

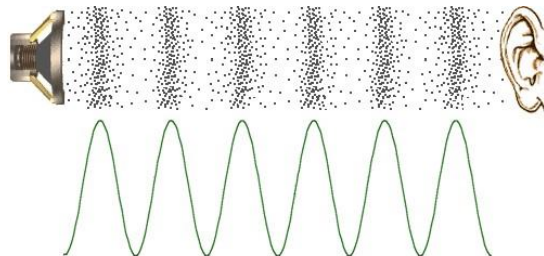
Звук

Лонгитудинални механички талас који наш орган слуха (ухо) може да детектује, а то је талас чија се фреквенција налази у интервалу $20 \text{ Hz} - 20000 \text{ Hz}$, назива се звук.

Ако је фреквенција ових таласа нижа од 20 Hz , они се називају **инфразвук**, а ако је виша од 20000 Hz , називају се **ултразвук**. Људско ухо најосјетљивије је на фреквенције од 1000 Hz до 5000 Hz , а битно је нагласити да се границе фреквенција које човјек може чути разликују од човјека до човјека, и да горња граница опада старењем чак и до 13000 Hz .

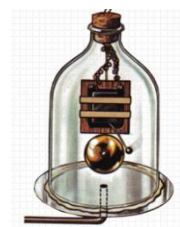
Извор звука представља свако тијело које осцилује фреквенцијом у интервалу чујности, под условом да се осцилације преносе на околни ваздух.

Област физике која се бави изучавањем настајања звука, његових основних особина и примјене у пракси, назива се **акустика**.



Питање за размишљање

На слици је приказано електрично звонце, затворено у стакленој посуди из које се може испумпавати ваздух. Како ћете уз помоћ овакве апаратуре доказати да ли се звук простире кроз вакуум?



Одговор је једноставан, просто ћете испумпати ваздух из стаклене посуде и укључити звонце да ради. Нажалост, у школи немамо ову апаратуру да се увјеримо на лицу мјеста, али можемо се послужити симулацијом коју можемо преузети преко линка: <https://phet.colorado.edu/sr/simulation/legacy/sound>
Хајде заједно да опишемо шта се дешава!

Звук се простире кроз средине у **сва 3 агрегатна стања**, али се кроз **вакуум не простире**. Брзина звука у ваздуху зависи од састава ваздуха, притиска, температуре и влажности ваздуха.

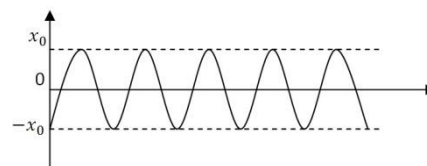
Просјечна вриједност брзине звука у ваздуху износи око 340 m/s (1224 km/h).

У течностима и чврстим тијелима звук се простире брже него у ваздуху (неки примјери су: морска вода - 1533 m/s , бакар 3560 m/s , гвожђе 5130 m/s , дијамант - 12000 m/s ...)

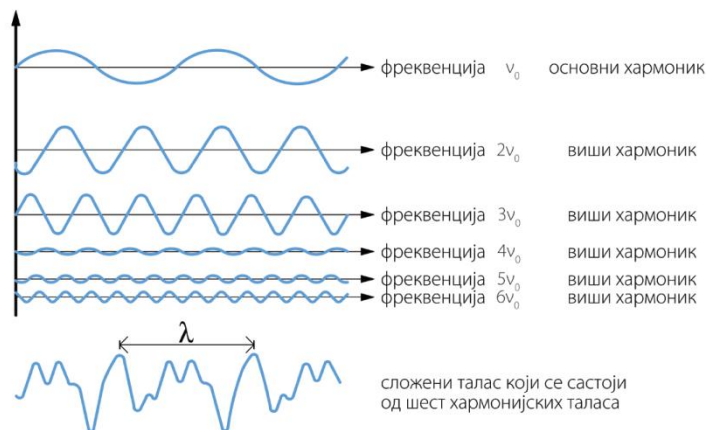
Карактеристике звука

Звучни таласи могу се грубо подијелити у три групе: **просте тонове, музичке тонове и шумове**.

Извор простог тона је тијело које врши хармонијске осцилације, то је звук константне фреквенције.



Међутим, извор може осциловати на сложенији начин, тако да се укупно осциловање може представити као збир више хармонијских осцилација различитих фреквенција. То је музички тон. Осцилација најниже фреквенције назива се **основни хармоник**, док се остале осцилације од којих се састоји музички тон називају **виши хармоници**. Фреквенције виших хармоника су цјелобројни умношци фреквенције основног хармоника.



(Кад будете цртали слику десно, обратите пажњу да у половину таласне дужине основног хармоника стане тачно једна таласна дужина другог хармоника, једна ипо таласна дужина трећег хармоника, двије таласне дужине четвртог хармоника итд...)

Код шума не постоји никаква правилност током осциловања, они су непериодични. Буке и удари спадају у шуме.

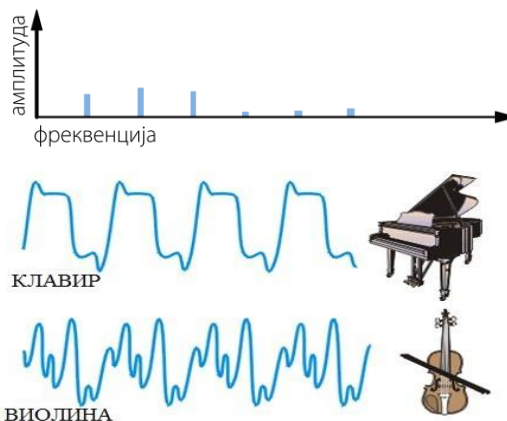


Основне особине тонова су **висина**, **јачина** и **боја**.

Ако је тон прост, **висина тона** је исто што и његова фреквенција. Међутим, код музичких тонова, висина звука одређена је фреквенцијом основног хармоника.

Боја звука је одређена вишим хармоницима.

Ако одсвирате исти тон на два различита инструмента, висина тона је иста, а исти су и виши хармоници, само је различита њихова заступљеност у музичком тону (рекли бисмо да је различита амплитуда виших хармоника). Од тога потичу различитости у бојама музичких инструмената.



На сликама видимо како бисмо приказали заступљеност фреквенција у музичком тону са основним и пет виших хармоника, као и разлику у графичком приказу истог тона одсвираног на клавиру и виолини.

Јачина звука може бити објективна и субјективна. **Објективна јачина звука** је количина енергије која се пренесе кроз јединичну површину нормалну на правац простирања звука у јединици времена. Мјерна јединица јој је $\frac{W}{m^2}$ (ват по квадратном метру).

Минимална јачина звука потребна да изазове надражај у уху (да човјек чује звук) износи $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ и зове се **праг чујности** (ово се односи на фреквенције од 1000 до 5000 херца, на које је човјек најосјетљивији, праг чујности је нешто већи за друге фреквенције).

Максимална јачина звука коју можемо регистровати, а да не изазива осјећај бола назива се **граница бола** и износи $10 \frac{W}{m^2}$ за практично све фреквенције које можемо чути.

Људско ухо је такво да различито реагује на звучне таласе исте објективне јачине, али различите фреквенције. Више фреквенције доживљавамо као јаче, чак и када оне то објективно нису. Стога се уводи и субјективна јачина звука, чија је мјерна јединица децибел **dB**. У табели су дате објективне и субјективне јачине звука за неке звучне изворе на фреквенцији од 1000 Hz, за коју важе дате граница бола и праг чујности:

	Објективна јачина звука $\frac{W}{m^2}$	Субјективна јачина звука dB
праг чујности	10^{-12}	0
тихи разговор	10^{-8}	40
гласан разговор	10^{-6}	60
густ улични саобраћај	10^{-4}	80
удар чекића	10^{-2}	100
рок концерт	1	120
граница бола	10	130

Резонанција

Звучни талас који се простире кроз ваздух при наиласку на неки објект може изазвати његово осциловање.

Ово осциловање је најинтензивније ако је фреквенција звучног таласа једнака сопственој фреквенцији објекта, при чему долази до појаве која се назива **резонанција**.

Сопствена фреквенција објекта је фреквенција којом он наставља да осцилује након престанка дјеловања спољашње побуде.

При резонанцији долази до најефикаснијег преношења осциловања са извора на неки објекат који се често назива **резонатор**.



За оне који желе више да знају:

Примјер резонанције добро можемо видјети на примјеру звучне виљушке. Звучна виљушка се најчешће користи у лабораторијама као извор простог звука (фреквенције 300-400Hz). Звучна виљушка емитује веома слаб звук. Када се звучна виљушка стави на дрвену правоугаону кутију добија се знатно јачи звук. Појачан звук се добија осциловањем ваздушног стуба у кутији. Међутим, кутија не може бити било које дужине. Ако је затворена на једном, а отворена на другом крају, дужина кутије треба да буде једнака непарном умношку четвртине таласне дужине звука који емитује звучна виљушка.

Код музичких инструмената, резонаторска кутија има сложенији облик, јер не треба да појачава звук само једне фреквенције, већ више различитих фреквенција.



Оглед 1, за оне који су растављали аутиће или лутке на батерије, да виде шта има унутра :)

Хајде да сами измјеримо брзину звука у ваздуху. У ту сврху користимо пластичне цијеве, пробушене на дну, у које ћемо сипати воду до врха. Помоћу неке од бројних апликација за генерисање звука на мобилним телефонима, добићемо извор звука нпр. фреквенције 1000 Hz (можемо користити и звучну виљушку). Ако примаћемо звучник цијеве, и почнемо испуштање воде из ње, примијетићемо да ће се звук максимално појачавати (настаће резонанција) тачно при одређеним дужинама стубова ваздуха у цијеве (како вода цури из цијеве, тако се повећава дужина стуба ваздуха). Измјерићемо такве дужине стубова ваздуха. Знајући да те дужине морају бити непарни цјелобројни умношци четвртине таласне дужине звука (математичким записом: $L_n = \frac{(2n-1)\lambda_n}{4}$, гдје је n редни број стуба L_n дужина n -тог стуба, а λ_n таласна дужина n -тог хармоника), рачунањем таласних дужина и са већ познатим фреквенцијама, можемо одредити брзину звука у ваздуху помоћу већ познате релације $v = \nu \lambda$. Наравно, за сваку дужину стуба, добићемо по један резултат за брзину звука у ваздуху, стога је податке потребно обрадити и дати апсолутну и релативну грешку, са правилним записом резултата мјерења! Има ли неко спреман да се ухвати у коштац са овим за домаћу задаћу?



Оглед 2, за музичаре међу вама:

Стаклене боце, у којима је различит ниво воде, кад се ударе кашиком или се "дува" у њих даће звукове различитих основних фреквенција. Пробајте да се играте са нивоима воде и да пробате да одсвирате познату дјечију пјесму "На крај села жута кућа", за шта ће вам бити потребне 3 боце са различитим нивоима воде. Ако сте ово успјели, пробајте да додате још двије боце, нађете потребне нивое воде, и одсвирате главну тему чувене девете Бетовенове симфоније! Има ли неко спреман да се ухвати у коштац са овим за домаћу задаћу?

