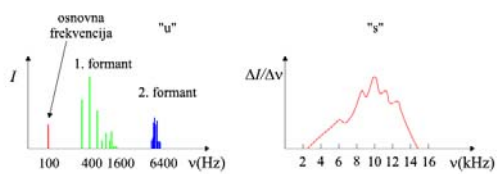
- Основне карактеристика сваког тона
– висина, боја и интензитет
- висина – одређена фреквенцијом основног хармоника
- боја – свим хармоницима
- интензитет тона – збир интензитета присутних хармоника

48

Чуло говора

- чине га
 - плућа, душник, гркљан са гласним жицама, ждрело са ресицом, усна и носна шупљина - вокални тракт
- гласови – фонетска подела
 - самогласници и сугласници

49



Slika 9.31: Spektri samoglasnika "u" i suglasnika "s".

- самогласници – линијски спектар
 - форманти – истакнути хармоници
- сугласници – не
- основна фреквенција гласова људи
 - 125 Hz (мушкарци), 250 Hz (жене) и 300 Hz(деца)

50

samoglasnik	1. formant	2. formant
U	200-400 Hz	
O	400-800 Hz	
A	700-1200 Hz	
E	400-700 Hz	1800-2500 Hz
I	200-400 Hz	2200-3200 Hz

Tabela 9.4: Raspored prva dva formanta u vokalima srpskog jezika.

51

Чуло слуха

- њиме чујемо и одређујемо
 - висину, јачину звука и смер из кога долази
- распон фреквенција које чујемо од 20 до 20 000 Hz
- испод 20 Hz је инфразвук
- изнад 20 000 Hz је ултразвук

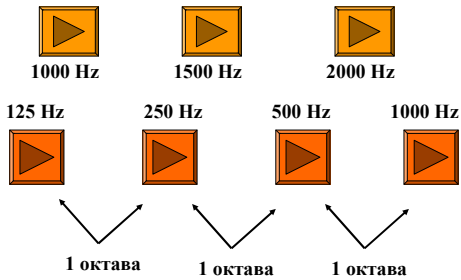
percepcija	fizička veličina
visina	frekvencija
glasnost zvuka	intenzitet i frekvencija
boja	broj i relativni intenzitet različitih frekvencija

Tabela 9.5: Percepiranje zvuka.

52

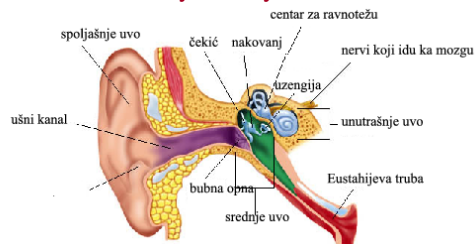
Субјективна јачина звука

- ниво звука није права мера јер осећај јачине зависи и од фреквенције звука!

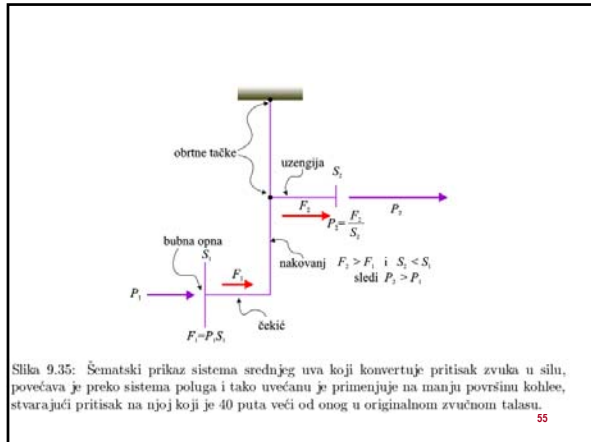


53

Људско уво



54



Ултразвук

- звук фреквенције веће од 20 000 Херца
- примена – аларми, користе га и животиње за оријентацију и комуникацију
- због високе фреквенције, таласна дужина му је мала па се, слично светлости, простире по правој линији, не дифрактује и мало се апсорбује
- интензитета 10^3 до 10^5 W/m² – за разбијање "камења" у организму и за уништавање канцерогених ткива – мења пропустљивост ћелијских мембрана (кавитација)
- физикална терапија – због дијатермије – дубинско загревање ткива

Ултразвук

- у медицинској дијагностици – мањи интензитет
- користи се одјек – ехо о ткива различитих густина

Slika 9.37: (a) Princip ultrazvučnih pregleda. (b) Grafik intenziteta odbijenog ultrazvuka od vremena.

Ултразвук

- у индустрији
- за испитивање материјала у машинству
- за чишћење
- као катализатор
- за заштиту од глодара, комараца и змија
- у биологији за откривање и праћење морских животиња, ...