

## Chapter -1 તરંગો (Waves)

જુદા જુદા ધ્વનિશાસ્ત્રીય સંશોધનોમાં મોટાભાગે અનુનાદક (Resonator) વપરાય છે. સંગીતમય સૂરની ગુણવત્તાના અભ્યાસ માટે આવા અનુનાદકો ઉપયોગી છે. આવા અનુનાદકોને હેલ્મહોલ્ટઝ અનુનાદકો કહે છે.

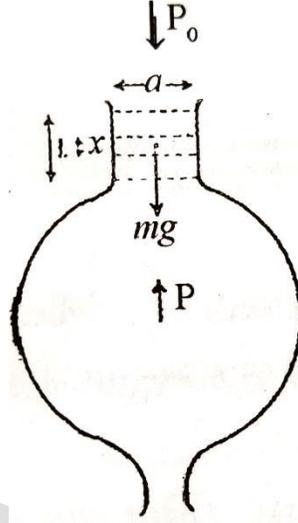
સિધ્ધાંત: નાના મુખવાળા અને સાંકડી ડોકવાળા પોલા પાત્રમાં રહેલ હવા ચોક્કસ સમયમાં દોલિત થાય છે. જો તે દોલનોની જેટલી જ આવૃત્તિ કે જે કુદરતી આવૃત્તિ છે તેટલી આવૃત્તિના ધ્વનિ ચિપીયાને કંપાવીને તે પાત્રના મુખ નજીક લાવતાં ધ્વનિની તીવ્રતામાં વધારો થાય છે અને અનુનાદિત દોલનોનો ધ્વનિ સાંભળી શકાય છે.



આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ વખતો વખત વપરાતાં હેલ્મહોલ્ટઝ અનુનાદકો દર્શાવેલ છે. જે એક બાજુ પહોળા મુખવાળું અને બીજું સાંકડા મુખવાળું છે. ધ્વનિના ઉદભવ સ્થાનને પહોળા મુખવાળા છેડા તરફ રાખવામાં આવે છે. અને સાંકડા મુખવાળા છેડા તરફ કાન રાખવામાં આવે છે. જેથી ઉદભવતા ધ્વનિનું શ્રવણ(સાંભળી) કરી શકાય.

નિશ્ચિત કદ અને તેથી નિશ્ચિત જથ્થાની હવાને લીધે અનુનાદક A ની કુદરતી આવૃત્તિ નક્કી(નિયત) થયેલ હોય છે. જ્યારે અનુનાદક B ની રચના જોતાં , તેના બહારના ભાગને ખસેડીને હવામાં કદમાં વધારો ઘટાડો કરી ઇચ્છિત કુદરતી આવૃત્તિ મેળવી શકાય છે.

અનુનાદનો વાદ (Theory of Resonator):



આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ધારો કે અનુનાદકમાં રહેલ હવાનું કદ  $V$  છે. ધારો કે ગળાના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ  $a$  છે. અને તેમાં રહેલ હવાનું દળ  $m$  છે. તેમજ ફલાસ્કની અંદર રહેલું હવાનું દબાણ  $P$  છે અને બહારની તરફનું દબાણ  $P_0$  છે.

$$\therefore \text{સમતોલન સ્થિતિમાં } P = P_0 + \frac{mg}{a} \text{ -----(1)}$$

$$\therefore \text{બળ } F = mg = \text{દબાણ} \times \text{ક્ષેત્રફળ} = \text{દબાણ} \times a$$

$$\therefore \text{દબાણ} = \frac{mg}{a}$$

જ્યારે ચોક્કસ આવૃત્તિ એ અનુનાદ થાય છે ત્યારે ફલાસ્કના ગળામાં રહેલ હવા પીસ્ટનની માફક ઉપર નીચે થાય છે.

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

ધારો કે કોઈ એક ક્ષણે ગળામાં રહેલ હવા  $x$  અંતર જેટલી નીચે તરફ ઘડેલાય છે. જો દબાણ સમોષ્ણી હોય તો અનુનાદકમાં નવું દબાણ  $P_1$  નીચે પ્રમાણે થશે.

$$P_1(V - ax)^\gamma = PV^\gamma \quad \text{-----}(2)$$

$$\therefore P_1 = P \left( \frac{V}{V - ax} \right)^\gamma = \left( \frac{V - ax + ax}{V - ax} \right)^\gamma$$

$$\therefore P_1 = P \left[ 1 + \frac{ax}{V - ax} \right]^\gamma$$

$$\therefore P_1 = P \left[ 1 + \frac{\gamma ax}{V - ax} + \dots \dots \dots \right] (\because [1 \pm x]^n = 1 \pm nx + \dots \dots \dots)$$

આગળના પદ અવગણતાં,  $\therefore P_1 = P \left[ 1 + \frac{\gamma ax}{V - ax} \right]$

$$\therefore P_1 = P + \frac{\gamma Pax}{V - ax}$$

$$\therefore P_1 - P = \frac{\gamma Pax}{V - ax} \quad \text{-----}(3)$$

સમીકરણ (1) અને (3) પરથી અનુનાદકમાં નીચે તરફનું ચોખ્ખું બળ  $F$  નીચે પ્રમાણે થશે.

$$F = \left[ \left( P_0 + \frac{mg}{a} \right) - P_1 \right] a = [P - P_1] a$$

$$\therefore F = - \left( \frac{\gamma P ax}{V - ax} \right) a = - \frac{\gamma P a^2 x}{V - ax}$$

પણ  $ax \ll V \therefore F = - \frac{\gamma P a^2 x}{V}$

પરંતુ  $F = \text{દળ} \times \text{પ્રવેગ} \therefore - \frac{\gamma P a^2 x}{V} = m \times \text{પ્રવેગ}$

$$\therefore \text{પ્રવેગ} = - \left( \frac{\gamma P a^2}{mV} \right) x$$

$$\therefore \frac{\text{પ્રવેગ}}{x} = - \frac{\gamma P a^2}{mV}$$

$$\therefore \frac{\text{પ્રવેગસ્થાનાંતર}}{mV} = \frac{\gamma P a^2}{mV} \text{-----(4)}$$

આ સમીકરણ સરળ આર્વત ગતિ રજૂ કરે છે.

$$\therefore \text{આર્વતકાળ } T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{સ્થાનાંતરપ્રવેગ}}{mV}}$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{\frac{mV}{\gamma P a^2}}$$

$$\therefore \text{દોલનની આવૃત્તિ } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\gamma P a^2}{mV}} \text{-----(5)}$$

$$\text{હવે હવામાં ધ્વનિનો વેગ } v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \Rightarrow \gamma P = v^2 \rho$$

$$\text{આથી સમીકરણ(5) } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{v^2 \rho a^2}{mV}} \text{-----(6)}$$

$$\text{પરંતુ, ઘનતા } (\rho) = \frac{\text{દળ}(m)}{\text{કેદર}(V)} = \frac{m}{\text{ક્ષેત્રફળ}(a) \times \text{લંબાઈ}(l)}$$

$$\therefore \rho = \frac{m}{a \times l} \Rightarrow m = \rho a l$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{v^2 \rho a^2}{a l \rho V}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{v^2 a}{l V}}$$

$$\therefore f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l V}} \text{-----(A)}$$

આ સૂત્ર વડે અનુનાદકમાંની હવાની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ મળે છે.

આમ, આવૃત્તિનો વર્ગ એ આપેલા અનુનાદકના ગાળાના આડછેદના સમપ્રમાણમાં હોય છે અને ગાળાની લંબાઈ ના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

$$\therefore f\sqrt{V} = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \text{અચળ} (\because a, l, v \text{ અચળ છે.})$$

$$\therefore f \propto \frac{1}{\sqrt{V}} \text{ -----(7)}$$

આથી કહી શકાય કે અનુનાદકની આવૃત્તિ તે કદના વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

**અનુનાદક આવૃત્તિનો અનુનાદકના મુખના કદ અને આકાર પરનો આધાર**

**(Dependence of the frequency of resonator on the size and the shape of the mouth):**

અનુનાદ આવૃત્તિનો આધાર અનુનાદક મુખના આકાર અને કદ પર રહેલો છે. મુખની અંદર રહેલ હવા બહાર આવવાનો દર તેમજ દબાણ વધારોનો સમયનો આધાર અનુનાદ નામુખ ના કદ (size) પર રહેલો છે. જો મુખ વધારે પહોળું હશે તો હવા સહેલાઈથી બહાર નીકળી શકશે. આથી સમયકાળ ઓછો હશે. અને આવૃત્તિ વધારે હશે અને એજ રીતે ઊલટું કહી શકાય છે.

આથી હવા વધુ સરળતાથી કે ઓછી સરળતાથી બહાર નીકળશે તે મુખની લાક્ષણિકતા પર આધારીત છે. જેને ધ્વનિ વાહકતા પદ વડે દર્શાવાય છે. ધ્વનિ વાહકતા તેના મુખના આડછેદ  $a$  અને લંબાઈ  $l$  પર આધારીત છે.

$$\text{ધ્વનિ વાહકતા } k = \frac{a}{l} \text{ -----(8)}$$

$$\therefore \text{અનુનાદકની આવૃત્તિ } f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{lV}} = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{V}} \text{ -----(9)}$$

પાતળી દિવાલ વાળાવર્તુળાકાર સાધનમાં  $l$  અત્યંત નાનો હોય છે. આવા કિસ્સામાં રેલે (Releigh)એ જણાવ્યું કે ધ્વનિ વાહકતા  $k$  નું મૂલ્ય લગભગ સાધનના વ્યાસ જેટલું હોય છે.

$$\therefore k = \frac{a}{l} = 2r \quad \text{અથવા } f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{2r}{V}} \text{ -----(10)}$$

જ્યાં  $r$  પાત્રની ત્રિજ્યા છે.

**ગળાનો સુધારો:**

ગળાની બહારની નજીકની હવા ગળા સાથે કંઈક અંશે બંધિત અવસ્થામાં હોય છે. આથી , ગળાની અસરકારક લંબાઈ ગળાની ભૌમિતિક લંબાઈ કરતાં થોડીક વધારે હોય છે.

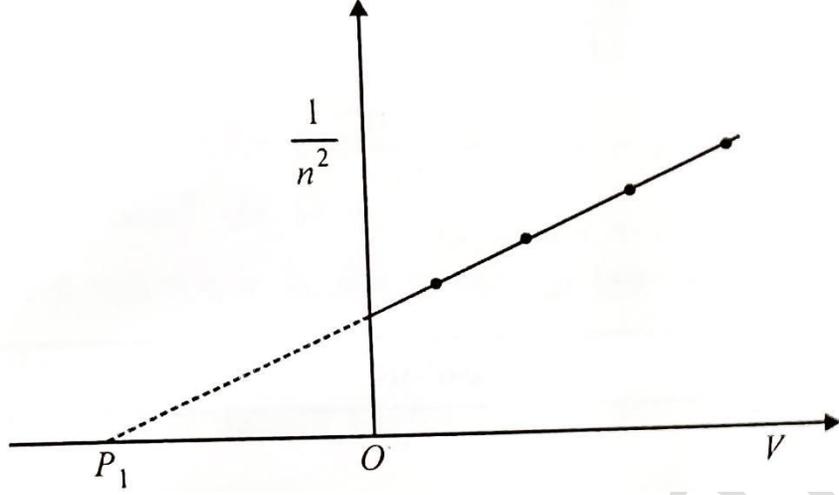
હવે એવું જાણી શકાય કે ગળાની અસરકારક લંબાઈ  $l + \frac{16\gamma}{3\pi}$  હોય છે.

આ સુધારો સમીકરણ(A) માં મૂકતાં

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{V \left( l + \frac{16\gamma}{3\pi} \right)}}$$
$$\therefore f = \frac{v \gamma}{2} \sqrt{\frac{3}{V(3\pi l + 16\gamma)}}$$

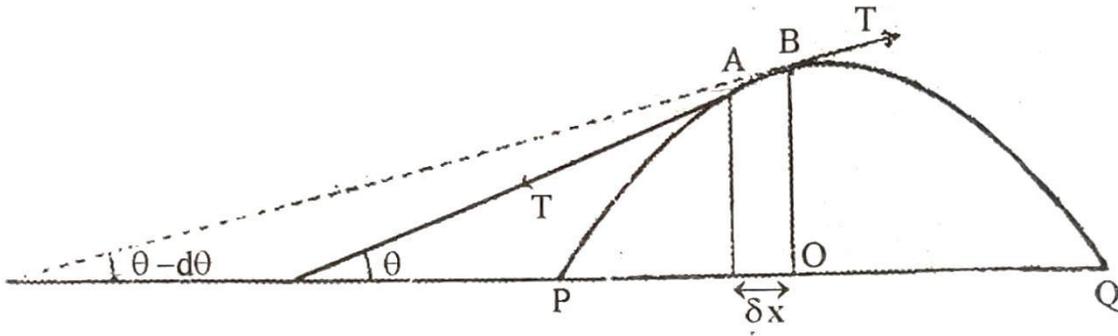
**ગળાના સુધારાનું પ્રાયોગિક અનુમાન:**

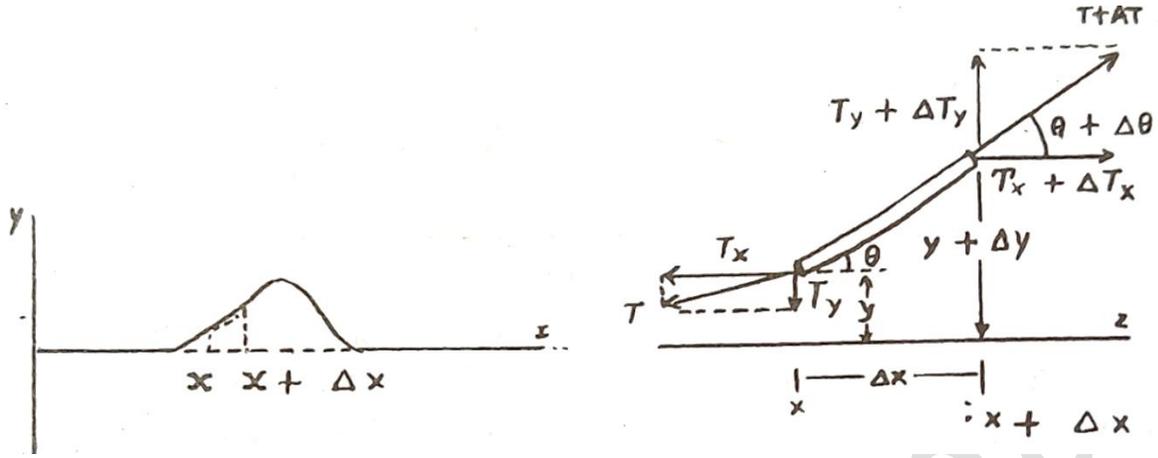
જુદી જુદી આવૃત્તિઓવાળા સ્વરકાંટાઓ લઈ તેમના વડે અનુનાદ ઉપજાવી દર વખતે કદ  $V$  શોધવામાં આવે છે. જો  $\frac{1}{n^2}$  વિરુદ્ધ કદનો આલેખ દોરવામાં આવે તો આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક સુરેખા મળે છે.



આ સુરેખાને પાછળ લંબાવતા તે  $V$  અક્ષને  $P_1$  પાસે મળે છે.  $OP_1$  નું મૂલ્ય ગળાનો સુધારો આપે છે. આ સુધારાનું મૂલ્ય શોધી દરેક  $V$  માં  $OP_1$  ઉમેરી  $n^2(V + OP_1)$  ગણતાં તે અચળ માલુમ પડે છે. આ અચળના મૂલ્ય પરથી કોઈ અજ્ઞાત આવૃત્તિવાળા સ્વરકાંટા માટે  $V + OP_1$  માપી આવૃત્તિ  $n$  નું વધારે સચોટ મૂલ્ય શોધી શકાય છે.

બંધિત દોરીમાં લંબગત તરંગનો વેગ (Velocity of transverse waves along stretched string):





આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ધારો કે દોરી  $PQ$  તણાવ  $T$  સાથે બાંધેલી છે. વિચારો કે દોરીના મધ્યબિંદુ  $O$  આગળથી ખેંચીને છોડી દેતાં દોરી લંબગત દિશામાં દોલિત થશે. આ દોલનો સરળ આર્વત દોલક પ્રકારના હશે. દોરીને  $X$  અક્ષની દિશામાં વિચારીએ તો દોરીનું સ્થાનાંતર  $Y$  દિશામાં થશે. આવા સમયે નાના ખંડ  $AB$  ની લંબાઈ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે  $\delta x$  છે, અને  $A$  તેમજ  $B$  બિંદુનો  $X$  અક્ષ સાથે રચાતો કોણ અનુક્રમે  $\theta$  અને  $\theta - d\theta$  છે.

બિંદુ  $A$  આગળ તણાવ  $T$  ના બે ઘટકો વિચારી શકાય. જેમાં સમાંતર ઘટક  $T_x$  અને  $Y$  દિશામાં નીચેની તરફનો તણાવનો ઘટક  $T_y$ , પરંતુ આપણને તણાવના  $Y$  ઘટકમાં (લંબગત) રસ છે.

આથી તણાવનો  $Y$  દિશામાંનો ઘટક (નીચે તરફ)  $= T \sin \theta = T \tan \theta$ -----(11)

(  $\theta$  અત્યંત નાનો હોવાથી  $\sin \theta \approx \tan \theta$  )

$$\text{હવે, } \tan \theta = \frac{dy}{dx}$$

આથી તણાવનો  $A$  બિંદુ આગળનો ઘટક ( $y$  દિશામાં)  $= T - \frac{dy}{dx}$  -----(12)

આજ રીતે  $B$  બિંદુ આગળ તણાવનો  $y$  ઘટક (ઉપર તરફ)  $= T \tan(\theta - d\theta)$

$$= T \left[ \frac{dy}{dx} - \frac{d^2y}{dx^2} \delta x \right] \text{-----(13)}$$

સમીકરણ (12) અને (13) સમીકરણ પરથી

$$\text{પરિણામી તણાવ (બળ) } F = T \frac{dy}{dx} - T \left[ \frac{dy}{dx} - \frac{d^2y}{dx^2} \delta x \right]$$

$$\therefore F = T \frac{d^2y}{dx^2} \delta x \text{ -----(14)}$$

હવે એકમ લંબાઈ દીઠ દોરીનું દળ  $m$  હોય તો  $\delta x$  લંબાઈ દીઠ દોરીનું દળ  $m \delta x$  થશે અને સ્થાનાંતરણ દિશામાં હોવાથી પ્રવેગ  $\frac{d^2y}{dx^2}$  થશે.

આથી  $AB$  ખંડ પર લાગતું બળ = દળ  $\times$  પ્રવેગ

$$\therefore F = m \delta x \frac{d^2y}{dt^2} \text{ -----(15)}$$

સમીકરણ (14) અને (15) સરખાવતાં,  $m \delta x \frac{d^2y}{dt^2} = T \frac{d^2y}{dx^2} \delta x$

$$\therefore \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{T}{m} \frac{d^2y}{dx^2} \text{ -----(16)}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = v^2 \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$v^2 = \frac{T}{m}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ -----(17)}$$

ધારો કે દોરીની કુલ લંબાઈ  $l$  છે અને તે  $P$  વિભાગ(ગાળા)માં દોલીત થતી હોય તો દરેક વિભાગ(ગાળા)ની લંબાઈ  $= \frac{l}{P}$  થશે અને દરેક ગાળો તે દોરીની અડધી તરંગ લંબાઈ  $\frac{\lambda}{2}$  જેટલો હોય છે.

$$\therefore \frac{l}{P} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2l}{P} \text{ -----(18)}$$

પરંતુ, વેગ = આવૃત્તિ  $\times$  તરંગ લંબાઈ

$$\therefore v = f \lambda$$

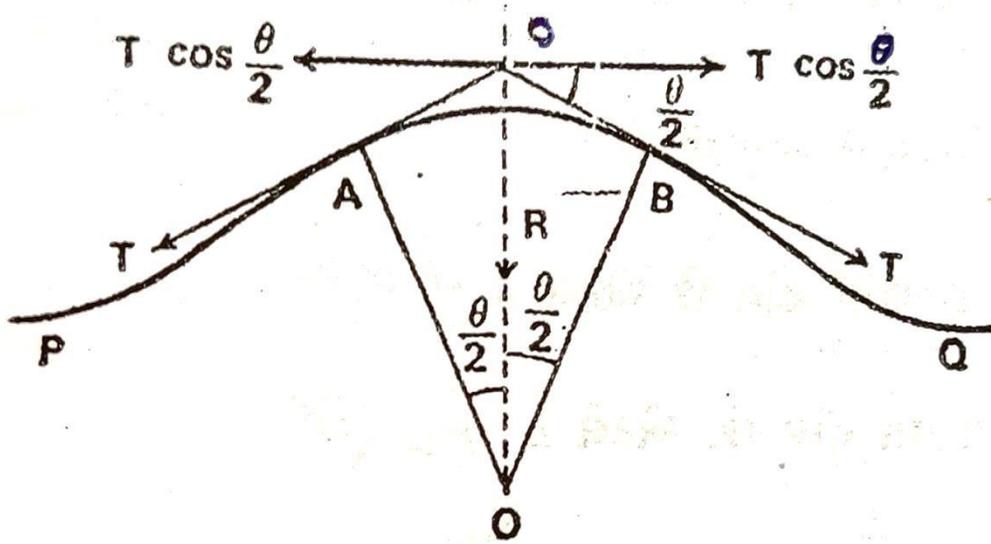
$$\therefore f = \frac{v}{\lambda} \text{-----(19)}$$

સમીકરણ (17) અને સમીકરણ (18)ની કિંમત સમીકરણ (19)માં મૂકતાં,

$$\therefore f = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{-----(20)}$$

જો ગાળાની સંખ્યા  $P = 1$  હોય તો  $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{-----(21)}$

બીજી રીત:



ધારો કે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે દોરીમાં ડાબીથી જમણી બાજુ  $v$  વેગથી લંબગત તરંગ પસાર થાય છે. અહીં દોરી પરનો નાનો ભાગ  $PABQ$  દર્શાવેલ છે. આકૃતિમાં દોરી પર નાનો ખંડ  $AB$  દર્શાવેલ છે. આ  $AB$  વક્રનું કેન્દ્ર  $O$  છે. તેમજ  $\angle AOB = \theta$  અત્યંત નાનો છે.

$A$  બિંદુ આગળ તણાવના બે ઘટકો  $T \sin \left(\frac{\theta}{2}\right)$  અને  $T \cos \left(\frac{\theta}{2}\right)$  અનુક્રમે લંબ અને સમાંતર ઘટકો થશે. આજ રીતે આ ઘટકો સરખા અને વિરુદ્ધ દિશામાં છે. લંબ ઘટક  $O$  દિશામાં છે.

$$O \text{ દિશામાં પરિણામી} = 2T \sin \frac{\theta}{2} = 2T \frac{\theta}{2} = T\theta \text{-----(22)}$$

$$\left( \because \theta \text{ અત્યંત નાનો હોવાથી } \sin \frac{\theta}{2} \approx \frac{\theta}{2} \right)$$

આ પરિણામી તણાવ જરૂરી કેન્દ્રગામી બળ  $\left( \frac{m \delta x}{R} \right) v^2$  પુરૂ પાડે છે.  $\left( \because \text{કેન્દ્રગામી બળ} = \frac{m v^2}{r} \right)$

પરંતુ,  $\theta = \frac{\delta x}{R}$   $\left( \because \text{ખૂણો } \theta = \frac{\text{વક્રલંબચ} \text{}}{R} \right)$

$$\therefore \frac{m \delta x v^2}{R} = T \frac{\delta x}{R}$$

$$\therefore m v^2 = T$$

$$\therefore v^2 = \frac{T}{m}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

જો દોરીની કુલ લંબાઈ હોય અને તે  $P$  ગાળામાં દોલિત થતી હોય તો દરેક ગાળાની લંબાઈ =  $\frac{l}{P}$  પરંતુ દરેક ગાળો તે અર્ધ તરંગ લંબાઈ  $\frac{\lambda}{2}$  જેટલો હોય છે.

$$\therefore \frac{l}{P} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2l}{P} \text{-----(23)}$$

પરંતુ દોરીમાં વેગ  $v = f \lambda$ ----- (24)

$$\therefore f = \frac{v}{\lambda} = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\text{જો } P = 1 \text{ હોય તો, } f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{-----(25)}$$

દોરી પરના લંબગત દોલનોના નિયમો (Laws of Transverse vibration of strings):

દોરી પરના લંબગત દોલનો નીચેના ત્રણ નિયમોને અનુસરે છે.

1. મૂળભૂત આવૃત્તિ દોરીની લંબાઈને વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે એટલે કે  $f \propto \frac{1}{l}$

2. મૂળભૂત આવૃત્તિ તણાવના વર્ગમૂળને સમપ્રમાણમાં હોય છે એટલે કે  $f \propto \sqrt{T}$

3. મૂળભૂત આવૃત્તિ દોરીની એકમ લંબાઈદીઠ દળના વર્ગમૂળને વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.  $f \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$

હવે ત્રણ નિયમોને સંયુક્ત રીતે લખતાં,

$$f \propto \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore f = \frac{k}{l} \sqrt{\frac{T}{m}} k = \frac{1}{2} \text{ લેતાં}$$

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{-----(26)}$$

હવે  $\epsilon \text{ ડી } m = \epsilon \text{ ડી } (V) \times \text{ ઘનતા } (\rho)$

$$m = \text{ક્ષેત્રફળ} \times \text{લંબાઈ} \times \rho = \frac{1}{2} \pi r^2 \times l \times \rho$$

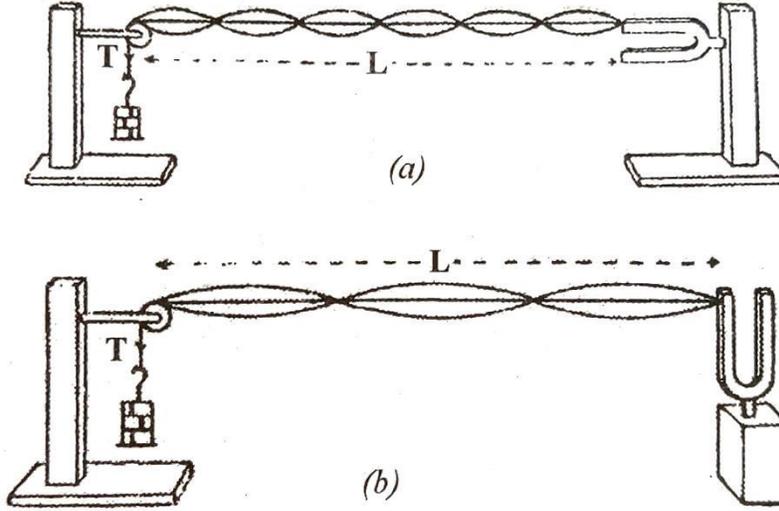
$$m = \frac{1}{2} \pi \frac{D^2}{4} \times \rho (\text{એકમ લંબાઈ માટે } l = 1 \text{ લેતાં) -----(27)}$$

સમીકરણ(27)ની કિંમત સમીકરણ(26)માં મૂકતાં,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{4T}{\pi D^2 \rho}}$$

$$\therefore f = \frac{1}{lD} \sqrt{\frac{T}{\pi \rho}} \text{-----(28)}$$

મેલ્ડેનો પ્રયોગ (Melde's Experiment):



આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સ્વરકાંટાને એક આધાર સાથે જડિત કરીને સ્વરકાંટાના એક પાંખિયા સાથે દોરીના એક છેડાને બાંધવામાં આવે છે. જ્યારે દોરીના બીજા છેડાને ગરગડીમાંથી પસાર કરીને છેડે લટકાવેલ પલ્લામાં વજન મૂકી દોરી પર તણાવ લાગુ પાડી શકાય છે. સ્વરકાંટા અને ગરગડી વચ્ચેનું અંતર જરૂરીયાત પ્રમાણે ગોઠવી શકાય છે. સ્વરકાંટાને બે રીતે ગોઠવીને દોરીમાં કંપનો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. (1) લંબ સ્થિતિના (દોલનો) (2) સમાંતર સ્થિતિના (દોલનો)

લંબસ્થિતિના દોલનો (Transverse Mode of Vibration):

જ્યારે સ્વરકાંટાના બે પાંખિયાને જોડતી રેખા અને દોરીની લંબાઈની દિશા એકબીજાને લંબ હોય તો આવી ગોઠવણીને લંબ ગોઠવણી કહે છે. આ સ્થિતિમાં સ્વરકાંટાના દોલનો દોરીની લંબાઈની દિશાને લંબ હોય છે. (આકૃતિ-a) આ સ્થિતિમાં દોરીના દોલનોની આવૃત્તિ તે સ્વરકાંટાના દોલનોની આવૃત્તિ જેટલી હોય છે. જો સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ અને દોરીના દોલનોની આવૃત્તિને  $N$  વડે દર્શાવીએ, દોરીની લંબાઈ/અનેગાળાની સંખ્યાને  $P$  વડે દર્શાવીએ તો,

દોરીમાં એક ગાળો ઉદભવે તે સ્થિતિમાં દોરીની આવૃત્તિ

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

સમીકરણમાં  $f_1 = N$  મૂકતાં

$$N = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ -----(29)}$$

**સમાંતર સ્થિતિના દોલનો(Longitudinal Mode of Vibration):**

આ સ્થિતિમાં સ્વરકાંટાના પાંખિયાને જોડતી રેખા તે દોરીની લંબાઈની દિશામાં હોય છે. આવી સ્થિતિમાં થતા દોલનોને સમાંતર સ્થિતિના દોલનો કહે છે. (આકૃતિ-b) આવા કિસ્સામાં સ્વરકાંટાને એક દોલન પુરૂ કરે છે ત્યારે દોરી અડધું દોલન પુરૂ કરે છે.

ધારો કે સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ  $N$  હોય તો દોરીના દોલનોની આવૃત્તિ  $N/2$  થશે. જો  $l$  લંબાઈની દોરી  $P$  ગાળામાં દોલિત થતી હોય તો દોરીના દોલનોની આવૃત્તિ ( $n$ )

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

જો સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ  $N$  હોય તો

$$f_1 = \frac{N}{2}$$

$$\therefore \frac{N}{2} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore N = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

ઉપરના સમીકરણને વ્યાપક સ્વરૂપમાં લખતાં

$$N = \frac{P}{Pl} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$Pl = L$$

$$N = \frac{P}{L} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{-----(30)}$$

ખાસ કિસ્સામાં ધારો કે સમાન સ્વરકાંટા અને તણાવ માટે દોરીની લંબગત સ્થિતિમાં  $P_1$  ગાળામાં દોલિત થાય તો આજ સ્વરકાંટા અને તણાવ માટે સમાંતર સ્થિતિમાં થતા દોરીના દોલનો માટે મળતા ગાળાની સંખ્યા અડધી  $\left(\frac{P_1}{2}\right)$  હોય છે.

સમીકરણ(29) અને સમીકરણ (30) પરથી  $P_2 = \frac{P_1}{2}$  થશે.

∴લંબગત સ્થિતિમાં થતા દોલનો માટે સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ  $N = \frac{P_1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

$$\therefore N^2 = \frac{P_1^2 T}{4 l^2 m}$$

$$T P_1^2 = 4N^2 l^2 m = \text{અચળ}$$

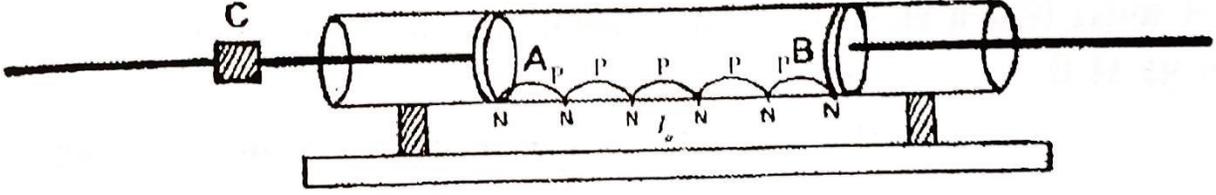
આજ રીતે સમીકરણ(30) પરથી સમાંતર સ્થિતિના દોલનો માટે  $\frac{N}{2} = \frac{P_2}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

$$T P_2^2 = N^2 l^2 m = \text{અચળ}$$

$$\therefore T P_2^2 = \text{અચળ}$$

$$\therefore T P^2 = \text{અચળ}$$

કુંડની નળી (Kund's Tube):



કુંડની નળી તે કાચની બનેલી હોય છે. તેની બંને છેડે નળીની અંદર આગળ- પાછળ કરી શકાય તેવા બે કોર્ક (cork) હોય છે. આકૃતિમાં તે કોર્ક A અને B વડે દર્શાવેલ છે. જે દ્રવ્યના સળિયામાં ધ્વનિનો વેગ શોધવાનો હોય તેને તેના મધ્યબિંદુ આગળ જડિત કરવામાં આવે છે. આકૃતિમાં સળિયાને C બિંદુએ આગળ (જુઓ સળિયો A ) સળિયાના મધ્યબિંદુ આગળ) જડિત કરેલ છે. આ સળિયાની છેડે એલ્યુમિનિયમ ડિસ્ક A લગાવેલ છે. અહીં નળીમાં હવા ઉપરાંત કોઈ દ્રવ્યનો પાવડર દા.ત. લાકડાનો પાઉડર. એકસરખી રીતે ઝૂમ તાપમાને નળીમાં પાથરી દેવામાં આવે છે.

હવે મધ્યબિંદુ આગળ જડિત સળિયા ( A ડિસ્કવાળો) ના મુક્ત છેડા આગળ રેકઝીનવાળા કપડાંથી ઘસતાં સળિયામાં સ્થિત સંગત તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. સળિયાના મધ્યબિંદુ આગળ નિસ્પંદ અને છેડાઓ આગળ પ્રસ્પંદ બિંદુઓ રચાય છે. નળીના વાયુ હવામાં સંગત તરંગ નળીની દિશામાં પ્રસરે છે. આ તરંગ નળીના બીજે છેડે ચુસ્ત દટ્ટ ( ડિસ્ક- B ) વડે પરાવર્તન પામે છે. જો મુક્ત સળિયાને આગળ પાછળ ખસેડી હવાના સ્તંભની લંબાઈમાં એવીરીતે વધારો-ઘટાડો કરવામાં આવે છે , જેથી હવાના સ્તંભની અમુક ચોક્કસ લંબાઈ માટે સળિયો હવાના સ્તંભ સાથે અનુનાદ કરે છે. આ પરિસ્થિતિમાં હવાના સ્તંભની આવૃત્તિ અને સળિયાની આવૃત્તિ સરખી થાય છે. નળીમાં સ્થિત સંગત તરંગ પેદા થતાં હવાના કંપનોને લીધે નળીમાં પાથરેલ લાઇકોપોડિયમ(અથવા લાકડાનો ભૂકો) પાવડરમાં ગાળા રચાય છે. નિસ્પંદ બિંદુ (N) આગળ પાઉડર સ્થિર રહે છે. જ્યારે પ્રસ્પંદ બિંદુ (P)

આગળ કંપનને કારણે પાઉડર પ્રસરે છે. આથી પાવડરમાં ગાળા રચાય છે. બધા ગાળાઓની કુલ લંબાઈ શોધી ગાળાઓની સંખ્યા વડે ભાગતાં એક ગાળાની લંબાઈ  $l_a$  મળે છે.

$$\therefore l_a = \frac{\lambda_a}{2}$$

જ્યાં  $l_a$  નળીમાં બે ક્રમિક પ્રસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર છે. અને  $\lambda_a$  નળીમાં પ્રસરતા તરંગની તરંગ લંબાઈ છે. ધારો કે તરંગની આવૃત્તિ  $n$  અને હવામાં વેગ  $V_a$  હોય તો  $V_a = n \lambda_a$

તેમજ  $l_r$  જડિત સળિયાની કુલ લંબાઈ અને  $V_r$  સળિયામાં પ્રસરતા તરંગનો વેગ છે અને  $\lambda_r$  સળિયામાં પેદા થતા સ્થિત તરંગની તરંગલંબાઈ અને  $N$  સળિયાની આવૃત્તિ હોય તો

$$\therefore l_r = \frac{\lambda_r}{2} \quad \text{અને} \quad l_a = \frac{\lambda_a}{2}$$

$$\text{સળિયા માટે આવૃત્તિ } N = \frac{V_r}{\lambda_r} = \frac{V_r}{2l_r} \left( \because V = f \lambda, \quad F = \frac{V}{\lambda} \right) \text{-----(31)}$$

પરંતુ અનુનાદ વખતે  $n = N$  થાય છે. આથી હવા માટે

$$N = n = \frac{V_a}{\lambda_a} = \frac{V_a}{2l_a} \text{-----(32)}$$

$$\therefore V_r = V_a \text{-----(33)}$$

દાખલાઓ

1. 2લિટર કદ ધરાવતા એક ગોળા આકાર અનુનાદકના ગાળાની લંબાઈ  $1 \text{ mm}$  અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ  $3 \text{ cm}^2$  છે. તો પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ શોધો. હવામાં ધ્વનિનો વેગ  $= 332 \text{ ms}^{-1}$  લો.

$$v = 332 \text{ ms}^{-1}, A = 3 \text{ cm}^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2,$$

$$V = 2 \text{ લિટર} = 2 \times 10^3 \text{ cm}^3 = 2 \times 10^3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$l = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{Vl}}$$

$$f = \frac{332}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{3 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3} \times 10^{-3}}}$$

$$f = 52.87 \sqrt{1.5 \times 10^2}$$

$$f = 647 \text{ Hz}$$

2. 2 લિટર કદ ધરાવતા એક ગોળા આકાર અનુનાદકના ગાળાની લંબાઈ  $1 \text{ mm}$  અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ  $3 \text{ cm}^2$  છે. આપેલા અનુનાદક માટે ગાળાનો સુધારો કેટલો હશે ? ગાળાને નળાકાર લો.

$$A = 3 \text{ cm}^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^{-4}}{3.14}} = 0.98 \times 10^{-2} \text{ m}$$

ગાળાનો સુધારો  $1 + \frac{16r}{3\pi}$  વડે આપવામાં આવે છે.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ગાળાનો સુધારો} &= 1 + \frac{16 \times 0.98 \times 10^{-2}}{3 \times 3.14} \\ &= 1 + 1.66 \times 10^{-2} = 1.017 \text{ m} \end{aligned}$$

3. એક લીટર લંબાઈવાળી સ્થિતિ સ્થાપક દોરીને છેડે  $1 \text{ ગ્રામ}$  દળ લટકાવતાં લાગતું તણાવ  $T$  ન્યૂટન છે. દોરી  $500 \text{ Hz}$  ની આવૃત્તિ સાથે ત્રણ ગાળામાં દોલિત થાય છે તો તણાવ  $T$  ની ગણતરી કરો.

$$N = 500 \text{ Hz}, l = 1 \text{ મીટર}$$

$$\therefore m = \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ m}} = \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ m}}$$

$$\text{આવૃત્તિ } N = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore N^2 = \frac{P^2 T}{4 l^2 m}$$

$$\therefore T = \frac{4 l^2 N^2 m}{P^2} = \frac{4 \times (500)^2 \times (1)^2 \times 10^{-3}}{9}$$

$$\therefore T = \frac{4 \times 250000 \times 10^{-3}}{9} = \frac{1000}{9} = 111 \text{ ન્યુટન}$$

4.મેલ્ડેના પ્રયોગમાં દોરી છેડે લટકાવેલ કાયના ટુકડા સાથે 7 ગાળામાં દોલિત થાય છે. જ્યારે આ જ કાયના ટુકડાને સંપૂર્ણ રીતે પાણીમાં રાખતાં 9 ગાળામાં દોલિત થાય છે તો કાયના ટુકડાની વિશિષ્ટ ગ્રેવેટી શોધો.

જો પાણીની બહાર કાયનો ટુકડો હોય ત્યારે લાગતું તણાવ  $T_1$  હોય ત્યારે રચાતા ગાળા 7 છે. જો પાણીની અંદર કાયનો ટુકડો હોય ત્યારે દોરી પર લાગતું તણાવ  $T_2$  હોય ત્યારે મળતા ગાળા 9 છે. અહીં  $P_1 = 7, P_2 = 9$  આથી  $T_1 P_1^2 = T_2 P_2^2$  થશે.

$$T_1 (7)^2 = T_2 (9)^2$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{81}{49} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{49}{81}$$

$$\therefore 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{49}{81} \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{49}{81}$$

$$\therefore \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{32}{81}$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{81}{32} = 2.531$$

$\therefore$  કાયની વિશિષ્ટ ગ્રેવેટી = 2.531

5.જો તણાવવાળી દોરીમાં તરંગ-વેગ  $60 \text{ cm/s}$  હોય તો દોરીમાંનું તણાવ બળ શોધો.

દોરીની એકમ લંબાઈ દીઠ દળ =  $0.06 \text{ g/cm}$

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore T = v^2 m = 60 \times 60 \times 0.06 = 216 \text{ dyne}$$

6. તણાવવાળી એક દોરીમાં તરંગનો વેગ  $20 \text{ cm/s}$  છે. દોરીમાંનું તણાવ બળ  $200 \text{ dyn}$  છે. તો  $100 \text{ cm}$  લંબાઈની દોરીનું દળ શોધો.

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ જ્યાં } m \text{ દોરીની એકમ લંબાઈ દીઠ દળ}$$

$$\therefore m = \frac{T}{v^2} = \frac{200}{20 \times 20} T = \text{તણાવ બળ}$$

$$\therefore m = 0.5 \text{ g/cm}$$

$$\therefore 100 \text{ cm લંબાઈની દોરીનું દળ} = 0.5 \times 100 = 50 \text{ g}$$

7. એક દોરીને છેડે 5 ગ્રામ પદાર્થ લટકાવીને તેમાંથી હાર્મોનિક તરંગ પસાર કરવામાં આવે છે. આ વખતે સમક્ષિતિજ દિશા સાથે  $60^\circ$  નો ખૂણો બનાવતી દિશામાં તણાવબળ લાગે છે. અને  $0.01 \text{ sec}$  માં તેનું સ્થાનાંતર  $0.01 \text{ cm}$  જેટલું થાય છે. તો તે દરમિયાન થતું કાર્ય શોધો અને સરેરાશ પાવરનું મૂલ્ય શોધો.  $g = 980 \text{ cm/sec}^2$

$$\Delta W_{\text{કાર્ય}} = \text{બળ} \times \text{સ્થાનાંતર}$$

$$= mg \sin \theta \times \Delta y$$

$$= 5 \times 980 \times \sin 60 \times 0.01$$

$$\Delta W = 42.435 \text{ erg}$$

હવે એકમ સમયમાં થતા કાર્યને પાવર કહે છે.

$$\therefore \text{સરેરાશ પાવર } P_{\text{ave}} = \frac{dW}{dt} = \frac{42.435}{0.01} = 4243.5 \text{ અર્ગ/સેકન્ડ}$$

B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

8. એક દોરીને છેડે  $100g$  દળ લટકાવી  $400 Hz$  આવૃત્તિવાળા હાર્મોનિક પ્રગામી તરંગો પસાર કરવામાં આવે છે. આ તરંગોનો વેગ  $400 mt/sec$  અને કંપવિસ્તાર  $3 cm$  હોય તો સરેરાશ પાવરનું મૂલ્ય શોધો.

$$\text{સરેરાશ પાવર } P_{ave} = \frac{1}{2} \frac{T \omega^2 a^2}{v}$$

$$\omega = 2\pi f, T = mg, a = \text{કંપવિસ્તાર } 3 cm, \text{ વેગ } v = 400 mt/sec$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{100 \times 10^{-3} \times 4\pi^2 \times 400 \times 400 \times (0.03)^2 \times 9.8}{400}$$

$$= 2\pi^2 \times 9 \times 10^{-4} \times 400 \times 100 \times 10^{-3} \times 9.8 = 6.956 jul/sec$$

9. દોરીમાં પ્રસરતા તરંગનો વેગ  $30 cm/sec$  હોય ત્યારે તેમાં ઉત્પન્ન થતું તણાવ બળ શોધો. એકમ લંબાઈની દોરીનું દળનું  $0.03$  ગ્રામ/સે.મી. છે.

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore T = v^2 m = 30 \times 30 \times 0.03 = 27 \text{ dyne}$$

MCQ

1.	એકમ લંબાઈ દીઠ દોરીના દળનો એકમ -----			
	(અ) ગ્રામ/સેકન્ડ	(બ) કિલોગ્રામ/મીટર	(ક) મીટર/કિલોગ્રામ	(ડ) કિલોગ્રામ/સેકન્ડ
2.	અનુનાદની આવૃત્તિ તે કદના ----- હોય છે.			
	(અ) સમપ્રમાણમાં	(બ) વ્યસ્ત પ્રમાણમાં	(ક) વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં	(ડ) વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં
3.	ધ્વનિ વાહકતા (acoustic conductivity) $k =$ -----			
	(અ) $\frac{a}{l}$	(બ) $al^2$	(ક) $\frac{l}{a}$	(ડ) $a^2 l$
4.	તણાવવાળી દોરી માટે લંબગત તરંગોનો વેગ ----- હોય છે.			
	(અ) $\frac{T}{m}$	(બ) $\frac{m}{T}$	(ક) $\sqrt{\frac{T}{m}}$	(ડ) $\frac{T^2}{m^2}$

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

5.	તણાવવાળી દોરીના કિસ્સામાં તરંગલંબાઇ -----			
	(અ) $\frac{l}{P}$	(બ) $\frac{2l}{P}$	(ક) $\frac{P}{l}$	(ડ) $\frac{2P}{l}$
6.	તણાવવાળી દોરીના કિસ્સામાં મૂળભૂત આવૃત્તિને -----હોય છે.			
	(અ)લંબાઇના સમપ્રમાણમાં	(બ)લંબાઇના વર્ગનાસમપ્રમાણમાં	(ક)લંબાઇના વ્યસ્તપ્રમાણમાં	(ડ)લંબાઇના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં
7.	કુંડની નળીમાં મળતા તરંગો -----પ્રકારના હોય છે.			
	(અ)સંગત	(બ)લંબગત	(ક)એકેય નહીં	
8.	તણાવવાળી દોરીના કિસ્સામાં તરંગોની મૂળભૂત આવૃત્તિ-----હોય છે.			
	(અ)તણાવના સમપ્રમાણમાં	(બ)તણાવના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં	(ક)તણાવના વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં	(ડ)તણાવના વર્ગના સમપ્રમાણમાં
9.	સાયું વિધાન પસંદ કરો.			
	(અ)દોલન કરી શકે તેવા બધા તંત્રો અનુનાદક તરીકે વર્તી શકે.	(બ)દોલન કરી શકે તેવા બધા જ તંત્રો કંઈ અનુનાદ તરીકે ન વર્તી શકે.	(ક)દોલન કરી શકે તેવા બધા તંત્રો બધી જ આવૃત્તિઓથી દોલન કરી શકે.	(ડ)જો આપણે તંત્રકોઈ પણ આવૃત્તિથી દોલન કરાવીએ તો તે તેની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ બની જાય.
10.	એક નાના મુખવાળા પોલા ગોળાના મુખ પાસે દોલિત કરેલો સ્વરકાંટો ધારીએ તો-----			
	(અ)ગોળો પ્રણોદિત દોલનો કરે છે.	(બ)ગોળામાંની હવા પ્રણોદિત દોલનો કરે છે.	(ક)ગોળો સરળ આર્વત ગતિ કરે છે.	(ડ)ગોળામાંની હવા ગમે તે કદ હોય તો પણ ખૂબ મોટા કંપવિસ્તાર સાથે દોલનો કરે છે.
11.	ખૂબ જ મોટા વિસ્તારમાં પથરાયેલ આવૃત્તિઓ ધરાવતા સંયોજિત ધ્વનિની મદદ વડે અનુનાદકમાંની હવાને દોલિત કરતાં, -----			
	(અ)અનુનાદ ઉત્પન્ન થવાની શક્યતા છે.	(બ)સંયોજિત ધ્વનિ હવાથી અનુનાદ	(ક)(અ) અને (બ) બંને સાચા છે.	(ડ)(અ) સાચું છે પણ (બ) ખોટું છે.

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

	ઉત્પન્ન ન થાય.			
12.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝના અનુનાદકની હવાની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ -----			
	(અ)હવાના કદના વ્યસ્ત પર આધાર રાખે છે.	(બ)હવાના કદના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.	(ક)હવાના કદ પર આધાર રાખતી નથી.	(ડ)હવાની દોલનની ઝડપ પર આધાર રાખે છે.
13.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝના અનુનાદકની હવાની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ ----- છે. $v =$ હવામાં ધ્વનિનો વેગ.			
	(અ) $\frac{v}{\pi} \sqrt{\frac{A}{Vl}}$	(બ) $\frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{Vl}}$	(ક) $\frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{Vl}{A}}$	(ડ) $\frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{VA}}$
14.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝના ગળાવાળી બરણી આકારના અનુનાદક માટે ગળાની અસરકારક લંબાઈ----			
	(અ) $l + \frac{16\pi}{3r}$	(બ) $l + \frac{4\pi}{3r}$	(ક) $l + \frac{16r}{3\pi}$	(ડ) $l - \frac{16r}{3\pi}$
15.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝ ના અનુનાદકના પ્રયોગમાં જો $\frac{1}{n^2} \rightarrow V$ કદ નો આલેખ દોરવામાં આવે તો તે સુરેખા મળે છે. તેનો ઢાળ -----હોય છે.			
	(અ) $\frac{4\pi^2 l}{Av^2}$	(બ) $\frac{2\pi l}{Av^2}$	(ક) $\frac{4\pi^2 l}{Av}$	(ડ) $\frac{4\pi^2 l}{A^2 v}$
16.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝ ના અનુનાદકના પ્રયોગમાં જો $\frac{1}{n^2} \rightarrow V$ કદ નો આલેખ દોરવામાં આવે તો તે સુરેખા મળે છે. આ આલેખમાં -----			
	(અ) $V$ અક્ષ પરનો અંતઃખંડ ગળાનો સુધારો આપે છે.	(બ) $\frac{1}{n^2}$ અક્ષ પરનો અંતઃખંડ ગળાનો સુધારો આપે છે.	(ક)ઢાળ એ ગળાનો સુધારો આપે છે.	(ડ)ઢાળ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થાય છે.
17.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝના અનુનાદકમાં ગળાનો સુધારો -----			
	(અ)ગળાની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં	(બ)ગળાના કદના સમપ્રમાણમાં	(ક)ગળાના ક્ષેત્રફળના સમપ્રમાણમાં	(ડ)ગળાની ત્રિજ્યાના સમપ્રમાણમાં
18.	હેલ્મહોલ્ટ્ઝના અનુનાદક માટે પ્રાકૃતિક આવૃત્તિનું મૂલ્ય $f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{Vl}}$ છે. પ્રયોગ દરમિયાન આપણે -----માં ફેરફાર કરતા જઈએ છીએ.(આપેલ સ્વરકાંટા માટે)			
	(અ) $A$	(બ) $l$	(ક) $V$	(ડ) $v$
19.	દોરી પર પ્રસરતા તરંગોનું વિકલ સમીકરણ -----છે.			
	(અ) $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{T}{\mu} \frac{d^2y}{dx^2}$	(બ) $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{T}{\mu} \frac{d^2y}{dt^2}$	(ક) $\frac{d^2y}{dt^2} = T\mu \frac{d^2y}{dx^2}$	(ડ) $\frac{d^2y}{dt^2} = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \frac{d^2y}{dx^2}$

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

20.	દોરી પર પ્રસરતા તરંગોનું વિકલ સમીકરણનો ઉકેલ $y = \text{-----}$ પ્રકારના વિધેયો છે.			
	(અ) $f\left(x \pm \sqrt{\frac{\mu}{T}}t\right)$	(બ) $f\left(x \pm \sqrt{\frac{T}{\mu}}t\right)$	(ક) $f\left(x \pm \frac{\mu}{t}T\right)$	(ડ) $f\left(x \pm \frac{T}{\mu}t\right)$
21.	T તણાવ હેઠળ રાખેલી દોરી પર પ્રસરતા તરંગની ઝડપ = -----			
	(અ) $\frac{T}{\mu}$	(બ) $\frac{\mu}{T}$	(ક) $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$	(ડ) $\sqrt{\frac{\mu}{T}}$
22.	દોરી પર પ્રસરતા તરંગોનું વિકલ સમીકરણ -----			
	(અ) માત્ર તણાવવાળી દોરી પરના તરંગો માટે જ છે.	(બ) ધ્વનિ તરંગો માટે પણ વાપરી શકાય.	(ક) ગમે તે કંપવિસ્તારવાળા તરંગો માટે વપરાય નહીં.	(ડ) માત્ર હાર્મોનિક તરંગો માટે જ વાપરી શકાય.
23.	દોરી પર પ્રસરતા તરંગનો વેગ -----			
	(અ) તરંગની તરંગલંબાઈનો ગુણધર્મ છે.	(બ) તરંગના આકાર પર આધાર રાખે છે.	(ક) દોરીના માધ્યમનો ગુણધર્મ છે.	(ડ) દોરીના તણાવનો ગુણધર્મ છે.
24.	તણાવ સાથે જડિત દોરીમાં નોરમલ મોડ આવૃત્તિઓ $f_n = \text{-----}$			
	(અ) $f_n = \frac{n}{2L}v$	(બ) $f_n = \frac{2n}{L}v$	(ક) $f_n = \frac{2L}{n}v$	(ડ) $f_n = \frac{L}{n}v$
25.	નીચેનામાંથી કયું સમીકરણ દોલિત દોરીના નિયમો રજૂ કરે છે?			
	(અ) $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$	(બ) $v = \frac{\omega}{k}$	(ક) $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{T}{\mu} \frac{d^2y}{dx^2}$	(ડ) $f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$
26.	મેલ્ડેના પ્રયોગની A સ્થિતિમાં -----			
	(અ) સ્વરકાંટાના પાંખિયાના છેડાઓને જોડતી રેખાની દિશા દોરીની લંબાઈની દિશામાં હોય છે.	(બ) સ્વરકાંટાના પાંખિયાના છેડાઓને જોડતી રેખા દોરીની લંબાઈને લંબ હોય છે.	(ક) દોરીમાં સંગત તરંગો પ્રસરે છે.	(ડ) દોરીની દોલનોની આવૃત્તિ અને સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ સમાન હોય છે.
27.	મેલ્ડેના પ્રયોગની B સ્થિતિમાં -----			
	(અ) સ્વરકાંટાના પાંખિયાના છેડાઓને જોડતી રેખાની દિશા	(બ) સ્વરકાંટાના પાંખિયાના છેડાઓને જોડતી રેખા દોરીની	(ક) દોરીમાં સંગત તરંગો પ્રસરે છે.	(ડ) દોરીની દોલનોની આવૃત્તિ અને સ્વરકાંટાની

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

	દોરીની લંબાઈની દિશામાં હોય છે.	લંબાઈને લંબ હોય છે.		આવૃત્તિ સમાન હોય છે.
28.	મેલ્ડેના પ્રયોગની A સ્થિતિમાં જ્યારે P ગાળાઓ ઉદભવે ત્યારે			
	(અ) $N = \frac{P}{L} \sqrt{\frac{T}{m}}$	(બ) $\frac{N}{2} = \frac{P}{L} \sqrt{\frac{T}{m}}$	(ક) $N = \frac{P}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$	(ડ) $N = \frac{2P}{L} \sqrt{\frac{T}{m}}$
29.	મેલ્ડેના પ્રયોગની B સ્થિતિમાં -----			
	(અ) દોરી અને સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ વચ્ચે કોઈ સંબંધ મળી શકે નહીં.	(બ) દોરીની આવૃત્તિ સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ કરતાં અડધી હોય છે.	(ક) દોરીની આવૃત્તિ સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ કરતાં બમણી હોય છે.	(ડ) દોરી અને સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ સમાન હોય છે.
30.	સામાન્ય જાડાઈ ( $\approx 1 \text{ cm}$ ) ત્રિજ્યા ધરાવતા સળીયામાં પ્રસરતા સંગત તરંગોનો વેગ = ---			
	(અ) $\sqrt{\frac{T}{m}}$	(બ) $\sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	(ક) $\frac{Y}{\rho}$	(ડ) $\frac{\sqrt{Y}}{\rho}$
31	સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ તેના પાંખિયાની -----			
	(અ) જાડાઈના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં	(બ) લંબાઈના સમપ્રમાણમાં	(ક) લંબાઈના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં	(ડ) લંબાઈના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં

**ટૂંકા પ્રશ્નો:**

1. અનુનાદ એટલે શું ? અનુનાદક કોને કહેવાય ?
2. અનુનાદકની આવૃત્તિ કઈ કઈ બાબતો પર આધાર રાખે છે?
3. દોરીના લંબગત દોલનો માટેના નિયમો લખો.
4. મેલ્ડેના પ્રયોગમાં સમાંતર સ્થિતિના અને લંબ સ્થિતિના દોલનો કોને કહેવાય ?
5. કુંડની નળીમાં કેવા પ્રકારના દોલનો જોવા મળે છે?
6. અનુનાદકના ઉપયોગો જણાવો. અનુનાદકને કોઈ નિશ્ચિત આકાર હોવો જરૂરી ખરો?
7. અનુનાદકની ડોકનો સુધારો શું છે ?
8. સ્વરકાંટાની આવૃત્તિ અને તેના પાંખિયાની લંબાઈ વચ્ચે શો સંબંધ હોય છે?
9. જો અનુનાદક પર સ્વરકાંટો ઊભો પકડીને દોલિત કરાવીએ તો ?
10. કોઈ તંત્રની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ એટલે શું ?

11. સ્થિત તરંગો એટલે શું ?
  12. દોરીમાં કેવા પ્રકારના તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે? કેવી રીતે ?
  13. તણવાળી કંપિત દોરીના નિયમો કયા કયા છે?
  14. મેલ્ડેના પ્રયોગમાં દોરી પાતળી શા માટે રાખવામાં આવે છે ?
  15. સ્થિતિમાં જે લંબાઈએ 7 ગાળા મળે તે જ લંબાઈએ સ્થિતિમાં કેટલા ગાળા મળશે ? કારણ આપી સમજાવો.
  16. સ્વરકાંટાને મોટા બળથી કંપવામાં આવે તો શું થાય ?
  17. તરંગ લંબાઈ એટલે શું ?
  18. “એકમ લંબાઈ દીઠ દોરીનું દળ” એ રાશિનું બીજું નામ શું છે ? (જ. રેખીય ઘનતા)
  19. અહીં દોરીના બધા કણોના વેગ સરખા હશે?
  20. અહીં દોરીના બધા કણોના પ્રવેગ સરખા હશે?
- પ્રશ્નો:

1. અનુનાદકનો વાદ સમજાવો.
2. સાબિત કરો કે અનુનાદકની આવૃત્તિ તે કદના વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.
3. તણાવવાળી દોરીમાં થતા દોલનો માટે મૂળભૂત આવૃત્તિનું સૂત્ર મેળવો.
4. મેલ્ડેના પ્રયોગનું સવિસ્તાર વર્ણન કરો.
5. કુંડની નળીના પ્રયોગની રચના અને કાર્ય વિશે વર્ણન કરો. આ પ્રયોગની મદદથી સળિયામાં ધ્વનિનો વેગ કઈ રીતે શોધી શકાય તે જણાવો.
6. તણાવવાળી દોરીના અન્ય કિસ્સામાં મૂળભૂત આવૃત્તિ કઈ રીતે શોધી શકાય તે ચર્ચો.
7. તણાવવાળી દોરીના કિસ્સામાં લંબગત તરંગોનો વેગ કઈ રીતે શોધી શકાય તે વર્ણવો.
8. દોરીમાં લંબગત દોલનો માટેના નિયમો વર્ણવો.
9. તણાવવાળી દોરીમાં રચાતા તરંગો માટેનું વિકલ સમીકરણ તારવો. તેના પરથી તરંગ વેગનું સૂત્ર મેળવો.

## Chapter 2. અલ્ટ્રાસોનિક્સ (Ultrasonic)

આવૃત્તિને આધારે તરંગોના ત્રણ ભાગ પડે છે. (1) શ્રાવ્ય તરંગો (Audible waves) (2) ઇન્ફ્રાસોનિક્સ તરંગો (Infrasonic waves) (3) પરાશ્રાવ્ય તરંગો (Ultrasonic waves)

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ  $20H_z$  થી  $20KH_z$  વચ્ચે હોય તેવા ધ્વનિ તરંગોને શ્રાવ્ય તરંગો કહે છે. માનવ શરીરનો કાન આ આવૃત્તિના તરંગો શ્રાવણ કરી શકે છે. વાયોલિન , ગિટાર, સોનોમીટર જેવા સાધનોના તારને દોલિત કરીને આ આવૃત્તિના ધ્વનિ તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ શ્રાવ્ય ગાળાથી ઓછી હોય ( $< 20 H_z$ ) તેમને ઇન્ફ્રાસોનિક્સ કહે છે. આ પ્રકારના ધ્વનિ તરંગો મોટા આંદોલિત પદાર્થોમાં ઉત્પન્ન થાય છે જેમ કે ધરતીકંપ દરમ્યાન થતા તરંગો. માનવ શરીરના કાન વડે આ ગાળાની આવૃત્તિ સાંભળી શકાતી નથી.

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ  $20KH_z$  કરતાં વધારે હોય તેવા તરંગોને પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ તરંગો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ચામાચીડીયા જેવા પ્રાણીઓ અને કેટલાક પક્ષીઓ આ ગાળાની આવૃત્તિ પ્રત્યે સંવેદનશીલ હોય છે. માનવ શરીરનો કાન આ ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ સાંભળવા અશક્તિમાન છે. પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ તરંગોની તરંગલંબાઈ ઓછી હોય છે. ફૂતરા જેવા પ્રાણીઓ  $20KH_z$  થી વધુ આવૃત્તિઓનો ધ્વનિ સાંભળી શકે છે. ચામાચીડીયા  $60KH_z$  જેટલી આવૃત્તિનો ધ્વનિ સાંભળી શકે છે અને ઉત્પન્ન કરી શકે છે. તેના લીધે અંધકારમાં પણ ચામાચીડીયું તેના ગતિમાર્ગમાં રહેલ અવરોધ શોધી શકે છે. અને વિના વિદ્યુત ઊડાણ કરી શકે છે.

**અલ્ટ્રાસોનિક્સનું ઉત્પાદન (પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવાની રીતો):**

અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો નીચેની રીતોથી ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

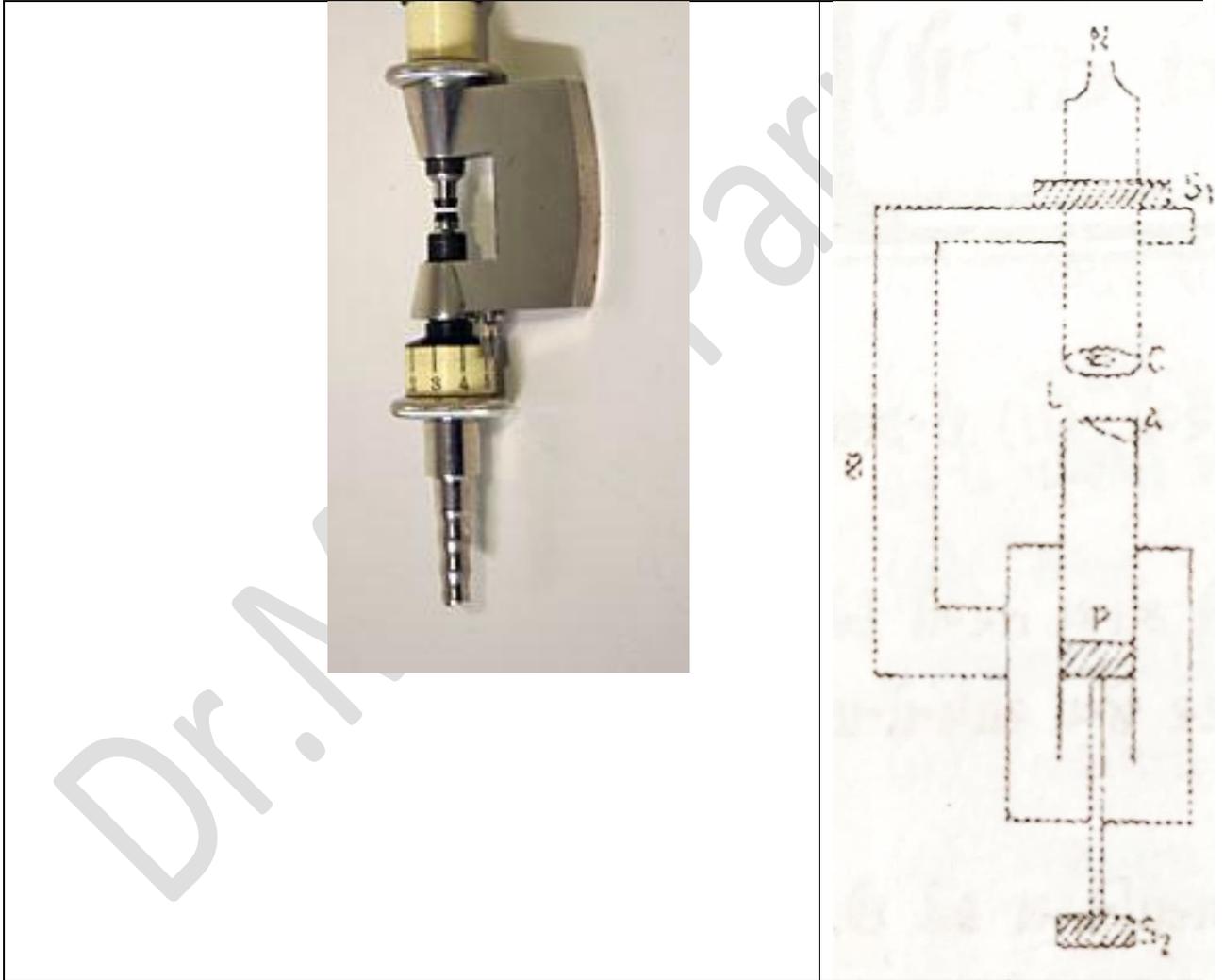
- (1) ગેલ્ટન વ્હિસલ (Galton Whistle)
- (2) ચુબકીય વિરૂપણની રીત (Magnetostriction Effect)
- (3) દાબ વિદ્યુતીય રીત (Piezo-electric Method)

**(1) ગેલ્ટન વ્હિસલ રીત :**

અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઉત્પન્ન કરવાની આ રીત ઓર્ગેન પાઇપના સિધ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. તેની કાર્ય પદ્ધતિ માટેનો ડાયાગ્રામ આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે. A અને C બે નળાકાર ( પાઇપ) છે. નળાકાર A એક

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

બંધ એર કોલમ છે. જેની લંબાઈ સરકતા પિસ્ટન  $P$  થી નિયત કરવામાં આવે છે. સ્ક્રૂ  $S_2$  ની મદદથી નળાકાર  $A$  ની અંદર પિસ્ટન  $P$  ને ચોક્કસ જગ્યાએ સ્થિર કરી શકાય છે. નળાકાર  $A$  ના ખુલ્લા છેડા સાથે લિપ  $L$  જોડવામાં આવે છે. બંને નળાકાર  $A$  અને  $C$  વચ્ચે નાની જગ્યા રાખવામાં આવે છે. સ્ક્રૂ  $S_1$  ની મદદથી નળાકાર  $C$  નું સ્થાન નક્કી કરી શકાય છે. બંને નળાકાર વચ્ચેની જગ્યા યાંત્રિક રીતે નિયત કરી શકાય છે. આ સમગ્ર રચનાને ગિલ્ટન વ્હિસલ (Gilton Whistel) રીત તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.



નળાકાર  $C$  ના ઉપરના ભાગે મુખ  $N$  છે. આ મુખ પર હવાનો ઘડાકો કરી બળ પૂર્વક અંદર દાખલ કરવામાં આવે છે. ઘડાકાની હવા પાછપ  $C$  ની આરપાર નીકળી લિપ  $L$  ને અથડાય છે. તેથી પાછપ  $A$  ની અંદરની હવા આંદોલિત થાય છે. જ્યારે પાછપ  $A$  માં હવાના સ્તંભની ચોક્કસ લંબાઈ

ગોઠવાય છે ત્યારે ત્યાં અનુનાદ ઉદભવે છે . અનુનાદીય આવૃત્તિનું મૂલ્ય પાઇપ A ના વ્યાસ અને લંબાઇ પર આધાર રાખે છે.

ધારો કે  $l$  એ પાઇપ A માં હવાના સ્તંભની લંબાઇ છે.  $x$  એ અંતસુધારો છે. જો તરંગલંબાઇ  $\lambda$  હોય તો,  $\lambda = 4(l + x)$  થાય.

ધ્વનિની આવૃત્તિ  $f = \frac{v}{\lambda}$  જ્યાં  $v$  એ ઉત્પન્ન ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ છે.

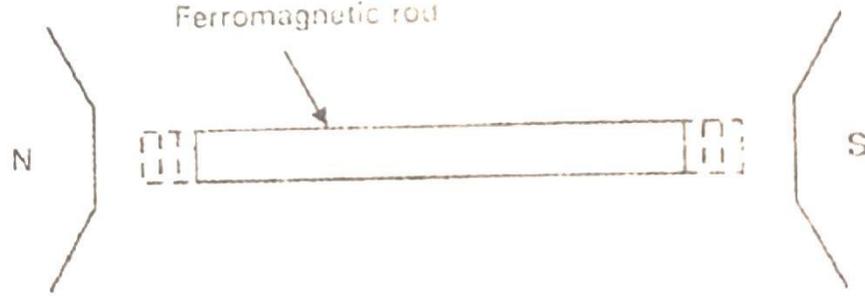
$$f = \frac{v}{4(l + x)}$$

આ હિસલની રીત થી  $30H_z$  ની આવૃત્તિવાળો ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આ આવૃત્તિ માપવા માટે માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ  $S_1$  ની મદદ લેવાય છે.

## (2) યુબકીય વિરૂપણની રીત:

ઉચ્ચ આવૃત્તિના અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરવા માટે આ રીત ઉપયોગી છે. આ રીત જૂલ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઇ.સ. 1947માં શોધી હતી.

સિધ્ધાંત : ફેરોમેગ્નેટીક ગુણધર્મ ધરાવતા સળિયાને સખત યુબકીય ક્ષેત્રમાં યુબકીયક્ષેત્રની લંબાઇને સમાંતર મૂકતાં આપેલ યુબકીયક્ષેત્રની આવૃત્તિને સળિયાની લંબાઇમાં ઉલટસૂલટ રીતે વધારો કે ઘટાડો થાય છે. મુખ્યત્વે લોખંડ અને નિકલ જેવી ધાતુમાંથી બનાવેલા સળિયા ખાસ ઉપયોગમાં લેવાય છે. સળિયાની લંબાઇમાં થતો ફેરફાર આપાત યુબકીયક્ષેત્રની માત્રાને સમપ્રમાણ હોય છે. સળિયાની લંબાઇમાં આ રીતે વધારો-ઘટાડો થવાની ઘટનાને યુબકીય વિરૂપણની રીત (Magnetostriction method) કહે છે. આ ઘટના આકૃતિમાં દર્શાવેલી છે.



જ્યારે આવા ચુંબકીય ગુણ ધરાવતા સળિયાને દોલિત ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં લંબાઈને સમાંતર મૂકવામાં આવે છે ત્યારે તેની લંબાઈમાં થતો વધારા ઘટાડાની (દોલનો) આવૃત્તિનું મૂલ્ય બેવડાય છે. જે દોલિત ચુંબકીય ક્ષેત્ર પર આધારિત છે.

જ્યારે સળિયામાં ઉત્પન્ન થતાં દોલનોની આવૃત્તિનું મૂલ્ય સળિયાની કુદરતી આવૃત્તિના જેટલી થાય છે. ત્યારે અનુનાદ થાય છે. સળિયાના દોલનોની આવૃત્તિનું મૂલ્ય નીચેના સૂત્રથી અપાય છે.

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} Hz$$

અહીં  $E$  એ યંગ મોડ્યુલસ (સ્થિતિસ્થાપકતા અંક) છે. અને  $\rho$  એ ઘનતા છે. અન્ય તમામ ફેરોમેગ્નેટીક ગુણ ધરાવતી ધાતુઓ પૈકી  $Ni$  નો સળિયો સારૂ પરિણામ આપે છે.

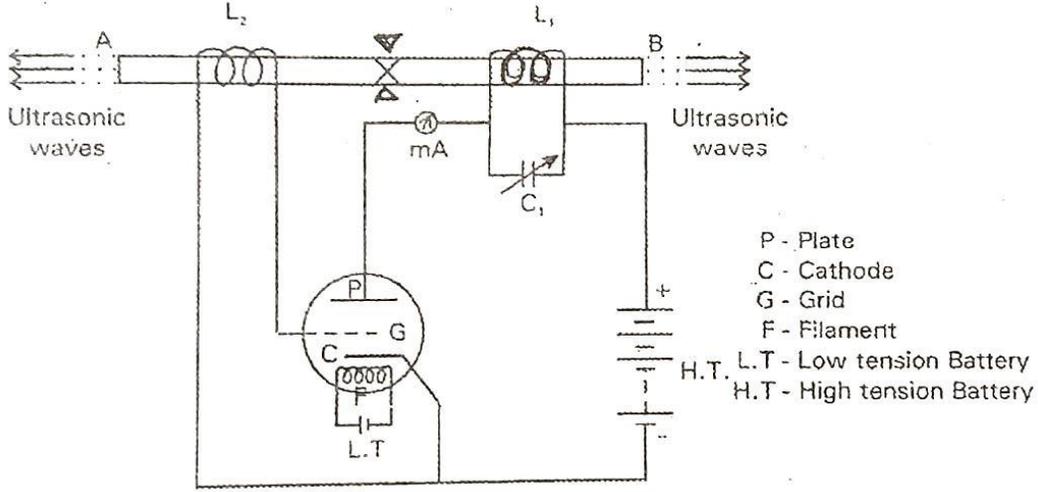
પ્રાયોગિક ગોઠવણ:

સળિયામાં ઉત્પન્ન થતાં આ પ્રકારના દોલનો જાળવી રાખવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણ આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે. જેને મેગ્નેટોસ્ટ્રીક્શન દોલક કહે છે. આ ગોઠવણ જી. ડબલ્યુ. પીઅર્સ દ્વારા શોધાયેલ છે.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ  $AB$  એ ચુંબકીય ગુણ ધરાવતો લોખંડ કે નિકલનો સળિયો છે. સળિયાને મધ્યબિંદુ  $X$  આગળ યાંત્રિક રીતે જકડી રાખવામાં આવે છે. સળિયા  $AB$  ના બંને છેડે બે કોઇલ(ગૂચળાં)  $L_1$  અને  $L_2$  ગોઠવેલ છે. ગૂચળા  $L_1$  ને ટ્રાયોડ વાલ્વના પ્લેટ પરિપથમાં જોડેલ છે.

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

જ્યારે  $L_2$  ને ગ્રીડ સાથે જોડેલ છે. ગૂંચળા  $L_1$  ની સાથે સમાંતર સંગ્રાહક  $C_1$  જોડેલ છે. નાના મૂલ્યના પ્રવાહ મીલીમીટરને પ્લેટ વિજપરીપથ વિભાગમાં શ્રેણીમાં જોડેલ છે. ઊંચા વોલ્ટેજની



બેટરીને કેથોડ મારફતે અનુનાદ વિજપરીપથમાં જોડવામાં આવે છે.  $L_1$  અને  $C_1$  ના મૂલ્યો પરથી અનુનાદીય પરિપથમાં આવૃત્તિ નક્કી થાય છે.

શરૂઆતમાં સળિયાને D.C. સપ્લાય લાગુ કરવામાં આવે છે. H.T. બેટરીને ચાલુ કરતાં ગૂંચળા  $L_1$  માં પ્લેટ વિજપ્રવાહનું વહન થાય છે. જેથી સળિયો ચુંબકત્વ પ્રાપ્ત કરે છે. પ્લેટ પ્રવાહના સહેજ પણ ફેરફારથી ચુંબકત્વ માં ફેરફાર થાય છે અને તેથી સળિયાની લંબાઈમાં પણ ફેરફાર થાય છે. આ ફેરફારને લીધે ગ્રીડ પરિપથમાં જોડેલ ગૂંચળા  $L_2$  ના ફલક્સમાં ફેરફાર થાય છે અને તેથી ગૂંચળા  $L_2$  માં પ્રેરિત  $e.m.f.$  પેદા થાય છે. ટ્રાયોડ વાલ્વથી આ  $e.m.f.$  વિવર્ધિત થાય છે અને તે ગૂંચળા  $L_1$  માં અનુવર્તી અસર કરે છે. આ પ્રેરિત  $e.m.f.$  પ્લેટ પરિપથમાંથી પણ પસાર થાય છે. અને તેથી સળિયા  $AB$  માં દોલનો ઉત્પન્ન થાય છે અને જળવાઈ રહે છે. ઉપરાંત સળિયાના દોલનો મોટા કંપવિસ્તારવાળા બને છે. ચલિત કેપેસિટર  $C_1$  ની મદદથી દોલનોની આવૃત્તિને નિયત કરવામાં આવે છે.

જ્યારે સળિયા માં ઉત્પન્ન થતાં દોલનોની આવૃત્તિ અને સળિયાની કોઈ એક કુદરતી આવૃત્તિ સમાન થશે ત્યારે અનુનાદ થાય છે. જ્યારે અનુનાદ થાય છે ત્યારે મીલીએમીટર મહત્તમ પ્રવાહ દર્શાવશે

અને સળિયો અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની આવૃત્તિથી કંપવા લાગે છે. (દોલિત થાય છે.)આમ, સળિયામાં અલ્ટ્રાસોનિક્સતરંગો ઉત્પન્ન થાય છે.

આ રીતથી ઉત્પન્ન થતા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની આવૃત્તિનું મૂલ્ય સળિયાની લંબાઈ  $l$ , ઘનતા  $\rho$  અને સળિયાના સ્થિતિસ્થાપકતા અંક  $E$  પર આધાર રાખે છે.

$$\text{અર્થાત્ } f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

સળિયાની લંબાઈ  $l$  અને સ્થિતિ સ્થાપકતા અંક  $E$  માં ફેરફાર કરીને ઇચ્છીત મૂલ્યના અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આ રીત થી  $60 \text{ KH}_z$  જેટલી આવૃત્તિનો અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે.

### (3)દાબ વિદ્યુતીય રીત( Piezo- Electric Effect):

ઇ.સ. 1880 માં ક્યુરી બ્રધર્સ દ્વારા આ રીતની શોધ કરવામાં આવી હતી. ગ્રીક શબ્દ “Piezo” એટલે કે દબાણ તે પરથી આ રીતને દાબ વિદ્યુતીય રીત તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

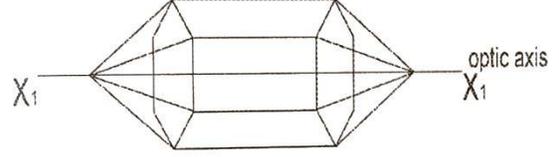
જ્યારે ક્વાર્ટ્ઝ, ટુર્મેલિન પ્લેટ, રોસેલા સોલ્ટ જેવા સ્ફટિકોના બે સામ સામેનાં પૃષ્ઠો (opposite faces) ઉપર દબાણ લગાડવામાં આવે છે ત્યારે આ પૃષ્ઠોને લંબ રહેલ અન્ય સામે સામેનાં પૃષ્ઠોનાં જોડકાં પર વિજભાર જમા થાય છે. અહીં આવા સ્ફટિકોને તેની દગ અક્ષ (optic axis) ને લંબ રહે તે રીતે પૃષ્ઠોને કાપવામાં આવે છે.

જો દબાણને બદલે તણાવ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે તો પૃષ્ઠો પરના વિજભારનો પ્રકાર ( ધન કે ઋણ વિજભાર) બદલાય છે. આ પ્રયોગની શોધ સૌ પ્રથમ જે. ક્યુરી અને પી. ક્યુરી એ કરી હતી. જે પીઝો ઇલેક્ટ્રીક અસર (Piezo Electric Effect) તરીકે ઓળખાય છે.

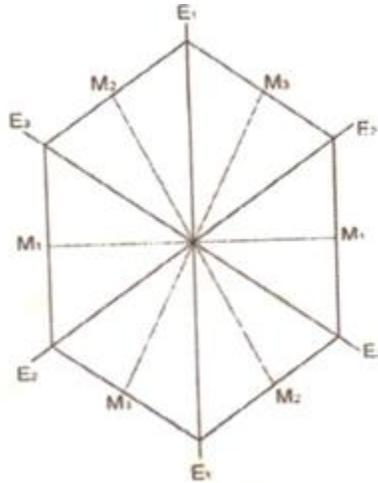
ઊલટી પીઝો ઇલેક્ટ્રીક અસર પણ ઉદભવે છે અર્થાત્ જો ચોક્કસ રીતે કાપેલા સ્ફટિકોના સામ સામેના પૃષ્ઠોના જોડકાં પર A.C. વોલ્ટેજ લાગુ પાડવામાં આવે તો , તેને લંબ અન્ય પૃષ્ઠોના પરિણામમાં ફેરફારનો ધી શકાય છે એટલે કે તે પૃષ્ઠોમાં દબાણ કે તણાવ ઉદભવે છે. જે પદાર્થોમાં

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

આ અસર જોવા મળે છે તેને “પીઝો ઇલેક્ટ્રીક સ્ફટિકો” કહે છે. જ્યારે આવા પદાર્થોની પ્લેટો કાપીને આ પ્રયોગ કરવામાં આવે છે ત્યારે ઉત્તમ પરિણામ મળે છે. અહીં દગ અક્ષ (optic axis) ને અનુરૂપ કાપેલ સ્ફટિકનાં પૃષ્ઠોની દિશા ખૂબ અગત્યની બાબત છે. આકૃતિમાં ક્વાર્ટઝ સ્ફટિક દર્શાવેલ છે.

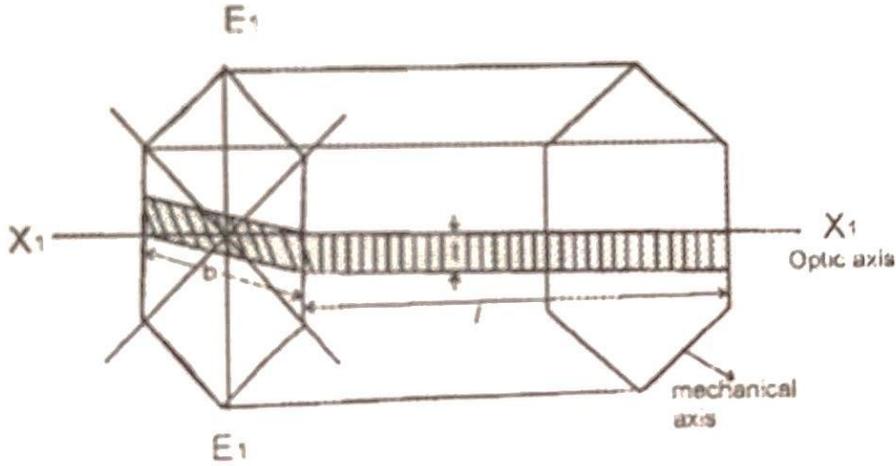


આમ, દગ અક્ષને લંબરૂપે કાપેલ ક્વાર્ટઝ સ્ફટિકના બે સામ સામેના પૃષ્ઠોના જોડકાં પર ઉલટ સૂલટ વોલ્ટેજ (alternative voltage) લાગુ પાડવામાં આવે છે. ત્યારે તેને લંબ અન્ય પૃષ્ઠોની લંબાઈ કે પહોળાઈમાં સંકોચન (contraction) અને વિસ્તરણ (expansion) થતું જોવા મળે છે અને સ્ફટિક ઈલિત (vibrating) થાય છે. અર્થાત્ સ્ફટિકની લંબાઈ-પહોળાઈમાં વધારો-ઘટાડો જોવા મળે છે. નીચે આકૃતિમાં કુદરતી રીતે મળતા ક્વાર્ટઝ સ્ફટિકની ઇલેક્ટ્રીક અક્ષો અને યાંત્રિક (mechanical) અક્ષો દર્શાવતો હેક્ઝાગોનલ (ષષ્ઠકોણીય) આડછેદ દર્શાવેલ છે.



## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

નીચે આકૃતિમાં સ્ફટિકમાંથી કાપેલ પ્લેટ દર્શાવેલ છે . પ્લેટની લંબાઈ વિજ અક્ષો (electric axis)  $E_1E_1$ ને લંબ છે. આકૃતિમાં  $t$  અને  $b$ અનુક્રમે પ્લેટની જાડાઈ (thickness)અને પહોળાઈ (width)છે. જ્યારે પ્લેટના સામસામેના પૃષ્ઠો પર વિજ સ્થિતિમાનનો તફાવત (electric potential)લગાવવાથી તેની લંબાઈમાં વધારો-ઘટાડો એવીરીતે જોવા મળે છે કે જેથી પ્લેટ નું કુલ કદ અચળ રહે. જો લાગુ પાડવામાં આવેલ એ.સી. વોલ્ટેજની આવૃત્તિનું મૂલ્ય ક્વાર્ટઝ સ્ફટિક(પ્લેટ)ની કુદરતી આવૃત્તિના મૂલ્ય બરાબર થાય તો સ્ફટિકમાં અનુનાદની ઘટના ઉદભવે છે અને તેથી અલ્ટ્રાસોનિકસ તરંગો ઉદભવે છે.



પ્લેટમા દોલિત તરંગોની આવૃત્તિ નીચેના સૂત્રથી શોધી શકાય છે.

$$f = \frac{p}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{or} \quad f = \frac{p}{2t} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

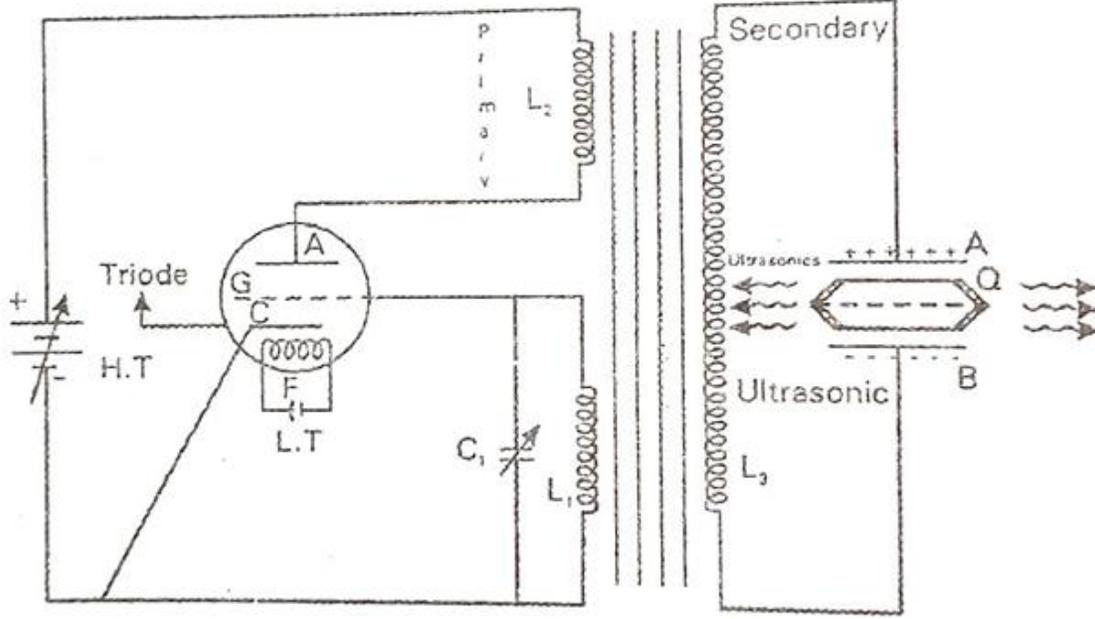
જ્યાં  $p = 1, 2, 3, \dots$  વગેરે  $E$ એ સ્ફટિકની સ્થિતિસ્થાપકતા દર્શાવે છે. અને  $\rho$ એ સ્ફટિકની ઘનતા છે.  $l$ અને  $t$ એ સ્ફટિકની અનુક્રમે લંબાઈ અને જાડાઈ દર્શાવે છે.

સ્ફટિકમાંના સંગત તરંગોનો વેગ  $v$ હોય તો ક્વાર્ટઝ માટે  $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 5.5 \times 10^3 \text{ m/s}$

આવા સ્ફટિકની લંબાઈ  $5 \text{ mm}$  ( $0.05$  મીટર) હોય તો, આવૃત્તિ  $f = \frac{1}{2 \times 0.05} \times 5.5 \times 10^3 = 5.5 \times 10^4 \text{ Hz}$

પ્રાયોગિક ગોઠવણ:

પી. લેન્જેવીને આ રીતથી અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણી ઇ.સ. 1917 માં દર્શાવી હતી. આ માટેનો વિજપરીપથ નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે.



સૌ પ્રથમ ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિકની પાતળી તકતી  $Q$  (Thin slice) સામસામેના પૃષ્ઠો તેની optic અક્ષને લંબ રહે તેમ કાપવામાં આવે છે. આ પાતળી પ્લેટને બે ધાતુની તકતીઓ  $A$  અને  $B$  વચ્ચે રાખવામાં આવે છે. જે આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે. તકતીઓ  $A$  અને  $B$  ને આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ ગૌણ ગૂચળા  $L_3$  સાથે જોડવામાં આવે છે. ગૂચળાં  $L_1, L_2$  અને  $L_3$  એ ટ્રાયોડ વાલ્વના દોલિત પરિપથમાં પ્રેરિત રીતે જોડાયેલ હોય છે. ટેન્ક વિજપરીપથમાં ગૂચળા  $L_1$  ને ચલિત સંગ્રાહક  $C_1$  સાથે સમાંતર જોડીને ગ્રીડ અને કેથોડની સાથે શ્રેણી જોડાણ આપવામાં આવે છે.

ગૂચળા  $L_2$  નો એક છેડો ગ્રીડ સાથે અને બીજો છેડો ઉચ્ચ વોલ્ટેજ ધરાવતી બેટરી સાથે જોડાય છે. આ બેટરીથી ટ્રાયોડ વાલ્વના કેથોડને ગરમ કરવામાં આવે છે.

કાર્ય પદ્ધતિ: જ્યારે ઉચ્ચ વોલ્ટેજ (H.T.) દ્વારા વિજપરીપથમાં વોલ્ટેજ આપવામાં આવે છે ત્યારે દોલક દ્વારા ઉચ્ચ આવૃત્તિનો વિજસ્થિતિમાનનો તફાવત ઉત્પન્ન થાય છે. ચલિત સંગ્રાહક  $C_1$  દ્વારા

દોલનોની આવૃત્તિને નિયંત્રિત કરાય છે. ટ્રાન્સફોર્મરના કાર્ય મુજબ ઉત્પન્ન  $emf$  ગૌણ ગૂંચળાં  $L_3$  માં પ્રેરિત થાય છે. તેથી તેની સાથે જોડાયેલી પ્લેટ  $A$  અને  $B$  પર આ  $emf$  અસર ઉત્પન્ન કરે છે. જેથી બંને પ્લેટ વચ્ચે ગોઠવેલી ક્વાર્ટ્ઝની તકતી દોલિત થાય છે. અને દોલનો ઉત્પન્ન થાય છે. સંગ્રાહક  $C_1$  નું યોગ્ય મૂલ્ય ગોઠવીને અનુનાદની શરત સંતોષી શકાય છે. અર્થાત્  $C_1$  ના ચોક્કસ મૂલ્ય માટે અનુનાદની ઘટના ઉદભવે છે. સ્ફટિકની તકતીના દોલનોની આવૃત્તિ અને પરિપથના દોલનોની આવૃત્તિ સમાન થાય છે જેના પરિણામે ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિક ( તકતી)માં ઉચ્ચ આવૃત્તિના સંગત તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિથી  $5 \times 10^8 Hz$  સુધીની આવૃત્તિના અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

### અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ખોજ

અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ખોજ ઘણી રીતે કરી શકાય છે તે પૈકી કેટલીક રીત નીચે દર્શાવેલ છે.

(1)કુડની નળી દ્વારા (2) સંવેદિત જ્યોત દ્વારા (3)ઉષ્મીય ખોજ (4)ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિક રીત.

(1)કુડની ટ્યુબ દ્વારા:

કુડની નળીનો ઉપયોગ કરીને અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. લાયકોપોડિયમ પાઉડર ભરેલી કાચની નળીમાં જ્યારે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો પસાર કરવામાં આવે છે. ત્યારે નળીમાં નોડલ બિંદુઓ મળે છે. કોઈ બે નોડલ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર અડધી તરંગ લંબાઈને સમતુલ્ય હોય છે.

$$\text{અર્થાત્ } d = \frac{\lambda_{us}}{2}$$

નાની તરંગલંબાઈના અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો માટે આ રીત ઉપયોગી નથી. પ્રવાહી માધ્યમ માટે લાયકોપોડિયમ પાવડરને બદલે કોલસાનો બારીક ભૂકો કે હવા મુક્ત રેત વપરાય છે અને નોડલ બિંદુનું સ્થાન નિશ્ચિત કરાય છે.

(2)સંવેદિત જ્યોતની રીત:

માધ્યમમાં સંવેદિત જ્યોત દ્વારા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ખોજ કરી શકાય છે. સંવેદિત જ્યોતને માધ્યમમાં હલન ચલન કરાવીને જ્યોતની સ્થિતિની મદદથી નોડસ અને એન્ટીનોડસનાં સ્થાન મેળવી શકાય છે. બે ક્રમિક નોડસ વચ્ચેનું અંતર શોધીને અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની તરંગલંબાઈ નક્કી કરાય છે. માધ્યમમાં તેના વેગને આધારે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની આવૃત્તિ જાણી શકાય છે.

(3) ઉષ્મા ખોજક રીત :

અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ખોજ માટે સૌથી વધારે પ્રચલિત રીત છે. આ રીતમાં માધ્યમમાં પાતળો પ્લેટીનમ તાર પસાર કરવામાં આવે છે. જેથી સંઘનનો અને વિઘનનો લીધે નિષ્પંદ બિંદુઓ પાસે તાપમાન બદલાય છે અને તેથી પ્લેટીનમ તારનો અવરોધ પણ બદલાય છે. ગ્રિફિથ અને કેલિન્ડર બ્રીજની મદદથી આ અવરોધનો વધારો-ઘટાડો માપી શકાય છે. સસ્પેન્ડ બિંદુએ તાપમાન અચળ થતાં તારનો અવરોધ પણ અચળ થાય છે. આ અચળ અવરોધ વખતે વ્હિસ્ટન બ્રીજ પરીપથમાં નલ બિંદુ આવર્તન જોવા મળે છે.

(4) ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિક રીત :

આ રીતમાં ક્વાર્ટ્ઝની યોગ્ય રીતે કાપેલી તકતીના સામ સામેના પૃષ્ઠો પર દબાણ કે તણાવ લાગુ પાડતાં તેને લંબ અન્ય બે સામ સામેના પૃષ્ઠો પર વિજભાર જમા થાય છે. આ વિજભારોને વિવર્ધિત કરી તેને આધારે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ખોજ થઈ શકે છે.

**અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના ઉપયોગો (Applications of Ultrasonic):**

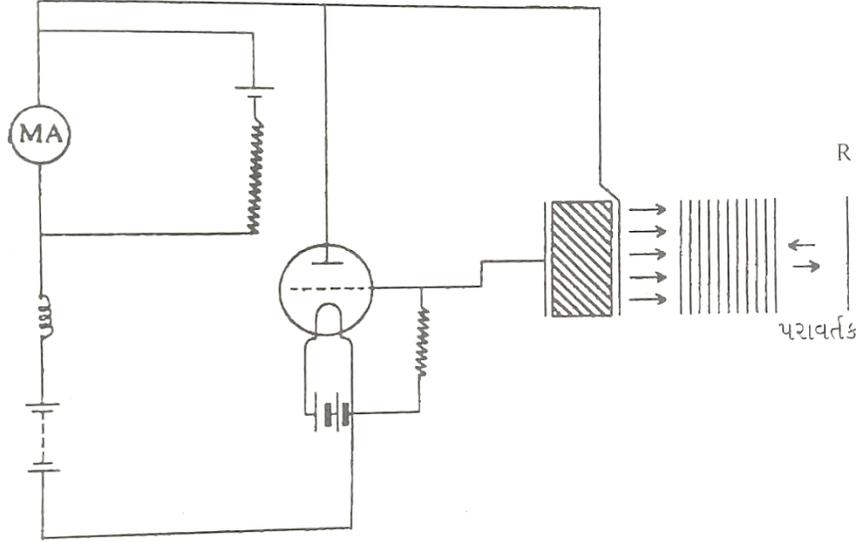
અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના ઘણા ઉપયોગો છે જે નીચે મુજબ છે.

(1) પ્રવાહી અને વાયુઓમાં વેગ :

પીયર્સે અને બીજા વૈજ્ઞાનીકોએ અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોને વેગ માપવા માટે સ્થિત તરંગની રીતનો ઉપયોગ કર્યો છે. નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ફીઝલેક્ટ્રીક દોલનમાંથી ઉત્પન્ન થયેલા તરંગોને તેની સામે રાખવામાં આવેલા એક સમતલ પરાવર્તક પરથી પરાવર્તિત કરવામાં આવે છે.

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

આમ, આપાત તરંગ અને પરાવર્તિત તરંગોના સંપાતીકરણને પરિણામે સ્થિત તરંગોની રચના તૈયાર થાય છે. અહીં અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરતા સ્ફટિકના પરિણામો તરંગની સરખામણીમાં ઘણાં મોટાં હોવાથી દોલકમાંથી લગભગ સમતલ તરંગો ઉદભવે છે એમ માની શકાય છે. હવે જો પરાવર્તન પામી દોલક પર પાછા આવતા તરંગોની કળા એવી હોય કે જેથી તે તરંગોને લીધે ઉદભવતા સ્ફટિકનાંદોલનો સ્ફટિકનાં મૂળ યાંત્રિક દોલનોને સહાયક સ્થિતિમાં હોય તો સ્ફટિકના દોલનો મોટાં કંપવિસ્તારવાળા બને છે. અને એનોડ વિદ્યુતપરીપથમાં રાખેલું માઇક્રોએમીટર મહત્તમ વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે. માઇક્રોએમીટરની સમાંતર જોડેલા વિદ્યુતકોષ અને પોટેન્શિયોમીટરથી સાધનની સંવેદિતા વધારી શકાય છે.



સ્ફટિકનાં મૂળ યાંત્રિક દોલનો અને પરાવર્તન પામી પાછા ફરતા તરંગોનાં દોલનો એકબીજાને સહાયક સ્થિતિમાં ત્યારે હશે કે જ્યારે તેમની વચ્ચેનો પથ તફાવત  $n\lambda$  હોય. હવે જો પરાવર્તકને  $\frac{\lambda}{2}$  જેટલું અંતર ખસેડવામાં આવે તો પથ તફાવતમાં  $\lambda$  જેટલો ફરક પડતાં ફરી વાર મહત્તમની શરત પળાય છે અને બીજું મહત્તમ પ્રાપ્ત થાય છે.

ઉત્પન્ન થતા તરંગોની આવૃત્તિ જેવી રીતે રેડિયો વિદ્યુતપરીપથની બાબતમાં કરવામાં આવે છે. તેમ, વેવમીટર ની મદદથી શોધી કાઢવામાં આવે છે. અને  $v = n\lambda$  સૂત્રનો ઉપયોગ કરી વેગ શોધી શકાય છે. પીયર્સ મેળવેલાં પરિણામો નમૂના નીચે રજૂ કરેલા છે.

$0^{\circ}\text{C}$  તાપમાને હવામાં વેગ

$$n = 1000 \text{ ઈલેન/સે.}, v = 331.94 \text{ મી./સે.}$$

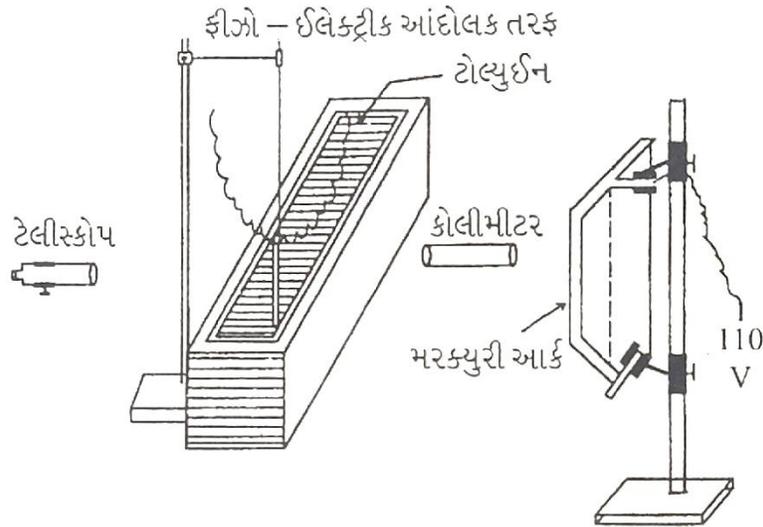
$$n = 5 \times 10^4 \text{ ઈલેન/સે.}, v = 332.47 \text{ મી./સે.}$$

$$n = 1.5 \times 10^6 \text{ ઈલેન/સે.}, v = 331.64 \text{ મી./સે.}$$

આ રીતનો ઉપયોગ કરી પ્રવાહી માધ્યમમાં પણ અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોનો વેગ શોધી શકાય છે. આ આખી રચનાને “અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઇન્ટરફેરોમીટર” કહે છે.

(2) ધ્વનિનો પ્રવાહીમાં વેગ :

જ્યારે કોઈ માધ્યમમાં સ્થિત સંગત તરંગોની રચના ઉપજાવવામાં આવે છે. ત્યારે માધ્યમનાં જુદાં જુદાં બિંદુઓ પાસે રચાતાં સંઘનનો અને વિઘનનોને કારણે માધ્યમની ઘનતા ચોક્કસ રીતે વહેંચાયેલી હોય છે. હવે આવા માધ્યમમાં જ્યારે પ્રકાશનાં સમાંતર કિરણો લંબરૂપે પસાર કરવામાં આવે છે ત્યારે માધ્યમ ગ્રેટિંગ તરીકે વર્તે છે. આવા ગ્રેટિંગનો ઉપયોગ કરી પ્રકાશની તરંગલંબાઈ જાણતા હોઈએ તો ગ્રેટિંગ એલીમેન્ટ શોધી શકાય છે. સ્થિત સંગત તરંગો માટે અનુક્રમે આવતાં બે નિષ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેના અંતરને ગ્રેટિંગ એલીમેન્ટ કહેવામાં આવે છે.



આ રીતમાં આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કાયના એક લંબચોરસ વાસણમાં ફીઝોઇલેક્ટ્રીક દોલકના સ્ફટિકને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી ઉત્પન્ન થતા સંગત અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો વાસણની લંબાઇને સમાંતર દિશામાં ગતિ કરે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલા સંગત તરંગો વાસણની સામેની દીવાલ પરથી પરાવર્તન પામી , આપત થતા તરંગો પર સંપાતીકરણ અનુભવી સ્થિત તરંગોની રચના ઉપજાવે છે.

હવે મર્ક્યુરી આર્કમાંથી ઉત્પન્ન થતા પ્રકાશને કોલીમીટર વડે સમાંતર કરી આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અલ્ટ્રાસોનિક્સ ગ્રેટિંગમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. આમ, દૂરબીનમાં જુદા જુદા ખૂણે જુદા જુદા ક્રમના પારાના વર્ણપટો જોઇ શકાય છે.  $N\lambda_m = d \sin \theta$

અહીં  $d$  = ગ્રેટિંગ એલિમેન્ટ = અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગલંબાઇ  $\lambda, \lambda_m$  = મર્ક્યુરી આર્કની કોઇ એક વર્ણપટની રેખાની તરંગલંબાઇ છે.  $N = 1, 2, 3 \dots$  = વર્ણપટનો ક્રમ.

ઉપરોક્ત સૂત્રમાં જો  $\lambda_m$  જાણતા હોઇએ તો  $d$  ની કિંમત એટલે કે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગની તરંગલંબાઇ શોધી શકાય છે. વળી, અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની આવૃત્તિ વેવમીટર થી માપી શકાય છે. આમ, અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની તરંગલંબાઇ અને આવૃત્તિ નક્કી કરવાથી  $v = n\lambda$  સૂત્ર પરથી તેનો પ્રવાહીમાં વેગ શોધી શકાય છે.

**(3) ચેતવણી દર્શક તરીકે ઉપયોગ ( As a signaling):**

અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની તરંગલંબાઇ ખૂબ નાની હોવાથી તીક્ષ્ણ વિવર્તન અસર ઉપજાવી શકાય છે. તેથી તેમને લાંબા અંતરો સુધી ફેલાયા સિવાય તીક્ષ્ણ કિરણાવલી (beam formation)ના રૂપે મોકલી શકાય છે. તેથી અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોને રડાર મારફતે ચેતવણી દર્શક ઉપયોગમાં લઇ શકાય છે.

જોદાબ વિધુતીય રીતમાં ક્વાર્ટઝ સ્ફટિકની  $r$  ત્રિજ્યાની તકતી લેતાં , ઉત્પન્ન થતા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો  $\theta$  કોણવાળા શંકુમાં રહેલી દિશામાં પ્રસરશે. જેથી,  $\sin \theta = \frac{0.61 \lambda}{r}$

નાના મૂલ્યની તરંગલંબાઇ ( $\lambda$ ) માટે  $\theta$  નું મૂલ્ય ખૂબ નાનું થશે તેથી કિરણાવલી સાંકડી અને તીક્ષ્ણ બનશે.

(4)સમુદ્રમાં ઊંડાઈ માપવા માટે :

સરોવર કે સમુદ્રમાં પાણીની ઊંડાઈ માપવા માટે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો વપરાય છે. આ રીત 'echo depth sounding' તરીકે ઓળખાય છે. આ હેતુ માટે પીઝો ઇલેક્ટ્રીક ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિક વપરાય છે. ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિક દ્વારા આપાત થયેલ અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોને સમુદ્રકે સરોવરના તળીયા સુધી મોકલાય છે. જ્યાંથી તે પરત પરાવર્તિત થાય છે અને સ્ફટિક દ્વારા "echo" નોંધાય છે. આ આપાત અને પરાવર્તિત તરંગો સંકેતો ને લાગતો સમય (t)ઓસિલોસ્કોપની મદદથી માપી શકાય છે. જો સમુદ્રના પાણીમાં પસાર થતા તરંગોનો વેગ  $v$  હોય અને તળિયે જઈને પરત આવતા તરંગોને લાગતો સમય હોય  $t$  તો પાણીની ઊંડાઈ ( $d$ ) નું મૂલ્ય  $d = \frac{v \times t}{2}$  વડે મપાય છે.

(5) SONA (Sound Navigation and Ranging):

અલ્ટ્રાસોનિક્સના ઉપયોગ માટે SONARમોટું ક્ષેત્ર છે. તે echo soundingના સિધ્ધાંત પર આધારિત છે આ ધ્વનિશાસ્ત્રીય રીતમાં ખૂબ ઊંચી આવૃત્તિવાળા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો વપરાય છે. જ્યારે આવી ઉચ્ચ આવૃત્તિ ધરાવતા તરંગોને સમુદ્રના પાણીમાં પારગમિત (transmitted) કરતાં પાણીમાં રહેલા કોઈ પદાર્થથી પરાવર્તિત થાય છે. પરાવર્તિત આ તરંગો સંકેતો (echo signal) દ્વારા વેગ, અંતર અને પદાર્થ (object) ની દિશા તથા સ્થાન નક્કી કરી શકાય છે.

SONAR ની મદદથી સબમરીન, હિમશીલા(icebergs)ની દિશા, સ્થાન (location) અને અંતર નક્કી કરી શકાય છે સમુદ્રમાં તળિયે રહેલા ખડકો કે અન્ય વસ્તુઓ કેટલી ઊંડાઈએ છે તે પણ શોધી શકાય છે.

(6) પદાર્થના બંધારણનો અભ્યાસ(To study of structure of Matter):

અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના ઉપયોગથી માધ્યમના ઉષ્મા ગતિશાસ્ત્રને લગતા ઘણા અચળાંકો જેવા કે દાબનીયતા(compressibility), શોષણાંક(absorption co-efficient), વિશિષ્ટ ઉષ્મા (specific heat), ઘનતા(density), રાસાયણિક બંધારણ, આણ્વિક બંધારણ વગેરેનો અભ્યાસ કરી શકાય છે. આ માટે

માધ્યમમાં (પ્રવાહી કે ગેસ) અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોનો વેગ મપાય છે તથા તાપમાન અને આવૃત્તિ સાથે વેગમાં થતો ફેરફાર નક્કી કરવામાં આવે છે.

(7)સ્ફટિકોની સ્થિતિ સ્થાપકીય સંમિતિ (Elastic symmetries of crystals):

ચોક્કસ સ્ફટિકો પર અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો આપાત કરવામાં આવે છે ત્યારે તે સ્ફટિકો , પ્રકાશીય કિરણ માટે ગ્રેટિંગ તરીકે વર્તે છે. આ રીતે સ્ફટિકનો ગ્રેટિંગ તરીકે ઉપયોગ કરી વિવર્તન ભાત પરથી સ્ફટિકના સ્થિતિસ્થાપકતા અંકો અને સ્થિતિસ્થાપકીય સંમિતિ મેળવી શકાય છે.

(8)ઉષ્મીય અસર(Thermal Effect):

જ્યારે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો કોઈ પદાર્થમાં પ્રવેશે છે ત્યારે સ્ફટિકમાં(પદાર્થ)ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે. અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોને  $0^{\circ}\text{C}$ તાપમાન ધરાવતા પાણીની સપાટી ઉપર તરતા બરફમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. ત્યારે તે ભાગનું પાણી ઉકળે છે અને સપાટી ઉપર તરતા બરફ પર કોઈ અસર થતી નથી.

(9)યાંત્રિક અસર અને ઔદ્યોગિક ઉપયોગો (Mechanical effects and Industrial Uses):

સખત સ્ટીલ, કેટલીક ધાતુઓ કે તેમની મિશ્રધાતુઓમાં કાણાં (holes) પાડવા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉપયોગી છે. અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો જેટલી આવૃત્તિથી કંપતો (oscillating) કાયનો સળિયો સખત ધાતુમાં (દા.ત. લોખંડ) એટલી સહેલાઈથી કાણું પાડી શકે છે કે જેટલી સહેલાઈથી ચપ્પુ માખાણમાં ધુસી જાય. આ તરંગોની મદદથી કિંમતી સાધનો (instruments) માંથી કચરો(dust particles) અને તૈલી ભાગ દૂર કરી શકાય છે. ગરમ (woollen) અને સિલ્કના (silk fabrics) કપડાં ધોવા તેમજ ટેક્ષટાઇલ ઉદ્યોગોમાં તરંગોની ગુણવત્તા સુધારવા પણ અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

(10)ધાતુઓમાં તિરાડ શોધવા (Crack in metals):

જો કોઈ ધાતુની અંદર છુપી તિરાડ (hidden crack) કે પોલાણ હોય તો અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની મદદથી તોડફોડ વિના (non-destructive testing) શોધી શકાય છે. આવા ઊંચી આવૃત્તિવાળા તરંગોને એમિટર દ્વારા ધાતુ તરફ મોકલાય છે. પરાવર્તિત કિરણાવલી (beam)ને શોધક(detector)ની મદદથી શોધી શકાય છે. જો એમિટર અને ડીટેક્ટર બંને ધાતુથી એક જ દિશા તરફ હોય તો તરંગોના માર્ગમાં તિરાડ આવતાં ઊર્જામાં વધારો ડિટેક્ટર દ્વારા નોંધાય છે. જો તે બંને ધાતુની સામ સામેની દિશામાં હોય તો તરંગો તિરાડના સ્થાનેથી પસાર થશે ત્યારે ઊર્જા ઘટે છે. આ ઘટેલી ઊર્જાને આધારે ધાતુમાં તિરાડ શોધી શકાય છે.

(11)સોલ્ડરીંગ(Soldering):

વિદ્યુતપ્રવાહની સાથે અલ્ટ્રાસોનિક્સના ઉપયોગથી એલ્યુમિનિયમ જેવી ધાતુઓમાં સોલ્ડરીંગ કરી શકાય છે. અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઓકસાઇડના પડ ને દૂર કરે છે, તેથી સોલ્ડરીંગ સરળતાથી થાય છે.

(12)મિશ્રધાતુની બનાવટમાં :

મિશ્રધાતુ બનાવવા માટે અલ્ટ્રાસોનિક્સતરંગો બે ધાતુને મિશ્ર કરવા ઉપયોગી છે.

(13)રાસાયણિક અસર :

રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો કેટલીક જગ્યાએ એજન્ટ તરીકે કામ કરે છે.

પોટેશિયમ આયોડાઇડ(KI)માંથી આયોડિન છુટું પાડવા માટે આ તરંગો ઉપયોગી છે.

પાણી( $H_2O$ ) માંથી હાઇડ્રોજન અને હાઇડ્રોક્સીલ આયનો છૂટા પાડવા પણ તે ઉપયોગી છે.

તે પાણી અને તેલને ભેગા કરી બંનેનું મિશ્ર દ્રાવણ મેળવવા ઉપયોગી છે. અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોનો ઉપયોગ કરીને પાણી અને પારાનો રગડો પણ તૈયાર કરી શકાય છે.

(14) મેડિકલ ક્ષેત્રે

ઘણા બધા રોગોના નિદાનમાં આ તરંગો ઉપયોગી છે. કિડનીમાં રહેલ પથરીને દૂર કરવા તથા મગજની ગાંઠ (brain tumour) લોહી નીકળ્યા વિના દૂર કરી શકાય છે. તૂટેલા દાંતને દૂર કરવા પણ તે ઉપયોગી છે દૂધમાં બેક્ટેરીયાને મારી નાખવા માટે અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો વપરાય છે. માનવ શરીરમાં રક્તવાહીનીમાં રક્ત સંચારના વેગના (blood flow velocity) માપન માટે પણ ઉપયોગી છે. કેન્સર તથા અન્ય ગાંઠોના નિદાન માટે અને રક્તવિહિન વાઢકાપ માટે પણ તે ઉપયોગી છે.

(15) ઉંદર, દેડકા, માછલી, કીડી, મચ્છર અને જીવજંતુઓને અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની મદદથી મારી શકાય છે.

દાખલાઓ :

1.0.5 cm જાડાઈ ધરાવતી ક્વાર્ટઝની તકતી અનુનાદિત આવૃત્તિએ કંપે છે. આ મૂળભૂત આવૃત્તિનું મૂલ્ય શોધો.

(યંગનો સ્થિતિસ્થાપકતા અંક  $7.9 \times 10^{10} N/m^2$  અને ક્વાર્ટઝની ઘનતા  $2650 Kg/m^3$ )

$$\text{અનુનાદિત મૂળભૂત આવૃત્તિ } n = \frac{1}{2t} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$t = 0.5 \text{ cm} = 0.005 \text{ m}$$

$$E = 7.9 \times 10^{10} N/m^2$$

$$\rho = 2650 Kg/m^3$$

$$\therefore n = \frac{1}{2 \times 0.005} \times \sqrt{\frac{7.9 \times 10^{10}}{2650}} = \frac{0.0546 \times 10^5}{0.01} = 5.460 \times 10^3 = 5460 \text{ Hz}$$

2. એક પીઓ ઇલેક્ટ્રીક ક્વાર્ટઝ તકતીની જાડાઈ 1 mm છે. જો ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિના સંગત તરંગોનો વેગ 5760 m/sec હોય તો ક્વાર્ટઝની મૂળભૂત આવૃત્તિની ગણતરી કરો.

$$\text{જાડાઈ } t = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m}, \text{ વેગ } v = 5760 \text{ m/s}, \text{ જાડાઈ } t = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \lambda = 2 \times \text{જાડાઈ} = 2 \times 0.001 = 0.002 \text{ m}$$

હવે મૂળભૂત આવૃત્તિ  $n = \frac{v}{\lambda}$

$$\therefore n = \frac{5760}{0.002} = 288 \times 10^4 \text{ Hz} = 2880 \text{ KHz}$$

3. એક દોલિત સ્ફટિકની મૂળભૂત આવૃત્તિ  $434 \text{ KHz}$  છે. તો તેની જાડાઈ શોધો.

$$\left[ E = 7.7 \times \frac{10^{10} \text{ N}}{\text{m}^2}, \rho = 2.654 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3 \right]$$

$$n = 434 \text{ KHz} = 434 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$E = 7.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 2.654 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$$

આવૃત્તિ  $n = \frac{1}{2t} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$$\text{જાડાઈ } t = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \frac{1}{2 \times 434 \times 10^3} \sqrt{\frac{7.9 \times 10^{10}}{2.654 \times 10^3}} = \frac{1}{868 \times 10^3} \times 05.46 \times 10^3$$

$$= 6.29 \times 10^{-3} = 0.0063 \text{ m} = 0.63 \text{ cm}$$

4. અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરવા માટે યોગ્ય રીતે કાપેલી ક્વાર્ટ્ઝની તકતીની જાડાઈને સમાંતર A.C. વિદ્યુતસ્થિતિમાન લગાડવામાં આવે છે. તકતીના દ્રવ્યનો યંગ સ્થિતિસ્થાપકતા અંક અને ઘનતાના ગુણોતરનું વર્ગમૂળ  $5.5 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$  છે. તકતીની લંબાઈ  $5 \text{ cm}$  છે. તો તકતીની લંબાઈને અનુલક્ષીને થતાં દોલનોની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ ---- $\text{Hz}$  છે.

જવાબ  $-5.5 \times 10^4$

5. ક્વાર્ટ્ઝ તકતીની જાડાઈ  $= 5.5 \times 10^{-3} \text{ m}$  યંગનો સ્થિતિસ્થાપકતા અંક  $= 8.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$  ઘનતા  $= 2.65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  છે તો અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની મૂળભૂત આવૃત્તિ શોધો.

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

6.0.06m લંબાઈના એક ક્વાર્ટઝ સ્ફટિક  $5 \times 10^3 \text{ m/sec}$ ના વેગથી દોલિત થઈ રહેલ છે. દોલનોની મૂળભૂત આવૃત્તિ શોધો.

વિકલ્પવાળા પ્રશ્નો (MCQ Questions):

1	શ્રાવ્ય તરંગોની આવૃત્તિનો ગાળો કેટલો છે ?				જવાબ
	(અ) $< 20H_z$	(બ) 20 થી $20KH_z$	(ક) $> 20KH_z$	(ડ) એકેય નહીં	(બ)
2	વાયોલિન કે ગિટારના તારની મદદથી કેટલી આવૃત્તિનો ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકાય?				
	(અ) $< 20H_z$	(બ) 20 થી $20KH_z$	(ક) $> 20KH_z$	(ડ) એકેય નહીં	(બ)
3	જે તરંગોની આવૃત્તિ $20 H_z$ થી ઓછી હોય તેને શું કહે છે ?				
	(અ) શ્રાવ્ય તરંગો	(બ) પરાશ્રાવ્ય તરંગો	(ક) ઇન્ફ્રાસોનિક્સ તરંગો	(ડ) એકેય નહીં	(ક)
4	ધરતીકંપ દરમ્યાન ઉત્પન્ન થતા તરંગો કેવા પ્રકારના હોય છે ?				
	જવાબ- ઇન્ફ્રાસોનિક્સ તરંગો				
5	કેટલી આવૃત્તિના ધ્વનિને અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો કહે છે?				
	(અ) $< 20H_z$	(બ) 20 થી $20KH_z$	(ક) $> 20KH_z$	(ડ) એકેય નહીં	(ક)
6	ઓર્ગન પાઇપના સિધ્ધાંત પર આધારીત રીતનું નામ લખો.				
	જવાબ- ગ્રેલ્ટન વ્હિસલ				
7	અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના દોલનોની આવૃત્તિ શોધવા માટેનું સૂત્ર કયું છે ?				
	(અ) $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	(બ) $f = 2l \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	(ક) $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\rho}{E}}$	(ડ)	(અ)
8	ગ્રેલ્ટન વ્હિસલ રીતમાં અનુનાદીત આવૃત્તિનું મૂલ્ય કઈ બાબત પર આધારીત છે ?				
	જવાબ- પાઇપના વ્યાસ અને લંબાઈ				
9	ચુંબકીય વિરૂપણની રીત કયા વિજ્ઞાનીએ શોધી હતી?				
	(અ) ફેરેડે	(બ) બેન્જવિન	(ક) મેક્સ પ્લાન્ક	(ડ) જૂલ	(ડ)
10	ચુંબકીય વિરૂપણની રીતમાં મુખ્યત્વે કઈ ધાતુનો સળિયો ઉપયોગમાં લેવાય છે.				
	જવાબ- લોખંડ કે નિકલ				
11	ચુંબકીય વિરૂપણની રીતમાં કેટલી આવૃત્તિનો અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે ?				

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

	જવાબ- લગભગ 60KHz				
12	ક્યુરી બ્રધર્સ દ્વારા કઈ રીત શોધવામાં આવી ?				
	(અ)ગ્રેલ્ટન વિસલ	(બ)દાબ વિદ્યુતીય રીત	(ક)મેઝેટ્રોસ્કોપીકશન	(ડ) એકેચ નહીં	(બ)
13	પીઝો ઇલેક્ટ્રીક અસરમાં કેટલી આવૃત્તિના અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે?				
	જવાબ- $5 \times 10^8 \text{Hz}$				
14	પ્લેટિનમ તારનો ઉપયોગ કરી અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની પરખ કરવાની રીત કઈ				
	(અ)ઉષ્માખોજક રીત	(બ) કુંડ ટ્યુબની રીત	(ક)સંવેદી જ્યોતની રીત	(ડ) ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિકની રીત	(અ)
15	“દબાણ કે તણાવ લાગુ પાડતાં તેને લંબ સામસામેના પૃષ્ઠો પર વિજભાર જમા થાય છે” તે રીતનું નામ લખો.				
	જવાબ- ક્વાર્ટ્ઝ સ્ફટિકની ( પીઝો ઇલેક્ટ્રીકની ) રીત				
16	અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની મદદથી સમુદ્ર સરોવરની ઊંડાઈ માપવાની રીતને શું કહે છે ?				
	જવાબ- echo depth sounding				
17	SONARક્યા સિદ્ધાંત પર આધારિત છે ?				
	જવાબ- echo sounding				
18	અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની આવૃત્તિ ----- હોય છે.				
	(અ)20KHz કરતાં ઓછી	(બ)20KHz કરતાં વધારે	(ક)20Hz કરતાં ઓછી	(ડ)20Hz કરતાં વધારે	(બ)
19	અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોની ઝડપ -----				
	(અ)ધ્વનિની ઝડપ કરતાં ઓછી	(બ) ધ્વનિની ઝડપ કરતાં વધારે	(ક) ધ્વનિની ઝડપ જેટલી જ	(ડ)માપી શકાતી નથી.	(ક)
20	નીચેનામાંથી ----- એ પીઝોઇલેક્ટ્રીક દ્રવ્ય છે.				
	(અ)ટેબલ સોલ્ટ	(બ)બ્લેક સોલ્ટ	(ક) સ્માર્ટ સોલ્ટ	(ડ)રોસેલા સોલ્ટ	(ડ)
21	અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઉત્પન્ન કરવા માટે જો ક્વાર્ટ્ઝની તકતી યોગ્ય રીતે તૈયાર કરી તેની				

**B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1**

	જાડાઇને સમાંતર દિશામાં વિદ્યુતક્ષેત્ર પ્રસ્થાપિત કરવામાં આવે તો -----				
	(અ)તકતીની લંબાઇમાં વધારો થાય છે.	(બ) તકતીની જાડાઇમાં ઘટાડો થાય છે.	(ક)તકતીની જાડાઇમાં વધારો થાય છે.	(ડ)તકતીની લંબાઇમાં ઘટાડો થાય છે.	(અ), (બ)
22	ક્વાર્ટ્ઝની યોગ્ય રીતે કાપેલી એક તકતીની લંબાઇને અનુલક્ષીને પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ- --- હોય છે.				
	(અ) $N = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	(બ) $N = \frac{2P}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	(ક) $N = \frac{P}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	(ડ) $N = \frac{P}{2l} \sqrt{\frac{\rho}{E}}$	(અ)
23	અલ્ટ્રાસોનિક્સ ઇન્ટરફેરોમીટરના પ્રયોગમાં એક સ્થિતિમાં સહાયક વ્યતિકરણ રચાય છે. હવે આ સ્થિતિમાંથી પરાવર્તકને લઘુત્તમ કેટલું સ્થાનાંતર કરાવીએ તો ફરીવાર સહાયક વ્યતિકરણ રચાય ?				
	(અ) $\lambda$	(બ) $\frac{\lambda}{2}$	(ક) $\frac{\lambda}{4}$	(ડ)20 cm	(બ)
24	અલ્ટ્રાસોનિક્સનો પ્રવાહીમાંવેગ માપવાના પ્રયોગમાં રચાતા સ્થિત તરંગોમાં અનુક્રમે આવતાં બે નિસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેના અંતરને ----- કહેવાય છે.				
	(અ) ગ્રેટિંગ એલીમેન્ટ	(બ)સ્લીટની પહોળાઇ)/2	(ક) ગ્રેટિંગ એન્ગલ	(ડ) પ્રિઝમ એલીમેન્ટ	(અ)
25	ગ્રેટિંગની મદદથી $n$ મા ક્રમનો વર્ણપટ જોઇ શકાય તે માટેની શરત -----છે.				
	(અ) $n\lambda = d$	(બ) $n\lambda \sin \theta = d$	(ક) $n\lambda = d \sin \theta$	(ડ) $n\lambda = d \tan \theta$	(ક)
26	જો પીઝોઇલેક્ટ્રીક દોલકમાં ક્વાર્ટ્ઝની $R$ ત્રિજ્યાની તકતી વાપરવામાં આવે તો ઉત્પન્ન થયેલા તરંગો $\theta$ જેટલો કોણ ધરાવતા શંકુમાં રહેલી દિશાઓમાં પ્રસરણ પામશે. જ્યાં $\theta =$ -----				
	(અ) $\sin^{-1} \frac{0.61\lambda}{R}$	(બ) $\cos^{-1} \frac{0.61\lambda}{R}$	(ક) $\sin^{-1} \frac{R}{0.61\lambda}$	(ડ) $\frac{R}{0.61\lambda} \text{ rad}$	(અ)
27	----- $CO_2$ માંથી પસાર થઇ શકતા નથી.				
	(અ)ઓછી આવૃત્તિવાળા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો	(બ) ઘણી ઊંચી આવૃત્તિવાળા અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો	(ક) લેસર તરંગો	(ડ) વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો	(બ)
28	જુદા જુદા તાપમાને ( $t$ )અને જુદા જુદા ક્ષારના પ્રમાણ ( $s$ )માટે સમુદ્રમાં (પાણીમાં)				

## B.Sc. Sem.-1 Paper code SC23MDSCPHY103 Unit-1

ધ્વનિનો વેગ માપવા માટે નીચેનું સૂત્ર વપરાય છે. $v = \dots + 4.21 t - 0.037 t^2 + 1.14 s \text{ m/s}$ જ્યાં બાકી રહેલ પદનું મૂલ્ય મૂકો.				
(અ) 4110	(બ) 1410	(ક) 2410	(ડ) 3410	(બ)

ટૂંકા પ્રશ્નો

- 1 પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ તરંગો એટલે શું ?
- 2 શ્રાવ્ય (Audible), પરાશ્રાવ્ય (Ultrasonic) અને અતિશ્રાવ્ય (Infrasonic) તરંગો વ્યાખ્યાયિત કરો.
- 3 દાબ વિધુતીય અસર અને ચુંબકીય વિરૂપણ અસર એટલે શું ?
- 4 કુંડની ટ્યુબની રીતથી પરાશ્રાવ્ય (અલ્ટ્રાસોનિક્સ) તરંગોની પરખ કેવી રીતે કરી શકાય ?
- 5 ઊષ્મીય ખોજની રીત સમજાવો.
- 6 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના ઉપયોગોની યાદી કરો.
- 7 પીઝો ઇલેક્ટ્રીક અસર અને ચુંબકીય વિરૂપણ અસર વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.

પ્રશ્નો:

- 1 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો એટલે શું ? તે ઉત્પન્ન કરવાની કોઈ એક રીત વર્ણવો.
- 2 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો એટલે શું ? તે ઉત્પન્ન કરવાની પીઝો ઇલેક્ટ્રીક અસરની રીત વર્ણવો.
- 3 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ઉત્પન્ન કરવાની ચુંબકીય વિરૂપણની રીત વર્ણવો.
- 4 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો ની પરખ કેવી રીતે કરી શકાય તે વર્ણવો.
- 5 ગેલ્વન વ્હિસલ રીતથી અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગો કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરી શકાય ?
- 6 અલ્ટ્રાસોનિક્સ તરંગોના ઉપયોગોની વિસ્તૃત રીતે સમજાવો.

Dr.M.N.Parmar