

ПРИЧА О ЗВУЧНОМ ЗИДУ

Милан Миленковић, наставник физике

Авиони су од свог настанка били симбол научне и техничке моћи једне државе. Од када су браћа Рајт полетели у свом авиону, сви су пожелели да направе сопствени. Убрзо није било довољно само летети, требало је летети брзо. Конструисани су све бржи и бржи авиони. Прво, елисни са клипним моторима, а затим млазни са турбо млазним моторима. Авиони су полако достигли брзине од 1100km/h, а онда се стало. Сви су желели да лете брже, али испречио се звучни зид.

Звучни зид није зид који се може додирнути, који стоји негде саздан као бедем, али је зид о који се може разбити и који се може појавити било где у атмосфери. Појавом и особинама овог зида владају физички закони простирања таласа кроз гасовите средине.

Да би се разумело шта је звучни зид морамо прво размести шта је звук, а за ово нам је потребно да знамо нешто о таласима и механици таласа.

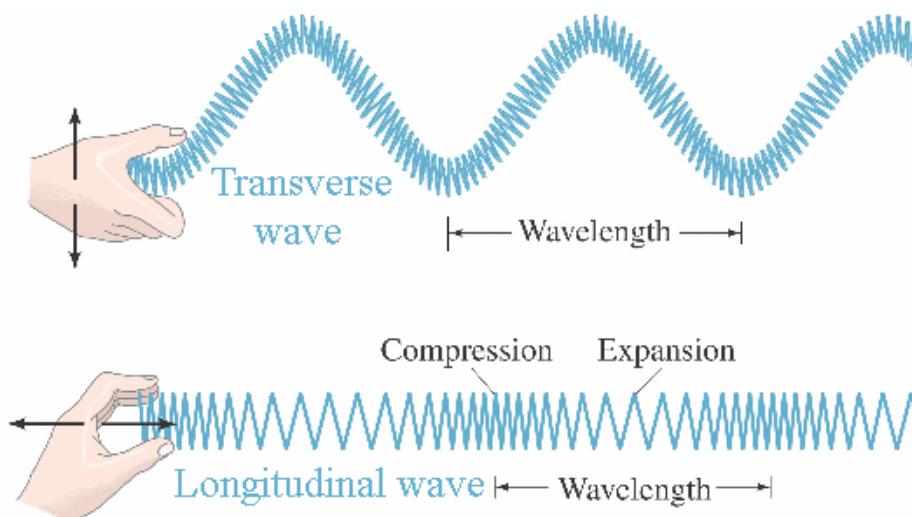
ТАЛАСИ

Преношење осцилација кроз простор назива се талас. Ако у таласу осцилују молекули, талас се назива механички талас. Талас, дакле, преноси енергију али нема преношења молекула са једног места на друго, они само осцилују око својих равнотежних положаја. Најочигледнији пример је ширење таласа на води када се у њу баци камен.

Постоје две врсте таласа:

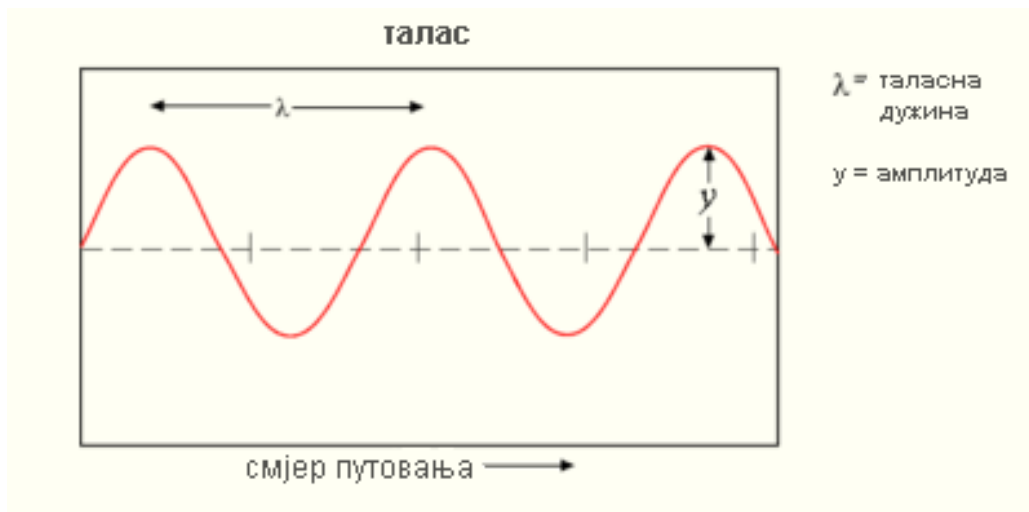
- 1) **попречни (трансверзални)**-код њих молекули осцилују нормално (попреко) на правац простирања таласа;
- 2) **уздужни (лонгитудинални)**-код њих молекули осцилују дуж правца простирања таласа.

Попречни таласи могу настати само у чврстим срединама, док уздужни могу настати у свим срединама.



Горња слика приказује попречни талас, а доња уздужни.

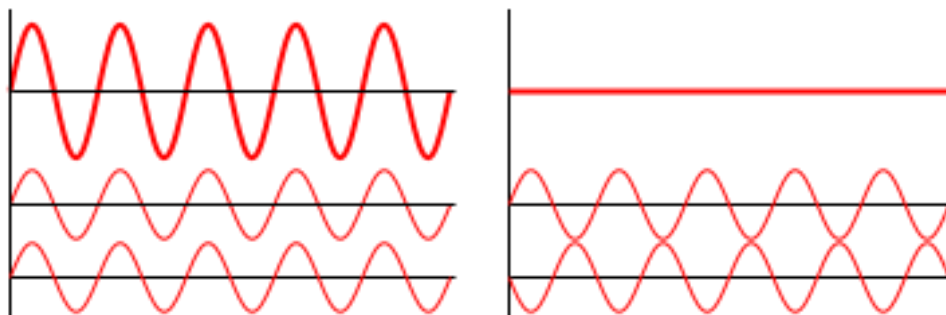
За описивање таласа користе се амплитуда, фреквенца и таласна дужина. Са доње слике је јасно шта су амплитуда и таласна дужина. Фреквенца је број осцилација у јединици времена, мери се у Херцима.



Осим ових величина важно је знати и брзину простирања таласа кроз неку средину. Ово се описује величином која се назива фазна брзина и представља брзину којом се креће врх таласа. Фазна брзина повезана је са таласном дужином и фреквенцом таласа једначином

$$c = \lambda \nu$$

За нашу причу важно је још рећи шта је то интерференција. Јасно је да се више таласа могу простирати кроз исту средину истовремено. На пример, бацањем више камена у воду у њој настају истовремено више таласа који се сусрећу и међусобно слажу. Интерференција је слагање таласа.



Слагањем два таласа исте амплитуде и таласне дужине може доћи до њиховог поништавања или појачања. У одређеним случајевима настали талас може имати два пута већу амплитуду од полазних таласа, у друг се таласи могу у потпуности поништити.

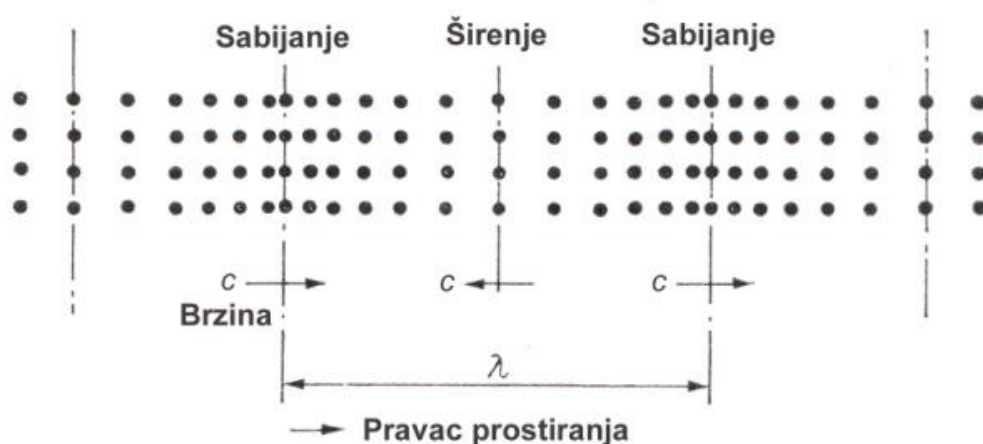
ЗВУК

За причу о звучном зиду потребно је проучити простирање звука кроз атмосферу. Звук је механички уздужни талас који се простира кроз атмосферу. Човек може чулом слуха да региструје звучне тачасе у фреквентном опсегу од 16Hz до 16kHz, али се под звук подразумевају таласи и мање и веће фреквенце од наведених (инфразвук $\nu < 16\text{Hz}$ и ултразвук $\nu > 16\text{kHz}$).

Брзина звука у ваздуху зависи од густине ваздуха и од температуре. На већим висинама, где је ваздух ређи, брзина звука је мања. На истој висини варира у зависности од температуре, на вишим температурама је брзина већа. На малим висинама при температури од 20°C брзина звука је око 1224km/h. Овај број је јако близак претходно поменутом, погледајмо какве то везе има једно са другим.

ЗВУЧНИ ЗИД

Приликом кретања тела кроз ваздух вибрације тела преносе се на молекуле ваздуха и они почињу да осцилују фреквенцом која се поклапа са фреквенцом осциловања тела. Ово осциловање се преноси даље кроз ваздух и тако настаје звучни талас са истом фреквенцом. Сам ваздух се заправо наизменично згушњава и разређује, као што је приказано на доњој слици.



Тело је дакле извор звука.

Када се тело креће брзином мањом од брзине звука нема много проблема осим отпора ваздуха који се манифестује као притисак који делује у супротном смеру од смера кретања тела. Сви смо во искусили при вожњи бицикле. Међути, када тело достигне брзину звука настају проблеми. Тада долази до интерференције тела као извора звука и самог звука који више не стиже да „побегне“ од тела. Амплитуда осциловања тела се удвостручује и ако тело настави да се креће овом брзином долази до његовог разарања. Ова појава добила је назив звучни зид.

Како не постоје материјали који могу издржати „удар“ о звучни зид, једини начин решења проблема је направити довољно снажне моторе који су у стању да авиону саопште довољно велика убрзања како би се брзином звука кретао кратко време. Авион тада за кратко може издржати „судар“ са звучним зидом и пробити га уз карактеристичан прасак. До праска долази услед нагле промене притиска на предњем делу авиона. Треба рећи да пилто не чује овај прасак јер се тада већ креће брже од звука па звук остаје иза авиона.

За описивање кретања тела брзинама блиским брзини звука користи се Махов број, назван тако по физичару Ернесту Маху. Махов број представља однос брзине кретања тела и брзине звука у посматраној средини,

$$M = \frac{v}{c}$$

С обзиром да је однос две брзине Махов број је неименована величина, тј. нема јединице.

БАУМГАРТНЕР И ЗВУЧНИ ЗИД

На крају, рецимо нешто и о недавним догађајима, тј. о Баумгартнеровом пробијању звучног зида. Баумгартнер је скочио са висине од око 39000m и пробио звучни зид у стратосфери. Треба имати на уму да је брзина звука у стратосфери мања него у нижим деловима атмосфере и износи око 1100km/h. Ово му није знатно олакшало задатак, али јесте чињеница да је притисак на тим висинама само неколико хиљадитих делова притиска на површини земље. Другим речима, ваздух је толико разређен да пробијање звучног зида на тим висинама није драматично као у нижим слојевима атмосфере. Ово не умањује велики успех овог храброг човека. Само треба имати на уму да пробијање звучног зида није најзанимљивији моменат овог скока. Далеко је интересантнији тренутак уласка у гушће делове атмосфере, када је претрпео знатна успорења, загревање и када је дошло до неконтролисаног окретања чији смо били сведоци.

Овде се не завршава прича о звучном зиду, он је умешао прсте и у рад хеликоптера, у кретање тела кроз воду... али ми за сада застајемо овде...