



Универзитет у Новом Саду
Природно–математички факултет
Департман за физику



„Механички таласи и звук у настави физике“

дипломски рад

Студент: Емилија Јоцић
271/12

Ментор: др Соња Скубан

Јул, 2016.

Садржај

1. Увод	1
1.1. Физика као наставни предмет	2
1.2. Основни дидактички принципи на којима се заснива настава физике	3
2. Таласно кретање	5
2.1. Простирање таласа у некој средини	7
2.2. Математичка интерпретација таласног кретања	9
2.3. Интерференција таласа	10
2.4. Стојећи таласи	11
3. Звук као врста таласног кретања	13
3.1. Звучни извори	14
3.1.1. Затегнута жица као извор звука	14
3.1.2. Учвршћени штап као извор звука	15
3.1.3. Затворене и отворене цеви као извор звука	16
3.2. Карактеристике звучних таласа	17
3.3. Интерференција звука	19
3.4. Резонанција код звука. Резонатори.	20
3.5. Интензитет звука	22
3.6. Ухо и чуло слуха	24
3.7. Архитектонска акустика	27
3.8. Подела музичких инструмената	28
3.9. Како животиње чују	31
4. Експерименти из области звучних таласа	33
4.1. Одређивање брзине звука у ваздуху помоћу резонанције ваздушног стуба.....	33
4.2. Одређивање фреквенције звучне виљушке помоћу штимера.....	34
4.3. Промена гласа услед конзумирања хелијума	34
5. Закључак	36
6. Литература	37
7. Биографија	38

1. Увод

Физика представља једну од основних природних наука и као таква има важну улогу у образовању сваког појединца. Иако су темељи саме науке сачињени од природних појава и закона, повезаних математичким релацијама, понекад се ова наука чини веома тешком и немогућом за савладати ученицима нижих, а и виших разреда. У циљу бољег савладавања градива, као и бољег разумевања истог развила се дисциплина методике наставе уско усмерена баш на проучавање наставе физике.

Занимање наставника представља једно од веома комплексних занимања. Најважнији циљ наставе физике јесте да ученици упознају природне законе и да разумеју физичке појаве које се свакодневно дешавају у свету око нас. Физика као наставни предмет омогућава наставнику да како у нижим разредима, тако и у вишим теоријско градиво допуни лабораторијским вежбама, једноставним експериментима као и разним компјутерским снимцима и симулацијама. На тај начин ученици могу боље да савладају предвиђено градиво. Такође, они сами могу да дођу до неких закључака и тако се боље упознају са физичким законима.

Ученицима је потребно приближити за њих често апстрактне и незанимљиве појмове о којима уче и указати на њихову повезаност и примену у свакодневном животу. Треба им омогућити да кроз индивидуални рад, размишљање и логичко закључивање лакше савладају обимно и захтевно градиво.

За ученике није битно да памте мноштво чињеница, већ да на одређеним садржајима развија креативно мишљење и стиче самосталност у закључивању, да се навикне властитим размишљањем нешто сазнати и научити. Извођење експеримената пружа широку могућност да се код ученика развија управо та способност. Демонстрациони експерименти, лабораторијске вежбе и разне компјутерске анимације и симулације „освежвају“ наставни процес и олакшавају ученицама да схвате сложене проблеме и обезбеђују трајније усвајање знања. Мења се негативан однос ученика према физици када схвате да она није само учење теорије и решавање задатака.

Мотивисање ученика је један од најважнијих задатака наставника. Мотивисани ученици су активни, концентрисани и успех је загарантован на обострано задовољство. Мотивисати их значи објаснити им зашто баш то уче, зашто им је то потребно и они ће са већим задовољством учити оно што им је занимљиво и применљиво.

Учење интересантних ствари је лакше, а деци је свакако једна од таквих ствари која их занима и музика. Зато смо покушали у овом дипломском раду да повежемо ове две дисциплине, да објаснимо шта је то механички талас, како настаје звук, како ми чујемо, како је то у животињском свету, на ком принципу раде музички инструменти. У рад смо укључили и пар занимљивих огледа везаних за ту тему.

1.1. Физика као наставни предмет

Место физике у образовно-васпитном систему одређује се положајем и улогом физике у систему наука, њеним научним нивоом, везом са другим наукама нарочито природним као што су математика и хемија и на крају њеним доприносом у развијању научне свести самих ученика. Садржај наставе физике временом се мењао како се и сама наука временом развијала и унапређивала. Кључну улогу у развијању физике као наставног предмета имали су и методика и дидактика у циљу усавршавања наставних метода и техника.

На самом почетку развитка наставе физике већински су се изучавала и описивала својства супстанције и најприступачније природне појаве (механичка кретања, топлотне, акустичне, светлосне и друге појаве). Тада су у настави физике преовлађивали емпиријски и примењени садржаји чија се интерпретација углавном сводила на фрагментно описивање и квалитативно тумачење. Бурне промене у самој науци довеле су до потребе за много комплекснијим математичким апаратом. Све шире коришћење математичког апарата довело је до убрзаног развоја не само физике као науке него и до подизања квалитета њене наставе.

Циљеви образовања утичу на структуру и концепцију наставе физике, на однос њених структурних елемената, на ниво њихове интерпретације и самим тим на стил мишљења који се формира код ученика у процесу изучавања физике.

Постоје три начина структурирања наставе физике :

- *радијално-линеарни*: поглавља, теме и питања из програма наставе физике изучавају се само једанпут у току школовања;
- *концентрични*: иста поглавља изучавају се два до три пута (први концентрични курс физике чине елементарна знања из скоро свих грана физике које се уче на нивоу основне школе, док други концентрични курс чине иста елементарна знања, али на вишем интелектуалном нивоу – ниво средње школе);
- *степенаст*: комбинују се на одређени начин први и други концепт.

Ниво наставе физике зависи од степена образовно-васпитног система у којем се изводи, од профила средње школе и врсте факултета, од значаја изабраног наставног садржаја како у науци, тако и у практичној делатности и на крају чини основу за даље школовање или укључивање у професионални рад.

1.2. Основни дидактички принципи на којима се заснива настава физике

Задаци и циљеви наставе физике, чији број није мали, су у суштини тешки и одговорни. Да би се могли са успехом реализовати, потребно је да настава физике буде добро организована, савремена и на довољно високом нивоу прилагођеним узрасту ученика. То се може постићи, ако у планирању часа и рада у самом предмету се буду поштовани основни дидактички принципи, које је дидактика поставила, а који истовремено на специфичан начин произилазе из саме физике као науке.

Дидактички принципи представљају опште ставове који су произашли из праксе и служе пракси, а изражавају компоненте наставе као планираног и организованог образовно-васпитног процеса. Конкретно у наставној делатности дидактички принципи представљају опште методичке ставове и начела, разрађена и потврђена на основу практичних резултата образовно-васпитног процеса. Они указују на то како да рад наставника буде рационалан и ефикасан, како да се обезбеде најбоља решења образовних и васпитних задатака. Дидактички принципи детерминишу ток предавања и учења у складу са циљевима и законитостима наставног процеса.

Они обухватају обраду и тумачење наставног садржаја, рад наставника, организоване облике образовно-васпитног рада, рад ученика, њихово усвајање знања, контролу, проверавање и оцењивање квалитета знања. У дидактичким принципима синтетизују се предавање и учење као и развој личности ученика. Они проистичу из законитости процеса наставе као уопштени одрази и изрази школске праксе, формулисани на релативно високом нивоу генерализације.

Важно је напоменути да познавање и уважавање дидактичких принципа не искључује стваралачки рад како наставника тако и ученика. Настава представља један веома буран процес тако да је немогуће очекивати од дидактичких принципа да дају одговоре на све ситуације и појединачне случајеве. На крају, дидактичка правила служе као основа за објашњење принципа и њихове примене у конкретним случајевима. Дидактички принципи у општој форми исказују суштински односе, везе међу компонентама наставе између којих остаје довољно простора за испољавањем способности и самопотврђивања наставника и ученика.

Адекватна примена дидактичких принципа подразумева стручно-научну оспособљеност наставника, његов креативно-стваралачки рад, као и друге способности и квалитете који се испољавају и потврђују у разним конкретним ситуацијама и условима у којима се одвија наставни процес.

Дидактички принципи се не могу посматрати и примењивати изоловано, већ у одређеној међусобној повезаности и систему. Они су међусобно повезани и условљени. Наставник треба да зна како и када да примени сваки од принципа у одређеним условима, у зависности од узраста ученика, карактера наставног садржаја, постављених општих наставних задатака и циљева.

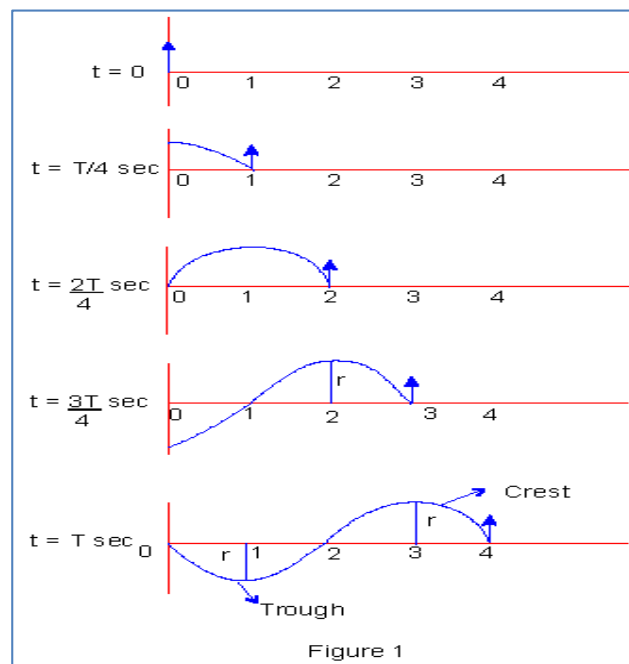
У настави физике посебан значај имају следећи дидактички принципи :

- *принцип научности и систематичности*
- *принцип очигледности*
- *принцип повезаности теорије и праксе, експеримента*
- *принцип свесне активности*
- *принцип трајности усвојеног знања*
- *принцип индивидуализације наставног рада*
- *принцип примерености наставе*
- *принцип хуманизма*
- *принцип идејне усмерености*
- *принцип антиципације*
- *принцип интегралности*

2. Таласно кретање

Са таласним кретањем се први пут сусрећемо оног тренутка када као деца бацимо каменчић на површину воде или док прескачемо вијачу у школском дворишту. Примећујемо таласе на води, звук представља врсту таласа, постоје и радиоталаси, док светлост има и своју таласну природу. То су све врсте таласног кретања које поседују своје заједничке карактеристике.

Таласно кретање представља врсту сложеног кретања. Механички талас се јавља у еластичној средини када се у њој изврши неки померај, односно еластична деформација која изазива осциловање неког дела еластичне средине. У еластичној средини постоје везе међу честицама, услед чега се померај преноси сукцесивно на остале честице. Померај се не преноси тренутно, већ неком коначном брзином која зависи од еластичних својстава средине. Таласни извор представља извор настајања таласа. Он врши осциловање, те се деформација преноси периодично у околну средину. Брзина простирања таласа зависи од физичких својстава средине кроз коју се тај талас простира. Ипак, треба разликовати брзину простирања таласа и брзину неког тела. При простирању таласа, честице остају на својим местима, а преноси се само фаза осцилације.



Слика бр. 1. Настајање таласа.

Са слике можемо да видимо како се деформација помера од честице до честице, при чему оне почињу да осцилују. По завршетку одређеног интервала времена, осциловање се периодично понавља. Интервал времена после кога се осциловање периодично понавља назива се период таласног кретања.

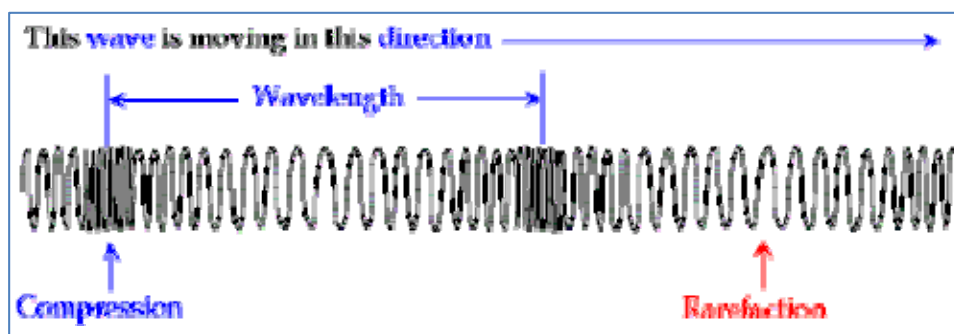
Посматрали смо простирање таласа дуж једног правца. Овакав облик таласног кретања представља *линијски талас*. Такође, таласи се могу ширити и по некој површини, на пример површини воде. Овакав облик таласног кретања представља *површински талас*. У општем случају, талас се у некој средини шири у свим правцима. Под претпоставком да је средина хомогена и да је брзина таласа у свим правцима подједнака, талас ће се ширити по концентричним сферама, као што се шири звучни талас у хомогеној еластичној средини. Овакав облик таласног кретања представља *сферни талас*.

2.1. Простирање таласа у некој средини

Посматрамо средину коју сачињавају молекули. У почетном тренутку се све честице налазе у мировању. Затим једну честицу принудно натерамо на осциловање. Тада и суседене честице почињу да осцилују на исти начин чиме се ово осциловање преноси на нове честице. Облик кретања који се успоставља у посматраној средини назива се *таласно кретање*. Деформација честице се може изазвати у правцу простирања помераја и она се онда назива *лонгитудинална деформација*. Ако се деформација честице изазове у правцу нормалном на правац простирања помераја, тада се она назива *трансверзална деформација*. Како постоје две врсте деформација, тако можемо да претпоставимо да постоје и две врсте таласа. Разликујемо *лонгитудиналне* и *трансверзалне таласе*.

Лонгитудинални таласи

Ако је деформација лонгитудинална, онда ће се образовати лонгитудинални талас. У овом случају честице преко којих прелази талас врше осцилације у правцу простирања таласа. Можемо посматрати простирање таквог таласа у некој спиралној опрузи.



Слика бр. 2. Простирање лонгитудиналног синусног таласа.

Дуж осе опруге се деформација креће неком брзином, која зависи од особина средине и почетне брзине деформације. Опруга се наизменично сабија и шири, што се види и са слике. Јавља се лонгитудинални талас. *Таласна дужина* λ представља растојање између два узастопна места у којима је деформација опруге у истој фази. За време T док талас пређе једну таласну дужину, једна честица изврши једну пуну осцилацију и то време назива се *период таласа*. Брзина простирања таласа се онда може израчунати као однос таласне дужине таласа и његовог периода:

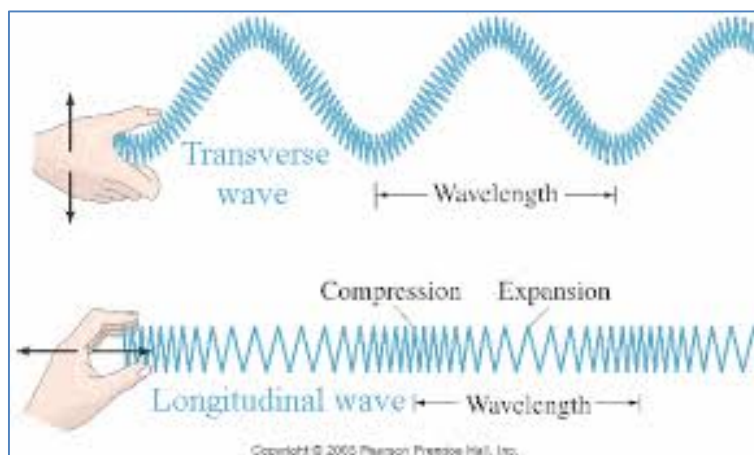
$$c = \frac{\lambda}{T}$$

Како се фреквенција осциловања може представити релацијом $\nu = 1/T$, за брзину таласа добијамо:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Трансверзални таласи

Ако је деформација трансверзална, онда ће се образовати трансверзални таласи. Као што је раније речено, деформација се преноси нормално на правац простирња таласа.



Слика бр. 3. Простирање трансверзалних и лонгитудиналних таласа.

Процес образовања трансверзалног талса можемо посматрати на низу честица које су међусобно повезане еластичним силама. Када једну честицу изведемо из равнотежног положаја у правцу нормалном на правац низа честица, јавља се еластична сила која тежи да и остале честице изведе из равнотежног положаја. Ако прва честица врши осцилаторно кретање, онда ће и остале честице вршити исто такво осцилаторно кретање само са временским закашњењем. Кашњење честице је наравно веће што је честица даља од извора. образује се трансверзални талас, који се креће неком брзином c . Честице врше трансверзално осциловање, али остају на месту, док се само фаза осцилација креће. Растојање између два дела таласа који осцилују у истој фази овде представља таласну дужину λ . Све релације које су споменуте код лонгитудиналних таласа, важе и за трансверзалне таласе.

2.2. Математичка интерпретација таласног кретања

Нека се у центру кружнице налази осцилатор који врши синусне осцилације и нека се око њега шире сферни таласи у хомогеној еластичној средини. Посматрамо најпре тачку која представља извор таласа. За осцилације извора таласа можемо писати да је:

$$\psi = \psi_0 \sin \omega t$$

У горњем изразу елонгација и амплитуда су представљене са ψ и ψ_0 , док величине ω и t означавају кружну фреквенцију и време. Из извора се осцилације сада шире у хомогеној средини образујући сферне таласе. Све тачке до којих стиже талас, почињу да осцилују са истом кружном фреквенцијом ω . Како смо раније рекли, због коначности брзине простирања таласа, оне честице које се налазе на већој удаљености од извора таласа касније бивају побуђене на осциловање. То кашњење представља време за које талас пређе растојање од извора до посматране тачке. Можемо посматрати тачку А која се налази на сфери радијуса r . Време кашњења тада можемо представити као количник радијуса сфере и брзине простирања таласа или $t = r/c$. Наша тачка А али и све остале тачке које се налазе на истој тој сфери радијуса r биће доведене у осциловање, али ће време у односу на време осциловање извора бити умањено за $t = r/c$. Можемо писати да је:

$$\psi = \psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{r}{c} \right)$$

Ова једначина ће важити за све тачке и за неки произвољни радијус r' . Оваквом једначином се може посматрати и цело подручје простирања таласа те она представља *једначину таласног кретања*.

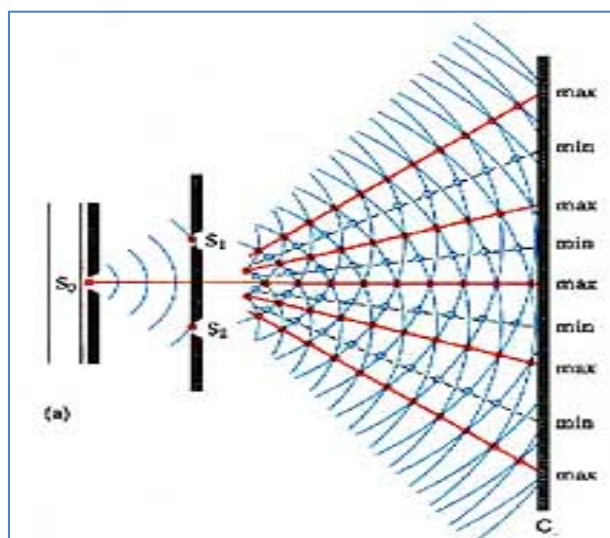
2.3. Интерференција таласа

Веома важну карактеристику таласног кретања представља интерференција таласа. У некој средини могу да постоје два или више таласних извора. Тада се из сваког извора у средину око истих шире таласи. У најопштијем случају ти таласи се простиру независно од присуства других таласа. У истој равни се онда може простирати више таласа од којих сваки следи законе простирања које би имао без присуства других таласа. Видимо да се овде ради о суперпозицији више таласа који се крећу независно. На крају закључујемо да ће честице средине вршити сложено осциловање које представља резултат свих осциловања у датој средини. У најједноставнијем случају, ако оба таласа имају исту фреквенцију и амплитуду резултујућа осцилација ће бити синусна, а њена амплитуда је дата изразом:

$$x = x_1 + x_2 = x_0 \sin \omega t + x_0 \sin(\omega t + \varphi) = 2x_0 \cos \frac{\varphi}{2} \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)$$

Ако узмемо два гранична случаја, онда се може рећи да се таласи могу међусобно поништавати и појачавати. Пошто амплитуде појединих таласа обично нису једнаке, видимо да ће према фазном углу таласи максимално слабити или бити максимално појачани. Ове појаве називају се интерференција таласа.

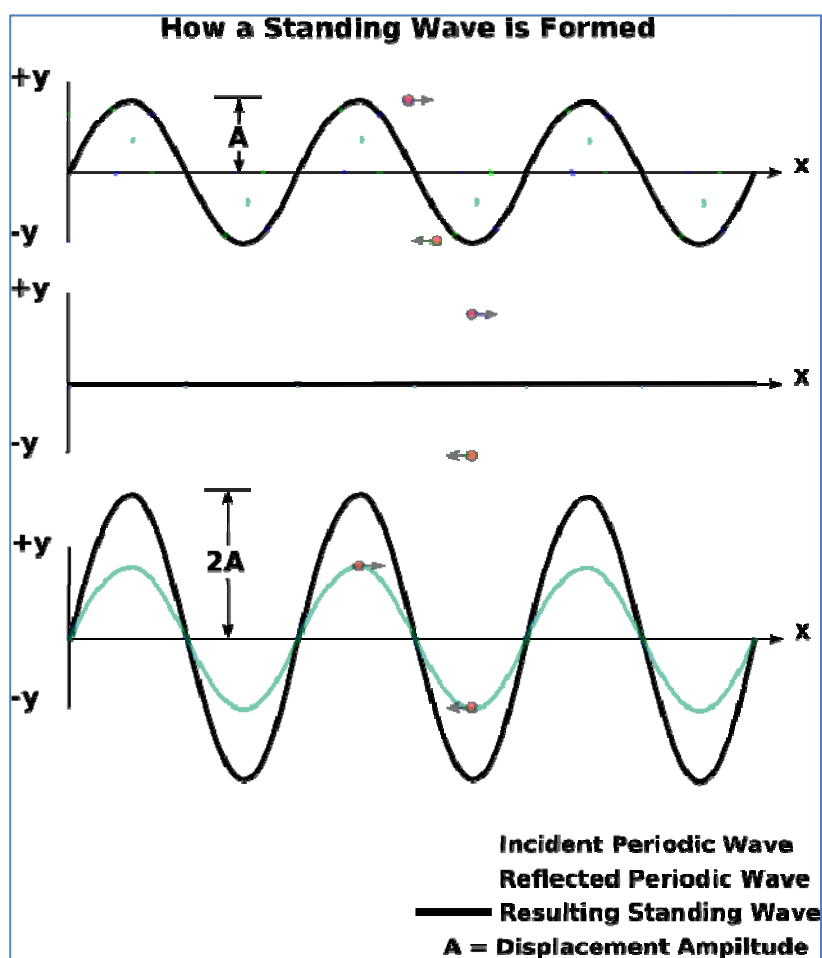
У пракси је често тешко постићи да осцилатори буду строго у фази. Како би добили случајеве што ближе идеалним, доводе се у интерференцију таласи који потичу од истог извора. Таласи који потичу од истог извора морају обавезно на извору да буду у фази. Такви таласи се називају кохерентни.



Слика бр. 4. Појава интерференције таласа.

2.4. Стојећи таласи

Специјалан случај интерференције се јавља онда када се два таласа исте таласне дужине и амплитуде крећу у истим правцима, а супротним смеровима. Такав случај настаје ако се један линијски талас одбија од неке препреке и после одбијања се враћа истим правцем као и долазећи талас. Ако занемаримо губитке енергије онда се долазећи и одбијени талас крећу један другом у сусрет, а при том имају исте таласне дужине, брзине и амплитуде.



Слика бр. 5. Стварање стојећег таласа.

Посматрамо два линијска таласа који се крећу дуж исте праве. Уочимо дуж правца простирања таласа на другом графику тачку $A1$. Види се да ће се у такој $A1$ наћи оба таласа у таквим фазама када су њихове елонгације једнаке а супротног смера. То значи да ће се у тачки $A1$ увек вршити поништавање таласа.

Узмимо сада неку другу тачку $B1$. У њој ће фазе таласа бити увек такве да су њихове елонгације једнаке и истог знака. Такве две елонгације увек ће се сабирати, што значи да ћемо у тим тачкама имати појачане осцилације честица. Можемо ићи даље дуж правца таласа, па ће се увек на растојањима од четвртине таласне дужине наћи

тачке сличне тачки A1, у којима ће се осцилације поништавати. Као резултат ове интерференције јавиће се стојећи таласи.

Тачке у којима се осцилације поништавају називају се *чворови* стојећег таласа. У тим тачкама честуце су у миру и не врше никакве осцилације. Тачке у којима честице осцилују максималном амплитудом зову се *трбуси* стојећег таласа.

Искористимо сада једначину трансверзалног таласа на жици који се простире дуж правца x -осе. Поставимо једначине за оба таласа тако да почетак осе x лежи у тачки у којој оба таласа имају исту фазу, а време нека се рачуна од момента када је фазни угао једнак нули. За талас који се креће у смеру x -осе:

$$x_1 = x_0 \sin \omega \left(t - \frac{y}{c} \right) = x_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right)$$

За талас који се креће у супротном смеру:

$$x_2 = x_0 \sin \omega \left(t + \frac{y}{c} \right) = x_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{y}{\lambda} \right)$$

Сабирањем ових једначина коначно добијамо:

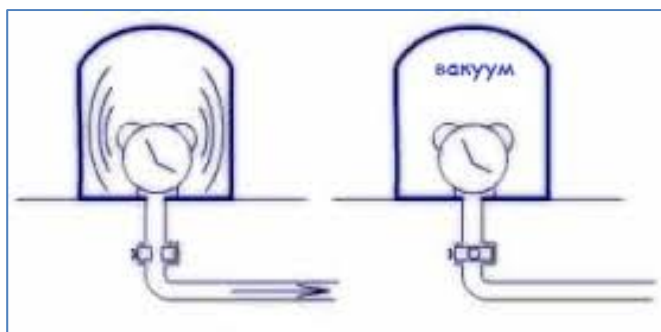
$$x = x_1 + x_2 = 2x_0 \cos \left(2\pi \frac{y}{\lambda} \right) \sin \omega t$$

Резултујућа осцилација у ма којој тачки стојећег таласа имаће исту фреквенцију. Вредност амплитуде ће се периодично мењати од 0 до $2x_0$. Ова функција још показује да се величина амплитуде понавља дуж x -осе за сваку половину таласне дужине. Случај да су амплитуде оба таласа једнаке, ретко се проналази у природи.

3. Звук као врста таласног кретања

Под појмом звука се подразумева појава коју можемо да осетимо захваљујући чулу слуха. Помоћу чула слуха не можемо да региструјемо све врсте таласног кретања, већ само оне чије се осцилације налазе у одређеном опсегу фреквенција. Опсег фреквенција у коме чуло слуха региструје звук креће се од 20 Hz до 20 000 Hz. Треба напоменути да ове границе представљају уопштене резултате, те да је свако чуло слуха индивидуална особина. Осетљивост уха је највећа у интервалу фреквенција од 2000–3000 Hz. При обичном говору фреквенција износи око 10 000 Hz, док се у музици срећемо са фреквенцијама од 100 па чак до 15 000 Hz. Осцилације чија се фреквенција налази испод 20 Hz представљају *инфразвук*, док се осцилације чија се фреквенција налази изнад 20 000 Hz називају *ултразвук*.

Звук се од извора простире механичким таласима у одређеном интервалу фреквенција. Треба напоменути да звук представља лонгитудинални талас кроз атмосферски ваздух. При нормалним јачинама звука, ови таласи имају малу амплитуду која износи око 10^{-9} cm, што је мање него што је пречник самог молекула ваздуха. Звучним таласима се кроз ваздух преноси врло мала снага. Снага која се емитује приликом говора је реда величине 10^{-5} W. Звук се може простирати само кроз еластичну средину. У безваздушном простору се звук не може простирати. За демонстрацију ове чињенице, може се извести експеримент са звонцетом смештеним под стаклено звоно. Помоћу пумпе може се извући ваздух испод стакленог звона, стварајући на тај начин вакуум. Примећујемо да звук звона полако слаби до тренутка када потпуно нестаје.



Слика бр. 6. Звук се не простире у вакууму.

Код звучних појава можемо разликовати *шум* и *тон*. Шум представља сложено осциловање различитих амплитуда и фреквенција. За разлику од шума, тон има одређену фреквенцију. Тонове се међусобно разликују по томе да ли се ради о основном тону или о неком од виших хармоника. Такође треба разликовати физичку јачину тона од физиолошке јачине тона која зависи од карактеристика чула слуха.

3.1. Звучни извори

Звучни извор може да представља свако тело које може да осцилује у опсегу фреквенција које одговарају звуку. Звучне изворе представљају затегнуте жице, штапови, ваздушни стубови и плоче. У основи сваког музичког инструмента лежи један од основних звучних извора.

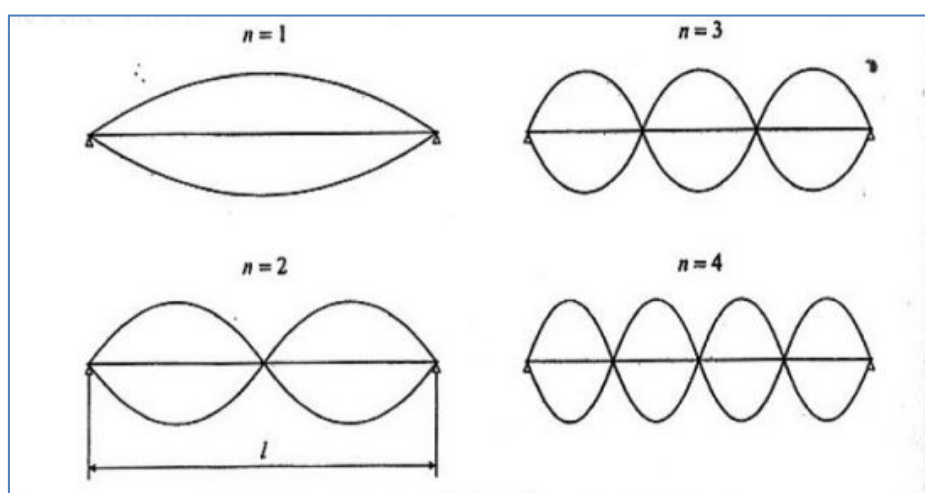
3.1.1. Затегнута жица као извор звука

Затегнута жица осцилује трансверзалним осцилацијама. Ако се на једном месту жице изазове трансверзална деформација, она ће се преносити дуж жице неком задатом брзином c . На учвршћеним крајевима жице талас ће се одбити и кретати у супротном смеру дуж жице. Талас који наилази и одбијени талас образоваће услед интерференције стојећи трансверзални талас. Стојећи талас ће имати највећи интензитет ако се талас после двоструког одбијања поклапа са примарним таласом који долази. Овај услов је испуњен ако дужина жице ℓ износи:

$$\frac{\lambda}{2}, \frac{2\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \dots$$

$$\ell = n \frac{\lambda}{2}$$

Величина λ представља таласну дужину трансверзалног таласа, док је n ма који цео број ($n = 1, 2, 3, \dots$). Основну фреквенцију даје жица за коју је $n = 1$.



Слика бр. 7. Осциловање затегнуте жице.

Брзина простирања трансверзалног таласа дуж жице дата је обрасцем:

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

F представља силу затезања жице, а μ је линеарна густина. Из израза који повезује дужину жице ℓ и таласну дужину таласа λ можемо да закључимо да је таласна дужина дата са:

$$\lambda = \frac{2\ell}{1}, \frac{2\ell}{2}, \frac{2\ell}{3}, \frac{2\ell}{4}, \dots$$

С обзиром на релацију $\lambda = cT = c/v$, где је T период, а v фреквенција осциловања стојећег таласа, фреквенција осциловања жице биће дата са:

$$v = \frac{c}{2\ell}, \frac{2c}{2\ell}, \frac{3c}{2\ell}, \frac{4c}{2\ell}, \dots$$

Коначно добијамо израз за фреквенцију жице:

$$v = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Када је $n = 1$, добијамо основну фреквенцију жице, односно добијамо основни тон. За вредности $n = 2, 3, \dots$, жица даје више хармонике основног тона.

3.1.2. Учвршћени штап као извор звука

Осцилације штапа могу бити трансверзалне и лонгитудиналне. Када је штап учвршћен на *једном* крају, стојећи трансверзални талас се тако образује да је однос дужине штапа ℓ и таласне дужине λ дат у општем случају са:

$$\lambda = \frac{4\ell}{2n+1}$$

У горњем изразу n представља ма који цео број, а израз $2n+1$ представља непаран број четвртина таласних дужина стојећег таласа на штапу.

Када је штап причвршћен у *двема* тачкама, тада се чворови таласа морају јавити баш у тим тачкама у којима је и штап причвршћен. За тај случај тада важи:

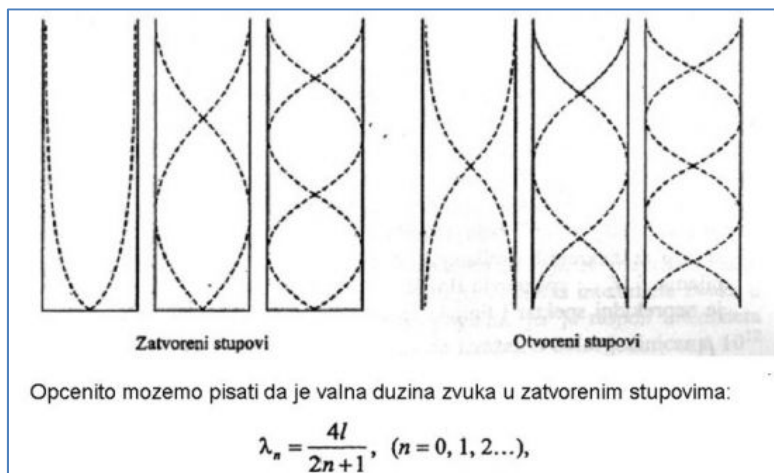
$$\lambda = \frac{2\ell}{n}$$

У горњем изразу n представља број чворова.

Како би се добио лонгитудинални стојећи талас штапа, потребно је извршити лонгитудиналну деформацију штапа. Ово се може постићи ако се штап таре кожом премазаном калафонијумом дуж његовог правца. Калафонијум представља смолу зимзеленог дрвећа која се производи на посебан начин. Такође, калафонијум се користи како би се повећало трење између жице и гудала код свих гудачких инструмената. Када се образује стојећи талас, честице осцилују у правцу штапа и то тако да ће честице на крајевима штапа највише осциловати, а у некој тачки где је штап фиксиран неће бити осцилација, односно ту ће бити чвор таласа. У овом случају важи релација као и код трансверзалних таласа када је штап учвршћен у две или више тачака.

3.1.3. Затворене и отворене цеви као извори звука

Затворене и отворене цеви као извори звука се разликују од штапа или жице по томе што се код њих ствара ваздушни стуб специфичан за ове изворе. У ваздушним стубовима се могу образовати само лонгитудинални стојећи таласи.



Слика бр. 8. Осциловање ваздушног стуба у цеви.

Цев може бити отворена на једном крају или на оба краја. Ако је отворена само на *једном* крају, онда ће се увек на затвореном крају цеви формирати чвор, док ће се на отвореном делу формирати трбух стојећег таласа. Ово можемо да поистоветимо са штапом који је прићвршћен на једном крају, те онда користимо релацију:

$$\lambda = \frac{4\ell}{2n+1}$$

Када је цев отворена на *оба* краја, у њима ће се образовати трбуси стојећег таласа. Овај случај можемо посматрати аналогно случају штапа са слободним крајевима. Тада је израз за таласну дужину:

$$\lambda = \frac{2\ell}{n}$$

3.2. Карактеристике звучних таласа

Звучни таласи представљају механичке таласе чији опсег фреквенција лежи у интервалу од 20 до 20 000 Hz. Када се простиру у атмосферском ваздуху веома су битни за живот човека. У ваздуху, као и у осталим флуидима, могу се образовати само лонгитудинални таласи. Обично говоримо о просторним таласима, који се у најједноставнијој форму могу посматрати као сферни лонгитудинални таласи. Ако посматрамо тачкасти или извор звука сферног облика, онда ће се од њега образовати сферни таласи, под условом да је ваздух хомоген. Ипак, у већини случајева извори звука нису тачкасти. Облик звучног извора утиче на облик образованог таласа. Познато је да непосредно уз сам извор таласа добијамо једну врсту таласног кретања, која пак на већим удаљеностима прелази у сферне таласе.

Интересује нас и шта се дешава са енергијом таласа који се простиру од звучног извора. Прогресивни звучни таласи преносе енергију од звучног извора кроз околну средину. Каже се да извор „зрачи“ звучну енергију у околину. Јасно је да долази до одређених губитака енергије који се морају имати у виду. Неки од њих су прелазак ове енергије у топлотну енергију. Енергија осциловања звучног извора ће се смањивати, осим ако му се не додаје додатна енергија која би надоместила губитке. У општем случају јавља се амортизовано осциловање.

У чврстим телима се могу образовати и лонгитудинални и трансверзални звучни таласи, али ипак лонгитудинални имају значајнију улогу.

Брзина звука је са развојем технологије добро експериментално одређена. Најједноставнији експеримент којим се може одредити брзина таласа је онај који користи два микрофона на познатом растојању. Ако знамо колико је растојање између микрофона и мерењем времена између два звучна импулса могуће је одредити брзину звука. Брзину звука добијамо из израза:

$$c = \frac{\ell}{\Delta t}$$

За *гасове* можемо писати следећу релацију:

$$c = \sqrt{\frac{p \kappa}{\rho_0}}$$

У горњој релацији је ρ – средња густина средине, p – средњи притисак у гасу, а $\kappa = c_p / c_v$ – однос специфичних топлота при константном притиску и при константној запремини (адијабатска константа).

За *чврста* и *течна* тела важи релација:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}}$$

У овом изразу E представља модул еластичности материјалне средине.

Брзина звука углавном не зависи од таласне дужине λ . Посебан случај представљају високе фреквенције код којих се јавља одређено одступање. Наравно, одступања су већа када се ради о већим фреквенцијама. Објашњење за ово лежи у чињеници да је молекулима потребно веће време како би успели да испрате брзе промене фазе таласа.

Већ је раније речено да звучни таласи поседују све особине као и механички таласи. Могу се на више начина експериментално утврдити њихово одбијање и преламање. Такође, познавајући Хајгенсов принцип, можемо да разумемо појаве интерференције и дифракције.

3.3. Интерференција звука

Интерференција је општа појава код таласног кретања, те ће се свакако јавити и код звука. Ипак, појава интерференције звука под нормалним условима је тешка за уочавање. Простирање звука у затвореним просторијама је сложено услед тога што се поред основног звучног таласа јављају и виши хармоници као и многобројно одбијање од зидова као и од пода просторије. Ако би постојали само основни таласи, који долазе само од звучног извора, јављао би се ефекат интерференције увек када постоје два звучна извора. У простору би тада могли да детектујемо места где се звук појачава или где се звук потпуно гаси. Ипак, ови ефекти се не јављају. Појаву интерференције можемо посматрати у Квинковој (G. Quincke) цеви.



Слика бр.9. Квинкова цев.

Звук се пропушта кроз отвор на цеви, која се дели на два дела. Дужина једне гране се може по жељи померати увлачењем или издужењем. Битно је да су обе гране све време спојене. Ако ставимо извор звука на улаз цеви, на излазу цеви чујемо звук. Звук се у цеви дели на два дела која пролазе различите делове и на излазу се поново састају. Ако је разлика путева које пролазе таласи $s_2 - s_1$ једнака целом умношку таласних дужина, онда ће се јавити појачање тона. Ако је пак путна разлика таласа једнака непарном умношку таласних дужина тада долази до негативне интерференције. Померањем покретног дела цеви можемо да одредимо моменте позитивне и негативне интерференције.

3.4. Резонанција код звука. Резонатори.

Резонанција представља појаву која настаје приликом принудног осциловања. Звучни извори су механички осцилатори помоћу којих се може извршити принудно осциловање. Сваки звучни извор може бити доведен у резонанцију помоћу периодичне силе, коју обично даје неки други осцилатор, односно звучни извор. Једноставни експеримент помоћу којег се може приказати ефекат резонанције изводи се помоћу музичке виљушке. У суду са водом потопљена је широка стаклена цев отворена на оба краја. Она представља ваздушни стуб који може да осцилује. Дужина ваздушног стуба ℓ се мења подизањем и спуштањем цеви. Изнад стаклене цеви, то јест ваздушног стуба поставља се музичка виљушка која је доведена у осциловање. Под њеним дејством се у ваздушном стубу стварају принудне осцилације. Померањем или спуштањем цеви мења се сопствена фреквенција ваздушног стуба. Када се сопствена фреквенција ваздушног стуба изједначи са фреквенцијом музичке виљушке, долази до појаве резонанције. Појава резонанције се може запазити по наглom појачавању интензитета тона.

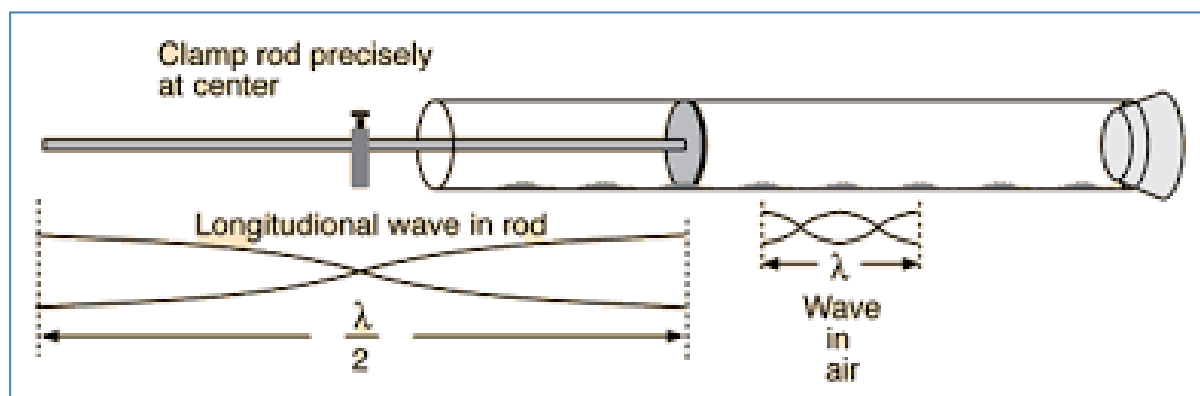


Слика бр. 10. Изглед звучне виљушке.

Када је осциловала само звучна виљушка, зрачење звучне енергије је мало зато што је сама површина звучног извора мала. У тренутку када наступа резонанција, поред зрачења звучне енергије из звучне виљушке имамо и зрачење звучне енергије целог ваздушног стуба. Услед емитовања веће звучне енергије, тон се јаче чује. За већину звучних извора је заједничко да је енергија коју зраче у околну средину мала. Како би звучни извор давао већу јачину тона, примењују се тела код којих је могуће створити принудно осциловање и појаву резонанције. Таква тела називају се *резонатори*. Тада долази до појачавања интензитета тона који долази од звучног извора, те осцилује и резонатор.

Скоро сви музички инструменти имају резонаторе, само су они прављени тако да доводе у резонанцију сваки тон. Због тога се код различитих инструмената разликују облици резонатора.

Карактеристичан случај резонанције јавља се код Кунтове (A. Kundt) цеви, која нам служи за упоређивање брзине звука у гасу и у чврстом телу. Стаклена цев дужине око 1 m и пречника око 4 cm затворена је са једне стране покретним чепом. Помоћу чепа се може мењати дужина ваздушног стуба у цеви. На другом крају цеви, налази се метални штап, који је учвршћен у једној тачки и може да врши лонгитудиналне осцилације са чвором у тачки ослоња. Превлачењем штапа кожом посутом са калафонијумом ствара се могућност да у штапу настану лонгитудиналне осцилације.



Слика бр. 11. Изглед Кунтове цеви.

Таласна дужина стојећег таласа који настаје у металној цеви или у ваздушном стубу добија се према релацији: $\lambda = 2\ell$, где је ℓ дужина штапа. Лонгитудиналне осцилације штапа изазивају принудне осцилације ваздушног стуба у цеви преко металне плочице која се налази између њих. Померањем чепа могуће је настајање резонанције. У ваздушном стубу ће тада настати лонгитудинални стојећи талас за који важи услов да је дужина ваздушног стуба $\ell_v = n(\lambda_v / 2)$, где је λ_v таласна дужина стојећег таласа у ваздушном стубу. Како би лакше приметили таласе који се стварају у цеви, у њену унутрашњост се стави лаки прах од плуте. Појаву резонанције можемо запазити по покрету праха. На местима стварања трбуха таласа, честице плуте осцилују, док на местима чворова се честице не покрећу. Стварају се Кунтове фигуре које чине стојећи талас видљивим за посматрача.

Оба таласа, и у металној шипци и у ваздуху, имају исту фреквенцију. Израз за фреквенцију дат је са $\nu = c / \lambda$. Можемо да закључемо да је тада:

$$\frac{c_v}{\lambda_v} = \frac{c}{\lambda}$$

Релација нам даје могућност упоређивања брзине звука у ваздуху c_v и брзине звука у металу или у неком другом материјалу c .

3.5. Интензитет звука

Интензитет или јачина звука представља однос средње снаге која се преноси звучним таласом и нормалне површине кроз коју тај талас пролази. Ако означимо интензитет звука са I , средњу снагу са P_{sr} , а површину са S тада добијамо:

$$I = \frac{P_{sr}}{S}$$

За раван лонгитудинални талас можемо писати да је интензитет звука:

$$I = \frac{\frac{1}{2} S \frac{p_0^2}{\rho_0 c}}{S} = \frac{1}{2} \frac{p_0^2}{\rho_0 c}$$

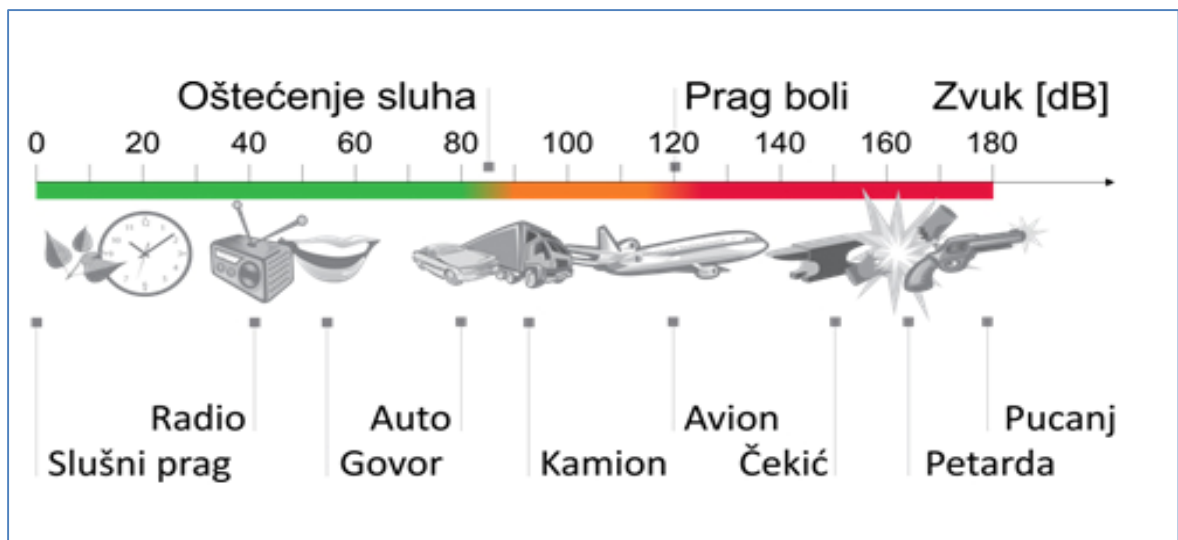
Интензитет звука је сразмеран квадрату амплитуде притиска, а обрнуто сразмеран акустичној отпорности средине.

Јединица за интензитет звука је W/m^2 . Због великог распона интензитета звука, ова јединица није прикладна за употребу. Интензитети звука који се јављају у нашем окружењу су понекад и до 10^{12} пута већи од звукова који су још могући да се запазе. Са друге стране, по Вебер-Фехнеровом закону (Weber–Fechner) физиолошка чула примају надражаје по логаритамском закону. Увођење логаритамске скале захтева нов назив интензитета звука и нову мерну јединицу. Ова величина може да се означи са L и дефинишемо је као:

$$L = \log \frac{I}{I_0}$$

I_0 представља најслабији интензитет звука који још увек можемо да запазимо или праг чујности. Јединица ове величине је бел (B). Такође, у употреби је и десет пута мања јединица која се још назива и децибел (dB).

Ова скала много боље одговара практичним захтевима, јер се при експериментима у већини случајева ослањамо на физиолошке карактеристике чула слуха. Распон свих нивоа се креће од 0 до 130 dB. У почетку је ова скала тако дефинисана да 0 dB одговара прагу чујности (I_0). Звук чији је интензитет 10 пута већи одговара следећем прагу од 1 dB, док звук који је 10^{13} пута већи одговара прагу од 130 dB. Касније је праг чујности децибелске скале доведен у везу са мерном јединицом за интензитет звука. Нивоу од 120 dB одговара интензитет од $1 W/m^2$.

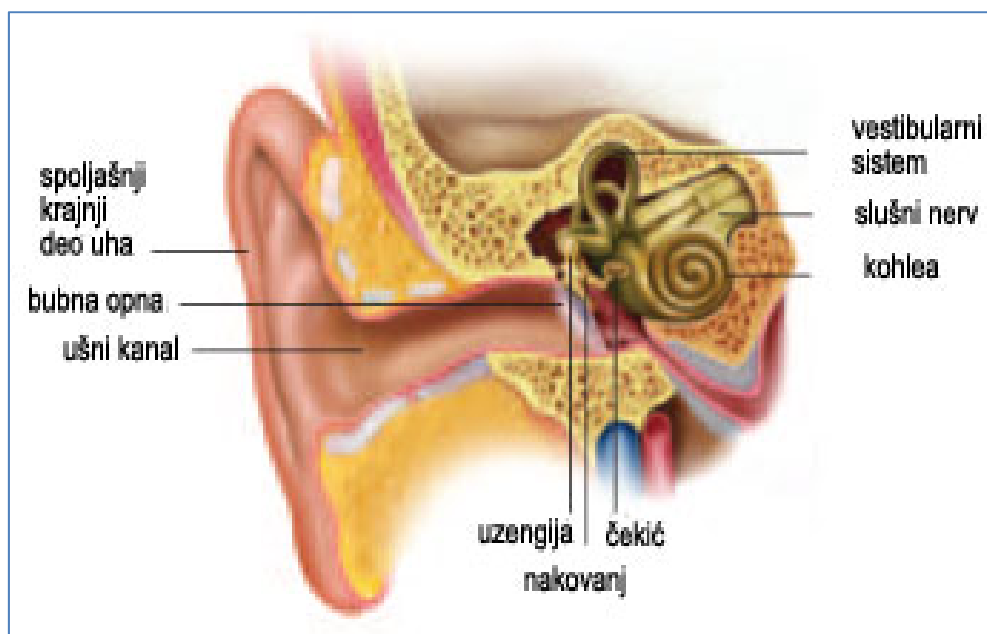


Слика бр. 12. Интензитет звукова.

Горња слика представља скалу на којој су распоређени звуци од најтишег ка најгласнијем. Видимо да се звуци разликују по јачини.

3.6. Ухо и чуло слуха

Човек прима звук помоћу свог чула слуха – ува. Његова унутрашња грађа, представљена је на слици:



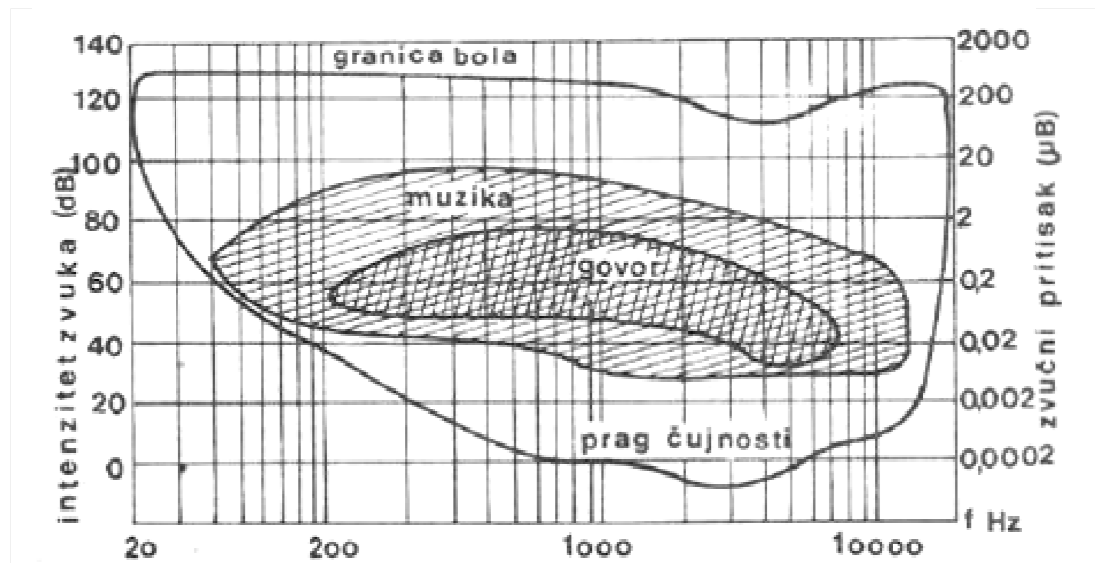
Слика бр. 13. Ухо као слушни орган.

Испод слепоочне кости налази се орган пуж, који представља малу коштану шупљину напуњену течношћу (лимфом). У пужу се налази Хортијев орган, који се састоји из влакана, до којих долазе завршеци слушног нерва. Влакна имају различиту дужину и напетост, па им због тога одговарају различите резонантне фреквенције. Звучне осцилације кроз слушни канал долазе до бубне опне, а затим преко система слушних кошчица преноси се на овално окно које води у шупљину пужа. Под дејством звука одређене фреквенције, одређена влакна Хортијевог органа ступају у резонантно осциловање и надражују одређене нервне завршетке, који те надражаје преносе до мозга. Делови Хортијевог органа су чекић, наковањ и узенгије. Под утицајем звука, надражи се више нервних завршетака, па човек може да осети одвојено компоненте сложеног звука.

Код човека је способност за оцењивање правца простирања звучних таласа везана за постојање два органа слуха у облику пара – уши. Осећај правца звучних таласа је последица способности можданих центара да региструју фазну разлику осцилација које стижу до ушију. Код звука високе фреквенције закључивање правца звука може да потиче од разлике амплитуда у једном и другом увету.

Експериментална испитивања показују да осетљивост уха у великој мери зависи од фреквенције. Највећу осетљивост ухо показује на фреквенцији од 1000 до 5000 Hz. Могуће је одредити зависност фреквенције од јачине звука, те ту зависност представити графички. На графику можемо разликовати неколико области. Праг чујности

представља најмањи интензитет звука који ухо може да разазна, док граница бола представља највећи интензитет звука после кога настаје бол.

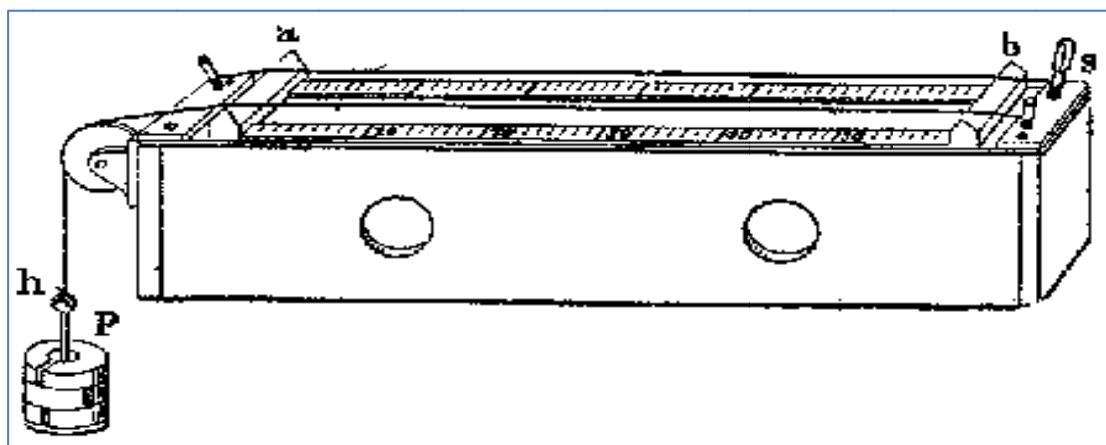


Слика бр. 14. Области чујности.

Како је чуло слуха индивидуална ствар, можемо да разликујемо субјективни и објективни осећај звука. Код субјективног осећаја звука разликују се три његове особине:

- висина,
- боја,
- јачина.

Висина звука одређена је његовом фреквенцијом. Што је већа фреквенција, звук је виши. У случају сложених звучних осцилација висина звука оцењује се по висини основног тона. Виши хармонијски тонови, чак и у случају да је њихова јачина релативно велика, мало утичу на осећај звука. Везано за висину тона често се појављује и појам октаве. Каже се да је један тон за октаву виши од другог ако му је основна фреквенција два пута већа. Висина звука може да се одреди користећи монокорд.



Слика бр. 15. Монокорд.

Монокорд се састоји из резонантне кутије и једне или две жице затегнуте изнад кутије. Затезање жица се остварује теговима, а дужина жица се мења померањем једне од кобилица.

Боја звука одређена је карактеристиком осцилација. Као што смо раније напоменули, само у ретким случајевима звук представља хармонијско осциловање. Једна од важнијих карактеристика звучних таласа је јачина звука. Разликујемо објективну и субјективну јачину звука. Објективна јачина звука представља његов интензитет, који је раније био споменут.

3.7. Архитектонска акустика

У затвореном простору, звук се простире на веома сложен начин. Зидови, под, плафон, разни предмети у просторији делом апсорбују, а делом одбијају звук од својих површина. Такође, могуће је да се створе такви услови да дође до појаве резонанције. Приликом пројектовања музичких дворана, позоришних сала и других просторија битно нам је да знамо на који начин се звук простире.

Из једног звучног извора звук се простире на описан сложен начин. Разне врсте материјала на различите начине апсорбују звучне таласе. Јасно је да ако неки материјал мање апсорбује звук, одбијање истог ће бити веће. Тада ће се звук више пута одбијати док се потпуно не апсорбује. Ако се у просторији емитује један кратак звучни сигнал, он ће се одржати и после одређеног времена баш због великог броја одбијања од површина предмета и зидова. Ова појава се назива *реверберација*, а време за које се још чује тај звук назива се *време реверберације*. Време реверберације се рачуна од тренутка емитовања па све до тренутка када интензитет звука опадне на свега 6 dB. Закључујемо да време реверберације зависи од апсорпције самог звука као и од геометријске конструкције простора. Реверберација има више утицаја на акустичност просторија. Прво, она у великој мери повећава интензитет звука у просторијама. Могуће је направити просторију обложену различитим материјалима у којима ће се звук у највећој мери апсорбовати. Такве просторије се називају глуве собе. Код говора, реверберација смањује разговетност.

Део интензитета звука који се при једном одбијању апсорбује назива се *коэффициент апсорпције*, а обележава се са α . При датом коэффициенту апсорпције, рефлектовани део интензитета звука је онда $1 - \alpha$. Ово можемо сматрати као коэффициент рефлексије. Како се у просторији налазе разни предмети, зидови, потребно је наћи средњи коэффициент апсорпције целе просторије:

$$\alpha_{sr} = \frac{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

У горњем изразу $S_1, S_2, S_3, \dots$ представљају површине предмета, док су $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ одговарајући коэффициент апсорпције материјала.

3.8. Подела музичких инструмената

Музички инструменти су направе или предмети који се користе за произвођење звукова, било различитих фреквенција да бисмо добили мелодију, било увек истих фреквенција да бисмо добили ритам. За добијање звука потребан је извор енергије који може произвести музичар, а како је код музичких инструмената потребна већа енергија, звук се побуђује механичким или електричним извором енергије.

Музичке инструменте делимо на основу:

- грађе (материјала од ког су сачињени);
- начина добијања тонова и звука.

1. Мембранофони и опнозвучни

То су ударачки инструменти са затегнутом мембраном на којима звук настаје вибрирањем мембране од животињске коже, пластике или поливинила. По мембрани се удара руком или палицом од дрвета или лоптом од филца. Звук им је, изузев тимпана неодређене висине. Ту спадају: бубањ, добош, даире, тимпан, конге, ...



Слика бр. 16. Мембранофони.

2. Идиофони

То су музички инструменти из групе ударачки код којих се звук добија:

- ударањем једне у другу (чинеле, кастањете);
- ударом у инструменст (триангл, ксилофон);
- трзањем (дромбуље).

У односу на материјал од ког су сачињени идиофони инструменти се деле на:

- металне (триангл, звоно, дромбуље);
- дрвене (ксилофон, вибрафон).



Слика бр. 17. Идиофони.

3. Кордиофони или жичани инструменти

То су музички инструменти на којима се звук добија треперењем жице. Ови музички инструменти су многобројни. На њима се тон добија на 3 начина:

- трзањем, окидањем (прстима или трзалицом) жице се доводе у стање вибрације (гитара, тамбура, лаута);
- ударањем чекића превученим филцем по жицама (клавир) или батићима (цимбал);
- повлачењем гудала преко затегнутих жица (гудачки инструменти: виолина, виола, виолончело).



Слика бр. 18. Жичани инструменти.

4. Аурофони

То су музички инструменти код којих тон настаје вибрирањем ваздушног стуба. Тон се ствара :

- усником (лимени дувачки инструменти: труба, хорна, тромбон, туба);
- преламањем ваздушног стуба у цеви инструмента (фрула, флаута);
- вибрацијом језичка од трске на уснику (кларинет, саксофон);
- вибрацијом двоструког језичка од трске (обоа, фагот);
- вибрацијом језичка и меха (оргуље, хармоника).



Слика бр. 19. Аурофони.

5. Електронски инструменти

По правилу, електронски инструменти немају резонантне кутије. Тон се добија укључивањем истих у струју и прикључивањем на појачало. Различити магнети прикупљају осцилације, које у виду звучног таласа излазе из појачала.

3.9. Како животиње чују

Да би преживеле, животиње морају да нађу храну и склониште, те да се одбране од предатора. Да би постигле све ово, оне су опремљене низом чула за надгледање околине. Различите врсте имају чула прилагођена за ноћни и дневни живот. Већина животиња углавном добија информације које региструје преко неколико чула истовремено.

Чула животиње представљају систем за упозоравање. Она упозоравају животиње на промену у окружењу – промене које могу да указују на прилике за исхрану или парење, или на потребу да побегну од непосредне опасности. Способност брзог и одговарајућег реаговања могућа је због тога што су чула повезана са мозгом мрежом нерава који шаљу поруке у облику електричних импулса. Када мозак добије информацију од чула он координира свој одговор и шаље сигнале телу шта треба да ради.

Чуло слуха код животиња

Мозак животиње тумачи таласе притиска који путују кроз ваздух и које уши откривају као звук. Многе животиње не чују ове таласе ушима него их откривају на друге начине. На пример, иако змије чују, оне су много осетљивије на треперања која путују кроз тело преко доње чељусти.

Уши водоземаца, гуштера и сисара имају ушни бубњић који је осетљив на незнатне промене притиска. Ушни бубњић је танка кожна мембрана која затрепери када у њу ударе ваздушни таласи. Сићушна кост која је прикачена на бубњић преноси вибрације на шкољкасту структуру која се назива кохлеа. Она је испуњена течношћу која прима вибрације. Како се течност покреће унутар кохлее, ситне длакасте структуре које је обрубљују се љуљају. Нерви стимулирани овим таласним кретањем шаљу информације мозгу који их тамо тумачи као звук. Сисари као и људи поседују ушну шкољку, док је пак водоземци и гмизавци не поседују. Уместо тога њихови ушни бубњићи се налазе на бочној страни главе (лако видљиви на многим жабама и гуштерима) или испод коже као што је случај са змијама. Зечеви имају велике спољне уши које користе као сателитске антене за прикупљање звучних таласа. Они могу да врте свако ухо посебно да би открили звук из свих праваца.



Слика бр. 20. Чуло слуха код зеца.

Просечна дужина ушију афричког слона је око 120 cm, док им пречник може достићи и до 2 m. Слонови немају знојне жлезде и не зноје се па им уши служе за расхлађивање. Слонови могу да региструју фреквенције у инфразвуку.



Слика бр. 21. Чуло слуха код слона.

Слепи мишеви кроз нос или уста производе пискаве звуке високог тона, а потом користе своје велике уши да ухвате одјек који им се враћа. На основу тога они створе слику о околини и затим се великом брзином упућују према инсектима у лету, чак и по мрклом мраку.



Слика бр. 22. Чуло слуха код слепог миша.

Различите животиње имају различите области осетљивости. Кит чује много ниже звуке који се крећу и стотинама километара кроз океан, док слепи миш препознаје фреквенције и до 100000 Hz.

4. Експерименти из области звучних таласа

Како физика представља експерименталну науку, битно је стечено градиво путем теоријског излагања повезати са експериментом. У циљу тога, у наредном делу ће бити дати описи неколико једноставних огледа којима се долази до јаснијих сазнања о особинама таласа и до вредности величина које описују звук.

4.1. Одређивање брзине звука у ваздуху помоћу резонанције ваздушног стуба

Објашњење експеримента

Раније смо видели случај простирања таласа када је цев затворена на једном крају. Ако лонгитудинални талас почне да се креће од отвореног краја цеви кроз ваздушни стуб, он ће се одбити од дна цеви и кренути назад истим правцем. Одбијени талас ће се кретати у супротном смеру од надолazeћег, доћи ће до интерференције и настаће лонгитудинални стојећи талас. На затвореном крају цеви честице ваздуха нису у могућности да осцилују и ту ће се формирати чвор стојећег таласа. На отвореном крају цеви ће честице ваздуха осциловати са највећом амплитудом и ту ће се створити трбух стојећег таласа.

Да би се образовао стојећи талас дужина цеви ℓ треба да задовољава услов:

$$\ell = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$$

При образовању стојећег таласа у ваздушном стубу, настају интензивне осцилације у цеви односно наступа резонанција. Она се запажа по изразитом појачању јачине звука. У случају резонанције, поред звучног извора долази и до осциловања ваздушног стуба. Ако се у близини ваздушног стуба налази звучни извор са сталном фреквенцијом ν , у околини простора ће се ширити лонгитудинални звучни таласи са таласном дужином $\lambda = c / \nu$, где је c брзина звучних таласа у ваздуху. Тај ће талас доћи и до отвора цеви. Повећавајући дужину ваздушног стуба у цеви, за неку одређену вредност ℓ наступиће резонанција.

Као звучни извор користи се звучна виљушка са константном фреквенцијом која нам је позната. Звучна виљушка представља звучни извор који даје просте тонове. Када се звучна виљушка удари чекићем у горњи слободни крај штапа, јавља се осциловање виљушке. Брзина звука се онда може једноставно одредити познавајући таласну дужину λ .

Извођење експеримента

У стаклену мензурку сипана је вода. У стакленој мензури налази се још једна стаклена цев која може да се помера. Померањем те стаклене цеви одређујемо положај

у коме ће се створити резонанција. Дужина ваздушног стуба се мери лењиром. Такође, у вежби се користи и музичка виљушка као извор звука са константном фреквенцијом. Експеримент се изводи тако што се музичка виљушка ударом чекића у њене врхове доведе у осциловање. Музичка виљушка се држи изнад стаклене мензуре једном руком, док се другом руком извлачи стаклени стуб тражећи положај у коме ће се јавити резонанција. Када се дати положај нађе, мери се потребна дужина и затим се коначно израчунава тражена брзина звука у ваздуху.

4.2. Одређивање фреквенције звучне виљушке помоћу штимера

Објашњење експеримента

Штимер представља уређај који користе професионални музичари када је потребно да своје инструменте доведу на праве фреквенције како би исти били способни за исправан и тачан рад. У новије време штимери могу да се скину на телефоне у виду апликација. Штимер може да ради на два начина:

1. да му се зада фреквенција коју је потребно да неки тон постигне и тада при постигнутој фреквенцији, штимер показује слагање;
2. да мери фреквенцију датог тона.

Вежба се заснива на другом принципу рада штимера. За овај експеримент нам је потребна музичка виљушка са резонатором и један штимер. Штимер ће нам помоћи да одредимо фреквенцију задате музичке виљушке.

Извођење експеримента

Овај експеримент се изводи тако што прво звучну виљушку ставимо на неки одређени резонатор који појачава јачину њених фреквенција. Како не би знали која је фреквенција музичке виљушке, могуће је прелепити исту да се не види податак. На отвор резонантне кутије ставимо штимер и читавамо фреквенцију на истом. Видећемо да се ове фреквенције поклапају. Исто можемо урадити за музичке виљушке различитих фреквенција.

4.3. Промена гласа услед конзумирања хелијума

Хелијум спада у групу плементних гасова. Он се налази на другом месту у Периодном систему елемената. Други је по распрострањености у васиони, а на земљи се налази углавном у атмосфери. Хелијум се користи у сврхе хлађења као и за пуњење балона. Позната је чињеница да када удахнемо хелијум, наш глас се промени. Поставља се питање, зашто је то тако?

Када причамо, ваздух путује из плућа и долази до грла где се среће са гласним жицама, чинећи да исте осцилују. Вибрације гласних жица побуђују молекуле ваздуха у грлу, стварајући резонантне фреквенције. Вибрације гласних жица стварају звук који је

познат као људски глас. Померањем уста и језика могуће је стварати другачије тонове. Коначно, глас напушта усну дупљу у виду таласа. Када слушамо људе међусобно, важно је запазити да оно што друга особа чује зависи и од раздаљине на којој се ове две особе налазе. Ваздух у просторији у којој се налазимо и свуда око нас састоји се од 78 % азота, 20 % кисеоника и осталих елемената. Азот који чини већину смеше ваздуха је седам пута тежи од хелијума. Зато што је хелијум лакши од ваздуха, звучни таласи брже путују кроз њега. На собној температури, звук три пута брже путује кроз хелијум, него кроз ваздух.

Када удахнемо хелијум, мењајући хемијски састав гаса у усној дупљи и душнику, само убрзавамо молекуле нашег гласа. Људи мисле да хелијум мења фреквенцију њиховог гласа. Ипак фреквенција гласа остаје иста! Може се закључити да ако би удахнули гас који је тежи од азота, наш глас би био дубљи.

Овај експеримент се не сме изводити без присуства професора. Свакако претерано конзумирање хелијума није добро за респираторне органе као ни за сам организам!

5. Закључак

Из сопственог искуства хоспитовања у школи као и учешћа на многобројним научно-популарним манифестацијама, схватила сам значај објашњавања деци свих узраста релативно једноставних физичких појава које развијају логичко мишљење и знатижељу код деце да схвате значај физике за остале науке и уз то развијају способност за примену знања из физике.

Занимање професора представља једно од комплекснијих занимања. На сваком појединцу је да улаже у себе и свој развој. Развитком технологије, развиле су се и научне методе које се примењују у настави. Данас су наставни садржаји доступни како у писаној, тако и у електронској форми. На интернету је могуће наћи многе занимљиве снимке који ученицима могу да ближе појасне неке појаве. Како сам и сама била део многих научних манифестација, увидела сам да ученици градиво најбоље усвајају ако до закључака дођу сопственим размишљањем. У циљу што бољег савладавања наставног градива, сматрам да је на сваком професору да то градиво изложи на што занимљивији начин, наравно држећи се основних начела физике као науке.

Свакодневно смо сведоци све већег развоја технологије. Деца се све раније упознају са рачунарима, телевизорима и многим другим електронским уређајима. Због тога је на сваком наставнику да се прилагоди иновацијама и буде део њих. Морамо да се потрудимо да нам ученици и њихово усвајање новог градива буду примарни. Сваки наставник мора да има жељу ка самоунапређивању у циљу што бољег излагања датог градива.

Радећи на фестивалима науке, схватила сам колико је деци наука занимљива и интересантна. Ученици воле када могу активно да учествују у настави, па и да сами реализују неке експерименте. Хоспитујући у гимназији, такође сам и присуствовала експерименталним вежбама. Верујем да када се ученици на правилан начин укључе у наставу, напредак је неизбежан.

Битно је и направити везу између физике и осталих наставних предмета. Музика представља део свакодневице младих људи, те је због тога и интересантна. Помоћу неких једноставних експеримената показано је колико је некад можда апстрактно градиво као таласи, могуће веома лепо демонстрирати.

На сваком наставнику је да воли своје занимање и да никада не престане да улаже у себе и свој напредак.

6. Литература

1. Властимир М. Вучић, др Драгиша М. Ивановић, „Физика I“, Научна књига, Београд, 1970.
2. С. Е. Фриш, А. Б. Тиморјева, „Курс опште физике“, Завод за издавање уџбеника, Београд, 1968.
3. Душанка Обадовић, Ивана Ранчић, „Практикум једноставних експеримената у настави физике“, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за физику, Нови Сад, 2012.
4. Агнеш Капор, Соња Скубан, Драган Николић, „Експерименталне вежбе из механике“, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за физику, Нови Сад, 2008.
5. Ђорђе Басарић, „Методика наставе физике“, Завод за издавање уџбеника, Београд, 1968.
6. Милан Распоповић, „Методика наставе физике“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1992.

7. Биографија



Емилија јоцић је рођена 5. 8. 1993. у Новом Саду. Као мала, бавила се свирањем виолине и балетом. Завршила је нижу музичку школу „Јосип Славенски“, а Основну школу „Васа Стајић“. Одувек ју је интересовала наука и свет који нас окружује. По завршетку основне школе уписује Гимназију „Јован Јовановић Змај“ у Новом Саду – природно-математички смер. Одлучује се за физику и по завршетку гимназије уписује Природно-математички факултет у Новом Саду, смер физике – професор физике. Током школовања на факултету, учествује у многим манифестацијама као што су Фестивал науке, Ноћ истраживача, Буди студент један дан. У слободно време, свира виолину у АКУДУНС „Соња Маринковић“.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa:

Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada:

Diplomski rad

VR

Autor:

Emilija Jocić

AU

Mentor:

Dr Sonja Skuban

MN

Naslov rada:

Mehanički talasi i zvuk u nastavi fizike

NR

Jezik publikacije:

srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda:

srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja:

Srbija

ZP

Uže geografsko područje:

Vojvodina

UGP

Godina: 2016

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Metodika nastave fizike

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Mehanički talasi, zvuk, eksperimenti, nastava fizike

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod:

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća: 30.6.2016.

DP

Datum odbrane: Juli 2016.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

Dr Maja Stojanović, vanredni profesor

član:

Dr Fedor Skuban, docent

član:

Dr Sonja Skuban, vanredni profesor, mentor

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Emilija Jocić

AU

Mentor/comentor:

Dr Sonja Skuban

MN

Title:

Mechanical waves and sound in teaching physics

TI

Language of text:

Serbian (Latin)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year: 2016

PY

Publisher: Author's reprint

PU

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

PP

Physical description: 5/182/32/0/71/0/3

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Methodology of teaching physics

SD

Subject/ Key words: Mechanical waves, sound, experiments, teaching physics

SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note: none

N

Abstract:

AB

Accepted by the Scientific Board: 30.6.2016.

ASB

Defended on: July 2016.

DE

Thesis defend board:

DB

President: Dr Maja Stojanović, Associate Professor

Member: Dr Fedor Skuban, Assistant Professor

Member: Dr Sonja Skuban, Associate Professor