



Градска школа физике ФИЗНИШ
Пројекат Друштва физичара Ниш који финансира Град
Ниш



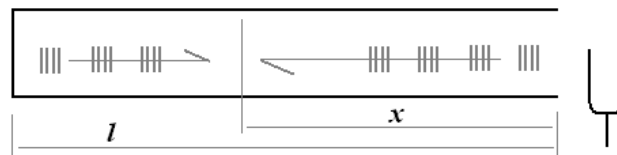
Одређивање брзине звука у ваздуху помоћу резонаторских цеви

Једноставан и ефектан начин да се одреди брзина звука у школској лабораторији је експеримент са резонаторском цеву. У експерименту се посматра (и ослушкује) звучни талас у ваздушном стубу који је затворен са једне стране. Друга страна је отворена и са те стране звучни талас улази у цев, одбија се од затвореног дела и враћа назад. При том среће наредни долазећи део таласа и долази до интерференције. Услед тога осциловање у цеви може да буде појачано или ослабљено у зависности од фаза осциловања у коме се таласи налазе. У посебном случају може наступити изразити стојећи талас максималне аплитуде. Наступа резонантно осциловање. Отуда и назив цеви.

Цев иначе може бити отворена са обе стране или затворена на једном крају. Ваздух у цеви увек осцилује тако да је на отвореним крајевима цеви максимална амплитуда осциловања „трбух“ таласа. На затвореном крају цеви формира се “чвор” таласа (минимална амплитуда). Овим се дефинишу услови јављања стојећег таласа у цеви.

Простирање звука у оваквој цеви се може описати на следећи начин:

Посматрамо ваздушни стуб у цеви дужине l , која је затворена на једном крају. Звучни талас се од извора простире у цеви, долази до затворене стране од које се одбија и враћа назад. Том приликом долази до промене фазе осциловања.



Слика 10.7. Интерференција таласа у резонаторској цеви.

До услова настанка резонанце долази се на основу следећег разматрања. Осциловање у поматраној тачци (x) изазивају два таласа. Један који се простире од звучног извора и други који се одбио од затвореног дела цеви и креће у супротном правцу. Једначине осциловања су приказане преко елонгација дела ваздуха у некој тачки на растојању x од отвора цеви:

$$\zeta_1 = A_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda} \right),$$

док је за одбијени талас:

$$\zeta_2 = A_o \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{2l-x}{\lambda} \right) + \pi \right].$$

Резултујућа елонгација је дата изразом:

$$\begin{aligned} \zeta_{1,2} &= 2A_o \sin \frac{1}{2} \left[2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda} \right) + 2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{2l-x}{\lambda} \right) + \pi \right] \times \\ &\times \cos \frac{1}{2} \left[2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda} \right) - 2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{2l-x}{\lambda} \right) - \pi \right]. \\ \zeta_{1,2} &= 2A_o \cos \left(2\pi \frac{l}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right) \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{l-x}{\lambda} \right) + \frac{\pi}{2} \right]. \end{aligned}$$

Резултат показује да ће се амплитуда оваквог таласа понашати као функција односа дужине ваздушног стуба у цеви и таласне дужине звука:

$$A_{1,2} = 2A_o \cos \left(2\pi \frac{l}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right).$$

У цеви ће се формирати резонантни стојећи талас а амплитуда ће имати максималну вредност када је испуњен услов да је:

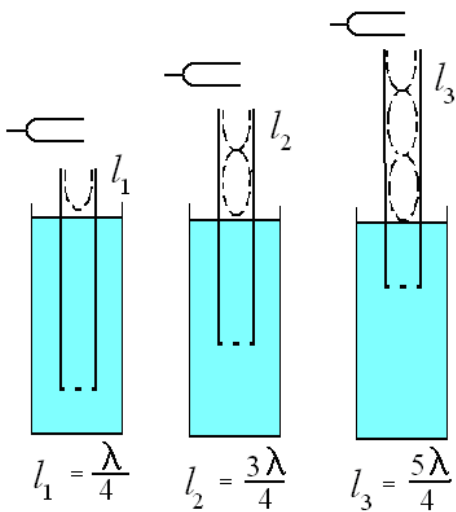
$$\frac{2\pi \cdot l}{\lambda} + \frac{\pi}{2} = n \cdot \pi, \text{ где } n \text{ може бити } 0, 1, 2 \dots$$

одакле следи да ће ово бити испуњено за сукцесивне дужине ваздушних стубова:

$$l_n = (n-1) \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}.$$

Поступак мерења:

Користи се резонаторска цев и звучна виљушка (или генератор фреквенције ν од 300 до 1000 Hz). Звучна виљушка која осцилује познатом фреквенцијом се постави изнад покретног, отвореног, дела цеви резонатора (растојање виљушке од врха цеви треба да је стално приликом извлачења цеви резонатора). Површина воде је други, затворени крај цеви. Цев се лагано извлачи до положаја l_1 када резонаторска цев интензивно појачава тон виљушке. Тада је постигнут услов појаве прве резонанције: $l_1 = \lambda/4$. Наставља се извлачење цеви до појаве следеће резонанције на некој дужини цеви l_2 . Овој дужини одговара услов друге резонанце: $l_2 = 3\lambda/4$. Ово је приказано на слици 10.8.



Слика 10.8. Услови под којима се јавља резонанца у цеви.

Слично се одређују и положаји следећих резонантних макси-мума. На основу разлике положаја резонантних максимума се одређује таласна дужина звука:

$$\lambda = 2 \cdot (\ell_2 - \ell_1),$$

као и

$$\lambda = \ell_3 - \ell_1.$$

Брзина звука се добија на основу једноставне релације:

$$u = \lambda \cdot \nu.$$

Мерења се могу поновити више пута и брзина се одређује као средња вредност појединих мерења. Метода је поузданија ако се брзина звука не одређује само из положаја првог максимума, јер је растојање звучне виљушке од горњег отвора цеви недовољно прецизно. То се постиже израчунавањем разлике дужина ваздушног стуба у случајевима резонанције као што је већ наведено. На основу већег броја мерења, одређује се средња вредност, као највероватнија и процењује грешка мерења.