



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТАМАН ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 23. 06. 2009	
ОРГАНИЗ.ЈЕД.	БРОЈ
0603	9/673

**Обрада наставне теме „Звук“
за основне школе**

ДИПЛОМСКИ РАД

Ментор:

Др Душанка Обадовић, ред. професор

Кандидат:

Славица Мунцић

Нови Сад, мај 2009.

*„Није знање само знати,
већ и знати знање другом дати!“*

Вук Каракић

Захваљујем се ментору др. Душанки Ж. Обадовић, редовном професору ПМФ-а у Новом Саду на помоћи приликом израде овог дипломског рада.

Професорима и асистентима, који су се несебично залагали да започето студирање доведем до краја.



САДРЖАЈ :

1. УВОД.....	4.
2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ПОЈМА О ЗВУКУ	4.
2.1 Из историје звука : „Музика из етра“	5.
3. ТЕОРИЈСКИ ДЕО	7.
3.1. Осцилаторно кретање	7.
3.2. Таласно кретање	15.
3.3. Акустика	20.
3.3.1. Звучни извори	20.
3.3.2. Звучни талас.....	24.
3.3.3. Интензитет (јачина) звука.....	25.
3.3.4. Резонанција код звука.....	27.
3.3.5. Ухо.Физиолошка јачина звука.Фон.....	28.
3.3.6. Особине звука.....	30.
3.3.7. Инфра звук и ултразвук.....	33.
3.4.8 Ехо. Доплеров ефекат.....	35.
4. ОБРАДА НАСТАВНЕ ЈЕДИНИЦЕ „ЗВУК“.....	36.
4.1. Методе у наставе физике.....	36.
4.2. Ток часа.....	36.
4.2.1.Први час (обрада звука).....	37.
4.2.2. Други час (експериментална вежба–звук)	38.
4.2.2.1. Дувај и лупај у боцу !	39.
4.2.2.2 Телефон направљен од гуменог црева.....	41.
4.2.2.3. Певајуће чаше !	43.
4.2.2.4. Музикална свећа !	45.
4.2.2.5. Направи свој клик-клак	47.
4.2.2.6. Магнети који звецкају	49.
5. ЗАКЉУЧАК.....	51.
6. ЛИТЕРАТУРА.....	52.
7. КРАТКА БИОГРАФИЈА.....	53.
8. КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА.....	54.

1. УВОД

Физика проучава опште особине материје, њену грађу, узајамно деловање тела, као и промене које се услед тога дешавају. Део појава у природи које пручава физика представљају физичке појаве. Да би се физичке појаве могле што потпуније објаснити, неопходно их је објаснити како са експерименталног тако и теоријског аспекта.

Једна од физичких појава је звук. Звук се може посматрати са два гледишта: као физиолошки осећај, који се региструје чулом слуха и са становишта физичких карактеристика, које се описују путем физичких закона.

Звук се дефинише као механички талас који се продистира кроз еластичну средину, најчешће кроз ваздух и као таласно кретање долазе до нашег уха, где изазива осећај чујности.

Грана физике која проучава звук, зове се Акустика (наука о звуку).

2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ПОЈМОВА О ЗВУКУ

Историја звука почиње давно, још у античко доба. Постоје докази да су коришћени неки акустички феномени из III века п.н.е. Из тог времена забележено је име архитекте и инжењера Витрувијуса (**Marcus Vitruvius Pollio** рођен 80–70 пне - 15 пне). Предмет интересовања туриста су древне гређевине у којима су примењени акустички феномени. Познати су амфитеатри и храмови са извесним акустичким ефектима. Тада период развоја неки аутори називају периодом кад је акустика била блиска уметности, а заснивала се на емпириском знању.

Данас се на нашим просторима испод стarih цркава и здања, могу наћи резонатори који доказују акустичко деловање средњег века.

Развој акустике од античких времена до данас може се поделити у неколико периода:

- период антике и средњег века (акустика као уметност),
- период од XVIII века до почетка XX века (акустика постаје наука),
- период последњих тридесет година (примене рачунара за моделовање и мерење).

Основе савремене акустике постављене су почетком XVII века, кад она постаје наука. 1635. године, извршено је мерење звука у ваздуху (на основу разлике устизања бљеска и звука при пуцању из топа). Исак Њутн, поставио је математичке основе простирања звука. Проблемима звука бавили су се Ојлер и Лагранж.

Теоријске поставке звука у флуидима постављене су у XVIII веку.

Акустика као савремена област постављена је почетком XX века. За тај период везано је име америчког научника Сабина, који је поставио основе акустике просторија. Све то претходило је појави електричних мерних инструмената. Са појавом грамофона, звучника и система за записивање, акустика добија нови замах.

Тај замах је изражен у другој половини XX века, чиме је допринео развој електронике, која је допринела коришћење нове опреме, сензора и претварача. Најновија епоха у развоју акустике је појава рачунара. Они су учинили нови развој у моделовању звучног поља и мерењу.

2.1 ИЗ ИСТОРИЈЕ ЗВУКА: „МУЗИКА ИЗ ЕТРА“

Историју звука обележава истраживања руског научника Лава Сергејевича Термена, рођеног 1896. године у Петровграду. Он се бавио истраживанима у институту за физику у Петровграду на испитивању радио-осцилација „електронки“.

Циљ његовог усавршавања био је примопредајник радио система, уређај који ефикасно открива лоциранje непријатељских одашильча. Током једног научног експеримента, приликом подешавања два осцилаторна кола, а у оквиру „хетеродинског“ експеримента запажа померање његовог тела. Уочава промену фреквенција осцилаторног кола, а то је довело до појаве треће фреквенције.



Слика 1. Лав Сергејевич Термен проналазач електронског звука

Тај звук је био ниже фреквенције од човековог слушног опсега, а подсећао је на „звиждање“ ветра. Покретима руку могао се контролисати новостворени сигнал, његова висина и јачина. Нови електронски звук је био особен, необичан и различит од других звукова музичких инструмената подсећао је на тон виолончела.

1920. године Лав Сергејевич Термен завршава електронски музички инсрумент.

Дао му је назив „етерофон“ („звук из етра“ - ваздуха), а касније га је преименовао по свом презимену „теремин“. Свој нови изум, електронски звук, прво је представио колегама са института и пријатељима из војске. Били су задивљени извођењем музичке композиције. Док је изводио композицију правио је карактеристичне покрете рукама око две антене које су вириле из дрвеног кабинета инструмента. Једна антена стајала вертикално на кабинет, а друга полукружно савијена постављена хоризонтално. Звучник и електрнска кола смештена су у кабинет. Инструмент се састојао из два осцилатора : први је имао сталну фреквенцију 170KHz, а други променљиву 167-170KHz. Као резултат „суперпонирања“ настала је трећа која је могла да се мења око 100Hz до 3KHz, синусног тона, појачавана и емитована преко звучника.

Принцип рада „теремина“, кад би извођач приближавао или удаљавао руку од вертикално постављене антене настала би промена капацитивности под утицајем деловала на промену резонантне фреквенције тог кола, а тиме на резултат суперпонирања. Хоризонтална антена савијена служи за регулацију јачине звука.

Лав је током свирања на „Теремину“ није додирнуо ни антenu ни инструмент, тако да је сцена изгледала нестварно, као да тонови настају у ваздуху.

Из звучника су допирали необични и пријатни тонови мелодије. Први пут се није остварио никакав физички контакт приликом извођења извођача и инструмента. „Теремин“ је први инструмент, чијом појавом је створен темељ електронској музici. Овај инструмент је постао популаран тако да су многи познати композитори компоновали мелодије које су се изводиле на „теремину“.

1924. године Лав Сергејевич је патентирао свој инструмент у Немачкој. Одлази у Америку и тамо постаје популаран његов инструмент. Тридесетих година прошлог века, настаје ера звучног филма, која је допринела популарности „тереминовој“ код многобројних музичких и звучних ефеката. Шездесетих година прошлог века, појавиле су се многе поп и рок музичке групе, које су користиле верзије „теремин“, односно електронски звук па све до данас.

1938. године Лав Сергејевич је киднапован у Њујорку и пребачен у Совјетски Савез у логор где је радио за обавештајну службу. У логору је пронашао „шипијунску бубу“, која је радила на особини индуковања струје из „етра“, које су створиле енергију за њен погон.

3. ТЕОРИЈСКИ ДЕО

Звук је облик таласног кретања које се простира у еластичној средини. Таласи се могу јавити у различитим облицима: талас на води, звук, светлост, радио талас и други. Талас којег ми опажамо чулом слуха је зук. Овај талас је доступан директном посматрању, зато се зове механички талас и настаје у еластичној средини кад се изврши неки померај. Еластичне деформације изазивају осциловање неког дела средине, могу настати под различитим околностима и могу имати различити облик.

Осцилације настају код еластичних тела као што су : затегнуте жице, мемране, штапови, ваздушни и течни стубови, еластичне опруге, као и мат.клатно, физичко и торзионо клатно.

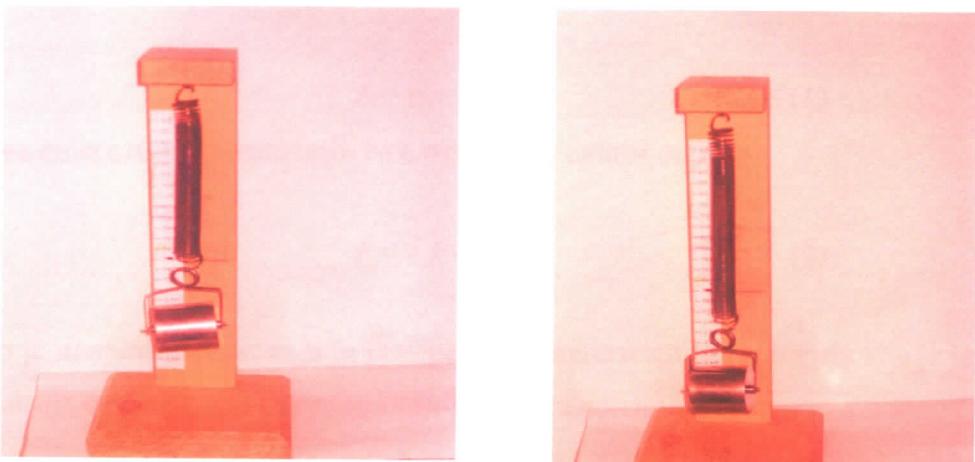
3.1. ОСЦИЛАТОРНО КРЕТАЊЕ

Осцилације спадају у посебну врсту кретања, која се понављају у одређеним интервалима времена и припадају периодичном кретању. Кад се периодично кретање врши по истој путањи зове се осцилаторно кретање. Ова кретања имају општу карактеристику: кретање се врши наизменично у два супротна смера око равнотежног положаја. При томе долази до наизменичног преласка потенцијалне енергије у кинетичку и обратно. То је најопштија особина, осцилаторног кретања. Узроци који могу да доведу до овог кретања су: еластичност тела, гравитациони сила или еластични спрега сила, који се јавља при торзији еластичног штапа или жице.

Најпростији облик осцилаторног кретања кад се врши по правој путањи и кад је сила која враћа тело у равнотежни положај пропорционална елонгацији, такво кретање се зове просто хармониско кретање, које се може представити синусним или косинусним законом.

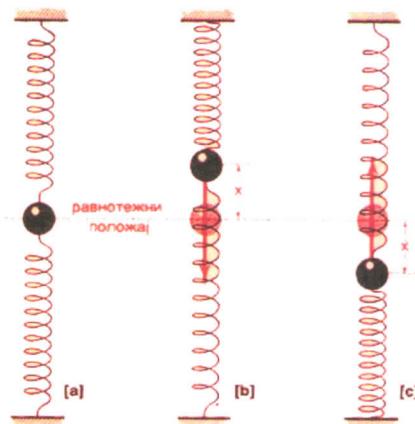
У осциловању тела учествује велики број честица. Карактер кретања свих честица једног тела је исти. Зато се при проучавању осцилаторног кретања неког тела може усмерити пажња на кретање једне честице, односно једне материјалне тачке посматраног тела.

Пример оваквог кретања је тело обешено о еластичну опругу (слика 2.) или осциловања неког система тела (слика 3.). У равнотежном положају тежина тела и еластична сила опруге су једнаке.



Слика 2. Осциловање тега на еластичној опрузи

• Услови за осцилаторно кретање



Слика 3. Осциловање неког система тела

Један од услова је да систем располаже енергијом. Осцилаторно кретање може да почне, кад се систему преда извесна енергија под дејством спољне сile. Други неопходан услов је истајање повратне сile. Са слике 3. види се кад је систем у мировању, еластична сила горње и доње опруге је једнака нули.

Кад се тело (слика 3 а) изведе из равнотежног положаја на њега ће деловати еластична сила F , која је резултат истегнуте доње и сабијене горње опруге. Ова сила тежи да врати тело у равнотежни положај и зато се зове повратна сила. Исто се дешава кад се тело изведе из равнотежног положаја на доњу страну.

Према другом Њутновом закону :

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Ова сила стоји у равнотежи са еластичном силом опруге :

$$F = - k \cdot x \quad (2)$$

То је повратна сила, која је усмерена ка равнотежном положају где је једнака нули, а повећава се са удаљењем тела x од равнотежног положаја. Знак (-) указује да сила F и удаљеност x имају увек супротан смер. Може се написати једнакост сила :

$$m \cdot a = - k \cdot x \quad (3)$$

одакле је убрзање пропорционално елонгацији (удаљености од тела од равнотежног положаја) :

$$a = - \frac{k}{x} \quad (4)$$

Константа k се зове **кругост опруге** и једнака је бројно сили којом треба деловати на тело да би се оно извело из равнотежног положаја за јединицу дужине :

$$k = \frac{F}{x} \quad (5)$$

Сила и елонгација су истог правца, а супротног смера зато се могу написати у скаларном облику, као :

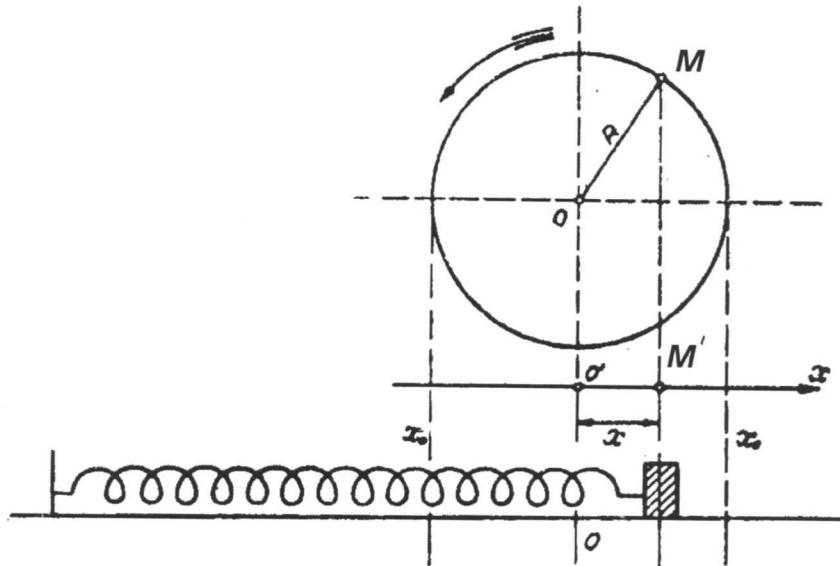
$$F = k \cdot x, \text{ уместо } F = - k \cdot x \quad (6)$$

Трећи услов, за настајање и одржавање осцилаторног кретања, да се енергија коју добије тело при извођењу из равнотежног положаја не утроши потпуно на савлађивање силе трења и отпора спољње средине утоку кретања тела ка равнотежном положају.

• Карактеристичне величине осцилаторног кретања

Елонгација (x) је удаљеност тела од равнотежног положаја у датом тренутку. Да би се добио образац за претстављање простог хармонијског кретања примењује се

математички апарат, на основу чијенице да пројекција сталног кружног кретања одговара простом хармонијском кретању. Нека тачка M врши стално кретање по кругу полупречника R . Пројекција M' тачке M на правцу x изводи кретање које одговара простом хармонијском кретању.



Слика 4. Кретање тачке M по кругу

Тачка M' ће увек ићи заједно са телом на опрузи, ако за време које описе цео круг одговара периоду T , ако је полупречник круга R има исту вредност као амплитуда x_0 .

Означимо сталну угаону брзину тачке M са ω добиће се :

$$R = x_0 \text{ и } \theta = \omega \cdot t \quad (7)$$

па ће померај x од почетног положаја O бити, дат изразом :

$$x = x_0 \sin \omega t \quad (8)$$

који претставља елонгацију, где је t време мерено од почетка кад је тачка у O .

Тачка M има перифериску брзину $R\omega$. Брзина v тачке M' одговара пројекцији вектора перифериске брзине $R\omega$ на правцу x :

$$v = \omega x_0 \cos \omega t \quad (9)$$

а убрзање тачке M износи $R\omega^2$, те ће тачка имати убрзање a :

$$a = -\omega^2 x_0 \cos \omega t \quad (10)$$

заменом образца (8) у (10) добија се нови израз за убрзање :

$$a = -\omega^2 x \quad (11)$$

знак минус је зато што је убрзање увек супротног смера од x .

Ово убрзање имаће тело које осцилује и исто је као тачке M' . Обрасци: (8), (9), (10) и (11) се могу применити на осцилаторно кретање. Сви обрасци су периодична функција времена, што одговара природи оцилаторног кретања. Из обрасца (8) видимо да је елонгација синусна функција времена те се кретање зове синусно кретање или синусне осцилације.

Знамо из образца да је Њутнова сила једнака, еластичној сили изрази (1), (2) и (11) можемо написати :

$$F = m \cdot a = -k \cdot x \quad (12)$$

Па је,

$$F = m \cdot a = -m\omega^2 x \quad (13)$$

Маса тела m је константна и угаона брзина ω је константна, можемо написати :

$$K = m\omega^2 \quad (14)$$

Из релације (14) може се добити трећа величина синусних осцилација, а то је период T , време за које тело изврши једну осцилацију. Ако се стави однос :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (15)$$

или

$$k = m \cdot \omega^2 = \frac{m \cdot 4\pi^2}{T^2} \quad (16)$$

Одавде се добија период који је сразмеран корену из масе тела, а обрнуто сразмеран корену из k .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (17)$$

Четврта величина величина је **фrekвенција** ν , број осцилација у јединици времена:

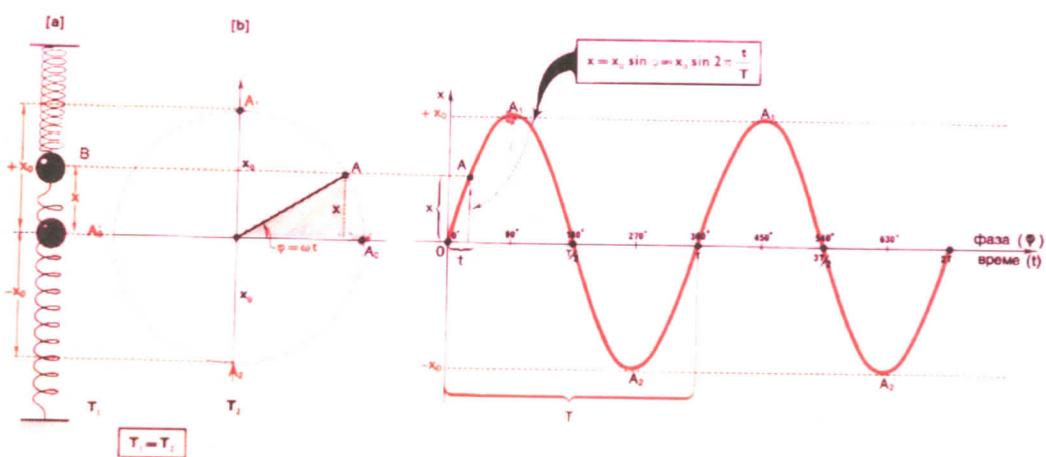
$$\nu = \frac{1}{T} \quad (18)$$

Хармонијско праволинијско кретање нема директне везе са кружним кретањем, ипак се о задржава као карактеристична величина код кружног кретања. У овој случају је кружна или угаона фреквенција, дата изразом :

$$\omega = 2\pi \nu \quad (19)$$

Фреквенција $\nu = \frac{1}{T}$ је фреквенција осцилација, значи да је однос једне и друге осцилације 2π . Кружна фреквенција ω се мери у радијанима у секунди па је једнака 2π пута фреквенција ν , која одговара броју целих обрта у јединици времена. Сви наведени обрасци важе под условом да се време рачуна од момента кад се тачка налази у равнотежном положају. У општем случају, кад се тачка налази у било ком месту своје путање у било којој фази осциловања, мора се узети у обзир и интервал времена кад се тело налази у О па до тренутка кад почиње рачунање времена. Овај интервал времена изражава се углом, који описује полупречник помоћног кружног кретања, па се зове фазни угао или фаза φ . Зато је општи образац за елонгацију :

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (20)$$



Слика 5. Амплитуда хармонијског кретања тела

Следећа величина је **амплитуда** x_0 која представља максимални померај $+x_0$ и $-x_0$, односно, највећа удаљеност тела од равнотежног положаја као на слици 5.

• Енергија код простог хармонијског кретања

Ако нека материјална тачка масе m врши просто хармонијско кретање њено убрзање a је дато изразом :

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{mx} = -\omega^2 x \quad (21)$$

према обрасцу (14) и (21) следи да је :

$$k = m \omega^2$$

Сила при елонгацији x дата је изразом $F = -kx$, па је рад ове силе по елементу пута dx дат са $kx dx$. Добија се обратац за **потенцијалну енергију** при елонгацији x :

$$E_p = \int m\omega^2 x dx = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 \quad (22)$$

Потенцијална енергија тела које врши синусне осцилације пропорционална је квадрату елонгације :

$$E_p = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2 \quad (23)$$

Кинетичка енергија материјалне тачке масе m је :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \quad (24)$$

При осциловању кинетичка енергија прелази у потенцијалну и обрнуто, те је укупна механичка енергија система синусних осцилација у било ком тренутку пропорционална квадрату амплитуде :

$$E = E_p + E_k = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2 \quad (25)$$

За $x = x_0$ потенцијална енергија има максимум, а кинетичка енергија има максимум за вредности $x=0$. Тако да се механичка енергија, **укупна**, одржава :

$$E_p + E_k = \text{const.} \quad (26)$$

• Амортизиране и неамортизиране осцилације. Фреквенција.

Свако тело или систем тела које може да осцилује зове се осцилатор. У општем случају сваки осцилатор врши сложено кретање.

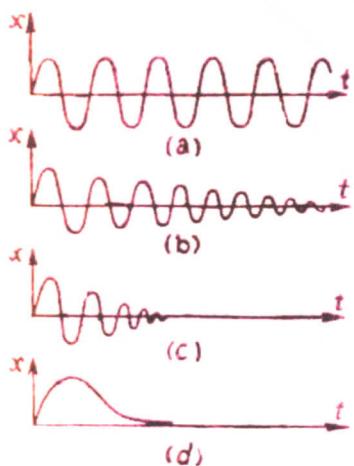
Осцилације осцилатора могу бити амортизиране и неамортизиране.

Осцилације су амортизиране, ако им амплитуде опадају са временом. Такве осцилације има сваки макроскопски осцилатор ако се препусти да осцилује сопственом енергијом, без довођења енергије.

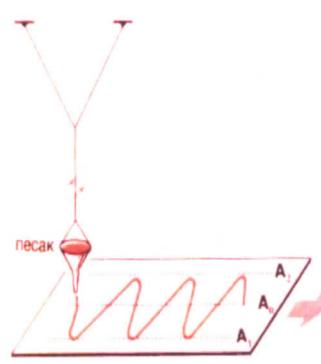
Осцилатор губи енергију на савлађивање трења, део прелази у топлоту, а делом одашње у околну средину. Зато се пре или касније мора зауставити.

Неамортизиране осцилације имају сталну амплитуду и могу се одржавати само довођењем енергије (као клатно часовника које осцилује, а потрошена енергија надокнађује из еластичне енергије навијене опруге).

Ако осцилатор није изложен дејству спољних сила, кажемо да осцилује слободно сопственом фреквенцијом. Под дејством периодичних спољних сила осцилатор може да буде принуђен да осцилује другом фреквенцијом која се разликује од његове сопствене фреквенције. Такве осцилације се зову принудне.



Слика 6. Амортизиране и неамортизиране осцилације



Слика 7. Механички уређај за графичко приказивања осцилације клатна

Специфичност се јавља код принудних осцилација тела кад је фреквенција принудне периодичне силе једнака или близу сопственој фреквенцији осцилатора.

Периодична сила стално саопштава рад осцилатору, при подесној вредности фазног угла. Осцилатор стално прима рад, енергија расте, а амплитуде се јако повећавају. Ова појава се зове резонанција.

Принудна сила која делује на тело, мења се по обрасцу : $F = F \sin \omega' t$ где је ω' кружна фреквенција силе. Она мења смер са временом, сабија и истеже опругу, па тело осцилује фреквенцијом ω' , а не властим : $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

3.2. ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ

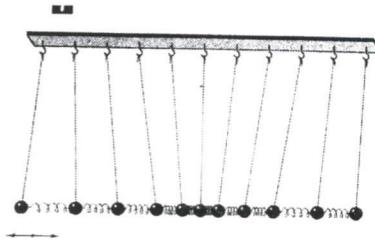
Талас је један општи појам који са може јавити у разним облицима. Кад говоримо о таласу мислимо најчешће на оне на води, звучне таласе, светлосне, радио таласе и друге.

Таласно кретање је веома сложено зато ћемо објаснити само механички талас који је приступачан посматрању.

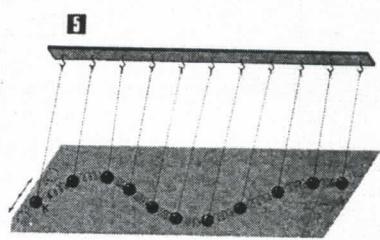
Механички талас настаје у еластичној средини, кад настане неки померај или еластична деформација неког дела средине.



Слика 8. Талас на води



Слика 9. Лонгитудинални талас



Слика 10. Трансверзални талас

Па је талас простирање осцилација у еластичној средини. Кад се талас простире дуж једног правца зове се линиски талас, ако се шири по некој површини у свим правцима зове се површински талас. У хомогеној средини ако је је брзина таласа једнака у свим

правцима, талас ће се ширити по концентричним сферама и такав талас се зове сферни талас.

У еластичној средини постоји веза међу честицама и деформације се преноси са једне на другу честицу неком брзином која зависи од еластичних својства средине. Брзина простирања таласа се разликује од брзине неког тела, јер честице средине остају на својим местима, а преноси се само фаза осцилације, односно енергија таласног извора.

• Врсте таласа

Према начину побуђивања честица средине, које представљају извор таласа кад осцилују, разликују се две врсте таласа :

- трансверзални и (Слика 9.)
- лонгитудинални (Слика 10.)

Трансверзални талас је могућ само код чврстих тела, док се лонгитудинални талас може пренети кроз еластично тело ма ког аг. стања. Трансверзални талас је онај код којег се деформација може изазвати нормално на правац простирања таласа.

Лонгитудинални талас код њега се деформација може изазвати управцу простирања импулса.

Трансверзални и лонгитудинални таласи могу се поделити на стојеће и прогресивне таласе. Код прогресивних таласа енергија се преноси са делића на делић средине. Они таласи код којих честице средине осцилују, а неке не, већ мирују зову се стојећи талас.

Код лонгитудиналних таласа је карактеристично згушњавање и разређивање средине кроз коју се они простиру.

За настанак механичког таласа треба да постоје: извор таласа и еластична средина.

• Таласна дужина и брзина таласа

Механички талас је просторна и временска промена еластичне средине у којој се поремећај простире удаљавајући се од извора таласа сталном брзином. Брзина таласа зависи од еластичности и густине средине.

Таласна дужина λ је растојање имеђу две најближе тачке на таласу које се налазе у истој фази осциловања.

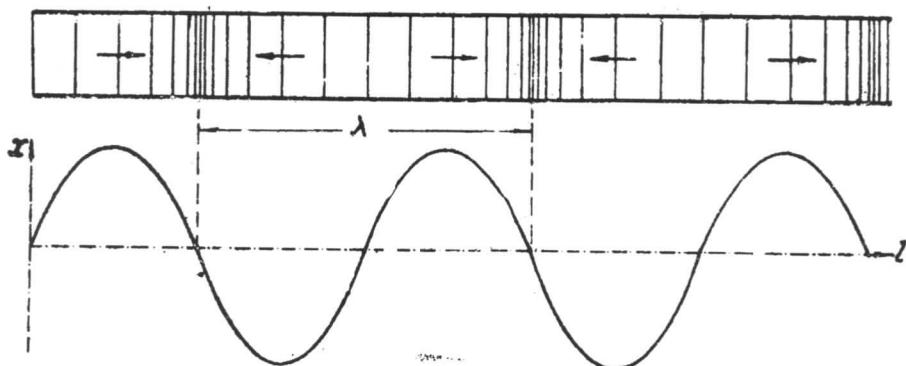
$$\lambda = c \cdot T \quad (27)$$

Где је c брзина простирања таласа, а T је период таласа.

Период T је време, док талас пређе једну таласну дужину честица изврши једну пуну осцилацију.

Период је једнак реципрочној вредности фреквенције $\lambda = c \cdot v$ односно $T = \frac{1}{\lambda}$ и добија се :

$$\lambda = c \cdot v \quad (28)$$



Слика 11. λ - растојање два суседна слоја која се налазе у истој фази осциловања

те се добијају познате величине за **брзину таласа** c и **фреквенцију** v за осцилаторно кретање :

$$c = \lambda \cdot v \quad \text{или} \quad v = \frac{c}{\lambda} \quad (29)$$

Треба истаћи разлику брзине простирања таласа c , од брзине осциловања честице v . Брзина простирања таласа су хомогеној средини је стална за један талас, а разликује се од брзине осциловања поједињих делића - честица које осцилују око равнотежног положаја. Ова брзина се мења у току осциловања по обрасцу :

$$v = \omega x_0 \cos \omega t \quad (30)$$

Где је x_0 амплитуда осциловања, ω кружна фреквенца и t време. Предпоставимо да у једном тренутку извор почне да еmitује талас у околни простор. Он ће једновремено доћи у све тачке једне свере у чијем се средишту налази извор. Ако уочена сфера има полупречник x тада ће све тачке на њој учествовати у процесу преношења таласа после времена :

$$t = \frac{x}{c} \quad (31)$$

где је c брзина простирања таласа. Пре овог времена t , тачке нису осциловале, биле су у мировању. После, у тренутку $t = \frac{x}{c}$, почињу да осцилују принудно, под дејством извора таласа. Све тачке на овој сфери имају исту фазу тако да је свака сфера еквифазна површина.

Према облику еквифазних површина таласи могу бити равни и сферни таласи. Фаза таласа ϕ на удаљености x од извора таласа и после t , од тренутка емитовања таласа је :

$$\phi = 2\pi \frac{t}{T} = \frac{2\pi \frac{x}{c}}{T} \quad (32)$$

ако је $c \cdot T = \lambda$, добија се **фаза** на удаљености x од узвора :

$$\phi = 2\pi \frac{x}{c} \quad (33)$$

Кад талас за време t дође до сфере полупречника x , онда све тачке обухваћене овом сфером учествују у преношењу таласа. Кажемо да осцилују простопериодично.

Теоријска и експериментална истраживања су показала да брзина таласа зависи од :

- ❖ од врсте таласа, да ли је он лонгитудинални или трасверзални,
- ❖ од физичких особина средине кроз коју се талас простире,
- ❖ и у неким случајевима од фреквенције таласа.

Знајући да се лонгитудинални таласи простиру кроз чврсте, течне и гасовите супстанције, брзина оваквих таласа зависи од модула еластичности средине E и од њене густине ρ , па је општа релација за брзину таласа :

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (34)$$

За чврста тела Јунгов модул еластичности је E_y , течности запремински модул еластичности E_v и гасова $p\chi$, где је p притисак гаса, а χ однос специфичних топлота гаса при сталном притиску c_p и при сталној запремини c_v . Па се за течности, гасове и чврста тела могу написати брзине таласног кретања :

$$c = \sqrt{\frac{E_y}{\rho}}, \quad c = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \quad \text{и} \quad c = \sqrt{\frac{p\lambda}{\rho}} \quad (35)$$

Трансверзални таласи се простиру само кроз чврста тела, простирање ових таласа прати промена облика тела. Они настају на затегнутим жицама, шипкама, мембранима и сличним.

Брзина таласа на затегнутој жици зависи од нормалног напона σ којом је жица затегнута и њене густине ρ :

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad (36)$$

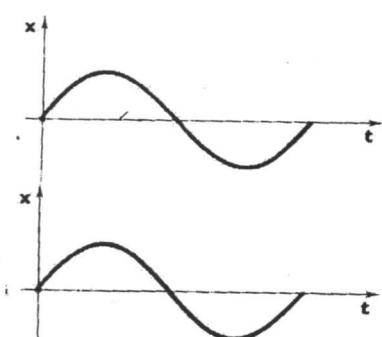
заменом σ са $\frac{F}{S}$, где је F сила, а S површина попречног пресека жице добија се:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{S \cdot l} \quad (37)$$

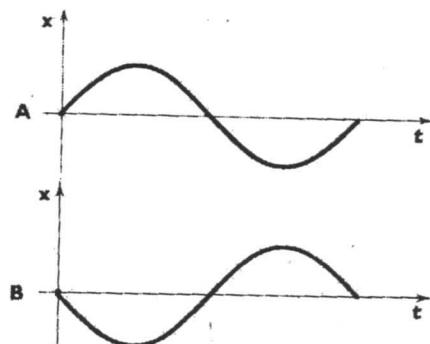
l је дужина жице, те је брзина простирања трансверзалног таласа:

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (38)$$

μ је маса жице јединичне дужине, $\mu = \frac{m}{l}$.



Слика 12. Осцилације тачака А и Б кад су таласи у њима у истој фази



Слика 13. Осцилације тачака А и Б таласа кад су у против - фази

3.3 АКУСТИКА

3.3.1. ЗВУЧНИ ИЗВОРИ

У уводном делу рада, на самом почетку је дата дефиниција звука и акустике. Речено је да неке осцилације тела могу изазвати појаве које се опажају чулом слуха, а то су звучне појаве. Оне се проучавају у посебном делу физике, која се зове акустика.

Звук настаје брзим осциловањем чверстих, течних и гасовитих тела. Тела која својим механичким осциловањем производе звук зову се **звучни извори**.

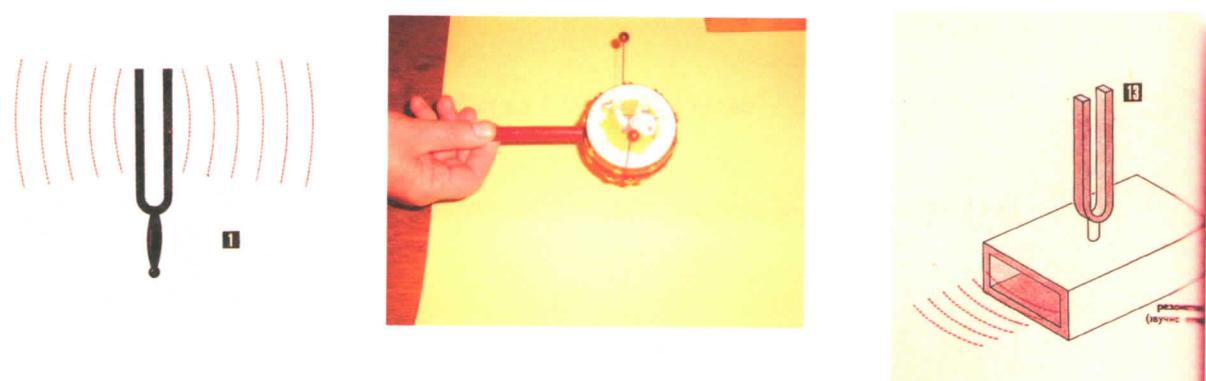
Да би звук доспео до уха, потребно је да материјална средина пренесе механички талас. Он се може простирати само кроз еластичну средину, али не кроз вакуум.

Чуло слуха је осетљиво на фреквенције од 20 Hz - 20 000 Hz. Осцилације испод 20 Hz не осећамо чулом слуха и оне се зову **инфразвук**. Ултразвук, такође не можемо чути, јер је фреквенција изнад 20 000 Hz.

У звуке спадају шум и тон. **Тон** је правилно осциловање звучног извора, одређене фреквенције, код којег је синусна осцилација.

Шум је веома сложен звук и променљив по амплитудама и фреквенцијама.

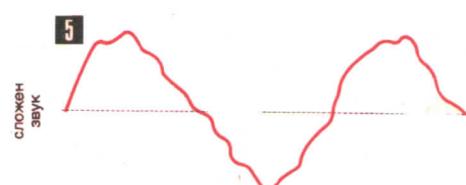
Тела која могу да осцилују звучним фреквенцијама су : затегнуте жице, штапови, ваздушни стубови, плоче или мембрane.



Слика 14. Звучни извори



Слика 15. Тон



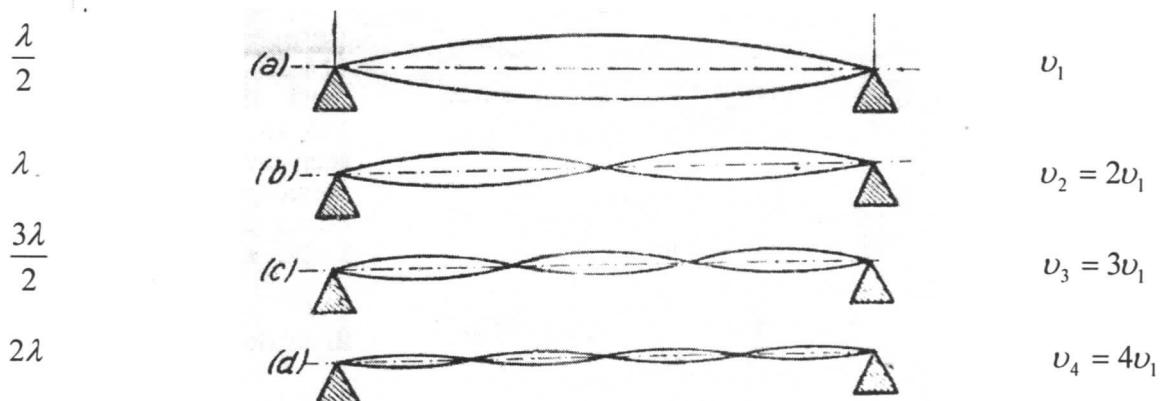
Слика 16. Шум

Затегнуте жице :

Осцилују трансверзалним осцилацијама. Кад се на затегнутој жици изазове деформација на једном месту она ће се пренети дуж жице брзином c . На учвршћеним местима такав талас ће се одбити и кретати у супротном смеру дуж жице. Одбијен талас и који наилази, услед интеракције створиће стојећи талас. Интензивни стојећи талас настаће, ако се после двоструког одбијања поклопи са примарним таласом који наилази. То ће се десити под условом кад дужина жице l износи:

$$l = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{односно, } \frac{\lambda}{2}; \frac{2\lambda}{2}; \frac{3\lambda}{2}; \frac{4\lambda}{2} \quad (39)$$

n је ма који цео број.



Слика 17. Стојећи талас

Дужина простирања трансверзалног таласа у жици је по обрасцу (38),

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

F је сила, а μ маса јединичне дужине жице. Растојање два чвора жице стојећег таласа је увек $\frac{\lambda}{2}$. Однос дужине жице l и таласне дужине λ је :

$$\lambda = \frac{2l}{1}; \frac{2l}{2}; \frac{2l}{3}; \frac{2l}{4}; \quad (40)$$

Фреквенција осциловања жице у којој је настао сређећи талас биће :

$$\nu = \frac{c}{2l}; \frac{2c}{2l}; \frac{3c}{2l} \quad (41)$$

На основу израза (38) и (41), добија се формула за фреквенцију жице :

$$\nu = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (42)$$

За $n = 1$, (42) даје израз за основни тон, односно, основну фреквенцију жице где је n је ма који цео број који представља, број трбуха стојећег таласа. Кад је $n=2,3,4$, даје виши тон другог, трећег, четвртог јер фреквенције стоје у односу броја n .

Осцилације штапова :

Штапови могу осциловать и њихови таласи су лонгитудинални и трасферзални. На слици (17), представљен је еластичан штап учвршћен на једном крају. Образује се стојећи талас, тако да је однос дужине штапа l и таласне дужине λ дат :

$\lambda=4l$ за случај (а), а за (б) $\lambda=\frac{4l}{3}$ или уопште,

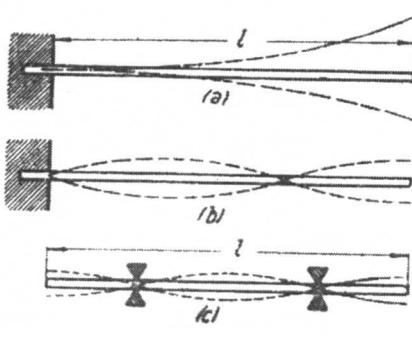
$$\lambda=\frac{4l}{2n+1} \quad (43)$$

А фреквенција; $\nu = \frac{(2n+1) \cdot c}{4l}$. Израз $(2n+1)$, представља непаран број четвртина таласних дужина стојећег таласа на штапу.

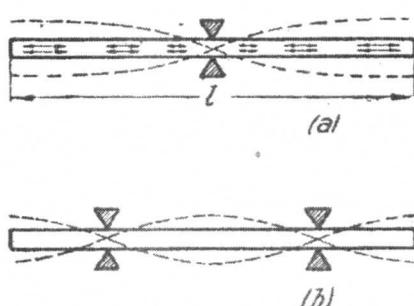
Слика 18 (с) је стојећи талас штапа учвршћен у двема тачкама.

Чвркови таласа су у учвршћеним тачкама па је :

$$\lambda=\frac{2l}{n} \text{ и } \nu = \frac{n \cdot c}{2l} \quad (44)$$



Слика 18. Трансверзалне осцилације штапова и



Слика 19. Лонгитудиналне осцилације

Лонгитудиналне деформације штапа представљене су на слици 19 а,б. Оне настају кад се изврши лонгитудинална деформација штапа, кад се таре кожом, дуж његовог правца.

Образује се стојећи талас, тако што честице осцилују у правцу штапа, а највише на krajuевима и настаће трбуси таласа.

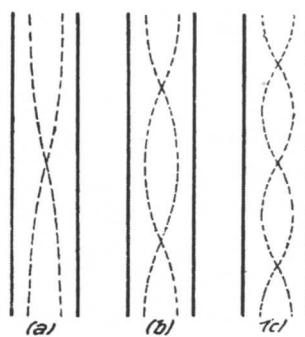
У фиксираној тачки образоваће се чвор таласа и нема осцилација. Код ових осцилација важи иста релација као (44), број чворова n и брзина c лонгитудиналног таласа у штапу, знатно се разликују од трансверзалног.

Осцилације ваздушних стубова :

Ваздушни стуб се не може самостално формирати, већ само у цевима. У њима се може формирати само лонгитудинални стојећи талас. Као на сликама: (20) и (21). Цев у којем је ваздушни стуб може бити отворена са оба краја или са једним крајем.



Слика 20. Ваздушни стуб у цеви
која је отворена са једним крајем

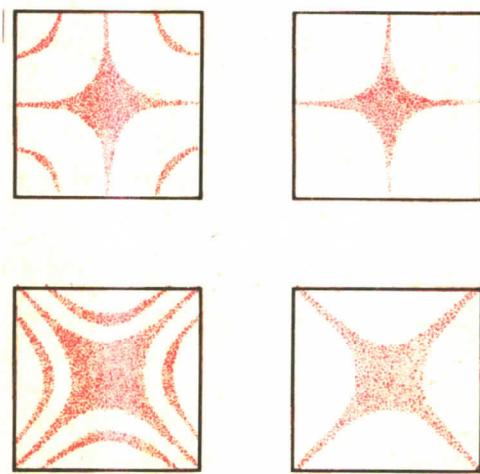


Слика 21. Ваздушни стуб
у цеви отворен

Ако је стуб отворен на једном крају, образоваће се трбух а на затвораном крају чвор стојећег таласа. Овај случај одговара штапу који је једним крајем учвршћен, па су исти обрасци за : λ , c и v (43) и (44). Поред основног тона јављају се и виши хармониски тонови, као код зазегнутих жица.

Плоче или мембрane :

Направљене су од еластичних материјала који могу да осцилују, сложено у два или више правца по својој површини. На плочи настаје дводимензиони талас, чији чворови стојећег таласа се јављају дуж чворних линија. Да би се оне учиниле видљивим, поспе се прах или песак и доведе плоча у осциловање. Прах се скупља у чворовима, а одбачен од места осциловања.



Слика 22. Чворне линије на квадратним плочама.

3.3.2. ЗВУЧНИ ТАЛАС

Звучни талас представља једно подручје фреквенција механичких таласа. Све што је речено у одељку 3.2. о таласном кретању важи и за звучне таласе. Могу се истаћи неке особености звучних таласа. У животу човека најзначајнији су они у ваздуху.

Звучни талас у ваздуху и флуидима може бити лонгитудинални.

То су просторни таласи, који се могу посматрати као сферни лонгитудинални таласи. Облик извора може утицати на облик таласа нарочито у његовој близини (талас на води, дугачки штап).

Звучни талас у близини звучног извора показује утицај облика извора а на великим растојањима полупречници сфера су велики па се у апроксимацији могу третирати као равни таласи.

Звучни талас врши преношење енергије од звучног извора кроз околну средину. Тада се каже да звучни извор „зрачи“ звучну енергију у околну средину. Један део енергије се губи због вискозности флуида и притиска гаса који се због компресије загрева.

Брзине звучних таласа стоје у сагласности брзинама датих за таласно кретање, обрасци /35/. За гасове :

$$c = \sqrt{\frac{p\lambda}{\rho\lambda_0}} \text{ за чврста и течна тела} \quad c = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}} \quad (45) \text{ и } (46)$$

У обрасцима (45) и (46) су величине:

p - средњи притисак у гасу

ρ - средња густина средине

χ - однос специфичних топлота $\frac{c_p}{c_v}$

E - је модул еластичности (Yungov)

Густина гасова се смањује са температуром, коришћењем закона ширења идеалних гасова може се написати израз :

$$c_t = c_0 \sqrt{1 + \frac{t^{\circ}C}{273}} \quad (47)$$

где су:

c_0 – брзина звука на $0^{\circ}C$

c_t – брзина звука на $t^{\circ}C$

$t^{\circ}C$ – температура у $^{\circ}C$

Например, брзина звука у ваздуху је на $0^{\circ}C$, $c = 331,36 \frac{m}{s}$; води $c = 1461 \frac{m}{s}$ и гвожђу $c = 5130 \frac{m}{s}$.

Из података видимо да је простирање звучног таласа највеће у чврстим телима, течностима, а најмање у гасовима.

3.3.3. ИНТЕНЗИТЕТ (ЈАЧИНА) ЗВУКА

Под интензитетом звука или јачином звука подразумева се однос средње снаге која се преноси звучним таласом и нормалне површине кроз коју пролази талас односно, интензитет звука је бројно једнак средњој снази звучног таласа која пролази кроз јединицу нормалне површине. Ако се означи јачина звука са I , средња снага са P_{sr} . и нормална површина S , добија се израз :

$$I = \frac{P_{sr}}{S} \quad (49)$$

За раван лонгitudиналан талас P_{sr} је дато :

$$I = \frac{\frac{1}{2} S \frac{p_{od}}{\rho_o c}}{S} I = \frac{1}{2} \frac{p_{od}^2}{\rho_o c} \quad (50)$$

Јачина звука сразмерна је квадрату амплитуде притиска, а обрнуто сразмерна акустичкој отпорности средине. Види се да његова јачина не зависи од фреквенције, ако се изрази амплитудом притиска. Ова јачина се може изразити звучном енергијом, коју садржи један цилиндар еластичне средине дужине c , а попречног пресека 1 , кад се поклапа са правцем простирања звука. Уводи се **густина енергије** ω , која представља садржај енергије у јединици запремине онда је ω :

$$\omega = \frac{I}{c} \quad (51)$$

а интензитет $I = \omega \cdot c$ (52)

Јединица мере је $\frac{W}{m^2}$. Према Weber-Fechnerovom закону физиолошка чула примају надражаје по логаритамском закону уведена је нова величина која би означила „гласност“ звука. Она има различиту ознаку, L .

$$L = \log \frac{I}{I_0} B \quad (53)$$

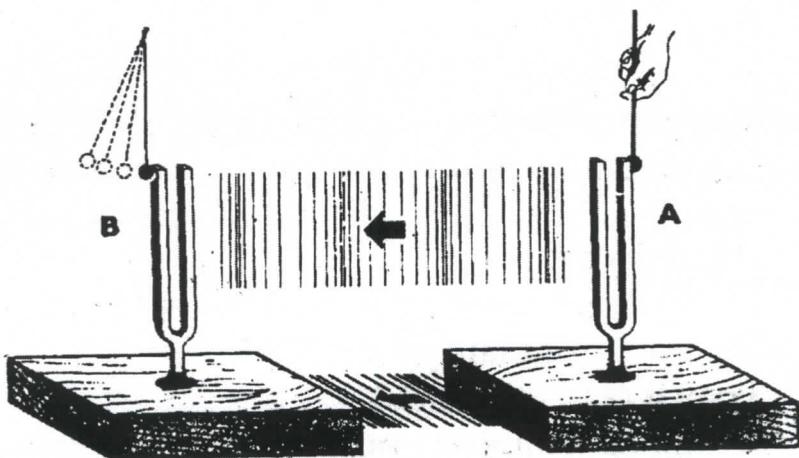
где је I_0 најслабији интензитет звука који се може чути (праг чујности). Јединица мере ове величине је бел (B) у част Грахама Бела. У пракси је много подеснија (dB), па се закон пише у облику :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} dB \quad (54)$$

Ова скала боље одговара јер се ослања на физиолошке особине уха, а распон свих нивоа у пракси се креће од 0-130 dB. Скала је тако дефинисана да 0 dB одговара прагу чујности (I_0). Субјективна јачина звука чији је 10 пута већи износи тада 1dB, а 130dB одговара интензитету који је 10^{13} пута већи од I_0 . Пошто праг чујности није довољно прецизно одређен, касније је I_0 доведен у везу са интензитетом звука у $\frac{W}{m^2}$.

3.3.4. РЕЗОНАНЦИЈА КОД ЗВУКА

Резонанција је појава која настаје код принудних осцилација. Звучни извори су механички осцилатори на којима се могу изводити принудне осцилације. Сваки звучни извор може бити доведен у резонанцију помоћу периодичне силе, коју даје неки други осцилатор односно звучни извор.



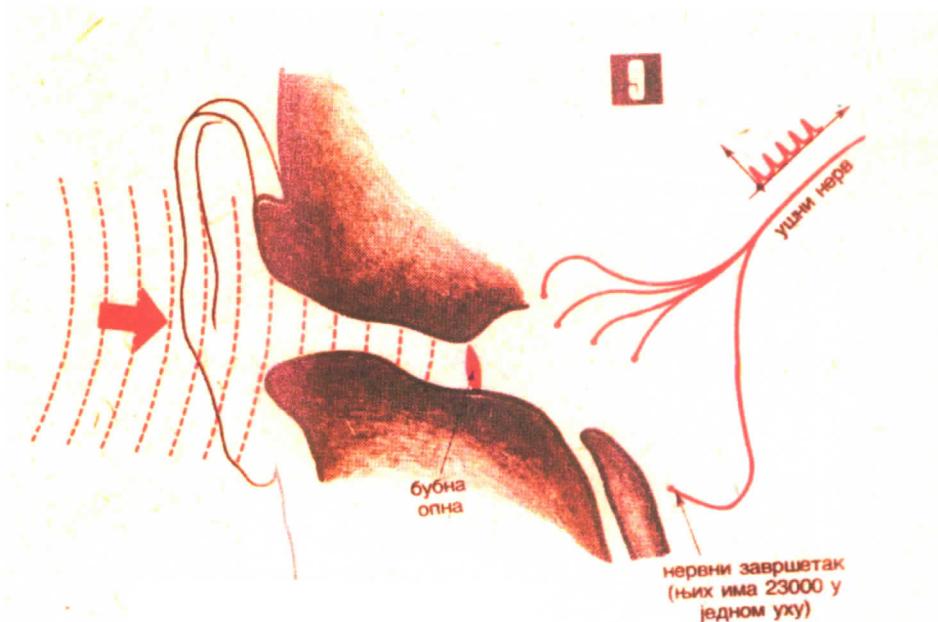
Слика 23. Звучна резонанција

Помоћу две звучне виљушке које производе тонове исте висине, а налазе се на извесном растојању. Кад се једна удари затрепери и чује се тон. Ако се руком заустави њено треперење, тон ће се опет чути. То значи да се треперење виљушке А, пренело на виљушку, В односно да је дошло до звучне резонанције. Виљушка В наставља да осцилује даље. Ово се види по одскакању куглице клатна, наслоњене на виљушку В. Наступила је механичка резонанција, јер су се фреквенције изједначиле : $v_A = v_B$. Код различитих врста звучних извора може се јавити више облика резонанције. Енергија коју зрачи звучни извор у ваздуху је веома мала, ако звучни извор има малу површину. Да би звучни извор давао већу јачину тона примењују се тела на којима се може изазвати резонанција.

Таква тела зову се резонатори. Поред звучног извора и резонатор еmitује звук, тада је звучна енергија већа и јаче се чује звук. Сви музички инструменти имају резонаторе и извесне облике, како би могли да резонирају на сваку фреквенцију. Зидови кутија и ваздушни стуб у њима, користе се за резонанцију.

3.3.5. УХО. ФИЗИОЛОШКА ЈАЧИНА ЗВУКА. ФОН.

Чуло слуша је веома осетљив орган и сложен. Звучни талас кроз ушну школјку доспева на бубну опну и изазове принудне осцилације. Осцилације се преносе преко малих кошчица (чекића, наковња и узенгија) и ваздуха који испуњава средње ухо. Оне доспевају на мембрани, која затвара унутрашње ухо. Тада се састоји од пужастог канала, којег испуњава течност, а простор ваздуха и канала са течношћу одваја мембрани до које долазе звучне осцилације. Дуж канала смештени су нервни завршеци њих око 23500. Под дејством осцилација, течност у каналу врши саожене принудне осцилације и јављају се сложени ефекти резонанције и стојећег таласа. Сложене осцилације течности проузрокују сложене надражеје нервних ћелија у базиларној мембрани на основу којих се формира осећај звука којег анализира мозак. Ухо може да прими разноврсне утиске: шумове, музичке звуке, боју, јачину и висину тона .



Слика 24. Ухо, орган слуха

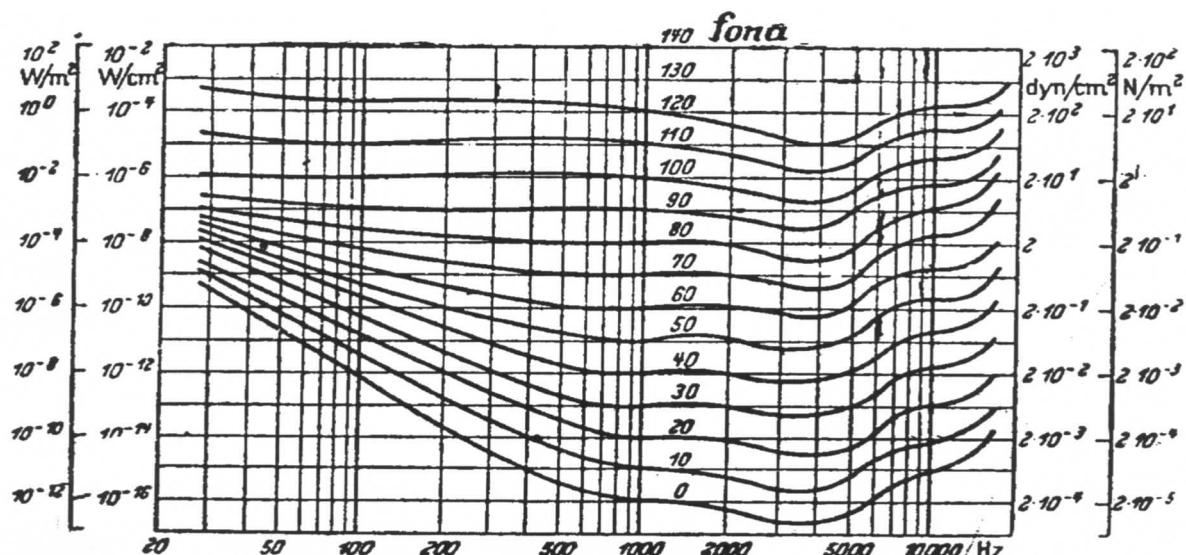
· Физиолошка јачина звука

Експериментална испитивања показују да осетљивост уха зависи у великој мери од фреквенције. Највећа осетљивост је при фреквенцијама 1000 до 5000 Hz. При фреквенцијама 1000 Hz, просечно ухо осећа интензитет звука $10^{-12} \frac{W}{m^2}$. Осетљивост се

смањује ка нижим и ка вишим фреквенцијама, тако да престаје око 20 Hz на страни нижих и 20 000 Hz на страни виших фреквенција.

На слика 25. приказан је стандардни праг чујности у зависности од фреквенције. Горња крива са ознаком 120 предсавља границу бола, изнад које настаје осећај бола у уху. Ова граница мање зависи од фреквенције. Однос интензитета звука међу границом бола и границом чујности износи око 10^{13} . Због физиолошких основа и великог распона интензитета звука подеснија је логаритамска скала за изражавање нивоа јачине звука чија је јединица децибел. Ова скала не може да служи за изражавање субјективне јачине звука због различите осетљивости уха од фреквенције. Децибелска скала би одговарала и за физиолошку односно субјективну јачину звука само за фреквенције око 1000Hz.

Из ових разлога за субјективну јачину звука уведена је логаритамска скала са јединицом која се зове фон. За основ ове скале узет је тон од 1000Hz, као нормалан тон. На тој фреквенцији децибел и фон имају приближно исте вредности, а обе скале се на тој фреквенцији приближно поклапају. Тонови других фреквенција важи други поступак. Посматрани тон се на основу субјективног осећаја уха упоређује са нормалним тоном 1000 Hz. Јачина нормалног тона се мења све док не добијемо утисак да оба тона чујемо подједнако. Тада је субјективна јачина тона у фонима иста као и упоређена јачина нормалног тона. Тако се постиже да сви тонови различитих фреквенција са истим бројем фона чују подједнако гласно. Кроз цело подручје фреквенција звука одреде се јачине са истим бројем фона добија се крива као на слика 25. То су криве једнаке субјективне јачине тона.



Слика 25. Крива представља границу чујности у зависности од фреквенције

3.3.6. ОСОБИНЕ ЗВУКА.

Сваки звук има четири оснивне особине: трајање, јачину, висину и боју тона.

•Трајање звука :

Звук настаје осциловањем посматраног тела под неким страним утицајем, па ће звук трајати све докле траје страни утицај. То није увек тако, јер звучни извор тежи да настави започете осцилације. Свако осциловање је покретање честица из мировања, те је потребно да се оне поново умире. Код неких честица је потребно да се оне умиру по престанку дловања страног утицаја, а код других спорије. То време престанка страног утицаја може бити краће или дуже. Ова дужина трајања звука зависи од : еластичности извора и снаге утицаја, која је извршена на извор. Ова тврђња се може проверити на жицама музичког инструмента. Звук произведен на двема жицама утицајем подједнаке снаге, дуже ће трајати на оној са мањом силом затезања, па еластичнија може да осцилује. Кад су силе затезања двеју жица једнаке, а снага страног утицаја различита трајање звука ће бити на оној на коју је извршен већи утицај. Трајање звука не може бити неограничено дуго, јер се честице по престанку страног утицаја враћају у стање мировања.

•Висина звука :

Познато је да чуло слуха осећа разлике у фреквенцији тона као висину тона. Што је фреквенција звука већа, добија се осећај вишег тона и фреквенција нижа ствара осећај нижег тона. Висина звука зависи од брзине осциловања тела односно фреквенције треперења. Код тона долази до правилног треперења, сталне фреквенције, сталне висине и влада ред у треперењу. Звук са таквим одликама зове се тон. На фреквенцију звучног извора утичу његове материјалне особине : димензије, густина и напон.

Већина звучних извора има различите димензије једна већа од друге. Повећањем једне или свих димензија доводи до смањење фреквенције, треперења, а смањењем димензија доводи до повећања фреквенције. Димензије звучног извора су у обрнутој сразмери са његовом фреквенцијом осциловања.

Већи напон звучног извора имаће за последицу његово брже треперење, а мањи напон спорије. Ако је жица под дејством већег напона даваће виши тон, а ако је напон мањи жица ће давати нижи тон. Фреквенција осциловања не зависи од величине амплитуде. Повећањем амплитуде честице добијају више енергије колико им је потребно да дужи пут превале за исто време. Ако би између амплитуде и фреквенције

постојала зависност ове врсте, то би значило да свака промена јачине звука изазвала промену његове висине и обрнуто.

Из експеримената је познато да висина тона које ухо чује „логаритамски“, да повећању висине тона за исти интервал, одговара повећање фреквенције за исти проценат. Зато важи закон да је висина тона сразмерна логаритму фреквенције :

$$\text{висина тона} \sim \log f \quad (55)$$

Ово је логаритамски закон. Растојање између висина два тона зове се интервал. Најједноставнији музички интервал је октава. Октава одговара односу фреквенција 2:1. То значи да се она добија или повећањем фреквенције за 100% или смањењем за 50%. Ухо свако удвостручавање фреквенције оцењује као пораст висина тона за један интервал, октаву, што је у складу са логаритамским законом.

Број октава у опсегу од фреквенције f_1 до f_2 може се наћи обрасцем :

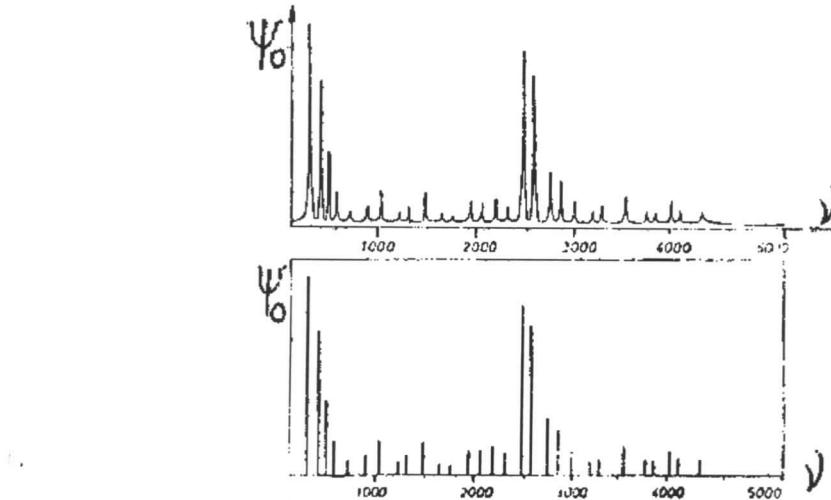
$$n = \log \frac{f_2}{f_1} \quad (56)$$

Ако су f_1 и f_2 , границе чујног подручја 20-20 kHz добија се $n = 10$ значи да чујно подручје обухвата 10 октава. Октаваје релативно велик интервал. Музичка скала има финију поделу. Према њој октава је подељена на 12 полутонова. Полутон значи промену фреквенције за :

$$\sqrt[12]{2} = 1.059463 \approx 6\%$$

Полутон је најмањи интервал који постоји на музичкој скали, али он не представља најмању промену висине тона која се може запазити.

Чист тон је синусна осцилација. Многи звучни извори производе сложене осцилације које могу бити разноврсног облика. Од облика сложених осцилација зависи квалитет звука. Свака сложена осцилација може се разложити на више хармоника. За сваки хармоник може да се одреди, фреквенција, амплитуда и фаза. Ако се на основу експеримената сачини график фреквенција хармоника, тако да сваком хармонику одговарају једна вертикална линија чија је висина пропорционална амплитуди ψ , добија се облик на врху ужи, шиљат, а на дну шири. Такав график је сличан као и спектар неке светlostи, па се зове **спектар фреквенција звука**.



Слика 26. Звучни спектар

•Боја тона :

1859. установљено је да квалитет (боја) неког тона зависи од броја хармоника онихове фреквенције и аплитуде. У музici се могу лако распознати тонови исте висине одсвирани на различитим инструментима. Сваки инструмент даје расподеле хармоника карактеристичне, по чему се и распознаје „боја тона“ на различитим инструментима.

Боја звука представља ону његову особину по којој се два звука једнаке висине и јачине, ипак разликују ако су их произвела два различита извора звука. На стварање звучне боје утичу многе физичке особине извора, као што су : врста материје која трепери, њен облик, димензије, њена грађа, поједина обележја и друго.

Појава различитих звучних боја је последица сложене физичке грађе самог звука. Звук може настати правилним и неправилним треперењем звучног извора, што је већ речено (3.3.1), и представља тон и шум. Материје, жице, ваздушни стубови, као и извор звука осцилују у целини и по свим деловима. На тај начин поред најнижег основног тона настају и виши једва чујни хармонични тонови. Код различитих звучних извора разликује се само релативна јачина поједињих хармоника. То проузрокује разлике у укупном осциловању, па тако и у боји тона.

Електронска техника омогућује да се произведе истовремено и преко 100 хармоника, који се комбинују у један тон. Ако се познаје расподела хармоника једног тона, онда се могу произвести на поменути начин исти тонови, ако се хармоници помоћу електронског апарата комбинују у један тон тако да одговарају спектру фреквенције тога тона. Електронске оргуље раде на овом принципу. На сличан начин се могу произвести и разни људски гласови.

3.3.7. ИНФРАЗВУК И УЛТРАЗВУК

Већ је речено у одељку 3.3.1. о овим врстама звука. **Инфразвук** је механички талас чије су фреквенције ниже од 20Hz. Извор овог таласа може бити свако тело које осцилује одговарајућом фреквенцијом до 20Hz. Овај звук настаје код лоше балансиралих уређаја:машина, мотора трактора, тестера и других. Такве вибрације имају за последицу јављање вибрационе болести организма. Инфразвук може настати при експлозијама, мина, граната и другог тешког артиљеријског оружја. Поред чујних компонената јавља се и инфразвучни талас фреквенције 10-20Hz. Он може настати при обављању свакодневних радњи кад долази до промене ваздушног притиска, отварањем и затварањем врата или прозора у природним околностима као што су олујни ветрови.

Инфразвук који се производи у посебним апаратима користи се за разна лечења и масажу тела. Он има велику таласну дужину у ваздуху (17-34 m), што одговара фреквенцији 10-20Hz, тако да лакше савлађује препреке и заобилази, него звучни талас. При простирању има мали степен апсорпције и дифузије. То им омогућује да имају велик домет, нарочито у воденим срединама. Захваљујући тој особини многи морски свет осети приближавање буре. Примењује се у војне сврхе за откривање противничких упоришта, која се визуелним осматрањем не могу открити.



Слика 27. Ултразвук којег испушта слепи миш, одбија се од препреке и на време региструје, тако да је лет безбедан.

·Ултразвук

Представља звук, чији механички талас има фреквенцију већу од 20kHz, којем горња граница није одређена, а добијене су осцилације фреквенције до 200MHz. Ултразвук ниских фреквенција, до 80Hz, емитују органи неких животиња делфини и слепи мишеви и чине састав природних и вештачких шумова. Ултразвук великих фреквенција добија се из вештачких извора, то су уређаји чији је основни део генератор електричних осцилација одређене фреквенције. У њима се врши претварање осцилација у ултразвучни талас, појавом магнетострикције при низим фреквенцијама и пијезоелектричним ефектом за више фреквенције.

Ултразвук има неке посебне особине : његова јачина је већег интензитета од звучног таласа, мале је таласне дужине, дифракција је мања него код обичног звука, може се сматрати да се простира праволинијски, да се може усмерити и фокусирати, да имају мању апсорпцију при пролазу кроз еластичну средину при неким фреквенцијама (за воду, ако је фреквенције 40 kHz), већа су убрзања осциловања честица преко којих се преноси ултразвук. Он има следећа дејства : топлотно, физичко-хемијско физиолошко, физиолошко и механичко.

На бази описаних особина звука, развиле су се многобројне примене ултразвука. Ултразвучни дубиномери раде на праволинијском простирању и малој апсорпцији ултразвука, остварује се нечујна сигнализација и телефонска веза међу бродовима. Ултразвучним ехом-одбијањем звука, откривају се подморнице или јата риба. Мањи организми у води могу бити убијени дејством ултразвука. Живе ћелије могу бити уништене или губе регенеративно дејство, та особина се користи при стерилизацији млека или конзервирању намирница.

Ултразвук се користи у технички, јер поседује велику енергију, користи се за откривање грешака у металним одливцима. Помоћу њега могу се вршити механичке обреде метала : резање, глачање, брушење и др. Ултразвук изазива велико убрзање при осциловању честица, што има велику примену при добијању финих емулзија, ситни прахови, за скидање мрља, чађи, и масних навлака.

Ултразвук има важну приману у медицини и фармацији. Он уништава вирусе, гљиве и неке мање животиње. У медицини открива туморе на недоступним местима. У хирургији, фокусиран на малом простору, за сечење или спајање костију.

У пољопривреди неке биљке дају више и квалитетније плодове. Користи се у текстилној индустрији за побољшавања квалитета и дубине обојености тканине. Ултразвук убрзава неке хемијске реакције и технолошке процесе, синтетизовања неких хемијских јединења, као и кристализације.

3.3.8 ЕХО. ДОППЛЕРОВ ЕФЕКАТ

Кад звучни талас наиђе на неку граничну површину различитих густина, настаће рефлексија звука. Ова појава је позната као одбијање звук, или одјек – ехо. Ехо настаје кад се звук одбије од неке препреке: зида, брда, стене, шуме или облака, које се налази 17m већем растојању од извора. Наш осећај звука траје 1/10s, у нашој свести, а толико времена треба да он исчезне да би се други примио. Зато треба препрека да буде удаљена најмање 17m, јер звук за то време мора да дође и да се врати. Иначе, одбијање је карактеристично и за таласно кретање. Можемо чути и **јек**, као мешавину звука, уколико је препрека мања од 17m, чује се звук пре одбијени него што је изговорени престао.

Допплеров ефект појава која се јавља код сваког таласног кретања. Ова појава може се уочити и код звука, ако се крећемо ка звучном извору или насупрот звучним таласима или ако се звучни извор креће ка нама. Допплеров ефект се огледа у промени фреквенције звука, ако постоји релативно кретање између звучног извора и посматрача. Кад се звучни извор креће према посматрачу, а средина мирује, посматрач чује већу висину тона од оне коју даје извор. У супротном случају, кад се извор удаљује, посматрач чује мању висину тона. За звук су карактеристичне појаве : преламања, слагања звучног таласа и дифракција звучног таласа. Оне се јављају и код остале врсте таласа.



Слика 28. Ехо-одјек. Одбијање таласа од препреке.

4. ОБРАДА НАСТАВНЕ ЈЕДИНИЦЕ“ЗВУК“

4.1. МЕТОДЕ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Настава је један сложен и дуготрајан процес. Кад је реч о физици, она садржи три основна елемента теоријско предавање, експериментални рад и задатке. У циљу успешног извођења наставе физике поступа се на одређен начин који је испробан и научно проверен. То су наставне методе, које представљају научно проверен и утврђен начин на који наставник поступа кад руководи радом ученика, као и начин на који ученици под руководством наставника учествују у наставном процесу.

У настави физике користе се оне методе које доприносе логичком мишљењу и стицањем функционалних знања ученика. Наставник има широке могућности у избору облика и метода рада приликом обраде конкретног наставног градива.

Постоји различита класификација метода. У настави физике може се користити следећа класификација :

- ❖ Вербално-текстуални метода
- ❖ Демонстрациона-илустрациона метода
- ❖ Лабораторијско-експериментална метода.

Наставник, правилним избором метода рада, које су најчешће комбиноване остварује наставу физике. Од тога које је методе користи зависи и квалитет наставе.

4.2. ТОК ЧАСА

Час је основни облик рада. Класификација часова може бити изведена према разним основама : садржајима, методама, циљевима и др. Према садржајима, наставни часови могу бити : часови излагања новог градива, часови демонстрационих огледа, лабораторијских вежби, часови предвиђени за понављање и утврђивање градива, проверавање знања и оцењивања ученика, часови посвећени изради рачунских задатака, припрема за разна такмичења и полагања пријемних испит, часови посвећени животу и раду познатих физичара, као и занимљивостима из физике, систематизација и уопштавање.

Структура часа. Она зависи и од услова рада (наставници који држе комбинован час), имају одређен степен слободе. Час се састоји из три дела : уводни део, средњи део и завршни део. Увидни део часа траје 5-10 минута, кад наставник проварава домаће

задатке ученицима, води дискусију са ученицима, постављајући питања и тражи одговоре да би се могао надовезати на ново градиво.

Средњи део часа је посвећен интерпретацији нове наставне јединице. Овај део часа траје од 15-20 минута. Остало време часа је завршно.

У завршном делу, синтетизује се узложено градиво и проверава колико су га ученици разумели. Оставља се времена да ученици постављају питања, ради потпунијег схатања теме. Остатак времена може да се искористи за пропитивање ученика. На самом крају задаје се домаћи задатак, како би се повезало усвојено градиво са новим. То траје до 10 минута. Да би наставнику час успео, мора бити разумљив, уверљив и очигледан.

4.2.1. ПРВИ ЧАС (ОБРАДА ЗВУКА)

У уводном делу часа наставник, прегледа домаћи задатак ученицима. Два рачунска задатка, брзине простирања талас и периода осциловања клатна. У дискусији са ученицима сазнаје њихова решења па на табли прикаже тачно. Затим, ученицима поставља питања у вези пређеног градива које је неопхаоно, да би прешли на ново градиво. То су питања везана за : периодично кретање, осцилаторе и врсте, величине осцилаторног кретања, механичку резонанцију, талас, врсте таласа и брзину таласа.

Средњи део часа, наставник користи, да обради наставну јединицу „Звук“. Даје дефиницију звука. Изводи оглед са звучном виљушком, ксилофоном, тиме представља звучне изворе. Демонстрира оглед са гуменим цревом, којим доказује трансферзални талас у чврстим телима. Даје особине звука 3.3.6. и врсте звука 3.3.7., звучна резонанција 3.3.4. и јачину звука 3.3.3., које су обрађене у теоријском делу овога рада. Док изводи демонстрационе огледе, наставник смишљено поставља ученицима питања, која наводе на разнишљање : Зашто настаје звук ? Како настаје Звук ? Ученици осећају и виде да звучна виљушка трепери. То треперење преноси се на молекуле ваздуха, долази до нашег уха (3.3.5. одељак објашњава) и ми чујемо звучни талас, кратко звук.

Наставник на табли записује нове појмове, обрасце и слике огледа. Ученици треба да пишу у своје свеске, све што је записано на табли, које ће им служити као подсетник, шта се радило на часу. Кад уче, могу да користе свеске, али уџбеник је примаран.

У завршном делу часа, треба поновити изложено градиво. Задаје се домаћи, да ученици одговоре на питања из уџбеника, после теме звук.

4.2.2. ДРУГИ ЧАС (ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ВЕЖБА-ЗВУК)

Експерименталне вежбе из физике изводе се у кабинету, самосталним радом ученика, по упутствима, уз стални надзор наставника. Приликом његовог извођења, ученик мора да уложи напор : да савлада технику рада. Експериментом проверава и продубљује своја знања, развија смисао за колективни рад, развија интересовање за истраживање, одговорност, прецизност и др. особине.

Лабораторијске вежбе могу се изводити на разне начине : фронтално (kad сви ученици изводе исти експеримент), групни рад (kad свака група има своје задужење и сви њени чланови учествују у свим фазама рада) и тандем (kad све групе раде различите огледе).

Час :

Пре почетка вежби, наставник ресореди столове у учионици (по два), за шест група. На сваки сто стави лист, са упутством за извођење огледа и нумерише редним бројем.

Кад ученици уђу у кабинет, приступа се :

- формирању група
- обнављању градива(потребно предзнање)
- извођење огледа и разговору о изведеним огледима
- изношење резултата и закључака
- дефинисање закона.

Корак 1

Ученици се деле на групе, тако што извлаче листић на којима су бројеви од 1 до 6. Они који су извукли исти број, чине једну групу. Седају за сто на којем се налази лист истог броја, на којем је назив огледа и упутство за његово извођење.

Корак 2 - Обнављање градива (потребно предзнање)

Појам, периодичног и осцилаторног кретања.

Величине осцилаторног кретања.

Појам и врсте таласа.

Брзина, фреквенција и амплитуда таласа.

Механичка и звучна резонанција.

Особине звука.

Врсте звука.

Звучни извори.

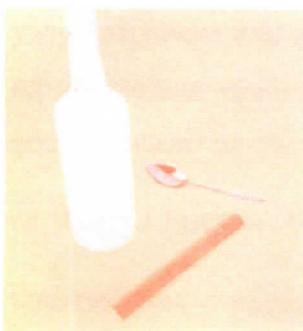
Корак 3 Извођење огледа

4.2.2.1. ДУВАЈ И ЛУПАЈ У БОЦУ !

Помоћу овог огледа можемо добити звук. Експериментом можемо показати да сопствена фреквенција стуба ваздуха или воде, зависи од висине ваздуха, односно воде у боци делом напуњене водом. Такође се добијају осцилације молекула ваздуха и воде у боци. Настају сопствене осцилације, сопствена фреквенција и стојећи талас.

Потребан материјал

- кашика или дрвена варјача за лупање, стаклена боца, вода



Слика 29. Прибор

Извођење огледа

Напуни се стаклена флаша водом до 2/3 њене висине. Ако са стране дуваш у отвор боце, настаје звук. Ако снажније дуваш у боцу, производиш звук веће висине. Уколико се више воде сипа у боцу, звук који настаје је нижи.



30. Звук настаје дувањем и лупањем у боцу са водом

Објашњење

Кад се дува у боцу са водом, стуб ваздуха који се налази изнад воде почиње да осцилује. Услед дувања, у ваздуху око усана стварају се вртлози, а последица је разлика у притисцима на крајевима ваздушног стуба. Део боце који није напуњен водом, представља резонатор у којем се образују стојећи таласи. Висина звука, односно фреквенција, зависи од дужине стуба ваздуха. Ако се дужина ваздушног стуба смањује, смањује се таласна дужина сопствених осцилација λ , а фреквенција $v = \frac{c}{\lambda}$, брзина звука у ваздуху је стална $c=const.$. Звук зато постаје виши. Ако се боца споља удари варјачом или кашиком, стакло са водом у боци почиње да осцилује, за разлику од претходног огледа. Сопствена фреквенција осциловања стуба воде зависи од масе воде, односно од висине воденог стуба. Са повећањем висине воденог стуба, повећава се таласна дужина сопствених осцилација λ . Како је $v = \frac{c}{\lambda}$, а сматрајући брзину звука константном, $c=const.$, са повећањем λ , фреквенција се смањује. Звук постаје нижи – дубљи.

4.2.2.2. ТЕЛЕФОН НАПРАВЉЕН ОД ГУМЕНОГ ЦРЕВА

Овим огледом добијамо звучни талас у чврстим телима, трансверзални талас. Звук настаје осциловањем ваздуха, који се пренесе и на молекуле чврстог тела. Тако да се може чути говор једне особе, док друга слуша. Настаје и лонгитудинални талас.

Потребан материјал

- гумено црево дужине неколико метара , два левка, око 1cm



Слика 31. Прибор

Извођење огледа

На оба краја гуменог црева причврсти се по један левак. Један ученик нека тихо прича у један левак, а други нека левак стави на ухо. Глас ће се добро чути без обзира да ли је гумено црево затегнуто или не !

Ако се не жели директан контакт између оног ко говори и оног ко слуша, може се гумено црево провући испод врата у другу просторију и потом разговарати.



Слика 32. Разговор преко гуменог црева

Објашњење

Кад не постоји препрека ,звук се од извора простире равномерно у свим правцима. Према томе, површина таласног фронта расте са квадратом растојања од извора. Интензитет звука брзо опада са растојањем од извора звука и веома брзо постаје толико слаб да га човеково ухо не може регистровати.

Ако се звук простире кроз гумено црево, таласни фронт звука је константне површине-површине круга чији пречник одговара пречнику гуменог црева. Због тога се разговор може чути и на већим растојањима.

Смањење интензитета звука настаје услед осциловања материјала гуменог црева. Поред тога смањење интензитета настаје и услед трења ваздуха о зидове цеви, које производи лонгитудиналне осцилације, тако да је правац осциловања звучних таласа паралелан са цревом. Ако се прича директно у левак, звук се већим делом простире кроз ваздух. Због тога највеће слабљење интензитета, настаје изван гуменог црева.

На овај начин лекар чује шум срца и плућа помоћу стетоскопа. На мембрани слушалице стетскопа наилази звучни талас који настаје у телу човека. Поремећај притиска ваздуха, који настаје услед осциловања мемране, преноси се кроз гумено црево директно до уха.

4.2.2.3. ПЕВАЈУЋЕ ЧАШЕ

Експеримент обухвата осциловање тела - сопствене осцилације, резонанцију и статичко трење - клизања. Периодично смањивање статичког трења и трења клизања, доводи до осциловања чаше и образовања звука. помоћу две чаше и жица може се приказати резонанција.

Потребан материјал

· две исте, танке чаше као за коњак, жица



Слика 33. Прибор

Извођење огледа

Танку чашу напуни до половине водом. Прстом прелази по ивици чаше, благо је притискајући. Чућеш звук. Ако промениш количину воде, мења се и висина звука. Што је више воде у чаши, то је звук дубљи. Ако се чаша напуни до врха водом, и ако се онда пређе прстом по ивици чаше, на површини воде ће настати талас.

Постави другу чашу неколико центиметара од прве чаше, и сипај воду, тако да у обе чаше буде иста количина течности. Ако прстом прелазиш по ивици једне чаше, и друга ће дати звук исте висине. Чак и кад су чаше потпуно исте, најчешће је потребно подешавање нивоа воде у њима да би звуци били исте висине.

На једну од чаша стави танку жицу, а прстом прелази преко ивице друге чаше (види слику). Ова чаша ће произвести звук, а жица у другој чаши ће почети да осцилује и да се креће према ивици. Ако се у једну од чаша доспе вода, жица мирује.



Слика 34. Певајуће чаше

Објашњење

Ако се прстом, благо притискујући, прелази по ивици чаше, она почиње да осцилује. Осциловање настаје због периодичног смењивања статичког трења и трења клизања. Сила којом прст делује на ивицу чаше, може се разложити на две компоненте: компонента којој прст врши притисак на ивицу чаше, и компоненту под чијим се утицајем прст креће дуж ивице. Покретање прст је приближно равномерно.

Због притиска на ивицу чаше, кожа прста остаје на чаши. Услед равномерног померања дуж ивице, прст се деформише. Ако је компонента сile дуж ивице чаше већа од статичког трења које прст држи уз чашу, кожа прста ће се одвајати од чаше и прст ће се кретати напред. Деформација прста се брзо повлачи, па и сила којом прст притиска ивицу чаше брзо опада. Ако је компонента сile мања од сile статичког трења, кожа прста ће се опет „залепити“ уз ивицу чаше и поступак почиње испочетка.

Услед периодичне смене статичког трења и трења клизања, чаша осцилује. Из спектра фреквенција принудних осцилација, биће подржана само она која одговара сопственој фреквенцији чаше. Досипањем воде у чашу, мења се њена сопствена фреквенција. На тај начин се мења висина тона. Што је више воде у чаши, фреквенција којом чаша осцилује је нижа. Осциловање чаше се преноси на ваздух и може се чути као звук. Осциловање чаше се види и по таласима који настају на површини воде ако је чаша напуњена до врха.

У случају две чаше, звучни таласи који настају услед осциловања једне чаше, преносе се ваздухом на другу. Пошто су обе чаше подешене на исту висину звука, фреквенција којом је чаша са жицом подстакнута на осциловање, једнака је њеној сопственој фреквенцији. На тај начин настаје резонанција, и чаша преко које се прелази, почиње да осцилује, што се види по осциловању жице. Ако се досипањем воде промени сопствена фреквенција чаше, нема резонанције, и жица остаје у стању мirovovanja.

4.2.2.4. МУЗИКАЛНА СВЕЋА !

Овим огледом доказујемо звук, звучни талас и притисак звука. Због промена притиска ваздуха, које настаје услед ширења звучних таласа, пламен ће се распламсати.

Потребан материјал

- папирна цев(дужине 30cm,пречник 5cm)
- пергамент папир или балон
- свећа
- папир
- звучник или радио
- штипаљке,



Слика 35. Прибор

Извођење огледа

Од парчета папира исечи круг радијуса 7 см. Од овог круга исечи једну четвртину, чији полупречници чине угао од 90° . Преостале три четвртине уви тако да направиш кутију. Купу залепи за папирну цев, а на њеном врху направи рупу пречника 2mm. Супротну страну папирне цеви затвори пергамент папиром или делом балона.

Постави цев испред запаљене свеће и куцкај прстом по пергамент папиру. Пламен свеће ће треперети. Ако папирну цев ставиш испред звучника радија или касетофона, свећа ће „играти“ у такту музике.

Због промене притиска ваздуха, која настаје услед ширења звучних таласа, пламен свеће се распламсава.



Слика 36. Музикална свећа

Објашњење

Простирући се кроз ваздух, звук изазива осциловање честица ваздуха у правцу свог простирања, односно образује се лонгитудинални талас. Звучни талас изазива наизменично сабирање и разређивање ваздуха, при чему се притисак ваздуха на местима компресије повећава, а на местима разређених ваздушних слојева смањује у односу на атмосферски притисак. Ако се извор звука постави испред дела папирне цеви на којој је пергамент папир, промене притиска се преко њега преносе на ваздух у цеви. При повишеном притиску, део ваздуха излази из цеви и кроз отвор купе усмерава се ка свећи, која се услед тога распламсава. На местима разређених ваздушних слојева, притисак је мањи у односу на атмосферски. Због тога део околног ваздуха улази кроз отвор у цев, око свеће се јавља „мањак“ ваздуха те се она скоро гаси!

Зато свећа „игра“ у такту музике.

4.2.2.5. НАПРАВИ СВОЈ КЛИК-КЛАК

Клик-Клак, представља физичко клатно две куглице које осцилују на еластичној опрузи, које стално мења фреквенцију осциловања.

Потребан материјал

- две једнаке челичне куглице ($d=1-2\text{cm}$), са каракама
- опруга средње јачине
- конац
- лепљива трака



Слика 37. Прибор

Извођење огледа

На две челичне кугле причврстити конац дужине 5cm, тако што ћеш га провући кроз карике на куглама, или залепити траком. Кугле окачити на опругу (види слику).

Држи опругу руком за горњи крај. Усмери обе кугле у супротним правцима, и потом пусти. Куглице осцилују као двоструко клатно у супротним фазама. Ако при томе опруга мирује, звук кугли „клак“, чује се у константним временским интервалима.

Узми опругу за горњи део и периодично је померај лагано горе - доле (слично као код јо-јо играчке). Звук се неће чути у једнаким временским интервалима. Ако се двоструко клатно са опругом помера на доле, временски интервали постају дужи, а ако се помера горе временски интервали су краћи. Ова промена се може јасно уочити.

Осцилације опруге утичу на осцилације кугли. Металне кугле при судару губе мехничку енергију, тако да двоструко клатно неће дugo осцилувати. Може се десити да се осцилације опруге пренесу на двоструко клатно и да оно осцилује знатно дуже него кад опруга мирује.



Слика 38. Клик-Клак

Објашњење

Време између два „клак“ звука зависи од фреквенције којом кугле осцилују :

$$v(a) = 2\pi \sqrt{\frac{a}{l}}, \text{ где је } a = g + a'$$

(v - фреквенција математичког клатна, l -дужина конца, а a -убрзање, g - гравитационо убрзање, a' - убрзање које добија осциловањем опруге). Када клатно осцилује на опрузи, сила која делује на клатно мења се периодично, у зависности од осциловања опруге. Такође се периодично мења убрзање, a , као и фреквенција клатна v . Двоструко клатно у слободном паду не осцилује ($a=0$).

4.2.2.6. МАГНЕТИ КОЈИ ЗВЕЦКАЈУ

Звук се може добити и огледом са два дугуљаста магнета. Имамо истовремено дешавање више физичких појава : хитац у вис, гравитација, слободно падање, магнетну интеракцију два магнетна тела и звучну појаву.

Потребни материјал

- два дугуљаста магнета (могу се наћи у кесици чипса)
- сто
- бели папир



Слика 39. Прибор

Извођење огледа

У сваку руку узми по један дугуљasti магнет. Саопшти им нека почетну брзину и избаци у вис, тако да буду на висини око 60 см. После једне секунде кретања, на некој висини, магнети ће се привући, јаком магнетном силом и чуће се леп звук, који се појачава. На магнете делује истовремено гравитациони сила и они почињу да се крећу вертикално наниже-слободно падају ка Земљи. Звук се више не чује. Магнете треба ухватити, да не би пали на Земљу, јер при паду могу да се размагнетишу.



Слика 40. Магнети који звецкају

Објашњење

Магнети при додиру почињу да осцилују, трепере њихиви молекули све јаче и јаче и фреквенција осциловања је већа, тако да се чује јачи тон. Који се као лонгитудинални талас преноси кроз ваздух и долази у ухо и ствара се осећај звука. Звук кратко траје, јер магнети почињу слободно да падају, дловањем гравитационе сile. У слободном паду магнети не осцилују ($a = 0$), а појава звука је престала.

Изношење резултата и закључака

Извођењем експеримената, час, лабораторијских вежби се завршава, тако што свака од шест група износи своја запажања и закључке, које су брижљиво сакупљали током рад и записивали у своје лабораторијске свеске.

Наставник води дијалог са ученицима и долази до јединствених закључака, који потврђују теорију, која је објашњена у предњем делу овога рада (о звучној појави, звуку).

5. ЗАКЉУЧАК

Акустика је наука која потиче из античког доба. Њен развој је био тесно повезан са уметношћу све до средњег века, а каснији развој био је условљен настankом музичких инструмената.

У основној школи акустика се проучава у области „Осцилаторно и таласно кретање“, са бројем часова (4+3+1), где је четири часа предвиђено за обраду новог градива, три часа за утврђивање и проверавање градива и један час лабораторијских вежби. У оквиру тога броја часова обухваћене су наставне јединице: осцилаторно кретање (2+1), таласно кретање (1+1) и звук, јачина звука и звучна резонанција (1+1).

У овом раду приказана је, поред историјског дела, елементи теорије осцилаторног и таласног кретања и акустике.

У оквиру обраде наставне јединице “Звук“ приказани су једноставни експерименти, који омогућују да се на лак и приемчив начин уведу основни појмови о звуку на нивоу основне школе (звучни извор, јачина, брзина, висина звука, ...)

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Властимир М. Вучић, Драгиша М. Ивановић : **Физика I,**
Научна књига - Београд 1975.
2. Гојко Л. Димић, Драгомир М. Радивојевић : **Физика За
Други Разред Гимназије Природно-Математичког
Смера,** Забод за уџбенике и наставна средства-Београд 1972.
3. Душанка Ж.. Обадовић, Милица Павков-Хрвојевић,
Мјаја Стојановић : **Једноставни Огледи у Физици 7.разред
основне школе,** Завод за уџбенике-Београд 2007.
4. Дипломски рад, Звездан Гагић : **Обрада наставне теме“Звук“
за средње школе,** Нови Сад 2008.
5. <http://www.planeta.org.rs/> /Магазин за науку , истраживања и открића:
ИСТОРИЈА ЗВУКА Музика из етра.
6. Душанка Ж.. . Обадовић : **ЈЕДНОСТАВНИ ЕКСПЕРИМЕНТИ-
ЛИНКОВИ,** Нови Сад 2008.
7. Гојко Димић, Душан Илић, Јездимир Томић : **Физика за 7.**
разред основне школе, Завод за уџбенике и наставна средства-
Београд 1970.
8. Милан Распоповић, Дарко Капор : **Физика приручник за наставнике за 6.**
основне школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 2005.

7. КРАТКА БИОГРАФИЈА



Зовем се Славица Мунцић, девојачко Петровић, рођена 16.10.1954. у Доњем Товарнику општина Пећинци, Срем.

Средњу школу завршила сам у Новом Саду, а Вишу Педагошку школу у Београду група физика-хемија. Радим у основној школи „Доситеј Обрадовић“ у Иригу.

Као наставник физике радим двадесет година.

Имам троје одрасле деце, ћерку и два сина.

Природно-Математички факултет сам уписала 2006. као ванредни студент, одсек за физику, смер професор физике у Новом Саду.

**8. УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА**

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

Монографска документација

ТД

Тип записа:

Текстуални штампани материјал

ТЗ

Врста рада:

Дипломски рад

ВР

Аутор:

Славица Мунцић

АУ

Ментор:

Др. Душанка Обадовић, ред. Проф.

МН

Наслов рада:

Обрада наставне теме «Звук» за основне школе

НР

Језик публикације:

српски (Ћирилица)

ЈП

Језик извода:

српски/енглески

ЈИ

Земља публиковања:

Србија

ЗП

Уже географско подручје:

Војводина

УГП

Година:

2009.

ГО

Издавач:

Ауторски репринт

ИЗ

Место и адреса:

Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 4, Нови Сад

МА

Физички опис рада:

8/55/1/0/40

ФО

Научна област:

Физика

НО

Научна дисциплина:

Акустика, демонстрациони експерименти у настави

НД

Предметна одредница/ кључне речи:

Осцилаторно кретање, таласно кретање, појам звука, особине звука

ПО

УДК

Чува се:

Библиотека департмана за физику, ПМФ-а у Новом Саду

ЧУ

Важна напомена:

Нема

ВН

Извод:

Обрађена је тема «Звук» у настави основне школе. Поред теоријског објашњења звука, његових особина, приказани су једноставни експерименти ради бољег схваташа појаве звука.

Датум прихватања теме од НН

већа:

25.05.2009.

ДП

Датум одбране:

26. 06.2009.

ДО

Чланови комисије:

Др Маја Стојановић - Гарић, доцент

КО

Председник:

Др Милица Павков- Хрвојевић, доцент

члан:

Др Душанка Обадовић, ред. проф.

члан:

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

TR

Textual printed material

TR

Final paper

CC

Slavica Mundžić

Author:

AU

Dr. Dušanka Obadović, red. Prof.

MN

Title:

TI

Treatment Theme: "Sound" in Elementary Schools

LT

Language of text:

LA

Serbian (cyrillic)

CP

Country of publication:

Serbia

LP

Locality of publication:

Vojvodina

PY

Publication year:

2009

PU

Publisher:

Author's reprint

PP

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PD

Physical description:

8/55/1/0/40

SF

Scientific field:

Physics

SF

Scientific discipline:

Acoustics, demonstrative experiments in teaching

SD

Subject/ Key words:

Oscillating movement, wave movement, definition of sound, properties of sound

SKW

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

None

N

Abstract:

Theme „Sound“ was treated theoretically with explanation of sound, and its properties. “Hands on“ experiments have been shown so that the comprehension of phenomena related to sound would be complete.

Accepted by the Scientific Board:

25.05.2009.

ASB

Defended on:

26.06.2009.

DE

Thesis defend board:

DB

Dr Maja Stojanović - Garić, docent

President:

Dr Milica Pavkov- Hrvojević, docent

Member:

Dr Dušanka Obadović, red. prof.

Member:

