अध्याय–14
ध्वनि
(Sound)

VBYB5J

दैनिक जीवन में हम विभिन्न प्रकार की ध्वनियाँ सुनते हैं जैसे पशु–पक्षियों की ध्वनि, मशीन–गाड़ियों की ध्वनि, टी.वी.–टेलीफोन की ध्वनि आदि। कुछ ध्वनियाँ ऐसी होती हैं, जिसे हम नहीं सुन पाते लेकिन कुछ पशु–पक्षी उसे सुन सकते हैं।

ध्वनि से संबंधित कई प्रश्न हैं जैसे–

1. ध्वनि क्या है? यह कैसे उत्पन्न होती है?
2. ध्वनि किसी स्रोत से हमारे कान तक कैसे पहुँचती है?
3. बंद कार, बंद बस या बंद कमरे के भीतर किसी व्यक्ति की आवाज़ बाहर खड़े व्यक्ति को सुनाई नहीं देती या बहुत कम सुनाई देती है। मगर जब आप कार के शीशे या दरवाजे को खटखटाते हैं तब दोनों ओर आवाज सुनाई देती है। ऐसा क्यों?

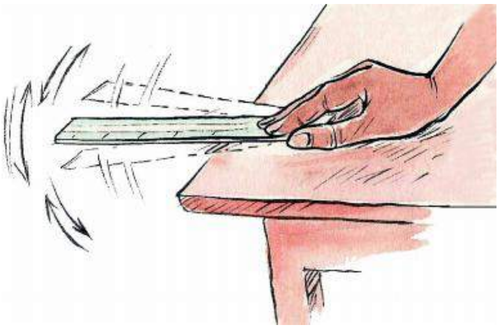
इस अध्याय में हम इन सभी प्रश्नों के उत्तर खोजने का प्रयास करेंगे। साथ ही इससे संबंधित क्रियाकलाप एवं प्रयोग भी करेंगे।

14.1 ध्वनि का उत्पन्न होना

VC8777

क्रियाकलाप–1

1. एक मीटर स्केल लें।
2. इसके एक सिरे को 40 cm तक मेज के किनारे पर कस कर दबाए रखें। (चित्र–1)
3. स्केल के दूसरे सिरे को नीचे की ओर दबाकर छोड़ दें। हमने देखा कि स्केल कंपन करने लगता है और ध्वनि उत्पन्न होती है। इस क्रियाकलाप में स्केल को 30 cm, 20 cm तथा 10 cm तक रखकर दोहराएँ। आपने क्या अनुभव किया? क्या स्केल की लम्बाई का ध्वनि पर प्रभाव पड़ा?



चित्र क्रमांक–1 : मीटर स्केल में कंपन

क्रियाकलाप–2

1. चित्र–2 में दिखाए अनुसार धातु के तार को दो हुक के बीच में कस कर बाँधिए। (ध्यान दें कि तार में मोड़ न हो)

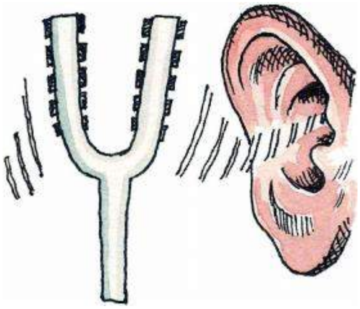
चित्र क्रमांक–2 : धातु के तार का हुक से बंधा होना

2. अपनी उंगली से छूकर उसे कंपित कराएँ।

क्या आपको ध्वनि सुनाई दी? यदि हाँ तो क्या यह ध्वनि क्रियाकलाप–1 में उत्पन्न हुई ध्वनि से अलग थी?

क्रियाकलाप–3

1. एक स्वरित्र द्विभुज लें।
2. इसकी भुजा को रबर पैड पर मारकर कंपित कराइए।
3. कंपित स्वरित्र द्विभुज को कान के समीप लाएँ।



चित्र क्रमांक–3 :
कंपित खरित्र द्विभुज की ध्वनि सुनना

क्या आपको ध्वनि सुनाई देती है? कंपित स्वरित्र द्विभुज की भुजा को अपनी उंगली से स्पर्श करें। आपने क्या अनुभव किया? मित्रों से चर्चा करें।

उक्त सभी क्रियाकलापों में आपने देखा कि ध्वनि किसी वस्तु में कंपन से उत्पन्न होती है। भिन्न–भिन्न पदार्थों (वस्तुओं) में कंपन से भिन्न–भिन्न प्रकार की ध्वनियाँ उत्पन्न होती हैं। ध्वनि पदार्थ की प्रत्यास्थता पर निर्भर करती है। **प्रत्यास्थता पदार्थ का वह गुण है जिससे वह अपने आकार या आकृति में परिवर्तन का विरोध करता है।** अर्थात् जब किसी पदार्थ पर बल लगाकर उसकी आकृति या आकार में परिवर्तन किया जाता है अथवा परिवर्तन का प्रयास किया जाता है तब वह प्रत्यास्थता के कारण उस परिवर्तन का विरोध करते हुए पुनः अपनी पूर्व स्थिति में आने का प्रयास करती है।

जो पदार्थ जितना ज्यादा प्रत्यास्थ होगा, वह उतनी ही शीघ्रता से अपनी पूर्व स्थिति में आने का प्रयास करेगा जैसे– धातु से बने पदार्थ रबर की अपेक्षा अधिक प्रत्यास्थ होते हैं। इसी कारण उन्हें मोड़ना या खींचना रबर की अपेक्षा ज्यादा कठिन होता है। पदार्थ का यही गुण उनसे उत्पन्न होने वाली ध्वनियों को प्रभावित करता है।

कंपित वस्तु की लम्बाई भी ध्वनि को प्रभावित करती है। एक सीमा से कम लम्बाई पर कंपित वस्तु की ध्वनि सुनाई नहीं देती है।

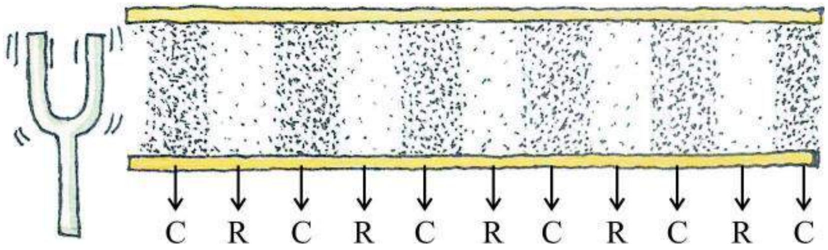
14.2 ध्वनि का हम तक पहुँचना

हमने देखा कि ध्वनि कंपन करती हुई वस्तुओं से उत्पन्न होती है। जब कोई वस्तु कंपन करती है तो वह अपने सम्पर्क के माध्यम के कणों पर बल आरोपित करती है जिससे माध्यम के कण अपनी संतुलित या विराम अवस्था से विस्थापित हो जाते हैं और अपने समीप के अन्य कणों पर समान बल आरोपित करते हैं। ये विस्थापित कण पुनः अपने समीप के कणों पर बल आरोपित कर उन्हें विस्थापित कर देते हैं। समीप के कणों को विस्थापित करने के पश्चात प्रारम्भिक कण अपनी मूल अवस्था में लौट आते हैं। इस प्रकार ऊर्जा का एक कण से दूसरे कण में स्थानान्तरण होता है और ध्वनि आगे बढ़ती है। माध्यम में यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक ध्वनि आपके कानों तक नहीं पहुंच जाती।

क्या ध्वनि तरंग का ही एक रूप है?

आइए, इसे पूर्व में किए क्रियाकलाप–3 के आधार पर समझने का प्रयास करें–

क्रियाकलाप–3 में जब आप स्वरित्र द्विभुज को कंपित कराते हैं तो कंपित स्वरित्र द्विभुज की भुजा अपने क्रमशः दाईं और बाईं ओर कंपन (दोलन) करने लगती है। जब वह अपने दायीं ओर कंपन करती हैं तो अपने सम्पर्क की वायु के कणों को धक्का देकर उच्च दाब का क्षेत्र उत्पन्न करती है। इस क्षेत्र को संपीड़न कहते हैं। जब यह पुनः पीछे की ओर कंपन करते हुए वापस आती हैं तो एक निम्न दाब का क्षेत्र उत्पन्न करती हैं जिसे विरलन कहते हैं। (चित्र–4)



चित्र क्रमांक–4 : कंपित स्वरित्र त्रिभुज में क्रमशः संपीड़न तथा विरलन की शृंखला (यहाँ C संपीड़न तथा R विरलन को दर्शाता है।)

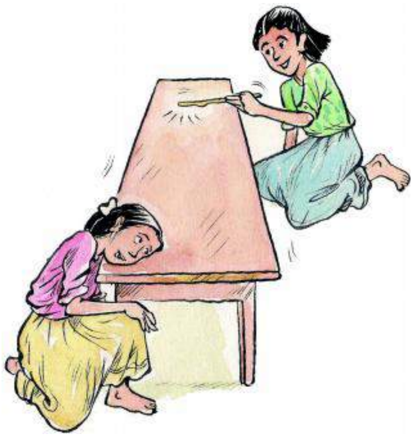
जब स्वरित्र द्विभुज लगातार कंपन करता है तो वायु में संपीडन और विरलन की एक श्रेणी बन जाती हैं। यहीं संपीड़न और विरलन एक तरंग बनाते हैं जो माध्यम से होकर संचरित होती हैं।

चूंकि ध्वनि संचरण में माध्यम के एक कण से दूसरे कण में ऊर्जा का स्थानान्तरण होता है। इस कारण ध्वनि को यांत्रिक तरंगें कहा जाता है।

क्या ध्वनि संचरण (गमन) ठोस, द्रव या गैस तीनों माध्यमों में समान होता है?

क्रियाकलाप–4

1. लकड़ी की मेज़ के एक सिरे के पास अपना कान लगाएँ (चित्र–5)।



चित्र क्रमांक–5 : ठोस माध्यम में ध्वनि का सुनाई देना

2. अपने मित्र को मेज़ के दूसरे सिरे पर धीरे से ठोकने या खटखटाने को कहें।
   क्या आपको ध्वनि सुनाई दी?
   ध्वनि आप तक किस माध्यम से पहुँची?
3. अब अपना कान मेज़ से ऊपर उठाइए और मित्र को पुनः मेज़ को ठोकने को कहें।
   इस स्थिति में ध्वनि किस माध्यम से आप तक पहुँची?
   दोनों स्थितियों में सुनाई दी गई ध्वनियों में क्या अंतर था? अपने मित्रों से चर्चा करें।

चर्चा करें–

1. नदी या तालाब में चल रही मोटर नाव की ध्वनि पानी की सतह से ज्यादा पानी के भीतर सुनाई देती है। ऐसा क्यों?

ध्वनि का संचरण माध्यम के कणों के घनत्व पर निर्भर करता है। घनत्व जितना अधिक होगा कंपन के कारण माध्यम में दाब भी उतना अधिक होगा और ध्वनि का संचरण भी तीव्रता से होगा। ठोस तथा द्रव माध्यम के कण गैस की तुलना में पास–पास होते हैं। अर्थात् इनका घनत्व गैस के कणों से अधिक होता है, जिससे वस्तु के कंपन के कारण कणों में विस्थापन तीव्रता से होता हैं और ऊर्जा स्थानान्तरण के समय ऊर्जा ह्रास भी कम होती हैं। इसी कारण गैस (वायु) की अपेक्षा ठोस तथा द्रव में ध्वनि तेजी से गति करती है। इसी तरह द्रव की अपेक्षा ठोस में ध्वनि संचरण तीव्रता से तथा कम ऊर्जा ह्रास से (द्रव की तुलना में) होता है और हमें ध्वनि साफ सुनाई देती है।

प्रत्यास्थता के आधार पर देखने पर, ऐसे पदार्थ जिनमें उपस्थित कणों के मध्य आकर्षण बल अधिक होता है, वे अधिक प्रत्यास्थ होते हैं क्योंकि उनकी स्थिति में परिवर्तन करना ज्यादा कठिन होता है। ऐसे कणों में विक्षोभ उत्पन्न करने पर वह शीघ्रता से अपनी पूर्व स्थिति में आने का प्रयास करते हैं तथा वे कण जो शीघ्रता से अपनी पूर्व स्थिति में आ जाते हैं, पुनः गति करने को तैयार होते हैं और इस प्रकार वे तीव्र गति से कम्पन (दोलन) करते हैं। ऐसे माध्यम जिसकी प्रत्यास्थता अधिक होती है (जैसे– स्टील) में ध्वनि संचरण कम प्रत्यास्थता वाले माध्यम (जैसे– रबर) की अपेक्षा तेजी/शीघ्रता से होता है। यही कारण है कि ठोस, द्रव तथा गैस (वायु) में ध्वनि संचरण की गति ठोस में सबसे अधिक और गैस (वायु) में सबसे कम होती है।

चर्चा करें–

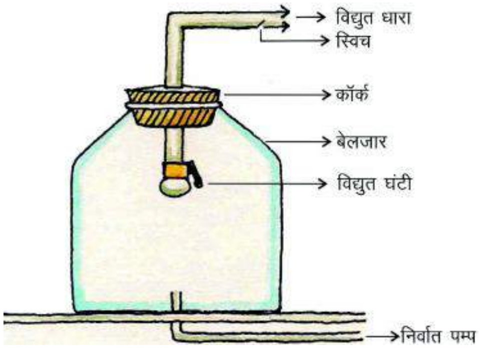
1. पृथ्वी की सतह से ऊपर की ओर जाने पर ध्वनि पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
2. क्या अन्तरिक्ष में भी ध्वनि सुनाई देगी? कारण दें।
3. बारिश के मौसम में बिजली कड़कड़ाने पर हमें रोशनी पहले दिखाई देती है और कड़कड़ाने की ध्वनि कुछ क्षण बाद सुनाई देती है। क्यों?

ध्वनि और माध्यम

अब तक हमने पढ़ा कि ध्वनि संचरण माध्यमों के घनत्व पर निर्भर करता है। सोचो, यदि माध्यम ही न हो तो क्या ध्वनि हम तक पहुँचेगी? यह जाँचने के लिए निम्न प्रयोग किया गया।

प्रयोग

प्रयोग (चित्र क्रमांक–6) में एक विद्युत घंटी और काँच का एक बेलजार लिया गया। घंटी को बेलजार में लटका कर, बेलजार को निर्वात पंप से जोड़ा गया। घंटी के स्विच को दबाने पर उसकी आवाज सुनाई दी। जब निर्वात पंप से बेलजार की वायु को धीरे–धीरे बाहर निकाला गया तब घंटी की ध्वनि धीमी पड़ने लगी, यद्यपि उसमें पहले जैसे ही विद्युत धारा प्रवाहित हो रही थी। जब बेलजार की समस्त वायु निकाल दी गई तो घंटी की ध्वनि बंद हो गई।



चित्र क्रमांक–6 : बेलजार का प्रयोग

इस प्रयोग से यह निष्कर्ष निकाला गया कि निर्वात में ध्वनि संचरित नहीं होती अर्थात् ध्वनि को सुनने के लिए माध्यम की आवश्यकता होती हैं।

ध्वनि तरंगें निर्वात में संचरित नहीं होतीं क्योंकि निर्वात् में संपीड़न तथा विरलन के लिए कण उपस्थित नहीं होते।

सोचें

चन्द्रमा पर वायुमण्डल न होने पर क्या वहाँ अन्तरिक्ष यात्री बात कर पाएँगे? कारण दीजिए।

VCH38U

14.3 तरंगों के प्रकार (कंपन की दिशा के आधार पर)

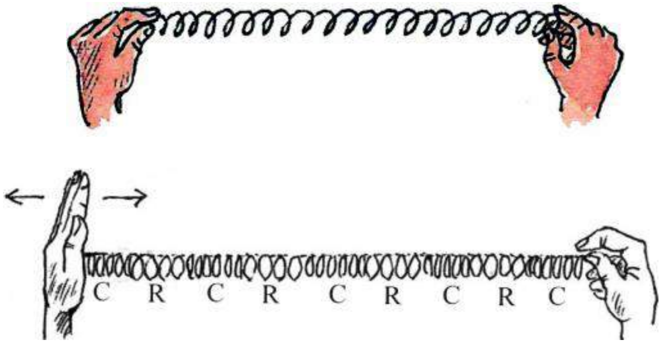
हम जानते हैं कि जब तरंग संचरण होता है तो माध्यम के कणों का स्थानान्तरण नहीं होता अपितु वह अपनी मूल स्थिति के सापेक्ष कंपन या दोलन करते हैं। तरंग संचरण की दिशा के सापेक्ष माध्यम के कणों के दोलन की दिशा के आधार पर तरंग दो प्रकार की होती है–

1. अनुदैर्ध्य तरंग (Longitudinal waves)
2. अनुप्रस्थ तरंग (Transverse waves)

क्रियाकलाप–5

(अ) अनुदैर्ध्य तरंगों का बनना

1. एक स्लिंकी (स्प्रिंगनुमा प्लास्टिक) लें।
2. स्लिंकी के दोनों सिरे को पकड़कर आगे–पीछे बारी–बारी से खींचें और धक्का दें।
3. अब स्लिंकी पर निशान लगा दें और उक्त क्रिया को पुनः दोहराएँ और इसे ध्यानपूर्वक देखें।



चित्र क्रमांक–7 : स्लिंकी में अनुदैर्ध्य तरंगों का बनना (यहां C संपीड़न तथा R विरलन को दर्शाता है।)

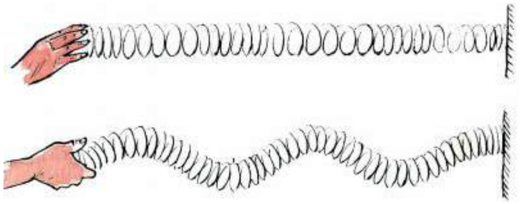
इस क्रियाकलाप में आपने देखा कि आगे–पीछे धक्का देने और खींचने पर स्लिंकी में लगा चिन्ह भी विस्थापन के संचरण की दिशा के समानांतर दिशा में गति करता है। इस प्रकार की तरंगें अनुदैर्ध्य तरंगे कहलाती हैं।

अर्थात् **वे तरंगे जिसमें माध्यम के कणों का कंपन (दोलन) तरंग संचरण की दिशा के समान्तर होता है, उन्हें अनुदैर्ध्य तरंगें कहते हैं। ध्वनि तरंगों का संचरण भी इसी प्रकार होता है। अतः ध्वनि तरंगें भी अनुदैर्ध्य तरंगें हैं।**

क्रियाकलाप–6

(ब) अनुप्रस्थ तरंगों का बनना।

1. एक स्लिंकी (स्प्रिंगनुमा प्लास्टिक) लें।
2. स्लिंकी के एक सिरे को स्थिर रखकर दूसरे सिरे को ऊपर–नीचे हिलाएँ।



चित्र क्रमांक–8 : स्लिंकी में अनुप्रस्थ तरंगों का बनना

इस क्रिया में बनी तरंग क्या अनुदैर्ध्य तरंगों से अलग हैं?

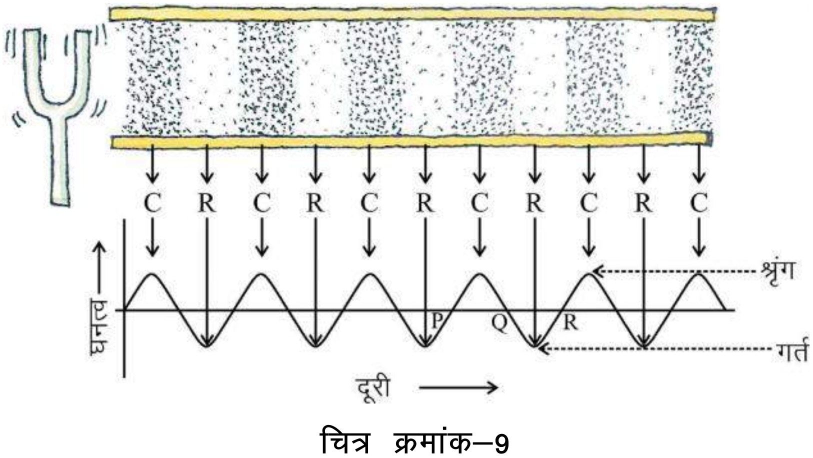
स्लिंकी को ऊपर नीचे हिलाने पर कणों का कंपन तरंग संचरण की दिशा में लंबवत् होता है। इस क्रिया में बनी तरंगों को अनुप्रस्थ तरंगें कहते हैं।

अर्थात् **वह तरंग जिसमें माध्यम के कण अपनी माध्य स्थितियों पर तरंग संचरण की दिशा में लंबवत् दोलन या कंपन करते हैं, अनुप्रस्थ तरंग कहलाते हैं।**

14.4 ध्वनि तरंग के अभिलक्षण

तरंग के स्वरूप को चार राशियों के आधार पर परिभाषित किया जाता है। ये चार राशियाँ हैं– तरंग की तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति, आयाम तथा वेग।

नीचे स्वरित्र द्विभुज के कंपन से उत्पन्न ध्वनि तरंगें दर्शाई गई हैं।



चित्र क्रमांक–9

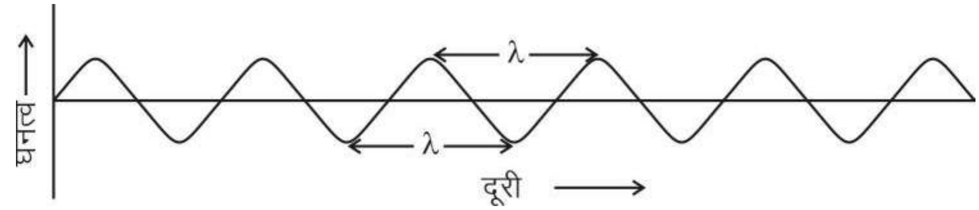
हम जानते हैं कि ध्वनि तरंगों में क्रमशः संपीड़न तथा विरलन होता है। संपीड़न के क्षेत्र में वायु कणों का घनत्व अधिकतम तथा विरलन के क्षेत्र में वायु कणों का घनत्व न्यूनतम होता है।

यह ग्राफ अनुदैर्ध्य तरंग के लिए माध्यम के कणों के घनत्व तथा तरंग की दूरी में बनाया गया है। ग्राफ में PQ वाला भाग संपीड़न को तथा QR वाला भाग विरलन को दर्शाता है। उसी प्रकार अनुप्रस्थ तरंग के लिए ग्राफ में उभरे भाग को शृंग तथा नीचे की खाई वाले भाग को गर्त कहते हैं।

तरंग से संबंधित विभिन्न पारिभाषिक शब्द निम्नलिखित हैं–

1. तरंग दैर्ध्य (Wave length)

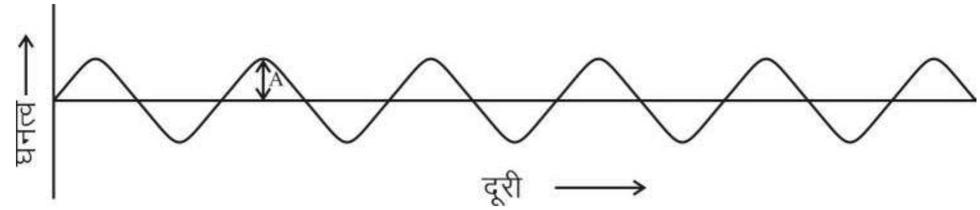
दो क्रमागत संपीड़नों (शृंगों) अथवा विरलनों (गर्तों) के बीच की दूरी को तरंगदैर्ध्य कहते हैं। इसका SI मात्रक मीटर है। इसे λ (लेमडा) से प्रदर्शित किया जाता है।



चित्र क्रमांक–10 : घनत्व–दूरी ग्राफ में तरंग दैर्ध्य

2. आयाम (Amplitude)

जब ध्वनि तरंगें वायु में गमन करती हैं तब वायु के कण दोलायमान होते हैं जिससे संपीड़न और विरलन क्षेत्र बनता है, परिणामस्वरूप किसी क्षेत्र का वायु घनत्व सामान्य से अधिक होकर उच्चतम स्तर एवं निम्नतम स्तर तक घटता–बढ़ता है। ध्वनि तरंग के कारण माध्यम के घनत्व में मूल स्थिति में उतार–चढ़ाव का मान तरंग का आयाम कहलाता है। जितनी ऊँची या तीव्र ध्वनि हो उतना अधिक माध्यम के घनत्व में उतार–चढ़ाव होता है। अर्थात् उतना अधिक तरंग का आयाम होता है। इसे अक्षर A से निरूपित किया जाता है।



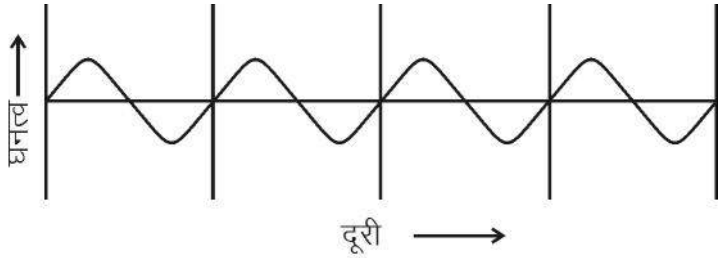
चित्र क्रमांक–11 : घनत्व–दूरी ग्राफ में तरंग का आयाम

3. आवर्तकाल (Time period)

दो क्रमागत संपीड़नों या दो क्रमागत विरलनों द्वारा किसी निश्चित बिन्दु से गुजरने में लगे समय को तरंग का आवर्तकाल कहते हैं। दूसरे शब्दों में, किसी माध्यम में घनत्व के एक सम्पूर्ण दोलन में लिया गया समय ध्वनि तरंग का आवर्तकाल कहलाता है। इसे अक्षर T से निरूपित किया जाता हैं। इसका SI मात्रक सेकण्ड है।

4. आवृत्ति (Frequency)

हम जानते हैं कि जब ध्वनि किसी माध्यम में संचरित होती है तो माध्यम का घनत्व किसी अधिकतम तथा न्यूनतम मान के बीच बदलता है। घनत्व का अधिकतम मान से न्यूनतम मान तक आकर पुनः अधिकतम मान तक पहुँचने पर एक दोलन पूरा होता है।



चित्र क्रमांक–12

एकांक समय में इन दोलनों की कुल संख्या ध्वनि तरंग की आवृत्ति कहलाती है।

यदि हम प्रति एकांक समय में तरंग के एक बिंदु से गुजरने वाले संपीड़नों या विरलनों की संख्या की गणना करें तो हम ध्वनि तरंग की आवृत्ति ज्ञात कर सकते हैं। इसे सामान्यतः अक्षर 'n' से प्रदर्शित किया जाता है। इसका SI पद्धति में मात्रक प्रति सेकण्ड या Hz **(हर्ट्ज)** है। ध्वनि की तीक्ष्णता (तारत्व) उसकी आवृत्ति पर निर्भर करती है।

आवृत्ति तथा आवर्तकाल के बीच निम्न संबंध होता है–

$$T = \frac{1}{n} \quad \text{या} \quad n = \frac{1}{T}$$

उदाहरण–1 : 500 हर्ट्ज वाले तरंग का आवर्तकाल ज्ञात करें?

हल : प्रश्नानुसार आवृत्ति n = 500 Hz

चूंकि हम जानते हैं कि आवर्तकाल $T = 1/n$

$= 1/500$

$= 0.002$ second

5. ध्वनि तरंगों की चाल (Speed of sound waves)

एक संपीड़न या एक विरलन द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी को तरंग की चाल कहते हैं।

हम जानते हैं कि चाल = दूरी / समय

एक दोलन पूर्ण करने में तरंग द्वारा चली गई दूरी का मान तरंगदैर्ध्य (λ) के बराबर एवं समय आवर्तकाल (T) के बराबर होता है।

अतः $v = \lambda/T$

$\because n = 1/T$

अतः चाल $= n\lambda$

अर्थात् चाल = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य

ध्यान रहे ध्वनि तरंगों की चाल केवल माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करती है न कि उसके तरंगदैर्ध्य या आवृत्ति पर।

उदाहरण–2: किसी गैस माध्यम से स्रोत द्वारा 40000 संपीड़न एवं 40000 विरलन प्रति सेकण्ड निर्मित होती है। यदि पहला संपीड़न, स्रोत से 1 सेमी की दूरी पर हो तो तरंग का वेग ज्ञात करें?

हल : हम जानते हैं कि आवृत्ति 1 सेकंड में होने वाले संपीड़नों एवं विरलनों की संख्या के बराबर होती है।

अतः आवृत्ति n = 40000 Hz

तरंगदैर्ध्य λ = दो संपीड़नों अथवा विरलनों के बीच की दूरी

=1 सेमी = 1/100 मीटर

चूंकि तरंग का वेग $v = n\lambda$

$= 40000 \times 1/100$

= 400 मीटर / सेकण्ड

14.5 श्रव्यता परास (Hearing range)

मनुष्यों में ध्वनि की श्रव्यता के आधार पर इसे तीन भागों में बांटा गया है– 1. श्रव्य ध्वनि, 2. अवश्रव्य ध्वनि, 3. पराश्रव्य ध्वनि।

श्रव्य ध्वनि (audible sound)- हम सभी आवृत्ति की ध्वनियों को नहीं सुन सकते हैं। मनुष्यों में ध्वनि की श्रव्यता का परास अर्थात जिसे हम सुन सकते हैं, लगभग 20 Hz से 20 हजार Hz (20 KHz) तक होता है। पांच वर्ष से कम आयु के बच्चे तथा कुछ जंतु जैसे कुत्ते 25 KHz तक की ध्वनि सुन सकते हैं।

अवश्रव्य ध्वनि (infrasound)- 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनियों को अवश्रव्य ध्वनि (infrasound) कहते हैं। जैसे– भूकंप के समय पृथ्वी के भीतर की तरंगें, रासायनिक तथा नाभिकीय विखंडन में उत्पन्न ध्वनियाँ आदि। यदि हम अवश्रव्य ध्वनि को सुन पाते तो हम किसी लोलक के कंपनों को उसी प्रकार सुन पाते जैसे कि हम किसी भौंरे के पंखों के कंपनों को सुन पाते हैं।

पराश्रव्य ध्वनि या पराध्वनि (ultrasound)- 20 KHz से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों को पराश्रव्य ध्वनि या पराध्वनि (ultrasound) कहते हैं। डाल्फिन, चमगादड़ जैसे कुछ जंतुओं के द्वारा पराध्वनि उत्पन्न की जाती है। शलभों या कीट–पतंगों (moths) के श्रवण इन्द्रियाँ अत्यंत सुग्राही होती हैं। ये चमगादड़ों द्वारा उत्पन्न उच्च आवृत्ति की चींचीं की ध्वनि को सुन सकते हैं। उन्हें अपने आस–पास उड़ते हुए चमगादड़ के बारे में जानकारी मिल जाती है और इस प्रकार स्वयं को पकड़े जाने से बचा पाते हैं।

14.6 पराश्रव्य ध्वनि का अनुप्रयोग

VNLFHR

पराध्वनियाँ उच्च आवृत्तियों की तरंगें हैं। ये ध्वनियां अवरोधों की उपस्थिति में भी एक निश्चित पथ पर गमन कर सकती हैं। उद्योगों तथा चिकित्सा के क्षेत्रों में पराध्वनियों का वृहद् रूप से उपयोग किया जाता है।

पराध्वनि प्रायः उन भागों को साफ करने में उपयोग की जाती है जिन तक सामान्य विधि से पहुँचना कठिन होता है जैसे विषम आकार के पुर्जे, इलेक्ट्रॉनिक उपकरण आदि। जिन वस्तुओं को साफ करना होता है उन्हें साफ करने वाले विलयन में रखते हैं और इस विलयन में पराध्वनि तरंगे भेजी जाती हैं। उच्च आवृत्ति के कारण धूल, चिकनाई तथा गंदगी के कण अलग होकर नीचे गिर जाते हैं। इस प्रकार वस्तु पूर्णतया साफ हो जाती है।

पराध्वनि का उपयोग धात्विक पिंडों में छुपी दरारों तथा उसके अन्य दोषों का पता लगाने के लिए भी किया जाता है। ईकोकार्डियोग्राफी (Echocardiography) के रूप में भी पराध्वनि का उपयोग किया जाता है। इस तकनीक में पराध्वनि (ultrasound) तरंगों को हृदय के विभिन्न भागों से परावर्तित कराकर हृदय के कंपन का प्रतिबिम्ब बनाया जाता है।

अल्ट्रा सोनोग्राफी (ultrasonography)

पराध्वनि (ultrasound) संसूचक या अल्ट्रा सोनोग्राफी एक ऐसा यंत्र है जो पराध्वनि तरंगों का उपयोग करके मानव शरीर के आंतरिक अंगों का प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए उपयोग में लाया जाता है। इस संसूचक से रोगी के अंगो जैसे यकृत, पित्ताशय, गर्भाशय, गुर्दे आदि का प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सकता है तथा पथरी व विभिन्न अंगों में अर्बूद (ट्यूमर) का पता लगाने में सहायता करता है। इस तकनीक में पराध्वनि तरंगें शरीर के ऊतकों में गमन करती हैं तथा उस स्थान से परावर्तित हो जाती हैं जहाँ ऊतक के घनत्व में परिवर्तन होता है। इसके पश्चात इन तरंगों को विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर उस अंग का प्रतिबिम्ब बना लिया जाता है।

इन प्रतिबिम्बों को मॉनिटर पर प्रदर्शित किया जाता है या फिल्म पर अंकित कर लिया जाता है।

इसका उपयोग गर्भकाल में भ्रूण की जांच, उसके जन्मजात दोषों तथा उसकी वृद्धि की अनियमितताओं का पता लगाने में किया जाता है। पराध्वनि का उपयोग गुर्दे की छोटी पथरी को बारीक कणों में तोड़ने के लिए भी किया जाता है।

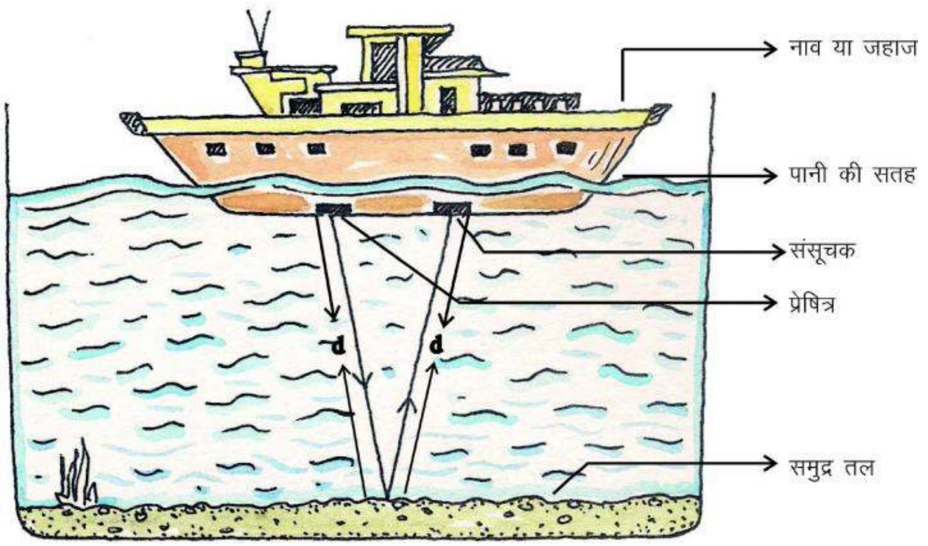
सोनार (Sound navigation and ranging - SONAR)

यह एक ऐसी युक्ति है जिसमें जल में स्थित पिण्डों की दूरी, दिशा तथा चाल मापने के लिए पराध्वनि तरंगों का उपयोग किया जाता है। इस यंत्र में एक प्रेषित्र (transmitter) एवं एक संसूचक (reciever) होता है और इसे किसी नाव या जहाज में (चित्र–13) के अनुसार लगाया जाता है। प्रेषित्र पराध्वनि तरंगें उत्पन्न करता है और उसे प्रेषित करता है। ये तरंगें जल में गमन करती हैं तथा समुद्र तल में पिण्ड से टकराने के पश्चात परावर्तित होकर संसूचक द्वारा ग्रहण कर विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर दी जाती है। प्रेषण और संसूचन के बीच समय अंतराल ज्ञात कर पिण्ड की दूरी की गणना की जा सकती है। माना कि पराध्वनि संकेत के प्रेषण तथा अभिग्रहण में लगा समय अंतराल t है तथा समुद्री जल में ध्वनि की चाल v है। अतः संकेत द्वारा तय की गई कुल दूरी $2d$ होगी (d दूरी जाना एवं d दूरी आना)।

समय = दूरी / चाल

$$t = \frac{2d}{v}$$

अतः गहराई $d = \frac{vt}{2}$



चित्र क्रमांक–13 : सोनार (SONAR)

उदाहरण–2: एक अनुसंधान टीम द्वारा समुद्र की गहराई में सोनार संसूचक से सिग्नल प्रेषित किया जाता है। सिग्नल 6s में वापस प्राप्त हो जाती है। यदि समुद्री जल में ध्वनि की चाल 1500 m/s हो तो समुद्र की गहराई ज्ञात करें?

मान लें समुद्र की गहराई d मी. है।

अतः सिग्नल द्वारा तय की गई दूरी = 2 d

एवं लगा समय = 6 s

ध्वनि की चाल = 1500 m/s

चूंकि चाल = दूरी / समय

अतः दूरी = चाल × समय

$2d = 1500 \times 6$

$d = 1500 \times 6/2$

अतः समुद्र की गहराई d = 4500 m = 4500/1000 km = 4.5 km

हमने सीखा

- स्रोत के कंपन से ध्वनि उत्पन्न होती है।
- ध्वनि किसी माध्यम में अनुदैर्ध्य तरंगों के रूप में क्रमशः संपीड़न एवं विरलन के रूप में संचरित होती है।
- ध्वनि संचरण में माध्यम के कण आगे नहीं बढ़ते, केवल विक्षोभ् ही संचरित होता है।
- ध्वनि संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।
- दो क्रमागत संपीड़न तथा विरलन के बीच की दूरी को तरंगदैर्ध्य कहते हैं।
- तरंग द्वारा माध्यम के घनत्व के एक संपूर्ण दोलन में लिए गए समय को आवर्त काल कहते हैं।
- एकांक समय में दोलनों की कुल संख्या को आवृत्ति कहते हैं।
- ध्वनि की चाल = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य $(v = n\lambda)$
- मानव में ध्वनि की श्रव्यता की आवृत्तियों का औसत परास 20 Hz से 20 kHz तक होता है।
- श्रव्यता परास से कम आवृत्ति की ध्वनि को अवश्रव्य तथा अधिक आवृत्ति की ध्वनि को पराध्वनि कहते हैं। इसे चिकित्सा तथा प्रौद्योगिक क्षेत्रों में उपयोग में लिया जाता है।
- सोनार तकनीक का उपयोग समुद्र के भीतर छिपी वस्तुओं का पता लगाने में किया जाता है।

मुख्य बिन्दु (Keywords)

विक्षोम (disturbance), तरंग (wave), तरंगदैर्ध्य (wavelength), श्रव्यता परास (hearing range), आयाम (amplitude), आवृत्ति (frequency), आवर्तकाल (time period), संपीड़न (compression), विरलन (rarefaction)

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखिए–

VNVBPE

(i) जब ध्वनि तरंगें माध्यम में संचरित होती हैं तब एक स्थान से दूसरे स्थान पर–

(अ) माध्यम के कणों का स्थानांतरण होता है।

(ब) ऊर्जा का एक कण से दूसरे कण में स्थानांतरण होता है।

(स) ऊर्जा का परिवर्तन होता है।

(द) इनमें से कोई नहीं।

(ii) 20 Hz से कम आवृत्ति वाली ध्वनि कहलाती है–

(अ) श्रव्य (ब) अवश्रव्य

(स) पराश्रव्य (द) इसमें से कोई नहीं

(iii) दो क्रमागत संपीड़नों या विरलनों के बीच की दूरी कहलाती है–

(अ) आयाम (ब) आवृति

(स) तरंग की चाल (द) तरंग दैर्ध्य

(iv) संचरित तरंग के वेग (v), आवृत्ति (n) तथा तरंगदैर्ध्य (a) में संबंध होता है–

(अ) $v = \frac{n}{a}$ (ब) $v = n^a$

(स) $v = \frac{a}{n}$ (द) इनमें से कोई नहीं

(v) ध्वनि तरंगें संचरित नहीं होती हैं–

(अ) ठोस में (ब) द्रव में

(स) वायु में (द) निर्वात् में

(vi) कंपन करती हुई वस्तु का आवर्तकाल 0.05 s हो तो उत्पन्न तरंगों की आवृत्ति होगी–

(अ) 5 Hz (ब) 20 Hz

(स) 200 Hz (द) 2 Hz

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति करें –

(i) मानव में ध्वनि की श्रव्यता परास .... से .... होती है।

(ii) तरंगदैर्ध्य का SI मात्रक .... है।

(iii) क्रमागत संपीड़न तथा विरलन के मध्य की दूरी .... होती है।

(iv) ध्वनि की चाल .... पर निर्भर करती है।

3. यदि ध्वनि तरंग की आवृत्ति को दुगुना कर दिया जाए तो माध्यम में उसकी चाल कितनी होगी?

4. स्रोत A से उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति स्रोत B से उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति की दुगुनी है। दोनों स्रोतों के तरंगदैर्ध्य की तुलना करें।

5. ध्वनि के कौन से अभिलक्षण से आप किसी कमरे में बैठे आपके मित्र की आवाज को पहचान लेते हैं?

6. दो धातुओं की टक्कर से क्रमशः वायु एवं जल में ध्वनि उत्पन्न की जाती है। बताएँ समान दूरी पर किसमें ध्वनि तीव्र होगी?

7. ध्वनि क्या है और यह कैसे उत्पन्न होती है?

8. संपीड़न एवं विरलन को सचित्र समझाएँ।

9. ध्वनि संचरण के लिए माध्यम की आवश्कता होती है। प्रयोग द्वारा समझाएँ।

10. समझाएँ कि ध्वनि तरंग अनुदैर्ध्य तरंग है?

11. टिप्पणी लिखिए– 1. ईकोकार्डियोग्राफी 2. अल्ट्रासोनोग्राफी 3. सोनार

12. तरंग के वेग, आवृत्ति तथा तरंगदैर्ध्य को सचित्र परिभाषित कर इनमें संबंध व्युत्पन्न करें।

13. एक ध्वनि तरंग 339 m/s की चाल से चलती है। यदि इसका तरंगदैर्ध्य 1.5 से.मी. हो तो तरंग की आवृत्ति कितनी होगी? क्या ये श्रव्य होगी? [22.6kHz, पराश्रव्य]

14. किसी ताप पर वायु में ध्वनि की चाल 340 m/s एवं तरंगदैर्ध्य 0.017 m है। उसी ध्वनि स्रोत को जल में डाल दिया जाए तो तरंगदैर्ध्य पर क्या प्रभाव पड़ेगा। यदि जल में ध्वनि की चाल 1480 m/s है, गणना कर बताएँ।

[तरंगदैर्ध्य – 0.074 मी.]

15. सितार की ध्वनि की तीक्ष्णता को कम करने के लिए आप कौन–कौन से उपाय करेंगे?

16. एक अनुदैर्ध्य तरंग जिसकी तरंगदैर्ध्य 1 cm है, वायु में 330 m/s चाल से संचरित होती है। तरंग की आवृत्ति की गणना कीजिए। क्या यह तरंग सामान्य मनुष्य द्वारा सुनी जा सकती है? [33 k Hz]