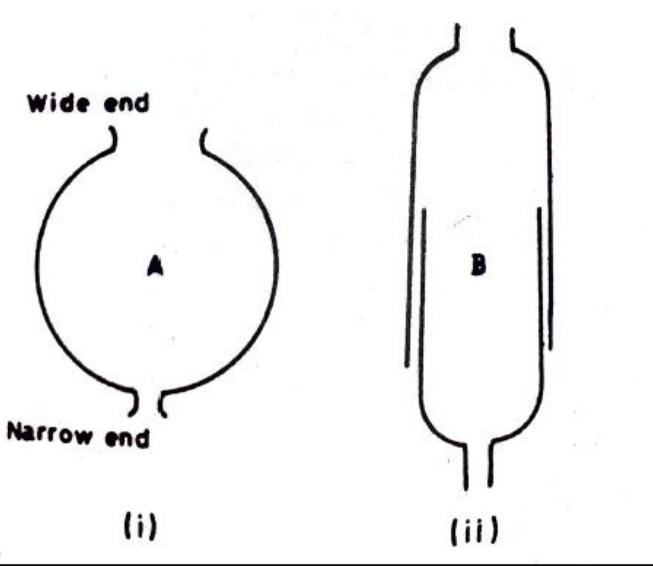


Chepter 1 તરંગો

ભોતિકશાત્રમાં આપણે તરંગ ઉપર આધારીત ઘટનાઓનો અભ્યાસ કરીશું. જુદા જુદા ધ્વનિશાસ્ત્રીય સંશોધનોમાં અનુનાદક(રેઝોનેટર) ઉપયોગમાં લેવાય છે. સંગીતમય ધ્વની ની ગુણવત્તાના અભ્યાસ માટે આવા અનુનાદકો ઉપયોગી છે. તેને હેમહોલ્જ રેઝોનેટર(અનુનાદક) કહે છે. સિધ્યાંત:નાના મુખ અને સાંકડી ડોકવાળા પોતા પાત્રમાં હવા રહેલ છે. જ્યારે ધ્વની ચીપિયાને કંપાવી પાત્રના મુખ નજીક લઈજતાં તેમાં રહેલી હવા દોલિત થાય છે. જ્યારે હવાના દોલનોની આવૃત્તિ અને ધ્વની ચીપિયાની આવૃત્તિ સમાન થાય ત્યારે ધ્વની તીવ્રતામાં વધારો થાય છે.

અનુનાદક એ અનુનાદ(resonance) ના સિધ્યાંત પર કાર્ય કરે છે.

આકૃતિમાં બે પ્રકારના હેમહોલ્જ રેઝોનેટર દર્શાવ્યા છે.



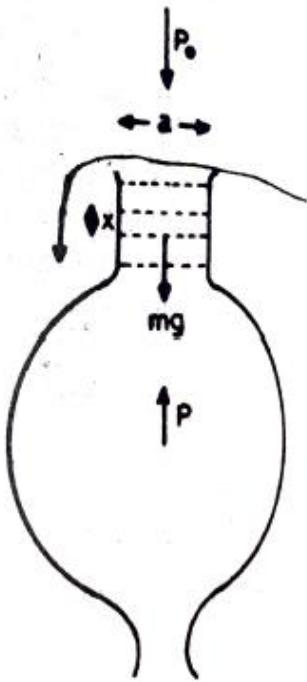
ધ્વની ઉદ્ગમને રેઝોનેટરના પોહળા મુખવાળા ભાગ તરફ રાખવામાં આવે છે જ્યારે કાન સાંકડા ભાગ તરફ રાખવામાં આવે છે.

'A' રેઝોનેટર માં રહેલી હવાનું કદ નિશ્ચિત છે અને તેથી તેની આવૃત્તિ પણ ચોક્કસજ હોય છે. જ્યારે 'B' રેઝોનેટરમાં બહારના નળાકાર ને આગળ પાછળ કરી તેમાં રહેલી હવાનું કદ બદલી શકાય છે. તેથી તેની આવૃત્તિ નું મૂલ્ય પણ બદલી શકાય છે.

અનુનાદકનો વાદ:(Theory of resonator)

અનુનાદક ના સિધ્યાંતનો ઉપયોગ કરી આપણે આનુનાદક ની આવૃત્તિનું સૂત્ર મેળવીએ.

એક હવા ભરેલો ફલાસ્ક(અનુનાદક) લો. જેનો મુખનો ભાગ ખૂબ નાનું આડછેદનું ક્ષેત્રફળ 'a' ધરાવે છે. ફલાસ્કમાં રહેલી હવાનું કદ 'V' છે. તથા ફલાસ્કના ડોકમાં રહેલી હવાનું દળ 'm' છે. ફલાસ્કની અંદરનું દબાણ P અને બહારનું દબાણ P_0 છે.



समतोलन स्थितिमां

$$P = P_0 + \frac{mg}{a} \quad \dots\dots\dots(1)$$

જयारे કોઈ ચોક્કસ આવૃત્તિએ અનુનાદ થાય ત્યારે ડોકમાં રહેલી હવા ઉચીનીચી થાય છે અને પીસ્ટન જેવું કાર્ય કરે છે.

ધારોકે કોઈ એક ક્ષણે ડોકમાં રહેલી હવા(નું દળ) સંકોચન પામી x જેટલું સ્થાનાંતર કરી નીચે જાય છે. જો દબાણ પ્રક્રિયા સમોસ્મી હોય તો વેસલમાં નવું P_1 જેટલું દબાણ ઉત્પન થાય છે.

$$P_1(V - ax)^\gamma = PV^\gamma \quad \dots\dots\dots(2) \quad \text{જ્યાં } \gamma = \text{વીશીષિક ઉષ્માનો ગુણોત્તર}$$

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

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

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

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

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

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

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

રેઝનેટરમાં રહેલી હવા ઉપર નીચેની દિશામાં લાગતું બળ $F = [P - P_1]a$

$$F = - \frac{P\gamma ax}{V - ax} \times a \quad [P = \frac{F}{a}, F = Pa = (P - P_1)a]$$

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

પરતું $F = m a$ = દળાંપ્રવેગ

$$\text{પ્રવેગ} = \frac{F}{m} = -\frac{P\gamma a^2 x}{mV} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\text{પ્રવેગસ્થાનાંતર} P\gamma a^2}{(x)} = -\left[-\frac{P\gamma a^2}{mV} \right] \quad (\text{સ્થાનાંતર નીચેની દિશામાં હોવાથી ઝણ લેતાં})$$

જે સરળ આવર્તિંગાતિ દર્શાવે છે.

$$\text{આવર્તકાળ } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{\text{સ્થાનાંતર} P\gamma a^2}{mV}}$$

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

$$\text{આનુભાવિક આવૃત્તિ } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{P\gamma a^2}{mV}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{હવામાં ધ્વનિનો વેગ } v = \sqrt{\frac{P\gamma}{\rho}}$$

$$P\gamma = v^2 \rho$$

આ મૂલ્ય સ.ક. (5) માં મૂકતા

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{v^2 \rho a^2}{mV}} \quad (\text{ધનતા} = \frac{\text{દળાંપ્રવેગ}}{al} = \frac{m}{al}, m = al\rho)$$

પરતુ હવાનું દળ $m = al\rho$

જ્યાં $l = ડોકની લંબાઈ$

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

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{lV}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$f^2 V = \frac{v^2}{4\pi^2} \frac{a}{l} \quad \dots\dots\dots(7)$$

જો $a, l, \text{ અને } v$ અચળ હોયતો

$$f^2 V = \text{અચળ}$$

$$f = \frac{1}{\sqrt{V}}$$

આમ, અનુભાવિક ની આવૃત્તિ તેના કદના વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે.

- ધ્વનીક વાહકતા:(acoustic conductivity)

અનુનાદકની આવૃત્તિનો આધાર અનુનાદકના મુખના આકાર અને કદ પર રહેલો છે. રેઝોનેટર ની અંદર રહેતી વધારાની હવા નું દબાણ બહાર આવવા લાગતો સમય તેના(રેઝોનેટર) ડોકના આકાર ઉપર આધાર રાખે છે.

જો હવા સહેલાઈથી બહાર આવતી હોય એટલેકે મુખ પહોળું હોયતો તેના માટેનો સમય ઓછો હોય એટલેકે આવૃત્તિ વધારે હોય($f = \frac{1}{T}$). તેજ પ્રમાણે સમય વધારે હોયતો આવૃત્તિ ઓછી હોય.

“રેઝોનેટરના મુખમાંથી હવા ઝડપથી કે ધીમેથી બહાર નીકળવાની લાક્ષણીકતા ને તેના મુખની ધ્વનીક વાહકતા(acoustic conductivity)” કહે છે.

ધ્વનીક વાહકતા(acoustic conductivity) એ રેઝોનેટરના મુખના આડછેદના ક્ષેત્રફળ ‘ V ’ અને મુખ(ડોક)ની લંબાઈ ‘ l ’ ઉપર આધાર રાખે છે.

$$\text{ધ્વનીક વાહકતા}(acoustic conductivity) K = \frac{a}{l} \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{રેઝોનેટરની આવૃત્તિ } f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{lV}} = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{V}} \quad \dots \dots (2)$$

પાતળા ગોળાકાર મુખ ધરાવતા રેઝોનેટર માટે ‘ l ’ ખૂબ નાનો હોય છે. તે માટે ધ્વનીક વાહકતા(acoustic conductivity) એ વ્યાસ જેટલી થાય છે.

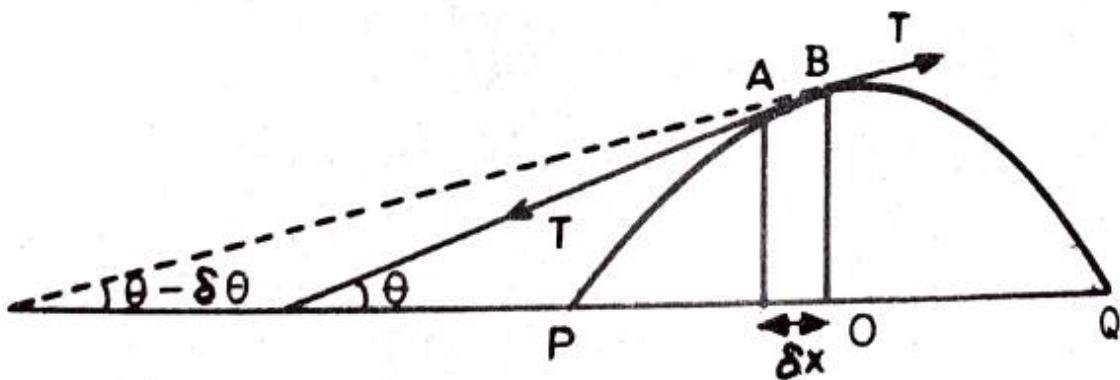
$$K = \frac{a}{l} = 2r$$

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{2r}{V}} \quad \dots \dots (3)$$

- બંધીત દોરીમાં લંબગત તરંગોનો વેગ:

(velocity of transverse waves along stretched string):

તણાવ T લગાડેલ દોરી PQ ધ્યાનમાં લો. દોરીને તેના મધ્યબિંદુ O થી ઉચ્ચકી છોડવામાં આવે છે. તેથી દોરીમાં લંબગત દોલનો ઉત્પન્ન થાય છે. આ દોલનો સાદા હાર્મોનીક દોલનો છે.



દોરીનું X અક્ષની દિશામાં કોઈ સ્થાનાંતર થતું નથી જયારે Y અક્ષની દિશામાં તેનું સ્થાનાંતર થાય છે.
 δx લંબાઈનો નાનો ભાગ AB ગણતરીમાં લો. A અને B બિંદુએ દોરેલો લંબ X અક્ષ સાથે અનુક્રમે થ
અને થ- ઠ ખૂદો બનાવે છે.જે આકૃતિ-(1) માં દર્શાવ્યું છે. A બિંદુ પાસે લગતા તણાવને બે ભાગમાં
વહેચી શકાય.

A બિંદુ પાસે નીચેની દિશામાં લગતા તણાવ બળનો ઘર્ટક = $T \sin \theta$

જો થ ખૂબ નાનો હોયતો $\sin \theta \approx \tan \theta$

A બિંદુ પાસે નીચેની દિશામાં તણાવ બળનો ઘર્ટક = $T \tan \theta$

પરતુ $\tan \theta = \frac{dy}{dx}$ (A બિંદુ પાસે ફાળ)

$$= T \frac{dy}{dx} \quad \dots\dots\dots(1)$$

લંબાઈની સાપેક્ષ ફાળનું વિકલન કરતાં $= \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{d^2y}{dx^2}$

δx લંબાઈ માટે ફાળમાં થતો ફેરફાર = $\frac{d^2y}{dx^2} \delta x$

બિંદુ B પાસે ફાળ = $\tan(\theta - \delta\theta)$

$$= \frac{dy}{dx} - \frac{d^2y}{dx^2} \delta x$$

B બિંદુ પાસે ઉપરની દિશામાં તણાવબળનો ઘર્ટક

$$= T \sin (\theta - \delta\theta)$$

$$\text{પરતુ } \sin (\theta - \delta\theta) \approx \tan (\theta - \delta\theta)$$

$$= T \tan (\theta - \delta\theta)$$

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

સ.ક.(1) અને (2) પરથી નીચેની દિશામાં લગતાં પરિણામી તણાવબળ

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

$$= T \left[\frac{d^2y}{dx^2} \delta x \right] \dots\dots\dots(3)$$

ધોરોકે એકમ લંબાઈની દોરીનું દળ = m

δx લંબાઈની દોરીનું દળ = m δx

તथा અક્ષની દિશામાં પ્રવેગ = $\frac{d^2y}{dt^2}$

' δx '(એટલેકે AB) ભાગ પર લાગતું બળ $F = m \times$ પ્રવેગ

$$= m \times a$$

$$= m \delta x \frac{d^2y}{dt^2} \quad \text{---(4)}$$

સક.(3) અને (4) ને સરખાવતા

$$m \delta x \frac{d^2y}{dt^2} = T \frac{d^2y}{dx^2} \delta x$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{T}{m} \frac{d^2y}{dx^2} \quad \text{---(5)}$$

આ સક. તરંગ ગતિના વિકલ સક

$$\frac{d^2y}{dt^2} = v^2 \frac{d^2y}{dx^2} \quad \text{---(6)} \quad \text{જેવું છે}$$

જ્યાં v તરંગનો વેગ છે

સક.(5) અને (6) ને સરખાવતાં

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

$$\text{તરંગનો વેગ } v = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{---(7)}$$

તથા વેગ $v = n\lambda$

ધરોકે । લંબાઈની દોરી p જેટલા ગાળામાં દોલીત થાય છે.

$$\text{દરેક ગાળાની લંબાઈ} = \frac{l}{p}$$

તથા દરેક ગાળો અર્ધતરંગ લંબાઈ જેટલો છે.

$$\frac{l}{p} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2l}{p}$$

$$v = n \frac{2l}{p} \quad \text{---(8)}$$

v નું આ મૂલ્ય સક. (7) માં મૂકતા

$$n \frac{2l}{p} = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

તણાવવાળી દોરીની મૂળભૂત આવૃત્તિ

$$n = \frac{p}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{---(9)}$$

$$\text{જો દોરીમાં એકજ ગોળો ઉત્પણ થતો હોય તો} \quad p=1 \text{ મૂક્તા} \quad n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

- દોરી પરના લંબગત દોલનોના નિયમો:

(Laws of Transverse vibration of strings):

દોરી પરના લંબગત દોલનો નીચેના ત્રણ નિયમો ને અનુસરે છે.

(1) મૂળભૂત આવૃત્તિ દોરીની લંબાઈના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

$$n \propto \frac{1}{l}$$

(2) મૂળભૂત આવૃત્તિ તેના પર લાગતા તણાવ ના વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં છે.

$$n \propto \sqrt{T}$$

(3) મૂળભૂત આવૃત્તિ એકમ લંબાઈની દોરીના દળના વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે.

$$n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$$

ત્રણેય નિયમોને સયુક્ત રીતે લખતા

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

$$n = \frac{k}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$k = \frac{1}{2} \text{ લેતાં}$$

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

દોરીની જગ્યાએ જો તાર લેવામાં આવે તો

$$N = \frac{1}{ID} \sqrt{\frac{T}{\pi d}} \quad 'D' = \text{તારનો વ્યાસ}$$

'd' = તારના દ્રવ્યની ઘનતા

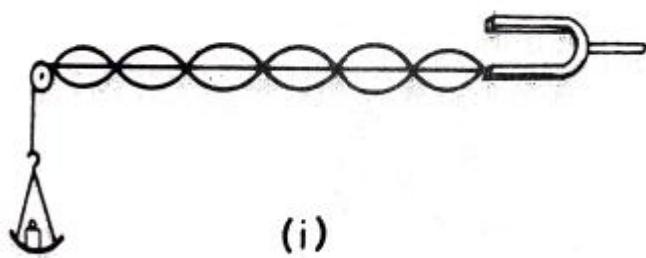
- મેલ્ડેનો પ્રયોગ: (Meld's Experiment):

આ પ્રયોગમાં સ્વરકંટાને એક આધાર સાથે જડિત કરવામાં આવે છે. દોરીનો એક છેડો સ્વરકંટાના એક પાંખીયા સાથે જયારે બીજા છેડા ને ગરગડી પરથી પસાર કરી છેડે લટકાવેલ પલ્લાં સાથે બાંધવામાં આવે છે. પલ્લાંમાં વજન મૂકી દોરીપર તણાવબળ લાગુ પાડી શકાય છે. જે આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. સ્વરકંટા અને ગરગડી વચ્ચેનું અંતર જરૂરીયાત પ્રમાણે ગોઠવી શકાય છે. સ્વરકંટાને બે રીતે ગોઠવી દોરીમાં કંપનો ઉત્પણ કરી શકાય છે.

(1) લંબસ્થિતિના દોલોનો

(2) સમાંતરસ્થિતિના દોલોનો

લંબસ્થિતિના દોલાનો:(Transverse mode of vibration)



જ્યારે સ્વરકંટાના બે પાંખીયાને જોડતી રેખા અને દોરીની લંબાઈની દિશા એકબીજાને લંબ હોયતો આવી ગોઠવણીને લંબ સ્થિતિની ગોઠવણી કહે છે. આ સ્થિતિમાં સ્વરકંટાના દોલાનો દોરીની લંબાઈની દિશાને લંબ હોય છે. જે ઉપર ની આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. આ સ્થિતિમાં દોરીના દોલનોની આવૃત્તિ એ સ્વરકંટાના દોલોની આવૃત્તિ જટલી હોય છે.

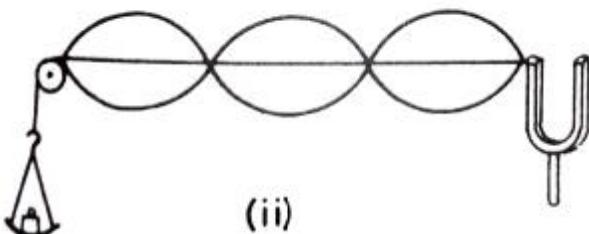
ધોરોકે સ્વરકંટાની આવૃત્તિ N છે તથા । લંબાઈની દોરી માં P_1 ગાળા ઉત્પન્ન થાય છે.

$$N = \frac{P_1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

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

$$T P_1^2 = 4 l^2 N^2 m = \text{const.} \quad \dots \dots \dots (1)$$

સમાંતર સ્થિતિના દોલાનો:(Longitudinal mode of vibration)



આ સ્થિતિમાં સ્વરકંટાના પાંખીયાને જોડતી રેખા દોરીની લંબાઈની દિશામાં હોય છે. જે ઉપર ની આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. આવી સ્થિતિમાં દોરીના દોલાનોને સમાંતર સ્થિતિના દોલાનો કહે છે. આવા કિસામાં સ્વરકંટો એક દોલન પૂરું કરે છે ત્યારે દોરી અડધું દોલન પૂરું કરે છે.

ધોરોકે સ્વરકંટાની આવૃત્તિ N હોયતો, દોરી માં થતા દોલાનોની આવૃત્તિ $\frac{N}{2}$ છે. દોરીની લંબાઈ હોય તથા તેમાં P_2 ગાળા ઉત્પજ્ઞ થતા હોયતો

$$\frac{N}{2} = \frac{P_2}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$N = \frac{P_2}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$N^2 = \frac{P_2^2 T}{l^2 m}$$

$$TP_2^2 = N^2 l^2 m = \text{const.} \quad \dots \dots \dots (2)$$

સક(1) અને સક(2) ઉપરથી

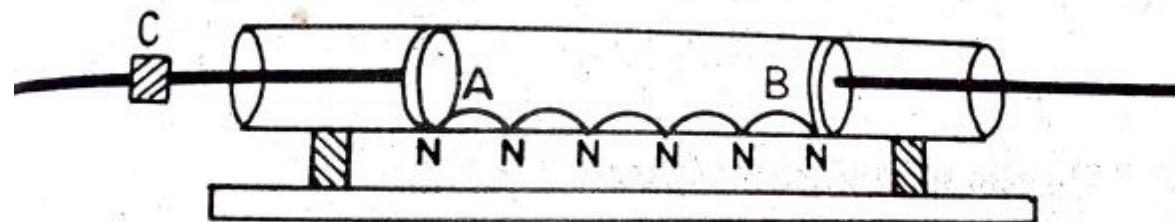
$$TP_1^2 = TP_2^2 = TP^2 = \text{અચળ}$$

ખાસ કિસ્સો

ધોરોકે કોઈ એક સ્વરકંટા ને યોગ્ય તણાવબળ લગાડતાં લંબ સ્થિતિમાં થતા દોલાનો (દોરીમાં) માં જો P_1 ગાળા ઉત્પજ્ઞ થતા હોયતો તેજ સ્વરકંટા માટે અને તેટલુજ તણાવબળ લગાડતાં સમાંતર સ્થિતિમાં થતા દોલનો(દોરી)માં તેના કરતાં અડધા ગાળા ઉત્પજ્ઞ થાય છે.

$$\text{સમાંતર સ્થિતિના ગાળા } P_2 = \frac{P_1}{2}$$

• કુંડની નળી:(kund's Tube)



કુંડની નળી કાચની બનેલી છે. તેના બંને છેડે નળીની અંદર બે કોર્ક A અને B છે. કોર્ક B ને આગળ પાછળ કરી શકાય છે. જે દૃવ્યના સળિયા માટે ધ્વનિ નો વેગ શોધવાનો હોય તેને નળીના મધ્યબિંદુ આગળ જડિત કરવામાં આવે છે. આકૃતિમાં સળિયા ને C બિંદુ એ જડિત કરેલ છે.

સળિયાના એક છેડે કોર્ક A આગળ એલ્યુમિનીયમ ડિસ્ક લગાડવામાં આવે છે. નળીમાં ઓરડાના તાપમાને હવા ઉપરાંત લાઈપોડીયમ પાવડર(લાકડાનો વેર) એક સરખી રીતે પાથરવામાં આવે છે.

Velocity of sound in solids:

મધ્યબિંદુ પાસે જડિત સળિયાના મુક્ત છેડાને રેઝિનના કપડાથી ઘસતાં સળિયામાં સ્થિત સંગત તરંગો ઉત્પજ્ઞ થાય છે. સળિયાનો મુક્ત છેડો પ્રસ્પંદબિંદુ અને જડિત છેડો નિસ્પંદબિંદુ (c બિંદુ પાસે) તરીકે વર્તે

છે. આ દોલાનો નળીમાં રહેલી હવામાં ટ્રાન્સફર થાય છે તેથી નળીમાં રહેલી હવા દોલિત થાય છે. કોઈ ને આગળ પાછળ ખસેડી હવાના સ્તંભ ની લંબાઈમાં વધારો ઘટાડો કરવામાં આવે છે. જ્યારે હવાના સ્તંભની આવૃત્તિ અને સળિયાની આવૃત્તિ સમાન થાય ત્યારે અનુનાદ રચાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં લાઇપોડીયમ પાવડર નળીમાં અમુક ચોક્કસ જગ્યાએ ઢગલાના સ્વરૂપે ભેગો થાય છે. તે નિસ્પંદબિંદુ બને છે.(પાવડરમાં ગાળા રચાય છે)

ધારોકે સળિયાની લંબાઈ l_r છે. તથા બે કમિક પ્રસ્પંદ કે નિસ્પંદ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર l_a હોયતો

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

ધારોકે તરંગની આવૃત્તિ n તથા હવામાં ધ્વનિનો વેગ V_a હોયતો

$V = n\lambda$ પ્રમાણે

$$\text{સળિયા માટે} \quad n = \frac{V}{\lambda} = \frac{V_r}{\lambda_r} = \frac{V_r}{2l_r} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{હવા માટે} \quad n = \frac{V}{\lambda} = \frac{V_a}{\lambda_a} = \frac{V_a}{2l_a} \quad \dots \dots \dots (2)$$

સક(1) અને સક(2) પરથી

$$\frac{V_r}{2l_r} = \frac{V_a}{2l_a}$$

$$V_r = V_a \left[\frac{l_r}{l_a} \right] \quad \dots \dots \dots (3)$$

વાયુમાં ધ્વનિનો વેગ:(velocity_of sound in gases)

વાયુમાં ધ્વનિનો વેગ શોધવા પ્રથમ ઉપર પ્રમાણે હવા માટે પ્રયોગ કરવામાં આવે છે ત્યારબાદ હવાની જગ્યાએ જે વાયુ માટે ધ્વનિનો વેગ શોધવો હોય તેને કુંડની નળીમાં ભરવામાં આવે છે. નળીમાં મુકેલ સળિયાને બદલવો નહીં.

ધોરોકે હવા માટે બે કમિક પ્રસ્પંદ કે નિસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું અંતર $= l_a$

તેજ પ્રમાણે વાયુ માટે બે માટે બે કમિક પ્રસ્પંદ કે નિસ્પંદ બિંદુ વચ્ચેનું અંતર $= l_g$

સક (3) પરથી

$$\text{હવા માટે} \quad V_r = V_a \left[\frac{l_r}{l_a} \right] \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{વાયુ માટે} \quad V_r = V_g \left[\frac{l_r}{l_g} \right] \quad \dots \dots \dots (5)$$

સક (4) અને સક (5) ઉપરથી

$$V_a \left[\frac{l_r}{l_a} \right] = V_g \left[\frac{l_r}{l_g} \right]$$

$$V_g = V_a \frac{l_r}{l_a} \times \frac{l_g}{l_r}$$

$$V_g = V_a \left[\frac{l_g}{l_a} \right] \quad \text{---(6)}$$

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો

આવૃત્તિને આધારે તરંગોને ત્રણ ભાગમાં વહેંચી શકાય.

- શ્રાવ્ય(Audible) તરંગો

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ $20 H_z$ થી $20 KHz$ વચ્ચે હોય તેવા ધ્વનિ તરંગોને શ્રાવ્ય તરંગો કહે છે.

આપણો કાન આ આવૃત્તિના તરંગોને સાંભળી શકે છે. વાયોલીન, ગિટાર, સોનોમીટર જેવા સાધનોના તાર ને દોલિત કરીને આ આવૃત્તિના તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

- ઇન્ફાસોનિક તરંગો:

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ $20 H_z$ કરતાં ઓછી હોય તેવા ધ્વનિ તરંગોને ઇન્ફાસોનિક તરંગો કહે છે. જેમકે ધરતીકંપ દરમ્યાન ઉત્પન્ન થતા તરંગો. આપણો કાન આ ગાળાની આવૃત્તિ સાંભળી શકતો નથી. આ તરંગોની આવૃત્તિ ઓછી હોવાથી તેની તરંગલંબાઈ વધારે છે.

- અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો:(પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ તરંગો)

જે ધ્વનિ તરંગોની આવૃત્તિ $20 KHz$ કરતાં વધારે હોય તેવા ધ્વનિ તરંગોને અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો કહે છે.

આપણો કાન આ આવૃત્તિના ધ્વનિ તરંગોને સાંભળી શકતો નથી. કેટલાક પ્રાણીઓ અને પક્ષીઓ આ આવૃત્તિનો ધ્વનિ સાંભળી શકે છે. ચામાચિડિયા $60 KHz$ અને ફૂતરા $20 KHz$ આવૃત્તિનો ધ્વનિ સાંભળી શકે છે. આ તરંગોની આવૃત્તિ વધારે હોવાથી તેની તરંગલંબાઈ ઓછી છે.

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોનું ઉત્પાદન કરવાની રીતો:

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો નીચેની રીતોથી ઉત્પન્ન કરી શકાય.

(1) ગેલ્ટન વિસ્ટલ(Galton Whistle)

(2) ચુંબકીય વિરુપણની રીત (Magnetostriiction Effect):

(3) દાખ વિધુતીય રીત(Piezo-electric Method):

- દાખ વિધુતીય રીત(Piezo-electric Method):

ઇ.સ. 1880 માં ક્યુરી બ્રધર્સે આ રીત શોધી હતી. આ પદ્ધતિમાં સ્ફટિકના બે સામસામેના પૃષ્ઠો ઉપરદબાણ લગાડવામાં આવેછે ત્યારે આ પૃષ્ઠોને લંબ રહેલ અન્ય સામસામેના પૃષ્ઠોનાં જોડકાં પર વીજભાર જમા થાય છે. જો દબાણને બદલે તણાવ ઉત્પન્ન કરવામાં આવેતો પૃષ્ઠો પરના વીજભારનો પ્રકાર(ધન કે ઋણ વીજભાર) બદલાય છે. આ અસર પિઝો ઇલેક્ટ્રિક અસર તરીકે ઓળખાય છે.

ઉલ્ટી પિઝો ઇલેક્ટ્રિક અસર પણ ઉદભવે છે. ચોક્કસ રીતે કાપેલા સ્ફટિકના સામસામેના પૃષ્ઠોનાં જોડકાં પર A.C. વોલ્ટેજ લાગુ પાડવામાં આવેતો, તેને લંબ અન્ય પૃષ્ઠોનાં પરિમાણમાં ફેરફાર થાય છે. જો ક્વાટ્રો, ટ્રમેલીન અને રોસેલા સોલ્ટ જેવા સ્ફટિકો ને ઉપયોગમાં લેવામાં આવેતો તેના પરિમાણમાં વધારે

ફેરફાર થયેલો જોવા મળે છે. આવા સ્કટિકો ને તેની દગ્ગાખ્સિસ (optical axis) ને લંબ રહે તે રીતે પૃષ્ઠોને કાપવામાં આવે તે મહત્વાનું છે.

આમ ઓપ્ટીકલ અક્ષ (દગ્ગા અક્ષ) ને લંબરૂપે કાપેલ કવાડ્ઝ સ્કટિકના બે સામસામેના પૃષ્ઠોનાં જોડકાં પર A.C. વોલ્ટેજ લગાવતા તેને લંબ અન્ય પૃષ્ઠોમાં પ્રતિબળ અને વિકૃતિ ઉત્પન્ન થાય છે. તેથી કવાડ્ઝનો સ્કટિક સતત સંકોચન અને વિસ્તારણ અનુભવે છે. સ્કટિકમાં સંગત દોલનો ઉદ્દેશ છે. જ્યારે A.C. વોલ્ટેજ ની આવૃત્તિનું મૂલ્ય કવાડ્ઝ

સ્કટિકમાં થતા દોલનોની આવૃત્તિ જેટલું થાય ત્યારે અનુનાદ થાય છે.

દોલિત તરંગોની આવૃત્તિ નચેનાં સૂત્રથી શોધી શકાય.

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

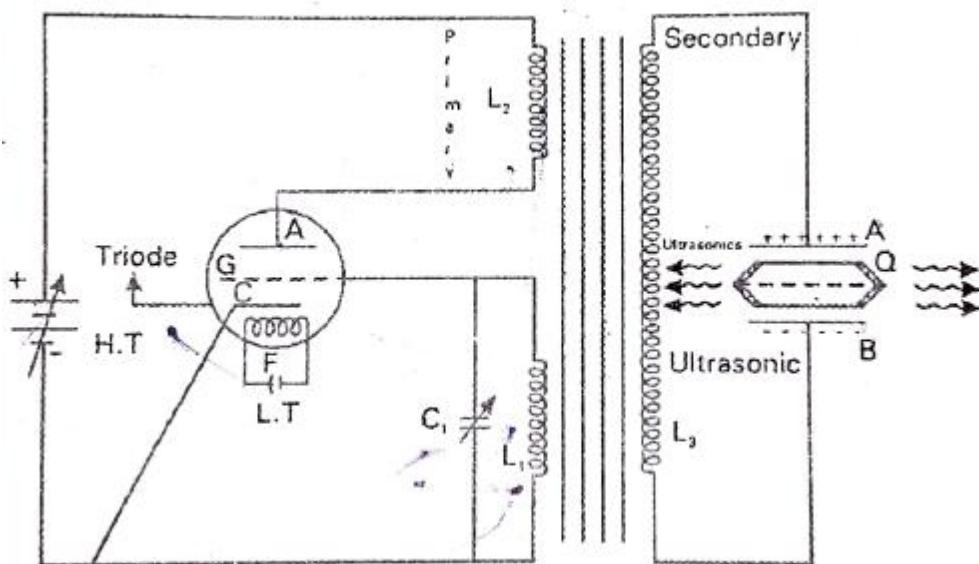
જ્યારે P= 1,2,3..... E=સ્કટિકની સ્થિતિસ્થાપકતા અને ρ = સ્કટિકની ઘનતા

અને t એ સ્કટિકની અનુકૂળ લંબાઈ અને જાડાઈ છે.

સ્કટિકમાં સંગત તરંગોનો વેગ વ્યાપક હોયતો, કવાડ્ઝ માટે $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 5.5 \times 10^3$ m/s તથા $l = 0.05$ મીટર હોયતો આવૃત્તિ $f = 5.5 \times 10^4$ Hz.

પિઅઓઇલેક્ટ્રિક પદ્ધતિથી અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉત્પન્ન કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણા:

પી.લેન્જેવીને આ પ્રાયોગિક ગોઠવણા ઈ.સ. 1917 માં શોધી હતી. આ માટેનો પરિપથ નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યો છે



આકૃતિ

પ્રથમ કવાડ્ઝ સ્કટિકની પાતળી તકતી Q ના સામસામેના પૃષ્ઠો તેની ઓપ્ટીકલ અક્ષને લંબ રહે તેમ કાપવામાં આવે છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ તકતીને ધાતુની બે પ્લેટ A અને B વચ્ચે મૂકવામાં આવે છે. પ્લેટ A અને B ને ગૌણ ગૂચળા L3 સાથે જોડવામાં આવે છે. ઇન્ડકટર L1, L2, અને L3 એ ટ્રાયોડ

વાલ્વના દોલિત પરિપથમાં છન્કકટીવલી(પ્રેરિત રીતે) જોડાયેલ છે. ટેન્ક પરિપથમાં છન્કકટર L_1 , ને કેપેસીટર C_1 સાથે જોડીને ગ્રીડ અને કેશોડની સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.

જ્યારે H.T. ધ્વારા પરિપથમાં વોલ્ટેજ આપવામાં આવે છે ત્યારે દોલક ધ્વારા ઉચ્ચ આવૃત્તિનો વિજસ્થીતિમાનનો તફાવત ઉત્પન્ન થાય છે. તેને કારણે છન્કકટર L_3 માં પ્રેરિત e.m.f. ઉત્પન્ન થાય છે. આ e.m.f. પ્લેટ અને પર અસર ઉત્પન્ન કરે છે. તેથી બંન્ધે પ્લેટ વચ્ચે ગોઠવેલી કવાટઝની તકતી દોલિત થાય છે તથા તેનું સંકોચન અને વિસ્તરણ થાય છે. કેપેસીટર C_1 નું મૂલ્ય એવું ગોઠવોકે જેથી H.T. વોલ્ટેજની આવૃત્તિ કવાટઝ સ્ફટિકના એક મોડના દોલનોની આવૃત્તિ જેટલું થાય એટલેકે અનુનાદ થાય. પરિણામે સ્ફટિકમાં ઉચ્ચાવૃત્તિના સંગત તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. આ પક્ષતિ થી $5 \times 10^8 \text{ Hz}$ સુધીની આવૃત્તિના અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉત્પન્ન શકાય છે.

- અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોની ખોજ:(Detection of ultrasonic wave)

કુંડની નળી ધ્વારા

સંવેદીતજ્યોત ધ્વારા

ઉષ્મા ખોજક ધ્વારા

કવાટઝ સ્ફટિક ધ્વારા

- કુંડની નળી ધ્વારા :

લાઇપોડીયમ પાવડર ભરેલી કુંડની નળીમાં તરંગો પસાર કરતાં પ્રસ્પદબિંદુ પાસે પાવડર ફ્લાલા(heap)ના સ્વરૂપે એકઠો થશે.આ રીતે પ્રસ્પદબિંદુ અને નિસ્પંદબિંદુ ના સ્થાન નક્કી કરી શકાય. બે કમિક પ્રસ્પદબિંદુ કે નિસ્પંદબિંદુ વચ્ચેનું અંતર અર્ધતરંગલંબાઈ($d = \frac{1}{2}$) જેટલું થશે.આ રીતે તરંગલંબાઈ અને તે ઉપરથી આવૃત્તિ શોધી શકાય. $(f = \frac{1}{\lambda})$ જ્યારે અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોની તરંગલંબાઈ ખૂબ નાની(મિલીમીટર કરતાં ઓછી) હોય ત્યારે આ પદ્ધતિ કામ લાગતી નથી.

- સંવેદીતજ્યોત ધ્વારા:(Sensitive flame method)

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉત્પન્ન કરતાં માધ્યમમાંથી સંવેદીત જ્યોત ને પસાર કરવામાં આવે છે. માધ્યમના પ્રસ્પદબિંદુ પાસે જ્યોત સ્થિર રહે છે જ્યારે નિસ્પંદબિંદુ પાસે જ્યોત ફ્લીકર થાય છે.(દબાણમાં ફેરફાર ને કારણે).આ રીતે પ્રસ્પદબિંદુ અને નિસ્પંદબિંદુ ના સ્થાન નક્કી કરી છે. બે કમિક પ્રસ્પદબિંદુ કે નિસ્પંદબિંદુ વચ્ચેનું અંતર અર્ધતરંગલંબાઈ($d = \frac{1}{2}$) જેટલું થશે.આ રીતે તરંગલંબાઈ અને તે ઉપરથી આવૃત્તિ શોધી શકાય. $(f = \frac{1}{\lambda})$

- ઉષ્મા ખોજક ધ્વારા :(Thermal detector method)

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ની ખોજ માટે સૌથી વધારે પ્રચલિત રીત છે.આ રીતમાં માધ્યમમાં પાતળો પ્લેટીનમ તાર પસાર કરવામાં આવે છે. માધ્યમમાં સંઘનન અને વિધનન ના લીધે દરેક બિંદુ પાસે તાપમાન બદલાય છે તેથી પ્લેટીનમ તારનો અવરોધ પણ બદલાય છે. પ્રસ્પદબિંદુ પાસે તાપમાન અચળ રહે છે

તેથી પ્લેટીનમ તારનો અવરોધ પણ રહે છે. ગ્રીઝીથ અને કેલેન્ડર બ્રીજની મદદથી આ અવરોધનો વધારો ઘટાડો માપી શકાય છે.આ રીતે પ્રસ્પદબિંદુ અને નિસ્પદબિંદુ ના સ્થાન નક્કી કરી તરંગલંબાઇ અને આવૃત્તિ શોધી શકાય

- ક્વાટ્રો સ્ફટિક એવારા:

આ રીત પિઝો ઇલેક્ટ્રિક અસરના સિદ્ધાંત પર આધારિત છે. આ રીતમાં ક્વાટ્રોની યોગ્ય રીતે કાપેલી તકતીના સામસામેના પૃષ્ઠો પર દબાણ કે તણાવ લાગુ પાડતા તેને લંબ અન્ય બે સામસામેના પૃષ્ઠો પર વીજભાર જમા થાય છે.આ વીજભારોને વિવેધીત કરી તેને આધારે અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોની ખોજ થઈ શકે છે.

- અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોના ઉપયોગો(Application of ultrasonic waves):

1. સમુક્રની ઉડાઈ માપવા માટે:

સરોવર કે સમુક્રની ઉડાઈ માપવા માટે ખૂબ ઉચ્ચી આવૃત્તિવાળા અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોનો ઉપયોગ થાય છે. આ માટે પિઝો ઇલેક્ટ્રિક ક્વાટ્રો સ્ફટિક વપરાય છે. ક્વાટ્રોનો સ્ફટિક અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોના વાહક અને રીસીવર તરીકે વર્તે છે. સ્ફટિક વડે ડ્રાન્સમીટ થતા અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો સમુક્રના તળિયા સુધી જાય છે અને ત્યાંથી પરાવર્તન પામી ફરીથી સ્ફટિક વડે નોંધાય છે. ઓસીલોગ્રાફની મદદથી સમુક્રમાં જતાં અને પરાવર્તન પામી નોંધાતા સંકેતો વચ્ચેનો સમય 't' નોંધવામાં આવે છે. સમુક્રમાંથી પસાર થતાં તરંગોનો વેગ જાણતા હોઈએતો સમુક્રની ઉડાઈ નીચેના સૂત્રથી મેળવી શકાય.

$$d(h) = \frac{v \times t}{2}$$

આજ પદ્ધતિથી સમુક્રમાં સબમરીનની હાજરી તથા સપાટીથી તેની ઉડાઈ જાણી શકાય. વળી સમુક્રમાં ઉડાઈએ આવેલી હિમશીલા(પર્વતો) ની જાણકારી મેળવી શકાય.

SONAR(Sound Navigation and Ranging): SONAR ની મદદથી સમુક્રમાં સબમરીન તથા હિમશીલા ના સ્થાન, દિશા અને અંતર નક્કી કરી શકાય. સમુક્રમાં તળીયે રહેલા ખડકો કે અન્ય વસ્તુઓ કેટલી ઉડાઈએ છે તે પણ શોધી શકાય છે.

(2) ચેતવણી દર્શક તરીકે:(As a signaling):

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોની તરંગલંબાઇ ખૂબ નાની હોવાથી લાંબા અંતર સુધી ફેલાયા સિવાય તિક્ષ્ણ કિરણાવલી ના સ્વરૂપમાં મોકલી શકાય છે.તેથી અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોને રડાર મારફતે ચેતવણી દર્શક તરીકે ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે.

(3) ઉષ્મીય અસર(Heating effect):

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોને પદાર્થમાંથી પસાર કરવામાં આવે ત્યારે તેને ગરમ કરે છે અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોને બરફ જામેલી સપાટીમાંથી પસાર કરતા તે ભાગના તાપમાનમાં વધારો થાય છે એટલે તે ભાગમા બરફ

ઓગળે છે જ્યારે સપાટીપર નો બરફ એમજ રહે છે. આમ બરફ જામેલોબરફ હોવા છતાં તેની નીચે રહેલી જળસૃષ્ટી ને બચાવી શકાય છે.

(4) યાંત્રિક અસર(mechanical effect):

અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉપયોગમાંઆવે છે. અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો જેટલી આવૃત્તિથી કંપતો કાચનો સરીયો સખત ધાતુમાં સહેલાઇથી કાણું પાડે છે. ગરમ અને સિલ્કના કપડા ધોવા તથા રંગોની ગુણવત્તા સુધારવા પણ અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉપયોગમાંઆવે છે.

(5) ધાતુમાં તિરાડ શોધવા (crack in metal):

જો કોઈ ધાતુની અંદર છુપી તિરાડ કે પોલાણ હોયતો અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોની મદદથી તોડફોડ વિના શોધી શકાય છે. ઉચી આવૃત્તિવાળા તરંગોને એમીટર ધ્વારા ધાતુ તરફ મોકલાય છે જ્યારે પરાવત્તિત બીમ ને ડિટેક્ટરની મદદથી નોંધવામાં આવે છે. તરંગોના માર્ગમાં તિરાડ આવતાં ઉર્જા વધારો થાય છે. આમ ઉર્જામાં થતા ફેરફારન પરથી ધાતુમાં તિરાડ શોધી શકાય છે.

(6) મિશ્રધાતુ ની બનાવટમાં(Formation of alloys):

સમાન કે અસામાન ઘનતા ધરાવતી ના મિશ્રણ માટે અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉપયોગી છે.

(7) રાસાયણિક અસર(Chemical effect):

- અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો ઉદ્દીપક(catalytic agent) તરીકે વર્તી પ્રકિયાને ઝડપી બનાવે છે.
- પોટેશીયમ આયોડાઇડ/KI)માંથી આયોડિન છુદું પાડવા ઉપયોગી છે.
- પાણી અને પારાનું મિશ્રણ બનાવવા માટે
- પાણી અને તેલનું મિશ્રણ બનાવવા માટે
- સ્ક્રિટીકરણ(Crystallization) ની પ્રકિયાને ઝડપી બનાવવા માટે

(8) શોલ્ડરીંગ તરીકે(Soldering):

એલ્યુમિનીયમ ને શોલ્ડર કરવા માટે સામાન્ય પદ્ધતિ ઉપયોગમાં આવતી નથી. ઇલેક્ટ્રિક શોલ્ડરીંગ આયન સાથે અલ્ટ્રાસોનિક તરંગોનો ઉપયોગ કરી એલ્યુમિનીયમમાં શોલ્ડર કરવામાં આવે છે.

(9) મેડીકલ ક્ષેત્રે:

- Neuralgic pain: અલ્ટ્રાસોનિક તરંગો neuralgic અને -rheumatic દુખાવાને દૂર કરવા ઉપયોગી છે
- Arthritis: આર્થરાઇટિસ માં થતા દુખાવાને દૂર કરવા
- Broken teeth: તૂટેલા દાતને દૂર કરી સરખા કરવા
- Contracted fingers: એક્સિડન્ટમાં તૂટેલી આગળીઓને ફરી યોગ્ય જગ્યાએ ગોઠવવા તથા ફાટેલા મસલ્સને સાધવા માટે
- Bloodless surgery: રક્તવિહીન સર્જરી માટે, કેન્સર અને મગજમાં રહેલી ગાંઠની સર્જરી માટે
- Sterilization: દૂધ અને પાણી ને જંતુ મુક્ત કરવા
