પ્રકરણ 11

S2U2U4

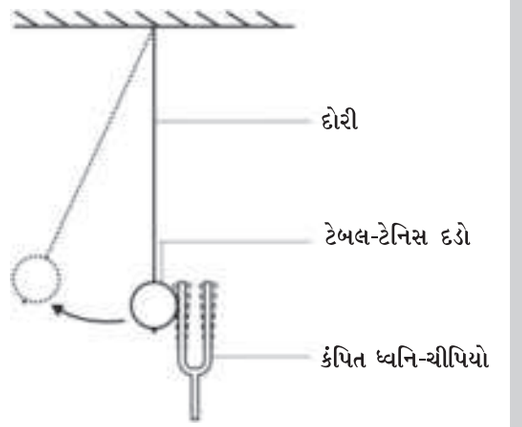
ધ્વનિ (Sound)

આપણે રોજિંદા જીવનમાં જુદા-જુદા સ્રોતો, જેવા કે માનવો, પક્ષીઓ, ઘંટડીઓ, યંત્રો, વાહનો, ટેલિવિઝન, રેડિયો વગેરેનો ધ્વનિ સાંભળીએ છીએ. ધ્વનિ એ ઊર્જાનું એક સ્વરૂપ છે જે આપણા કાનમાં શ્રવણની સંવેદના ઉત્પન્ન કરે છે. ઊર્જાનાં અન્ય સ્વરૂપો પણ છે, જેમકે યાંત્રિકઊર્જા, પ્રકાશઊર્જા વગેરે. આગળનાં પ્રકરણોમાં આપણે યાંત્રિકઊર્જાનો અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. તમે ઊર્જા-સંરક્ષણનો નિયમ પણ ભણ્યા છો જે દર્શાવે છે કે આપણે ઊર્જા ઉત્પન્ન કરી શકતા નથી કે તેનો નાશ કરી શકતા નથી. આપણે તેને ફક્ત એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત કરી શકીએ છીએ. જ્યારે તમે તાળી પાડો છો ત્યારે ધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે. શું તમે તમારી ઊર્જાનો ઉપયોગ કર્યા વિના ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકશો ? ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવા માટે તમે ઊર્જાના કયા સ્વરૂપનો ઉપયોગ કર્યો ? આ પ્રકરણમાં આપણે શીખીશું કે ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તથા કેવી રીતે કોઈ માધ્યમમાં તે પ્રસરણ પામી આપણા કાન દ્વારા ગ્રહણ કરાય છે.

11.1 ધ્વનિનું ઉત્પાદન (Production of Sound)

પ્રવૃત્તિ 11.1

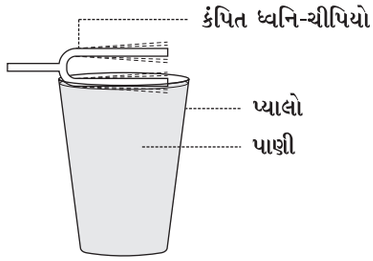
- એક ધ્વનિચીપિયો લઈ તેને રબરના પૅડ પર અથડાવી કંપન કરાવો. તેને તમારા કાનની નજીક લાવો.
- શું તમે કોઈ ધ્વનિ સાંભળી શકો છો ?
- કંપિત ધ્વનિ ચીપિયાની એક ભુજાને તમારી આંગળી વડે સ્પર્શ કરો અને તમને થતો અનુભવ તમારા મિત્રોને જણાવો.
- હવે એક આધાર પરથી ટેબલ ટેનિસ દડો કે નાના પ્લાસ્ટિકના દડાને દોરી વડે લટકાવો. (એક મોટી સોય અને દોરી લો. દોરાના એક છેડે ગાંઠ મારો અને સોયની મદદથી દડાને દોરીમાં પરોવો.) કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાને હળવેથી દડાના સંપર્કમાં લાવો. (આકૃતિ 11.1)
- અવલોકન કરો કે શું થાય છે અને તેની ચર્ચા તમારા મિત્રો સાથે કરો.



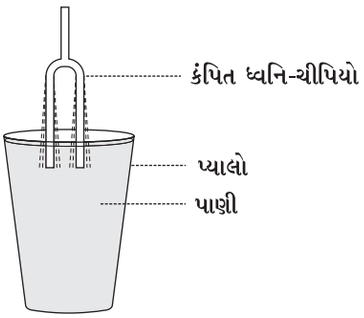
આકૃતિ 11.1 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયો લટકાવેલ ટેનિસ દડાને સહેજ અડકાવેલ છે

પ્રવૃત્તિ 11.2

- એક બીકર અથવા પ્યાલામાં ઉપરની કિનારી સુધી પાણી ભરો. કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની એક ભુજાને આકૃતિ 11.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર પાણીની સપાટી સાથે સ્પર્શ કરાવો.
- હવે આકૃતિ 11.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની બંને ભુજાઓને પાણીમાં ડૂબાડો.
- બંને કિસ્સામાં શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો.
- તમારા મિત્રો સાથે ચર્ચા કરો કે આવું કેમ થાય છે.



આકૃતિ 11.2 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની એક ભુજાને પાણીની સપાટી સાથે સ્પર્શ કરાવેલ છે.



આકૃતિ 11.3 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની બંને ભુજાને પાણીમાં ડૂબાડેલ છે

ઉપરની પ્રવૃત્તિઓમાંથી તમે શું નિષ્કર્ષ તારવો છો ? શું તમે કંપિત વસ્તુ સિવાય ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકો છો ?

ઉપરોક્ત પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાના આઘાત દ્વારા ધ્વનિ ઉત્પન્ન કર્યો. આપણે જુદી-જુદી વસ્તુઓને તોડીને, ખોતરીને (Scratch), ઘસીને, હવા ફૂંકીને અથવા તેને હલાવીને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકીએ છીએ. આ પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે વસ્તુઓને શું કરીએ છીએ ? આપણે વસ્તુઓને કંપિત કરીએ છીએ અને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરીએ છીએ. કંપન એટલે વસ્તુની ઝડપથી આગળ પાછળ ગતિ. મનુષ્યમાં ધ્વનિ તેના વાક્-તંતુઓના કંપનના કારણે ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યારે કોઈ પક્ષી પોતાની પાંખો ફફડાવે ત્યારે શું તમે કોઈ ધ્વનિ સાંભળો છો ? શું તમે જાણો છો કે માખી ગણગણાટનો ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરે છે ? એક ખેંચાયેલ રબર બૅન્ડને ખેંચીને છોડી દેતા તે કંપન કરે છે અને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. જો તમે ક્યારેય એવું કર્યું ન હોય તો હવે આ પ્રવૃત્તિ કરો અને ખેંચાયેલ રબર બૅન્ડમાં કંપનો જુઓ.

પ્રવૃત્તિ 11.3

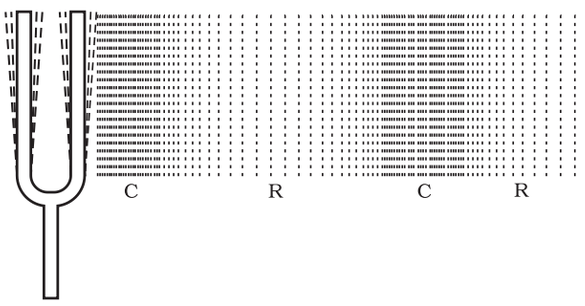
- જુદાં-જુદાં વાજિંત્રોની યાદી તૈયાર કરો તથા તમારા મિત્રો સાથે ચર્ચા કરો કે ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવા માટે આ વાજિંત્રોનો કયો ભાગ કંપન કરે છે.

11.2 ધ્વનિનું પ્રસરણ (Propagation of Sound)

કંપિત વસ્તુઓ દ્વારા ધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે. જે દ્રવ્ય અથવા પદાર્થમાંથી ધ્વનિનું પ્રસરણ થાય છે, તેને માધ્યમ કહે છે. તે ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ હોઈ શકે. કોઈ સ્રોતમાંથી ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ સાંભળનાર વ્યક્તિ સુધી કોઈ માધ્યમમાં પસાર થઈને જ પહોંચે છે. જ્યારે કોઈ વસ્તુ કંપન કરતી હોય ત્યારે તે પોતાની આસપાસ રહેલા માધ્યમના કણોને કંપિત કરે છે. આ કણ કંપિત વસ્તુથી આપણા કાન સુધી જાતે ગતિ કરીને પહોંચતો નથી. સૌપ્રથમ કંપિત વસ્તુના સંપર્કમાં રહેલ માધ્યમનો કણ પોતાની સંતુલન સ્થિતિમાંથી સ્થાનાંતરિત થાય છે. તે પોતાની બાજુમાં અડીને રહેલા કણો પર એક બળ લગાવે છે જેનાં પરિણામ સ્વરૂપ સંલગ્ન કણો પોતાની સંતુલિત અવસ્થામાંથી સ્થાનાંતરિત થાય છે. નજીકના કણનું સ્થાનાંતર થયા બાદ પ્રથમ કણ પોતાની મૂળ સ્થિતિમાં પાછો આવે છે. જ્યાં સુધી ધ્વનિ આપણા કાન સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી માધ્યમમાં આ પ્રક્રિયા ચાલતી રહે છે. માધ્યમમાં ધ્વનિના સ્રોત દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલો વિક્ષોભ આગળ પ્રસરણ પામે છે, નહિ કે માધ્યમનો કણ.

તરંગ એક વિક્ષોભ છે જે કોઈ માધ્યમમાં ગતિ કરે છે જ્યારે માધ્યમના કણો નિકટવર્તી કણોમાં ગતિ ઉત્પન્ન કરે છે. બદલામાં તેઓ અન્ય કણોમાં તેમના જેવી ગતિ ઉત્પન્ન કરે છે. માધ્યમના કણો પોતે આગળની દિશામાં ગતિ કરવા લાગતાં નથી પરંતુ વિક્ષોભને આગળ વધારે છે. કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિના પ્રસરણ વખતે આ મુજબની પ્રક્રિયા થાય છે તેથી ધ્વનિને તરંગ સ્વરૂપે જ ઓળખી શકાય છે. ધ્વનિ-તરંગોની લાક્ષણિકતા માધ્યમના કણોની ગતિ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે તથા તેને યાંત્રિક તરંગો કહે છે.

ધ્વનિના પ્રસરણ માટે હવા સૌથી સામાન્ય માધ્યમ છે. જ્યારે કોઈ કંપિત વસ્તુ આગળની તરફ કંપન કરે છે ત્યારે પોતાની સામેની હવાને ધક્કો મારી સંકોચન ઉત્પન્ન કરે છે અને આ રીતે એક ઉચ્ચ દબાણનું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષેત્રને સંઘનન (C), કહે છે. આકૃતિ (11.4). આ સંઘનન કંપિત વસ્તુથી દૂર તરફ ગતિ શરૂ કરે છે. જ્યારે કંપિત વસ્તુ પાછળની તરફ કંપન કરે ત્યારે નીચા દબાણનું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે જેને વિઘનન (R) કહે છે. આકૃતિ (11.4). જ્યારે વસ્તુ કંપન કરતી હોય એટલે કે આગળ અને પાછળ ખૂબ જ ઝડપથી ગતિ કરતી હોય ત્યારે હવામાં સંઘનન અને વિઘનનની એક શ્રેણી રચાય છે. આ સંઘનન અને વિઘનન ધ્વનિ-તરંગનું નિર્માણ કરે છે જે માધ્યમમાં પ્રસરણ



આકૃતિ 11.4 : કંપિત વસ્તુ કોઈ માધ્યમમાં સંઘનન (C) તથા વિઘનન (R)ની શ્રેણી રચે છે

પામે છે. સંઘનન ઉચ્ચ દબાણનું ક્ષેત્ર છે જ્યારે વિઘનન નિમ્ન દબાણનું ક્ષેત્ર છે. દબાણ માધ્યમના આપેલ કદમાં રહેલા કણોની સંખ્યા પર આધારિત હોય છે. કોઈ માધ્યમમાં, કણોની વધારે ઘનતા વધારે દબાણ અને ઓછી ઘનતા ઓછું દબાણ દર્શાવે છે. આમ, ધ્વનિનું પ્રસરણ માધ્યમમાં ઘનતા-પરિવર્તન અથવા દબાણ-પરિવર્તનના સંચરણ (Propogation) સ્વરૂપે પણ જોઈ શકાય.

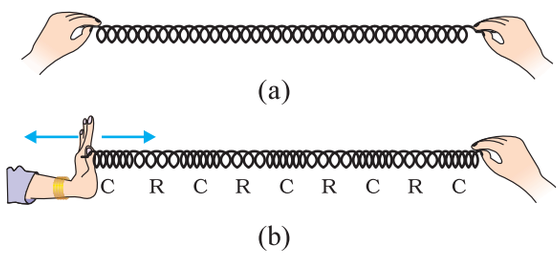
પ્રશ્ન :

1. કોઈ માધ્યમમાં કંપિત વસ્તુ દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ ધ્વનિ તમારા કાન સુધી કેવી રીતે પહોંચે છે ?
2. તમારી શાળાના ઘંટ દ્વારા ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તે સમજાવો.
3. ધ્વનિ-તરંગોને યાંત્રિક તરંગો કેમ કહે છે ?
4. માની લો કે તમે તમારા મિત્ર સાથે ચંદ્ર પર ગયા છો, શું તમે તમારા મિત્ર દ્વારા ઉત્પન્ન કરવામાં આવેલ કોઈપણ ધ્વનિ સાંભળી શકશો ?

11.2.1 ધ્વનિ-તરંગો સંગત તરંગો છે (Sound Waves are Longitudinal Waves)

પ્રવૃત્તિ 11.4

- એક સ્લિંકી (લાંબી સ્પ્રિંગ-Slinky) લો. તેનો એક છેડો તમારા મિત્રને પકડવાનું કહો અને બીજો છેડો તમે પકડો. હવે આ લાંબી સ્પ્રિંગને આકૃતિ 11.5 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ખેંચો. હવે તેને તમારા મિત્ર તરફ અચાનક ધક્કો આપો.
- તમે શું જુઓ છો ? જો તમે તમારા હાથથી સ્લિંકીને સતત આગળ-પાછળ એક પછી એક ધક્કો મારતા તથા ખેંચતા રહેશો તો તમે શું જોશો ?
- જો તમે સ્લિંકી પર એક ચિહ્ન લગાવી દો તો તમે જોશો કે સ્લિંકી પર લગાડેલ ચિહ્ન વિક્ષોભના પ્રસરણની દિશાને સમાંતર આગળ-પાછળ ગતિ કરે છે.



(a)

(b)

આકૃતિ 11.5 : સ્લિંકીમાં સંગત તરંગો

એવા વિસ્તારો કે જ્યાં સ્લિંકીના આંટાઓ પાસપાસે આવી જાય છે તેને સંઘનન (C) તથા જે વિસ્તારોમાં સ્લિંકીના આંટાઓ દૂર-દૂર ગોઠવાય છે તેને વિઘનન (R) કહે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિ સંઘનન અને વિઘનન સ્વરૂપે પ્રસરણ પામે છે. હવે આપણે સ્લિંકીમાં વિક્ષોભના પ્રસરણની કોઈ માધ્યમમાં વિક્ષોભના સંચરણ સાથે તુલના કરી શકીએ. આ તરંગોને સંગત તરંગો કહે છે. આ તરંગોમાં માધ્યમના દરેક કણોનું સ્થાનાંતર સંચરણની દિશાને સમાંતર થાય છે. કણ એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન સુધી ગતિ નથી કરતા; પરંતુ પોતાના સમતોલન સ્થાનની આસપાસ આગળ-પાછળ દોલન કરે છે. ધ્વનિ-તરંગો પણ આ જ રીતે સંચરણ પામે છે તેથી ધ્વનિતરંગોને સંગત તરંગો કહે છે.

તરંગનો એક બીજો પ્રકાર પણ છે જેને લંબગત તરંગ કહે છે. લંબગત તરંગમાં કણો તરંગના પ્રસરણની દિશામાં દોલનો કરતાં નથી પરંતુ જેમ તરંગનું પ્રસરણ થાય છે તેમ તેઓ પોતાના મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ ઉપર અને નીચે તરફ ગતિ કરે છે. આમ, લંબગત તરંગો એવા તરંગો છે કે જેમાં માધ્યમના કણ સ્વતંત્ર રીતે પોતાના મધ્યમાન સ્થાન પર તરંગના પ્રસરણની દિશાને લંબરૂપે ગતિ કરતા હોય. જ્યારે આપણે તળાવમાં કાંકરો નાંખીએ ત્યારે પાણીની સપાટી પર જોવા મળતા તરંગો લંબગત તરંગનું ઉદાહરણ છે. પ્રકાશ લંબગત તરંગ છે; પરંતુ પ્રકાશનાં દોલનો માધ્યમના કણો અથવા તેના દબાણ કે તેની ઘનતાને લીધે થતા નથી. પ્રકાશના તરંગો યાંત્રિક તરંગો નથી. તમે લંબગત તરંગો વિશે વધારે માહિતી આગળનાં ધોરણોમાં મેળવશો.

11.2.2 ધ્વનિ-તરંગોના ગુણધર્મો (Characteristics of a Sound Wave)

આપણે કોઈ ધ્વનિ તરંગને તેની

- આવૃત્તિ
- કંપવિસ્તાર અને
- ઝડપ વડે વર્ણવી શકીએ છીએ.

ધ્વનિ-તરંગોને આલેખ સ્વરૂપે આકૃતિ 11.6 (c)માં દર્શાવેલ છે, જે દર્શાવે છે કે જ્યારે ધ્વનિ-તરંગ કોઈ માધ્યમમાં ગતિ કરે છે ત્યારે સમય સાથે ઘનતા અને દબાણમાં કેવાં પરિવર્તનો થાય છે. આપેલ સમયે માધ્યમની ઘનતા અને દબાણ તેમના સરેરાશ મૂલ્યથી ઉપર તથા નીચે અંતરની સાથે બદલાય છે. આકૃતિ 11.6 (a) તથા 11.6 (b) અનુક્રમે દર્શાવે

છે કે જ્યારે ધ્વનિ તરંગ માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે ત્યારે ઘનતા તથા દબાણમાં કેવા ફેરફારો થાય છે તે દર્શાવે છે.

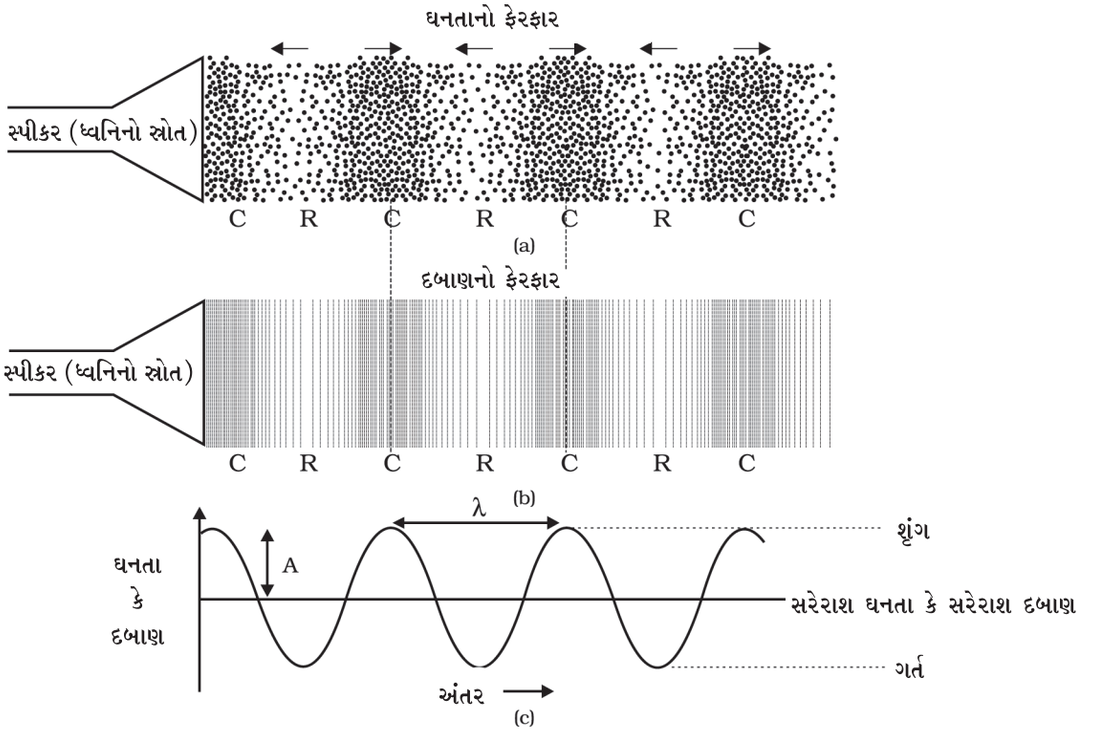
સંઘનન એવું ક્ષેત્ર છે કે જ્યાં કણ પાસે-પાસે આવી જાય છે, જેને વક્રના ઉપરના ભાગ તરીકે દર્શાવેલ છે (આકૃતિ 11.6 (c)). ટોચ મહત્તમ સંઘનનના ક્ષેત્રને દર્શાવે છે. આમ, સંઘનન એવું ક્ષેત્ર છે કે જ્યાં ઘનતા અને દબાણ બંને વધારે હોય છે. વિઘનન નિમ્ન દબાણનું ક્ષેત્ર છે જ્યાં કણ એકબીજાથી દૂર ફેલાઈ જાય છે, જેને ખાડા વડે દર્શાવેલ છે, જેને વક્રમાં નીચેના ભાગ વડે દર્શાવેલ છે (આકૃતિ 11.6 (c)). ટોચને તરંગનું શૃંગ તથા ખાડાને ગર્ત કહે છે.

આકૃતિ 11.6 (c)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બે ક્રમિક સંઘનનો (C) અથવા બે ક્રમિક વિઘનનો (R) વચ્ચેના અંતરને તરંગલંબાઈ કહે છે. તરંગલંબાઈને સામાન્ય રીતે λ (ગ્રીક અક્ષર લૅમ્ડા) વડે દર્શાવાય છે. જેનો SI એકમ મીટર (m) છે.



હેનરિચ રુડોલ્ફ હર્ટ્ઝ (Heinrich Rudolph Hertz)નો જન્મ 22 ફેબ્રુઆરી, 1857માં હેમબર્ગ, જર્મનીમાં થયો હતો અને તેમનો અભ્યાસ બર્લિન વિશ્વવિદ્યાલયમાં થયો હતો. તેમણે જે. સી. મેક્સવેલ (J. C. Maxwell's)ના વિદ્યુત ચુંબકીય સિદ્ધાંતની પ્રાયોગિક સાબિતી આપી. તેમણે રેડિયો, ટેલિફોન, ટેલિગ્રાફ તથા ટેવિવિઝનના ભવિષ્યમાં વિકાસ માટેનો પાયો નાખ્યો. તેમણે પ્રકાશ-વિદ્યુત પ્રભાવની પણ શોધ કરી. જેને બાદમાં આલ્બર્ટ આઇન્સ્ટાઇને વ્યાખ્યાયિત કર્યું. આવૃત્તિના SI એકમનું નામ તેમના સન્માનમાં હર્ટ્ઝ રાખવામાં આવ્યું છે.

આવૃત્તિથી આપણને ખ્યાલ આવે છે કે કોઈ ઘટના એકમ સમયમાં કેટલી વાર પુનરાવર્તિત થાય છે. માની લો કે તમે કોઈ ઢોલને વગાડો છો. તમે ઢોલને એકમ સમયમાં જેટલી વાર વગાડશો તે તમારા દ્વારા ઢોલને વગાડવાની આવૃત્તિ છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, જ્યારે ધ્વનિ કોઈ માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે છે



આકૃતિ 11.6 : આકૃતિ 11.6 (a) તથા 11.6 (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ ધ્વનિ ઘનતા કે દબાણના પરિવર્તનના રૂપમાં સંચરણ પામે છે. આકૃતિ 11.6 (c)માં ઘનતા તથા દબાણમાં પરિવર્તનને આલેખીય રીતે દર્શાવેલ છે.

ત્યારે માધ્યમની ઘનતા કોઈ મહત્તમ તથા લઘુતમ મૂલ્યોની વચ્ચે બદલાય છે. ઘનતા અધિકતમ મૂલ્યથી લઘુતમ મૂલ્ય સુધી જઈ ફરી અધિકતમ મૂલ્ય સુધી પહોંચે ત્યારે એક દોલન પૂરું થાય છે. એકમ સમયમાં થતાં દોલનોની કુલ સંખ્યાને ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ કહે છે. જો આપણે એકમ સમયમાં આપણી પાસેથી પસાર થતાં સંઘનનો અથવા વિઘનનોની સંખ્યા ગણીએ તો આપણને ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ મળે છે. જેને સામાન્ય રીતે ν (ગ્રીક અક્ષર, ન્યૂ)થી દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ એકમ હર્ટ્ઝ (Hertz) (સંજ્ઞા, Hz) છે.

બે ક્રમિક સંઘનનો કે બે ક્રમિક વિઘનનોને કોઈ નિશ્ચિત બિંદુ પાસેથી પસાર થવા માટે લાગતા સમયને તરંગનો આવર્તકાળ કહે છે. બીજા શબ્દોમાં આપણે કહી શકીએ કે માધ્યમની ઘનતાનાં એક સંપૂર્ણ દોલન માટે લીધેલ સમયને ધ્વનિ-તરંગનો આવર્તકાળ કહે છે. તેને T સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ સેકન્ડ (s) છે. આવૃત્તિ તથા આવર્તકાળ વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે દર્શાવાય છે :

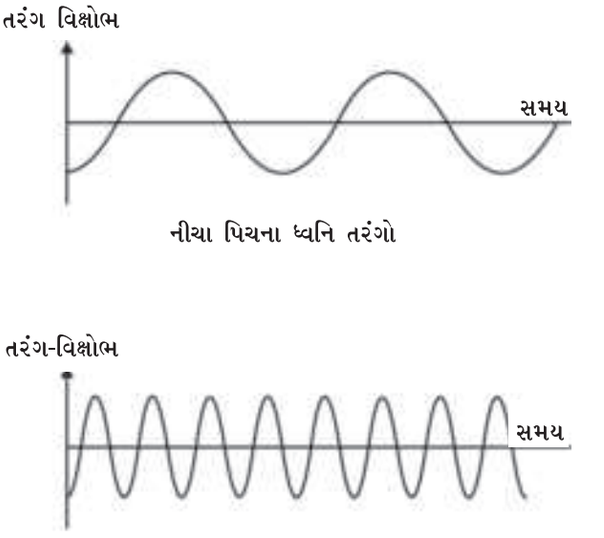
$$\nu = \frac{1}{T}$$

કોઈ વાદ્યવૃંદ (Orchestra)માં વાયોલિન તથા વાંસળી એકસાથે વગાડવામાં આવે છે. બંને ધ્વનિ એક જ માધ્યમ અર્થાત્ હવામાં ગતિ કરી આપણા કાન સુધી સમાન સમયમાં પહોંચે છે. સ્રોતને ધ્યાનમાં લીધા સિવાય ઉત્પન્ન થતા બંને ધ્વનિ સમાન વેગથી ગતિ કરે છે; પરંતુ, જે ધ્વનિઓ આપણે સાંભળીએ છીએ તે જુદા-જુદા છે. આનું કારણ ધ્વનિ સાથે સંકળાયેલા જુદા-જુદા ગુણધર્મો છે. પિચ (Pitch) આ પૈકીનો એક ગુણધર્મ છે.

કોઈ ઉત્સર્જિત ધ્વનિની આવૃત્તિનું આપણું મસ્તિષ્ક (મગજ) કેવું અર્થઘટન કરે છે તેને પિચ કહે છે. આકૃતિ 11.7માં દર્શાવ્યા મુજબ કોઈ સ્રોતમાં કંપન જેટલી ઝડપથી થાય છે તેની આવૃત્તિ તેટલી જ વધારે હોય છે તથા તેની પિચ પણ વધારે હોય છે. આમ, ઊંચી પિચવાળો ધ્વનિ માધ્યમના કોઈ સ્થિર બિંદુ પાસેથી એકમ સમયમાં પસાર થતાં વધુ સંખ્યાના સંઘનન તથા વિઘનન સાથે સંબંધિત છે.

વિવિધ આકાર તથા અવસ્થાઓ ધરાવતી વસ્તુઓ જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ સાથે કંપન કરે છે તથા જુદી-જુદી પિચ ધરાવતો ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે.

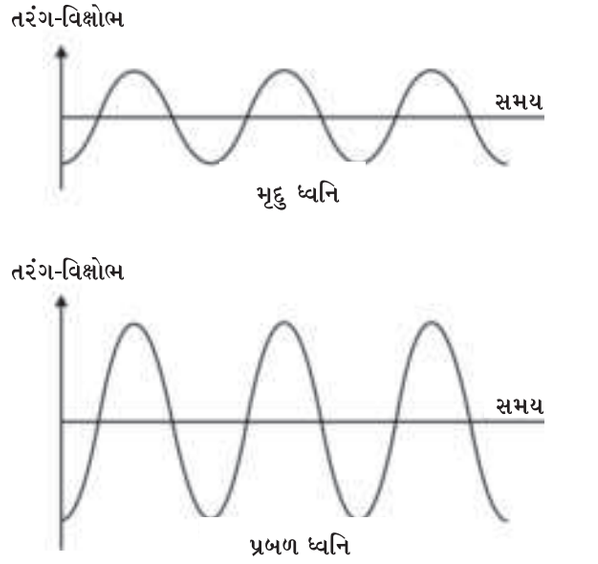
કોઈ માધ્યમમાં મધ્યમાન મૂલ્યની કોઈ એક બાજુ રહેલા મહત્તમ વિક્ષોભના મૂલ્યને તરંગનો કંપવિસ્તાર કહે છે. તેને સામાન્ય રીતે A સંજ્ઞા વડે દર્શાવાય છે. જે આકૃતિ 11.6



આકૃતિ 11.7 : નીચા પિચના ધ્વનિની આવૃત્તિ ઓછી તથા ઊંચા પિચના ધ્વનિની આવૃત્તિ વધારે હોય છે

(c)માં દર્શાવેલ છે. ધ્વનિ માટેનો એકમ દબાણનો અથવા ઘનતાનો એકમ થશે.

ધ્વનિની પ્રબળતા અથવા મૃદુતા તેના કંપવિસ્તારથી જાણી શકાય છે. ધ્વનિ તરંગનો કંપવિસ્તાર વસ્તુને કંપિત કરાવવા માટે જરૂરી બળ પર આધાર રાખે છે. જો આપણે કોઈ ટેબલ પર ધીરેથી મુક્કો મારીએ તો આપણને એક મૃદુ ધ્વનિ સંભળાશે કારણ કે આપણે ઓછી ઊર્જા (કંપવિસ્તાર)નો ધ્વનિ-



આકૃતિ 11.8 : મૃદુ-ધ્વનિનો કંપવિસ્તાર ઓછો તથા પ્રબળ ધ્વનિનો કંપવિસ્તાર વધારે હોય છે

તરંગ ઉત્પન્ન કરેલ છે; પરંતુ જો આપણે ટેબલ પર જોરથી મુક્કો મારીએ તો આપણને પ્રબળ ધ્વનિ સંભળાય છે. શું તમે તેનું કારણ કહી શકશો ? ધ્વનિતરંગ તેના સ્રોતથી લાંબા અંતર સુધી જઈ શકે છે. જેમ-જેમ તે સ્રોતથી દૂર જાય છે તેમ-તેમ તેનો કંપવિસ્તાર ઉપરાંત પ્રબળતા ઘટતી જાય છે. પ્રબળ ધ્વનિ સાથે વધુ ઊર્જા સંકળાયેલી હોવાથી તે વધુ અંતર કાપે છે. આકૃતિ 11.8માં સમાન આવૃત્તિવાળા પ્રબળ તથા મૃદુ ધ્વનિ તરંગોના આકારો દર્શાવેલા છે.

ધ્વનિની ગુણવત્તા અથવા ધ્વનિ ગુણતા (timbre) એવી લાક્ષણિકતા છે જે આપણને સમાન પિચ અને તીવ્રતા ધરાવતા ધ્વનિઓને એકબીજાથી જુદા પાડવાની ક્ષમતા આપે છે. જે ધ્વનિ સુખદ અનુભવ આપે છે તેની ગુણવત્તા વધુ સારી ગણાય છે. એક જ આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને ટોન (tone) કહે છે. અનેક આવૃત્તિઓનાં મિશ્રણથી ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિને સ્વર (note) કહે છે અને તે સાંભળવામાં કર્ણપ્રિય હોય છે. ઘોંઘાટ (noise) કર્ણપ્રિય હોતો નથી ! 'સંગીત' સાંભળવામાં સુખદ અને ઉચ્ચ ગુણવત્તા ધરાવે છે.

પ્રશ્નો :

1. તરંગનો કયો ગુણધર્મ (a) પ્રબળતા (b) પિચ નક્કી કરે છે ?
2. અનુમાન લગાવો કે નીચેનામાંથી કયા ધ્વનિની પિચ વધારે છે ?
   (a) ગિટાર (b) કારનું હૉર્ન

તરંગના કોઈ એક બિંદુ જેમ કે સંઘનન કે વિઘનન દ્વારા એકમ સમયમાં કાપેલ અંતરને તરંગની ઝડપ કહે છે.
આપણે જાણીએ છીએ કે,

$$\text{ઝડપ} = \frac{\text{અંતર}}{\text{સમય}}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

અહીં λ એ ધ્વનિ-તરંગની તરંગ-લંબાઈ છે. તે ધ્વનિ-તરંગ દ્વારા આવર્તકાળ (T) જેટલા સમયમાં કપાયેલ અંતર દર્શાવે છે. આમ,

$$\therefore \quad v = \lambda \nu \quad \left(\because \frac{1}{T} = \nu\right)$$

આથી, ઝડપ = તરંગલંબાઈ × આવૃત્તિ

આપેલ માધ્યમમાં સમાન ભૌતિક પરિસ્થિતિમાં બધી આવૃત્તિઓ માટે ધ્વનિની ઝડપ લગભગ સમાન હોય છે.

ઉદાહરણ 11.1 : કોઈ ધ્વનિતરંગની આવૃત્તિ 2 kHz તથા તરંગલંબાઈ 35 cm છે. તો 1.5 km અંતર કાપવા માટે કેટલો સમય લેશે ?

ઉકેલ :

આપેલ છે,

આવૃત્તિ ν = 2 kHz = 2000 Hz

તરંગલંબાઈ λ = 35 cm = 0.35 m

આપણે જાણીએ છીએ કે, તરંગની ઝડપ v

= તરંગલંબાઈ × આવૃત્તિ

$$v = \lambda \nu$$

$$= 0.35 \text{ m} \times 2000 \text{ Hz} = 700 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

તરંગે 1.5 km અંતર કાપવા માટે લીધેલ સમય

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1.5 \times 1000 \text{ m}}{700 \text{ ms}^{-1}} = \frac{15}{7} = 2.1 \text{ s}$$

આમ, ધ્વનિ 1.5 km અંતર કાપવા માટે 2.1 s જેટલો સમય લેશે.

પ્રશ્નો :

1. કોઈ ધ્વનિ-તરંગ માટે તરંગલંબાઈ, આવૃત્તિ, આવર્તકાળ અને કંપવિસ્તાર એટલે શું ?
2. કોઈ ધ્વનિ-તરંગની તરંગલંબાઈ તથા આવૃત્તિ તેની ઝડપ સાથે કેવો સંબંધ ધરાવે છે ?
3. આપેલ માધ્યમમાં એક ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ 220 Hz અને ઝડપ 440 m/s છે. આ તરંગની તરંગલંબાઈ ગણો.
4. કોઈ ધ્વનિ સ્રોતથી 450 m દૂર બેઠેલ કોઈ વ્યક્તિ 500 Hzનો ટોન સાંભળે છે. સ્રોતમાંથી નીકળતા બે ક્રમિક સંઘનન વચ્ચેનો સમયગાળો કેટલો હશે ?

એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી પ્રત્યેક સેકન્ડમાં પસાર થતી ધ્વનિ ઊર્જાને ધ્વનિની તીવ્રતા કહે છે. ઘણી વાર આપણે 'પ્રબળતા' તથા 'તીવ્રતા' શબ્દનો એકબીજાના પર્યાયરૂપે ઉપયોગ કરીએ છીએ; પરંતુ તેનો અર્થ એક જ નથી. પ્રબળતા ધ્વનિ માટે કાનની સંવેદનશીલતાનું માપ છે. બે ધ્વનિ સમાન તીવ્રતાના હોઈ શકે તે છતાં પણ આપણે એકને બીજાની સાપેક્ષમાં વધારે પ્રબળ ધ્વનિ તરીકે સાંભળી શકીએ છીએ. કારણ કે આપણા કાન તેના માટે વધારે સંવેદનશીલ છે.

પ્રશ્ન :

1. ધ્વનિની પ્રબળતા તથા તીવ્રતા વચ્ચેનો તફાવત જણાવો.

11.2.3 જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં ધ્વનિની ઝડપ (Speed of Sound in Different Media)

માધ્યમમાં ધ્વનિ એક ચોક્કસ ઝડપથી ગતિ કરે છે. ચોમાસામાં વાદળોની ગર્જનાનો અવાજ વીજળીના ચમકારા કરતા થોડો મોડો સંભળાય છે તેથી, આપણે એ નિષ્કર્ષ તારવી શકીએ કે ધ્વનિની ઝડપ પ્રકાશની ઝડપની સાપેક્ષમાં બહુ જ ઓછી છે. ધ્વનિની ઝડપ તે જે માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે છે તેના ગુણધર્મો પર આધાર રાખે છે. તમે આ હકીકત આગળનાં ધોરણોમાં શીખશો. કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિની ઝડપ માધ્યમના તાપમાન પર આધાર રાખે છે. ધ્વનિની ઝડપ ઘનથી વાયુ અવસ્થા તરફ જતાં ઘટતી જાય છે. કોઈ માધ્યમમાં તાપમાન વધારતાં ધ્વનિની ઝડપ વધે છે. ઉદાહરણ તરીકે, 0 °C તાપમાને ધ્વનિની હવામાં ઝડપ 331 m s^{-1} જેટલી હોય છે જ્યારે 22 °C તાપમાને 344 m s^{-1} હોય છે. કોષ્ટક 2.1માં જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં એક નિશ્ચિત તાપમાને ધ્વનિની ઝડપ દર્શાવેલ છે. જે તમારે યાદ રાખવાની જરૂર નથી.

કોષ્ટક 11.1 : જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં 25° C પર ધ્વનિની ઝડપ

અવસ્થા	પદાર્થ	ઝડપ m/s
ઘન	ઍલ્યુમિનિયમ	6420
	નિકલ	6040
	સ્ટીલ	5960
	લોખંડ	5950
	પિત્તળ	4700
	કાચ (ફ્લિન્ટ)	3980
પ્રવાહી	પાણી (સમુદ્ર)	1531
	પાણી (નિસ્યંદિત)	1498
	ઈથેનોલ	1207
	મિથેનોલ	1103
વાયુ	હાઇડ્રોજન	1284
	હિલિયમ	965
	હવા	346
	ઑક્સિજન	316
	સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ	213

પ્રશ્ન :

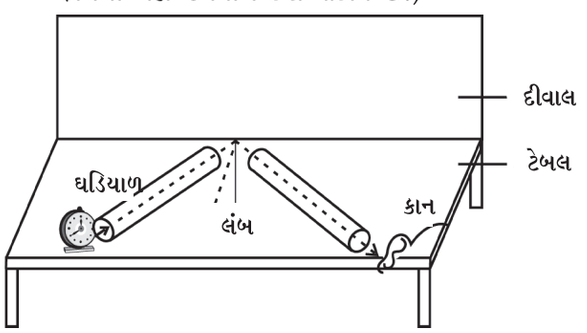
1. ચોક્કસ તાપમાને, હવા, પાણી અથવા લોખંડ પૈકી કયા માધ્યમમાં ધ્વનિ સૌથી વધારે ઝડપથી ગતિ કરશે ?

11.3 ધ્વનિનું પરાવર્તન (Reflection of Sound)

કોઈ ઘન અથવા પ્રવાહી સપાટી પરથી ધ્વનિ અથડાઈને એવી રીતે પાછો વળે છે જેવી રીતે કોઈ રબરનો દડો દીવાલને અથડાઈને પાછો ફરે. પ્રકાશની જેમ ધ્વનિ પણ કોઈ ઘન કે પ્રવાહીની સપાટી પરથી પરાવર્તિત થાય છે તથા તે પરાવર્તનના બધા જ નિયમોનું પાલન કરે છે જેનો અભ્યાસ તમે આગળનાં ધોરણમાં કરી ચૂક્યા છો. સપાટી પરથી પરાવર્તન પામતા તથા સપાટી પર આપાત થયેલ ધ્વનિના તરંગો એ સપાટી સાથે આપાત બિંદુ પાસે દોરેલ લંબ સાથે સમાન ખૂણો બનાવે છે અને આ ત્રણેય એક જ સમતલમાં હોય છે. ધ્વનિ-તરંગોના પરાવર્તન માટે મોટા કદના ચકચકિત કે ખરબચડા અવરોધકની જરૂર પડે છે.

પ્રવૃત્તિ 11.5

- આકૃતિ 11.9માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બે સમાન પાઇપ લો. તમે ચાર્ટપેપરની મદદથી આવા પાઇપ બનાવી શકો છો. અહીં દર્શાવ્યા મુજબ પાઇપોની લંબાઈ પૂરતી લાંબી હોવી જોઈએ.
- તેમને દીવાલની નજીક ટેબલ પર વ્યવસ્થિત ગોઠવો.
- એક પાઇપના ખુલ્લા છેડા પાસે ઘડિયાળ મૂકો જ્યારે બીજા પાઇપ પાસે આ ઘડિયાળનો ધ્વનિ સાંભળવાનો પ્રયત્ન કરો.
- બંને પાઇપોની સ્થિતિ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તમને ઘડિયાળનો અવાજ સ્પષ્ટ સંભળાય.
- હવે આપાતકોણ અને પરાવર્તનકોણ માપો તથા તેમની વચ્ચેનો સંબંધ ચકાસો.
- જમણી બાજુની પાઇપને ઊર્ધ્વદિશામાં થોડે ઊંચે સુધી લઈ જાઓ અને શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો. (ઘડિયાળના સ્થાને કંપિત અવસ્થામાં રાખેલા મોબાઇલ ફોનનો પણ ઉપયોગ કરી શકાય છે.)



આકૃતિ 11.9 : ધ્વનિનું પરાવર્તન

11.3.1 પડઘો (Echo)

જો આપણે યોગ્ય પરાવર્તક વસ્તુ જેવી કે ઊંચી ઈમારત અથવા પહાડની નજીક જોરથી બૂમ પાડીએ કે તાળી પાડીએ તો થોડા સમય પછી તે જ ધ્વનિ આપણને ફરી સંભળાય છે. આપણને સંભળાતા આ ધ્વનિને પડઘો કહે છે. આપણા મગજમાં ધ્વનિની સંવેદના લગભગ 0.1 sec સુધી રહે છે. પડઘો સ્પષ્ટ રીતે સંભળાય તે માટે મૂળ ધ્વનિ અને પરાવર્તિત ધ્વનિ વચ્ચે ઓછામાં ઓછો 0.1 secનો સમયગાળો ચોક્કસ હોવો જોઈએ. જો આપણે આપેલ તાપમાન જેમકે 22° C પર ધ્વનિની ઝડપ 344 m/s લઈએ, તો ધ્વનિને અવરોધક સુધી જવા તથા પરાવર્તન પછી શ્રોતા સુધી પહોંચવા વચ્ચેનો સમયગાળો 0.1 sec કે તેથી થોડો વધુ હોવો જોઈએ. આમ, શ્રોતાથી પરાવર્તક સપાટી સુધી જવા તથા પાછા આવવા માટે ધ્વનિ દ્વારા કપાયેલ કુલ અંતર ઓછામાં ઓછું (344 m/s) × 0.1s = 34.4 m હોવું જોઈએ. આમ, પડઘો સ્પષ્ટ સાંભળવા માટે અવરોધકનું ધ્વનિ-સ્રોતથી લઘુતમ અંતર ધ્વનિએ કાપેલા કુલ અંતરથી અડધું એટલે કે 17.2 m હોવું જોઈએ. આ અંતર હવાના તાપમાન સાથે બદલાય છે કારણ કે, તાપમાન સાથે ધ્વનિની ઝડપ પણ બદલાય છે. ધ્વનિના ક્રમિક કે ગુણક પરાવર્તનના કારણે આપણને એકથી વધારે વખત પડઘો સંભળાઈ શકે છે. ઘણી પરાવર્તક સપાટીઓ જેમકે વાદળો તથા જમીન પરથી ધ્વનિના પુનરાવર્તિત પરાવર્તનના ફળસ્વરૂપે વાદળોનો ગડગડાટ ઉત્પન્ન થાય છે.

11.3.2 અનુરણન (Reverberation)

કોઈ મોટા ઓરડામાં ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ દીવાલો પરથી પુનરાવર્તિત પરાવર્તન પામવાનાં કારણે ત્યાં સુધી ચાલુ રહેશે જ્યાં સુધી તેનું મૂલ્ય ઘટીને તે અશ્રાવ્ય ન બને. આ પુનરાવર્તિત પરાવર્તનનાં કારણે જે પ્રબળ ધ્વનિ મળે છે તેને અનુરણન (Reverberation) કહે છે. કોઈ સભાખંડ કે મોટા હૉલમાં વધારે પડતું અનુરણન અનિચ્છનીય છે. અનુરણન ઓછું કરવા માટે સભાખંડની છત તથા દીવાલો પર ધ્વનિશોષક પદાર્થો જેવા કે સંકોચિત ફાઇબર બૉર્ડ, ખરબચડું પ્લાસ્ટર અથવા પડદા લગાડવામાં આવે છે. ખુરશીઓના પદાર્થની પસંદગી પણ તેના ધ્વનિ-શોષકતાના ગુણોને આધારે કરવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 11.2 : એક વ્યક્તિ એક ભેખડ પાસે તાળી પાડે છે. તેની 2 sec બાદ તેનો પડઘો સંભળાય છે. જો ધ્વનિની ઝડપ 346 m/s લઈએ, તો ભેખડ અને વ્યક્તિ વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

ઉકેલ :

ધ્વનિની ઝડપ $v = 346\ m\ s^{-1}$

પડઘો સાંભળવા માટે લીધેલ સમય,

$t = 2\ s$

ધ્વનિ દ્વારા કપાયેલ અંતર

$= v \times t$

$= 346\ m\ s^{-1} \times 2\ s$

$= 692\ m$

2 sમાં ધ્વનિ ભેખડ તથા વ્યક્તિની વચ્ચે બમણું અંતર કાપશે તેથી ભેખડ અને વ્યક્તિ વચ્ચેનું અંતર

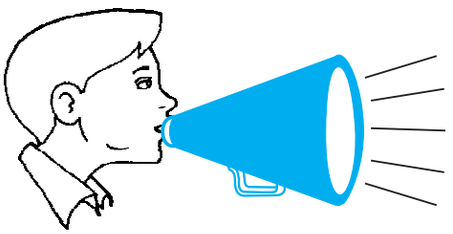
$= \frac{692\ m}{2} = 346\ m$

પ્રશ્ન :

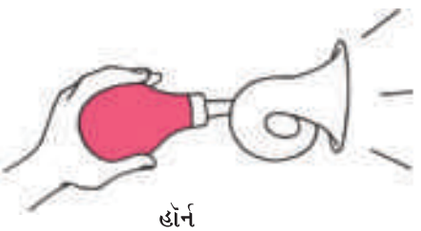
1. કોઈ પડઘો 3 sec પછી સંભળાય છે. જો ધ્વનિની ઝડપ 342 $m\ s^{-1}$ હોય, તો સ્રોત અને પરાવર્તક સપાટી વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

11.3.3 ધ્વનિના ગુણક પરાવર્તનના ઉપયોગો (Uses of Multiple Reflection of Sound)

1. મેગાફોન કે લાઉડસ્પીકર, હૉર્ન, તૂરી તથા શરણાઈ જેવાં વાદ્યો, બધાં એવી રીતે બનાવવામાં આવે છે જેથી ધ્વનિ બધી દિશામાં ફેલાવાના બદલે ફક્ત એક ચોક્કસ દિશામાં ગતિ કરે જે આકૃતિ 11.10માં દર્શાવેલ છે.



મેગાફોન



હૉર્ન

આકૃતિ 11.10 : મેગાફોન અને હૉર્ન

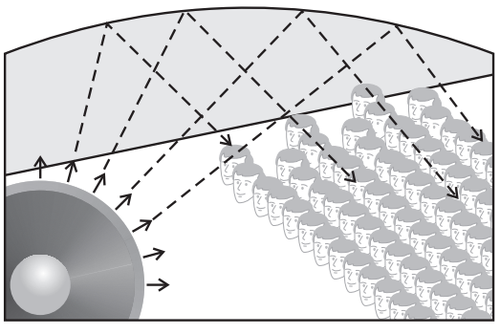
આ યંત્રોમાં એક નળીનો આગળનો ખુલ્લો ભાગ શંકુ આકારનો હોય છે જે સ્રોતથી ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિનું પુનરાવર્તિત પરાવર્તન કરી શ્રોતાઓની દિશામાં આગળ તરફ મોકલે છે.

2. સ્ટેથોસ્કોપ એક તબીબી સાધન છે જે શરીરની અંદર, ખાસ કરીને હૃદય તથા ફેફસાંઓમાં ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિને સાંભળવાના કામમાં આવે છે. આકૃતિ 11.11માં દર્શાવ્યા મુજબ સ્ટેથોસ્કોપમાં દર્દીના હૃદયના ધબકારાનો ધ્વનિ ગુણક પરાવર્તન પામી ડૉક્ટરના કાન સુધી પહોંચે છે.

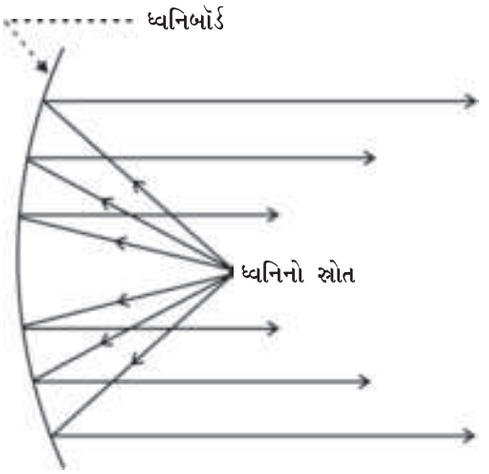


આકૃતિ 11.11 : સ્ટેથોસ્કોપ

3. કોન્સર્ટ હૉલ, સંમેલન કક્ષ તથા સિનેમા હૉલની છત વક્રાકાર બનાવવામાં આવે છે જેથી પરાવર્તન બાદ ધ્વનિ હૉલના બધા જ ભાગો સુધી પહોંચી જાય. જે આકૃતિ 11.12માં દર્શાવેલ છે. ક્યારેક-ક્યારેક વક્રાકાર ધ્વનિબૉર્ડ મંચની પાછળ રાખવામાં આવે છે જેથી ધ્વનિ આ ધ્વનિબૉર્ડથી પરાવર્તન પામી સંપૂર્ણ હૉલમાં સમાનરૂપે ફેલાઈ જાય છે. (આકૃતિ 11.13)



આકૃતિ 11.12 : સંમેલન કક્ષમાં વક્રાકાર છત



આકૃતિ 11.13 : મોટા ઓરડામાં ઉપયોગમાં લેવાતાં ધ્વનિબૉર્ડ

પ્રશ્ન :

1. કોન્સર્ટ હૉલની છતો વક્રાકાર કેમ હોય છે ?

11.4 શ્રાવ્યતા વિસ્તાર (Range of Hearing)

મનુષ્યમાં ધ્વનિની શ્રાવ્યતાનો વિસ્તાર લગભગ 20 Hzથી 20,000Hz (1Hz = 1 આવર્તન/સે) સુધીનો હોય છે. 5 વર્ષથી ઓછી વયનાં બાળક તથા કેટલાંક પ્રાણીઓ જેમકે કૂતરો 25 kHz સુધીના ધ્વનિ સાંભળી શકે છે (1kHz = 1000 Hz). જેમ-જેમ વ્યક્તિની ઉંમર વધતી જાય છે તેમ-તેમ તેના કાન ઉચ્ચ આવૃત્તિઓ ઓછી સાંભળી શકે છે. 20 Hzથી ઓછી આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને અવશ્રાવ્ય (infrasonic) ધ્વનિ કહે છે. જો આપણે અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ સાંભળી શકતા હોત તો કોઈ લોલકનાં કંપનો એવી જ રીતે સાંભળી શકતા જેવી રીતે માખીની પાંખોના કંપન સાંભળી શકીએ છીએ. ગેંડો 5 Hz જેટલી નીચી આવૃત્તિ ધરાવતા અવશ્રાવ્ય ધ્વનિનો ઉપયોગ કરીને સંપર્ક સ્થાપિત કરે છે. વ્હેલ તથા હાથી અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ વિસ્તારના ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. એવું જોવામાં આવ્યું છે કે કેટલાંક પ્રાણીઓ ભૂકંપ પહેલાં પરેશાન થઈ જાય છે. ભૂકંપમાં મુખ્ય આઘાત તરંગ (shock waves) પહેલાં ઓછી આવૃત્તિવાળા અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ ઉત્પન્ન થતાં હોય છે જે કદાચ આ પ્રાણીઓને સાવધાન કરતા હશે. 20 kHzથી વધારે આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ અથવા પરાધ્વનિ (Ultrasonic) કહે છે. ડોલ્ફિન, ચામાચીડિયું અને પોરપોઇઝ (વ્હેલ જેવું જ સસ્તન પ્રાણી) પરાધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. કેટલીક પ્રજાતિના (moths) ફૂદાંઓની શ્રવણશક્તિ ખૂબ જ ઊંચી હોય છે. આ ફૂદાં ચામાચીડિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતી ઉચ્ચ આવૃત્તિના ચીંચીં જેવા ધ્વનિને સાંભળી

શકે છે. તેમને પોતાની આસપાસ ઊડતાં ચામાચીડિયાની જાણકારી મળી જાય છે અને પોતાને પકડાઈ જતા બચાવે છે. ઉંદર પણ પરાધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી કેટલીક રમતો રમે છે.

શ્રવણ સહાયક યંત્ર (Hearing Aid) : જે લોકોને ઓછું સંભળાતું હોય તેમને આ યંત્રની જરૂર પડે છે. આ બૅટરીથી ચાલતું એક વિદ્યુત ઉપકરણ છે. શ્રવણ સહાયક યંત્ર માઇક્રોફોન દ્વારા ધ્વનિ મેળવે છે. માઇક્રોફોન ધ્વનિ-તરંગોને વિદ્યુત સંકેતમાં રૂપાંતરિત કરે છે. વિદ્યુત સંકેતો ધ્વનિવર્ધક (amplifier) દ્વારા વિવર્ધિત (એમ્પ્લિફાય) થાય છે. આ વિવર્ધિત વિદ્યુત સંકેતો શ્રવણસહાયક યંત્રના સ્પીકરને મોકલવામાં આવે છે. સ્પીકર વિવર્ધિત વિદ્યુત સંકેતોને ધ્વનિમાં પરિવર્તિત કરે છે અને સ્પષ્ટ સાંભળવા માટે કાન સુધી મોકલે છે.

પ્રશ્નો :

1. સામાન્ય મનુષ્ય માટે ધ્વનિ-શ્રાવ્યતાનો વિસ્તાર કેટલો હોય છે ?
2. નીચેનાની ધ્વનિ આવૃત્તિનો વિસ્તાર કેટલો હોય છે ?

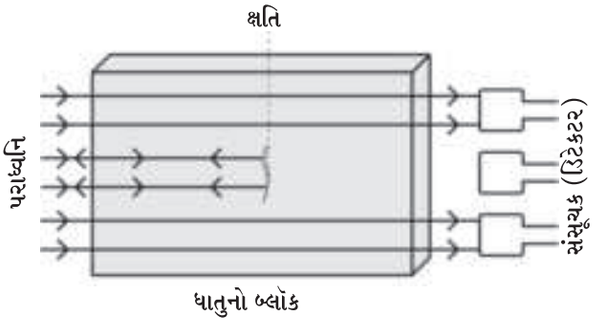
   (a) અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ

   (b) પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ

11.5 પરાધ્વનિની ઉપયોગિતા (અનુપ્રયોગ) (Applications of Ultrasound)

પરાધ્વનિ ઉચ્ચ આવૃત્તિના તરંગો છે. પરાધ્વનિ અવરોધોની હાજરીમાં પણ એક નિશ્ચિત પથ પર ગતિ કરે છે. પરાધ્વનિનો ઉદ્યોગો તથા ચિકિત્સાક્ષેત્રમાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

- પરાધ્વનિ મોટાભાગે તે ભાગોને સાફ કરવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે જ્યાં સુધી પહોંચવું કઠિન હોય જેમકે સર્પિલાકાર નળી, વિષમ આકારના ભાગો, ઇલેક્ટ્રૉનિક ઘટકો વગેરે. જે વસ્તુઓને સાફ કરવાની હોય તેને સફાઈ દ્રાવણમાં રાખી તેની પર પરાધ્વનિ આપાત કરવામાં આવે છે. ઉચ્ચ આવૃત્તિને કારણે ધૂળ, ચીકાશ તથા ગંદકીના કણો જુદા થઈને નીચે પડી જાય છે. આમ, આ રીતે વસ્તુ સંપૂર્ણ સાફ થાય છે.
- પરાધ્વનિનો ઉપયોગ ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલી તિરાડો તથા અન્ય ખામીઓ શોધવામાં કરી શકાય છે. ધાતુના બ્લૉકને મોટા ભાગે મોટાં-મોટાં ભવનો, પુલો, મશીનો તથા વૈજ્ઞાનિક સાધનો બનાવવાના ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલી તિરાડ કે છિદ્ર બહારથી દેખાતા નથી. તે ઇમારતની મજબૂતાઈ ઓછી કરે છે. પરાધ્વનિ તરંગો ધાતુના બ્લૉક પર આપાત કરી પરાવર્તિત થતા તરંગો સંસૂચક દ્વારા નોંધવામાં આવે છે. જો બ્લૉકમાં થોડી પણ ખામી હોય, તો પરાધ્વનિ તરંગો તરત પરાવર્તિત થાય છે જે આકૃતિ 11.14 માં દર્શાવ્યા મુજબ ખામીની હાજરી સૂચવે છે.



આકૃતિ 11.14 : પરાધ્વનિ ધાતુના બ્લૉકમાં ક્ષતિયુક્ત સ્થાનેથી પરાવર્તિત થાય છે

સામાન્ય ધ્વનિ જેની તરંગલંબાઈ વધારે હોય તે ખામીયુક્ત સ્થાનના ખૂણાઓ પાસેથી વાંકા વળી સંસૂચક સુધી પહોંચી જાય છે. તેથી આવા ધ્વનિનો ઉપયોગ આ પ્રકારનાં કાર્યોમાં કરી શકાતો નથી.

- પરાધ્વનિ તરંગોને હૃદયના જુદા-જુદા ભાગો દ્વારા પરાવર્તિત કરાવી હૃદયનું પ્રતિબિંબ બનાવાય છે. આ ટેક્નિકને 'ઇકો કાર્ડિયોગ્રાફી' (ECG) કહે છે.
- પરાધ્વનિ સંસૂચક (સ્કેનર) એક એવું યંત્ર છે કે જે પરાધ્વનિ તરંગોનો ઉપયોગ કરી માનવશરીરનાં આંતરિક અંગોનું પ્રતિબિંબ પ્રાપ્ત કરવામાં કામ લાગે છે. આ યંત્ર દ્વારા ડૉક્ટર દર્દીનાં અંગો જેવાં કે યકૃત, પિત્તાશય, ગર્ભાશય, મૂત્રપિંડ વગેરેનાં પ્રતિબિંબ મેળવી શકે છે. આ યંત્ર ડૉક્ટરને શરીરની અસામાન્યતાઓ જેમકે પિત્તાશય અથવા મૂત્રપિંડમાં પથરી તથા જુદાં-જુદાં અંગોમાં ગાંઠ (ટ્યુમર)ની શોધ કરવામાં ઉપયોગી છે. આ ટેક્નિકમાં પરાધ્વનિ તરંગો શરીરના કોષોમાંથી પસાર થાય છે તથા જ્યાં પેશીની ઘનતામાં ફેરફાર થાય ત્યાંથી પરાવર્તિત

થાય છે, ત્યારબાદ આ તરંગોને વિદ્યુત સંકેતોમાં રૂપાંતરિત કરવામાં આવે છે જેનાથી તે અંગનું પ્રતિબિંબ બનાવાય છે. બાદમાં, આ પ્રતિબિંબને મૉનિટર પર દર્શાવાય છે અથવા ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મ પર મુદ્રિત કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિને અલ્ટ્રાસોનોગ્રાફી કહે છે. અલ્ટ્રાસોનોગ્રાફીના ઉપયોગથી ગર્ભાવસ્થામાં ભ્રૂણની ચકાસણી તથા જન્મજાત દોષ કે તેના વિકાસમાં રહેલી અનિયમિતતાઓની જાણકારી મેળવી શકાય છે.

- પરાધ્વનિને મૂત્રાપિંડમાં રહેલી પથરીને બારીક કણોમાં તોડવા માટે પણ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. આ કણો ત્યારબાદ મૂત્ર સાથે બહાર નીકળી જાય છે.



તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- ધ્વનિ જુદી-જુદી વસ્તુઓના કંપનને કારણે ઉત્પન્ન થાય છે.
- ધ્વનિ કોઈ દ્રવ્ય માધ્યમમાં સંગત તરંગોરૂપે ગતિ કરે છે.
- ધ્વનિ માધ્યમમાં ક્રમિક સંઘનનો તથા વિઘનનોનાં સ્વરૂપે ગતિ કરે છે.
- ધ્વનિ-સંચરણમાં માધ્યમના કણ ગતિ કરતા નથી, માત્ર ધ્વનિઊર્જા જ સંચરણ પામે છે.
- ઘનતાના અધિકતમ મૂલ્યથી ન્યૂનતમ મૂલ્ય અને ફરી પાછા અધિકતમ મૂલ્યમાં પરિવર્તનથી એક પૂર્ણ દોલન બને છે.
- બે ક્રમિક સંઘનન કે બે ક્રમિક વિઘનન વચ્ચેના અંતરને તરંગલંબાઈ λ કહે છે.
- તરંગ દ્વારા માધ્યમની ઘનતા અથવા દબાણના એક પૂર્ણ દોલન માટે લીધેલ સમયને આવર્તકાળ (T) કહે છે.
- એકમ સમયમાં થતાં દોલનોની કુલ સંખ્યાને આવૃત્તિ (ν) કહે છે. $\nu = \frac{1}{T}$.
- ધ્વનિની ઝડપ (v), આવૃત્તિ (ν) તથા તરંગલંબાઈ (λ) વચ્ચેનો સંબંધ $v = \lambda\nu$
- ધ્વનિનો વેગ, મુખ્યત્વે જેમાં તે પ્રસરણ પામે છે તે માધ્યમની પ્રકૃતિ તથા તાપમાન પર આધાર રાખે છે.
- ધ્વનિના પરાવર્તનના નિયમ અનુસાર સપાટીને દોરેલ લંબ સાથે આપાત તરંગે બનાવેલ આપાતકોણ અને પરાવર્તિત તરંગે બનાવેલ પરાવર્તનકોણ સમાન હોય છે તથા ત્રણેય એક જ સમતલમાં હોય છે.
- ધ્વનિ સ્પષ્ટ રીતે સાંભળવા માટે મૂળ ધ્વનિ તથા પરાવર્તિત ધ્વનિ વચ્ચે ઓછામાં ઓછો 0.1 sનો સમયગાળો અવશ્ય હોવો જોઈએ.
- કોઈ સભાગૃહમાં ધ્વનિ-પડઘાનું પુનરાવર્તિત પરાવર્તન થવાને કારણે જે પ્રબળ ધ્વનિ મળે છે તેને અનુરણન કહે છે.

- ધ્વનિના ગુણધર્મો જેવા કે - પિચ, પ્રબળતા, ગુણવત્તા, તેની સાથે સંકળાયેલ તરંગોના ગુણધર્મ દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે.
- પ્રબળતા એ ધ્વનિની તીવ્રતા માટે કાનની શારીરિક પ્રતિક્રિયા છે.
- કોઈ લંબરૂપ એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી એક સેકન્ડમાં પસાર થતી ધ્વનિઊર્જાને ધ્વનિની તીવ્રતા કહે છે.
- માનવ દ્વારા શ્રાવ્ય ધ્વનિની સરેરાશ આવૃત્તિનો વિસ્તાર 20 Hzથી 20 kHz સુધી છે.
- જે ધ્વનિ-તરંગોની આવૃત્તિ શ્રાવ્યવિસ્તાર (ઑડિયો રેન્જ)ની આવૃત્તિ કરતાં ઓછી હોય, તો તે તરંગોને અવશ્રાવ્ય (ઇન્ફ્રાસોનિક (infrasonic)) અને જેની આવૃત્તિ શ્રાવ્યવિસ્તાર (ઑડિયો રેન્જ)ની આવૃત્તિ કરતાં વધારે હોય તેને પરાધ્વનિ (ultrasonic) કહે છે.
- પરાધ્વનિનો ચિકિત્સા તેમજ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)



1. ધ્વનિ શું છે અને તે કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે ?
2. આકૃતિની મદદથી વર્ણવો કે ધ્વનિનો સ્રોત તેની નજીકના વાયુઓમાં સંઘનન અને વિઘનન કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરે છે.
3. ધ્વનિ-તરંગો શા માટે સંગત તરંગો તરીકે ઓળખાય છે ?
4. ધ્વનિની કઈ લાક્ષણિકતા તમને અંધારા ઓરડામાં બેઠેલા ઘણાબધા લોકો પૈકી તમારા મિત્રનો અવાજ ઓળખવામાં મદદ કરે છે ?
5. વાદળ ગર્જના અને વીજળી બંને એક સાથે ઉત્પન્ન થાય છે; પરંતુ વીજળી દેખાય તે પછી કેટલીક સેકન્ડ બાદ વાદળ ગર્જના સંભળાય છે. આમ કેમ થાય છે ?
6. કોઈ વ્યક્તિનો સરેરાશ શ્રાવ્ય વિસ્તાર 20 Hzથી 20 kHz છે. આ બે આવૃત્તિઓ માટે હવામાં ધ્વનિ-તરંગોની તરંગ-લંબાઈ શોધો. હવામાં ધ્વનિની ઝડપ 344 $m\ s^{-1}$ લો.
7. બે બાળકો કોઈ ઍલ્યુમિનિયમ સળિયાના વિરુદ્ધ છેડે ઊભેલા છે. એક બાળક સળિયાના એક છેડા પર પથ્થર મારે છે. બીજા છેડા પાસે ઊભેલ બાળક પાસે હવા તથા ઍલ્યુમિનિયમમાંથી પસાર થઈ પહોંચતા ધ્વનિ-તરંગોએ લીધેલ સમયનો ગુણોત્તર શોધો.
8. કોઈ ધ્વનિ સ્રોતની આવૃત્તિ 100 Hz છે. 1 મિનિટમાં તે કેટલી વાર કંપન કરશે ?
9. શું ધ્વનિ પરાવર્તન તે જ નિયમોનું પાલન કરે છે જે પ્રકાશના તરંગો કરે છે ? સમજાવો.
10. ધ્વનિના એક સ્રોતને પરાવર્તક સપાટીની સામે રાખવાથી તેનો પડઘો સંભળાય છે. ધારો કે, ધ્વનિસ્રોત અને પરાવર્તક સપાટી વચ્ચેનું અંતર અચળ રહે છે. શું તમે ગરમ દિવસો (ઉનાળા)માં પડઘો સાંભળી શકશો ?
11. ધ્વનિ-તરંગોના પરાવર્તનના બે વ્યાવહારિક ઉપયોગો લખો.
12. 500 m ઊંચા કોઈ ટાવરની ટોચ પરથી એક પથ્થરને નીચે ટાવરના તળિયે રહેલા તળાવના પાણીમાં પડવા દેવામાં આવે છે. પાણીમાં તેના પડવાનો ધ્વનિ ટોચ પર કેટલા સમય પછી સંભળાશે ? $g = 10\ m s^{-2}$ ધ્વનિની ઝડપ $= 340\ m s^{-1}$

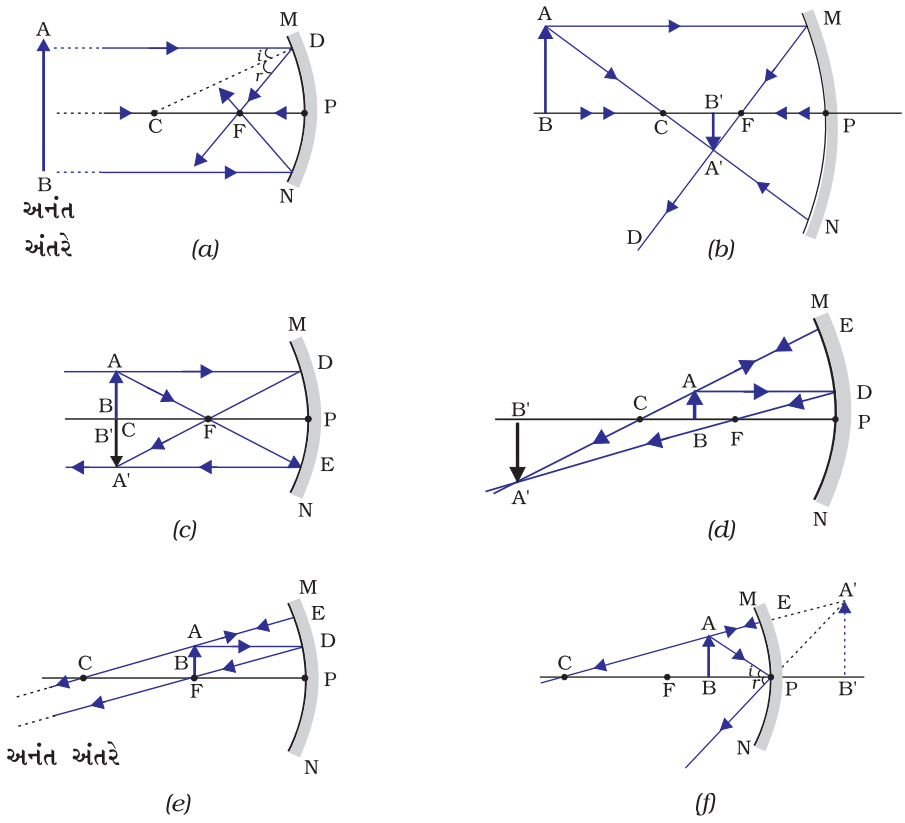
13. એક ધ્વનિ-તરંગ 339 m s^{-1}ના ઝડપથી ગતિ કરે છે. જો તેની તરંગલંબાઈ 1.5 cm હોય, તો આ તરંગની આવૃત્તિ કેટલી હશે ? શું તે શ્રાવ્ય હશે ?

14. અનુરણન શું છે ? તેને કેવી રીતે ઘટાડી શકાય છે ?

15. ધ્વનિની પ્રબળતા એટલે શું ? તે કઈ બાબતો પર આધાર રાખે છે ?

16. વસ્તુઓને સાફ કરવા માટે પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ?

17. કોઈ ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલ ખામી શોધવા માટે પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય છે તે સમજાવો.



આકૃતિ 9.7 અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોની કિરણાકૃતિ

પ્રવૃત્તિ 9.4

- કોષ્ટક 9.1માં દર્શાવેલ વસ્તુની દરેક સ્થિતિઓ માટે સ્વચ્છ કિરણાકૃતિ દોરો.
- પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે તમે અગાઉના વિભાગમાં વર્ણવેલ કોઈ પણ બે કિરણો લઈ શકો છો.
- તમારી કિરણાકૃતિઓને આકૃતિ 9.7માં દર્શાવેલ કિરણાકૃતિઓ સાથે સરખાવો.
- દરેક સ્થિતિમાં બનતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર, સ્થાન તથા સાપેક્ષ પરિમાણ જણાવો.
- તમારાં પરિણામોને અનુકૂળ સ્વરૂપ (format)માં કોષ્ટકમાં દર્શાવો.

અંતર્ગોળ અરીસાઓના ઉપયોગો (Uses of concave mirrors)

અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે ટૉર્ચ, સર્ચલાઇટ તથા વાહનોની હેડ લાઇટ (head lights)માં પ્રકાશના શક્તિશાળી સમાંતર કિરણજૂથ મેળવવા માટે કરવામાં આવે છે. ઘણી વાર તેમનો ઉપયોગ દાઢી કરવાના અરીસા (Shaving mirrors) તરીકે ચહેરાનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરવામાં આવે છે. દાંતના ડૉક્ટરો અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ દર્દીઓના દાંતનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરે છે. સૌર ભઠ્ઠીઓમાં સૂર્યપ્રકાશને કેન્દ્રિત કરવા માટે મોટા અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

(b) બહિર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના (Image formation by a Convex Mirror)

આપણે અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ કર્યો. હવે આપણે બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ વિશેનો અભ્યાસ કરીશું.