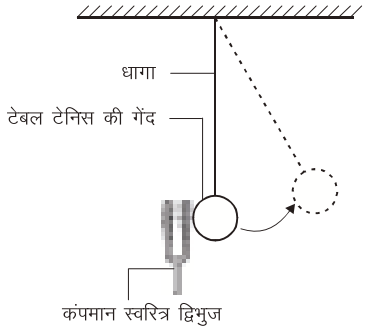
अध्याय 11

ध्वनि
(Sound)

ऊर्जा के विभिन्न रूप हैं जैसे यांत्रिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, ऊष्मा, प्रकाश ऊर्जा, नाभिकीय ऊर्जा आदि। इनमें से ही ऊर्जा का एक रूप है ध्वनि ऊर्जा। दैनिक जीवन में विभिन्न स्त्रोतों की ध्वनि हम सुनते हैं। ध्वनि के कम्पन्न हमारे कानों में जो संवेदना उत्पन्न करते हैं उनसे ही हम आवाज सुन पाते हैं।

गतिविधि 11.1: एक स्वरित्र द्विभुज की किसी भुजा को रबड़ के पैड पर मार कर कंपित कराने पर क्या ध्वनि सुनाई देती है। हम पायेंगे कि स्वरित्र की भुजा को पैड पर मारने पर इसमें कम्पन्न उत्पन्न होता है और यदि इस कंपमान स्वरित्र को किसी धागे से लटकी गेंद के निकट ले जाते हैं तो चित्र 11.1 में दर्शाये अनुसार गेंद भी कंपित करने लगेगी।



चित्र–11.1 कंपमान स्वरित्र द्विभुज लटकी हुई की गेंद को स्पर्श करते हुए।

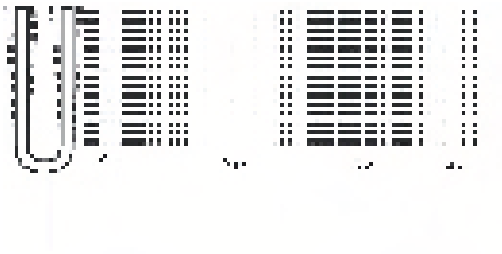
गतिविधि 11.2: विभिन्न वाद्ययंत्रों में ध्वनिउत्पन्न करने के लिये प्रेक्षण इस प्रकार होते है

वाद्य यन्त्र	कंपित भाग
गिटार,सितार	तार
बाँसुरी	बाँसुरी के अन्दर की वायु
ढोलक	पर्दा
हारमोनियम	हारमोनियम का रीड

इसी प्रकार हमारे विद्यालय की घण्टी पर हथौड़े के आघात के कारण उत्पन्न कम्पन्न से ध्वनि उत्पन्न होती है। उक्त क्रिया कलापों से स्पष्ट है कि ध्वनि वस्तुओं के कम्पन्न से उत्पन्न होती है।

11.1 ध्वनि का संचरण (Propagation of Sound)

वस्तुओं के कम्पन्न जिस पदार्थ से होकर गुजरते हैं वह माध्यम कहलाता है। ध्वनि ठोस, द्रव एवं गैस तीनों माध्यम में से संचरण कर सकती है। जब कोई वस्तु कम्पन्न करती है तो माध्यम के कण कम्पन्न करते हुए अपनी ऊर्जा निकटवर्ती माध्यम कणों को स्थानान्तरित करती है जिससे समीपवर्ती कण कंपमान होकर इसी ऊर्जा को आगे से कणों को देकर कंपमान कर देती है। इस प्रकार ध्वनि (ऊर्जा) एक कण से निकटवर्ती कणों में स्थानान्तरित होती हुए हमारे कान तक पहुँचती है जहाँ ये कम्पन्न अथवा विक्षोभ जो संवेदन उत्पन्न करते हैं उनसे हम ध्वनि सुन पाते है। ध्वनि संचरण में केवल विक्षोभ (कम्पन्न) संचरित होते हैं माध्यम के कणों का कुल विस्थापन शून्य ही रहता है।



चित्र–11.2 ध्वनि संचरण में संपीडन (**Compression**) तथा विरलन (**Rarefaction**) की श्रेणी

वायु ध्वनि संचरण के लिए सबसे सामान्य माध्यम है। चित्र 11.2 में दर्शाये अनुसार कंपित वस्तु की वायु को धक्का देकर संपीडन (Compression) उत्पन्न करती है। जब कंपित वस्तु पीछे की ओर कंपन करती है तो विरलन (Rarefaction) उत्पन्न होता है। यह संपीडन एवं विरलन ध्वनि तरंग बनाते हैं जो माध्यम से होकर संचरित होती हैं। संपीडन उच्च दाब का क्षेत्र है तथा विरलन निम्न दाब का क्षेत्र है।

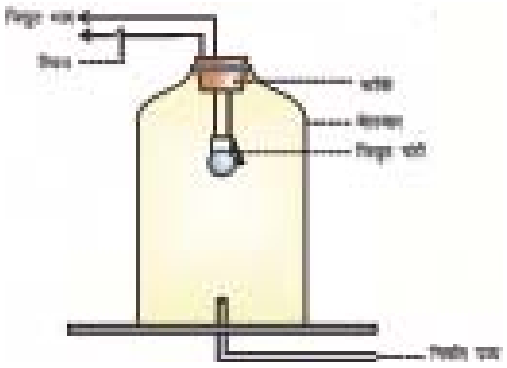
ध्वनि संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता **(Sound needs a medium to travel)**

ध्वनि एक यांत्रिक तरंग है तथा इसके संचरण के लिए किसी माध्यम जैसे – वायु, जल, लोहे आदि की आवश्यकता

होती है। यह निर्वात् में होकर नहीं चल सकती है। इसे प्रयोग द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है–

गतिविधि11.3: काँच के बेलजार में विद्युत घण्टी को घंटी के स्विच को दबाने पर उसकी लटका कर ध्वनि सुनते है। अब निर्वात पम्प द्वारा बेलजार की वायु बाहर निकाल लेते हैं, हम पाते हैं कि जैसे–जैसे बेलजार से वायु कम होती है घंटी की ध्वनि कम होती जाती है। लगभग निर्वात की अवस्था में घंटी की आवाज सुनाई देना बंद हो जाती है।

इस प्रकार इस क्रिया कलाप से स्पष्ट है कि ध्वनि संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है। यही कारण है कि यदि हम चन्द्रमा पर बात करें तो वायुमण्डल की अनुपस्थिति के कारण हम अपने साथी की बात नहीं सुन सकते हैं।



चित्र– 11.3 बेलजार प्रयोग

ध्वनि तरंगों की प्रकृति **(Nature of sound wave)**

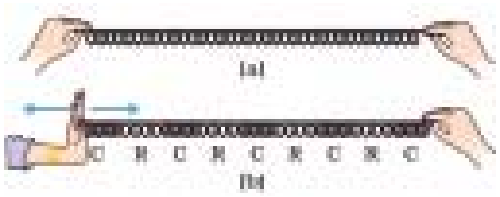
तरंगो के कम्पन्न एवं संचरण की दिशा के आधार पर दो प्रकार से विभक्त किया है–

(i) अनुप्रस्थ तरंगें:– जिन तरंगों में कम्पन्न संचरण की दिशा में लम्बवत् होते है उन्हें अनुप्रस्थ तरंगे कहते है। उदाहरण–प्रकाश तरंगे, तनी हुई रस्सी में संचरित ऊर्जा आदि

(ii) अनुदैर्ध्य तरंगें:– जिन तरंगों में कम्पन्न संचरण की दिशा में अनुदिश होते है उन्हें अनुदैर्ध्य तरंगे कहते है। उदाहरण:– स्प्रिंग में उत्पन्न तरंगें, ध्वनि तरंगें आदि।

ध्वनि तरंगे अनुदैर्ध्य प्रकृति की है। अनुदैर्ध्य तरंग संचरण को हम निम्न क्रिया कलाप से आसानी से समझ सकते हैं।

क्रियाकलाप 11.4: चित्र 11.4 में दर्शाये अनुसार एक स्लिंकी को स्वयं व अपने मित्रों के हाथों में खीचकर पकड़ने के पश्चात लगातार तेज झटका देते हैं। स्लिंकी पर एक चिन्ह लगा देते हैं तो हम पाते हैं कि स्लिंकी पर लगा चिन्ह विक्षोभ के संचरण की दिशा के समान्तर आगे–पीछे गति करता है।



चित्र–11.4 स्लिंकी में अनुदैर्ध्य तरंग।

उन क्षेत्रों को जहाँ कुंडलियाँ पास–पास आ जाती हैं संपीडन (**C**) कहते हैं तथा उन क्षेत्रों को जहाँ कुण्डलियाँ दूर–दूर हो जाती हैं, विरलन (**R**) कहते हैं। स्लिंकी में विक्षोभ के संचरण की तरंगों को अनुदैर्ध्य तरंगें कहते हैं। इन तरंगो में माध्यम के कणों का विस्थापन विक्षोभ के संचरण की दिशा के समान्तर होता है।

11.2 ध्वनि तरंग के अभिलक्षण (Characteristics of a sound wave)

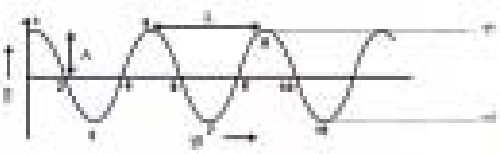
किसी ध्वनि तरंग के तीन अभिलक्षण होते हैं–

(i) आवृत्ति (Frequency)

(ii) आयाम (Amplitude)

(iii) वेग (Speed)।

चित्र 11.5 में ध्वनि तरंग को ग्राफीय रूप में प्रदर्शित किया है। इसमें संचरण दूरी (x अक्ष) के साथ तथा किसी समय माध्यम के दाब का औसत मान से परिवर्तन (y अक्ष) को प्रदर्शित किया है। ग्राफ में विभिन्न बिन्दुओं के अध्ययन से हम पाते हैं कि बिन्दु 1, 5, 9 आदि वे स्थान हैं जहाँ दाब सर्वाधिक है। ये ध्वनि संचरण के संपीडन (compression) बिन्दु हैं जबकि बिन्दु 3, 7, 11 पर दाब न्यूनतम है जिन्हें विरलन (Rerefraction) कहते हैं। दो क्रमागत संपीडनों (**C**) अथवा दो क्रमागत विरलनों (**R**) के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य **(Wave Length)** कहलाती हैं इसे सामान्यतः λ से प्रदर्शित करते हैं।



चित्र–11.5 ध्वनि तरंग का ग्राफीय रूप

आवृत्ति **(Frequency)** – "एकांक समय में किए गए कम्पनों या दोलनों की संख्या ध्वनि तरंग की आवृत्ति कहलाती है। इसे ν से प्रदर्शित किया गया है। इसका S.I. मात्रक हर्ट्ज (Hz) है।

आवर्तकाल **(Time period)**– दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों को निश्चित बिन्दु से गुजरने में लगे समय को तरंग का आवर्तकाल कहते हैं। अन्य शब्दों में माध्यम के कणों द्वारा एक दोलन पूर्ण करने में लगा समय आवर्तकाल कहलाता है। इसे T से प्रदर्शित करते हैं। इसका S.I. मात्रक सेकण्ड (s) है।

आवृत्ति तथा आवर्तकाल के बीच निम्नलिखित सम्बन्ध होता है–

$$\text{आवृत्ति } \nu = \frac{1}{\text{आवर्तकाल (T)}} \quad \ldots (11.1)$$

आयाम **(Amplitude)** – मूल स्थिति से माध्यम के विक्षोभ का अधिकतम विस्थापन आयाम कहलाता है। इसे A से प्रदर्शित करते हैं।

वेग **(Velocity)** एवं तरंग समीकरण **(Wave Equation)**– तरंग में किसी बिन्दु (जैसे संपीडन या विरलन) द्वारा एक सैकण्ड में तय दूरी को तरंग वेग कहते है।

$$\text{हम जानते है वेग} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$$

$$\text{अतः } \mathrm{v} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad \ldots (11.2)$$

उक्त समीकरण को तरंग समीकरण कहते हैं यह समीकरण सभी तरह की तरंगों के लिए सत्य है। तरंग का वेग माध्यम पर निर्भर करता है। किसी माध्यम में तरंग का वेग नियत रहता है। जब भी किसी माध्यम में तरंग की आवृत्ति बढ़ती है तो तरंग दैर्ध्य घटता है।

तीव्रता **(Intensity)**–

1. एक सेकण्ड में एकांक क्षेत्रफल से गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं।
2. ध्वनि की तीव्रता मापी जाती है।
3. ध्वनि की तीव्रता का सम्बन्ध उसकी ऊर्जा से है।

प्रबलता **(Loudness)** –

1. कानों की संवेदनशीलता की माप को ध्वनि की प्रबलता कहते हैं।
2. ध्वनि की प्रबलता को मापा नहीं जा सकता।
3. ध्वनि की प्रबलता तरंग की ऊर्जा की तुलना में हमारे कानों की संवेदनशीलता पर अधिक निर्भर करती हैं।

ध्वनि के अभिलक्षणों के सम्बन्ध में कुछ तथ्य निम्नवत् हैं

1. तारत्व ध्वनि का वह गुण है जिसके कारण ध्वनि बारीक अथवा मोटी सुनाई पड़ती है तारत्व को मापा नहीं जा सकता परन्तु अनुभव किया जा सकता है।
2. तारत्व ध्वनि की आवृत्ति पर निर्भर करता है। उच्च आवृत्ति की ध्वनि का तारत्व ऊँचा होता है तथा यह ध्वनि बारीक सुनाई पड़ती है। इसके विपरीत निम्न आवृत्ति की ध्वनि का तारत्व नीचा होता है तथा यह ध्वनि मोटी सुनाई पड़ती है।
3. मच्छर की भिनभिनाहट का तारत्व ऊँचा होता है तथा शेर की दहाड़ का तारत्व नीचा होता है।
4. प्रबलता ध्वनि का वह गुण है जिसके आधार पर कोई ध्वनि तेज (जोरो की) अथवा धीमी सुनाई पड़ती है। धीमी सुनाई वाली ध्वनि की प्रबलता कम तथा तेज सुनाई पड़ने वाली ध्वनि की प्रबलता अधिक होती हैं।
5. ध्वनि की प्रबलता ध्वनि के माध्यम पर निर्भर करने के साथ–साथ कान की संवेदनशीलता पर भी निर्भर करती है। एक ही ध्वनि किसी व्यक्ति के लिए प्रबल तथा दूसरे के लिए मृदु हो सकती है।
6. गुणवत्ता ध्वनि का वह गुण है जिसके आधार पर दो समान तारत्व तथा समान प्रबलता वाली ध्वनियों में विभेद किया जा सकता हैं।

उदाहरण 11.1: किसी ध्वनि तरंग की आवृत्ति 4 kHz और उसकी तरंगदैर्ध्य 17.5 cm है। यह 3.5 km की दूरी चलने में कितना समय लेगी?

हल– आवृत्ति $\nu = 4kHz = 4000Hz$

तरंगदैर्ध्य $\lambda = 17.5\,\mathrm{cm} = 0.175\,\mathrm{m}$

हम जानते है, तरंग वेग,

$\mathrm{v} =$ तरंगदैर्ध्य $\times$ आवृत्ति

$\mathrm{v} = \lambda\nu = 0.175m \times 4000Hz$

$= 700\,\mathrm{m/s}$

तरंग को 3.5 km दूरी तय करने में लगने वाला समय

$$t = \frac{d}{v} = \frac{3.5 \times 1000\,\mathrm{m}}{700\,\mathrm{m\,s^{-1}}} = \frac{35}{7} = 5\,\mathrm{s}$$

ध्वनि 3.5 km तय करने में 5 s का समय लेगी।

उदाहरण 11.2: किसी दिए हुए माध्यम में एक ध्वनि तरंग की आवृत्ति 220 Hz तथा वेग 440 m / s है। इस तरंग की तरंग दैर्ध्य की गणना कीजिए।

हल– तरंग की आवृत्ति $\nu = 200Hz$

तरंग वेग $\mathrm{v} = 440m/s$

सूत्र $\mathrm{v} = \nu\lambda$ से,

तरंग दैर्ध्य $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{440}{220} = 2\,m$

11.3 विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल (Speed of Sound in Different Media)

ध्वनि की चाल माध्यम के गुणों पर निर्भर करती हैं। यह माध्यम के ताप पर भी निर्भर करती है। ध्वनि की चाल ठोसों में अधिक तथा गैसों में कम होती है। ताप बढ़ने पर ध्वनि की चाल बढ़ती है। सामान्यतः $0\,^{\circ}C$ पर ध्वनि की चाल $330\ m/s$ होती है ध्वनि की विभिन्न माध्यमों में चाल सारणी 11.1 में दर्शायी है।

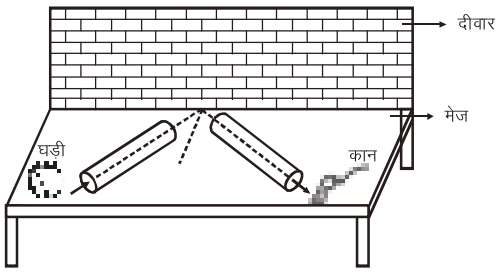
सारणी 11.1. विभिन्न माध्यमों में 25^{0} C पर ध्वनि की चाल

अवस्था	पदार्थ	चाल m/s में
ठोस	ऐलुमिनियम	6420
	निकिल	6040
	स्टील	5960
	लोहा	5950
	पीतल	4700
द्रव	जल (समुद्री)	1531
	जल (आसुत)	1498
	इथेनॉल	1207
	मेथेनॉल	1103
गैस	हाइड्रोजन	1284
	हीलियम	965
	वायु	346
	ऑक्सीजन	316
	सल्फर डाईऑक्साइड	213

11.4 ध्वनि का परावर्तन (Reflection of Sound)

प्रकाश की भाँति ध्वनि भी किसी ठोस या द्रव के पृष्ठ से परावर्तित होती है तथा परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जिनका पालन प्रकाश करता है। ये नियम हैं:– (1) परावर्तक पृष्ठ के आपतन बिन्दु पर खींचे गए अभिलंब तथा ध्वनि के आपतन तथा परावर्तन होने की दिशा के बीच बने कोण बराबर होते हैं, (2) आपतित ध्वनि, परावर्तित ध्वनि एवं अभिलम्ब एक ही तल में होते हैं।

गतिविधि 11.5: चित्र 11.16 की भांति दो एक जैसे पाइप लेकर इन्हें दीवार के समीप किसी मेज पर व्यवस्थित करते हैं। एक पाइप के खुले सिरे के पास एक घड़ी अथवा अन्य ध्वनि स्रोत रखते हैं। दूसरे पाइप की ओर से ध्वनि सुनने की कोशिश करते हैं। जब ठीक प्रकार से समायोजित होने पर ध्वनि सुनाई देने लगे तब इन पाइपों तथा दर्शाए अभिलंब के बीच के कोणों को मापते हैं।



चित्र–11.6 ध्वनि का परावर्तन

हम पाते हैं कि

(1) जब पाइप दीवार के साथ बराबर कोण बनाते है अर्थात् $\angle i = \angle r$ तब घडी की ध्वनि सबसे अच्छी सुनाई देती है।

(2) जब दार्यी ओर के पाइप को थोड़ा ऊपर उठाया जाता है तो घड़ी की ध्वनि अच्छी तरह सुनाई नहीं देगी।

प्रतिध्वनि **(Echo)** – यदि हम किसी उचित परावर्तक वस्तु जैसे कोई इमारत, कुआँ, पहाड़ी आदि के सामने जोर से चिल्लाएँ तो हमें कुछ समय पश्चात वही ध्वनि फिर से सुनाई देती है इसे प्रतिध्वनि कहते हैं। स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि तथा परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अन्तराल अवश्य होना चाहिए। यदि ध्वनि की चाल कमरे के ताप पर $350\ m/s$ मानें तो स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए अवरोधक की कुल दूरी $(350\times0.1 = 35\ m)$ की आधी अर्थात् 17.5 m अवश्य होनी चाहिए। ध्वनि के बार–बार परावर्तित होने के कारण हमें एक से अधिक प्रतिध्वनियाँ भी सुनाई दे सकती हैं।

11.5 अनुरणन (Reverberation)

किसी बड़े हॉल में उत्पन्न होने वाली ध्वनि दीवारों से बारंबार परावर्तन के कारण काफी समय तक बनी रहती है। यह बारंबार परावर्तन, जिसके कारण ध्वनि का स्थायित्व होता है, अनुरणन कहलाता हैं।

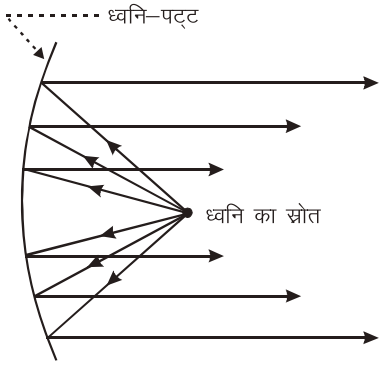
11.6 ध्वनि के बहुल परावर्तन के उपयोग (Uses of Multiple Reflection of Sound)

(1) लाउडस्पीकर, हॉर्न तथा शहनाई जैसे वाद्य यंत्र इस प्रकार निर्मित किए जाते हैं कि ध्वनि सभी दिशाओं में

फैले इन यंत्रों से उत्पन्न होने वाली ध्वनि तरंगों को बार–बार परावर्तित करके श्रोताओं की ओर आगे की दिशा में भेजा जाता है।

(2) चिकित्सीय अनुसंधान में स्टेथोस्कोप एक महत्वपूर्ण यंत्र है। जिसका उपयोग डॉक्टरों द्वारा हृदय तथा फेफड़ों में ध्वनि को सुनने में किया जाता हैं। इसमें ध्वनि बार–बार परावर्तन के द्वारा डॉक्टर के कानों तक पहुँचती हैं।

(3) कंसर्ट हॉल, सम्मेलन कक्षों तथा सिनेमा हॉल की छतें वक्राकार बनाई जाती हैं जिससे कि परावर्तन के पश्चात ध्वनि हॉल के सभी भागों में पहुँच जाए।



चित्र–11.7 बड़े हॉल में उपयोग किया जाने वाला ध्वनि पट्ट।

श्रव्यता का परास **(Range of Hearing)**

ध्वनि तरंगों आवृत्ति परास के अनुसार तीन प्रकार से विभक्त किया जाता है–

(1) श्रव्य तरंगें **(Audible Sound)**– वे ध्वनि तरंगें जिन्हें हमारा कान सुन सकता है, श्रव्य तरंगें कहलाती है। इन तरंगों की आवृत्ति 20 Hz से 20 kHz के मध्य होती है। ये निम्नतम तथा उच्चतम आवृत्तियों की श्रव्यता की सीमाएँ कहलाती हैं। ये तरंगें कम्पित वायु स्तम्भ, स्वरित्र द्विभुज, वायलिन आदि से उत्पन्न होती हैं।

(2) अपश्रव्य तरंगें **(Infrasound)**– वे ध्वनि तरंगें जिनकी आवृत्ति 20 Hz से कम होती है अपश्रव्य तरंगें कहलाती है। इन तरंगों को सुना नहीं जा सकता हैं। ये तरंगें भूकम्प के समय, ज्वालामुखी विस्फोट व व्हेल, हाथी जैसे प्राणियों में उत्पन्न होती है।

(3) पराश्रव्य तरंगें **(Ultrasound)**– वे ध्वनि जिनकी आवृत्ति 20,000 Hz (20 kHz) से अधिक होती है, पराश्रव्य तरंगें कहलाती है।इन तरंगों को क्वार्ट्ज के क्रिस्टल के कम्पनों से उत्पन्न कर सकते है। चमगादड़, बिल्लियाँ, कुत्ते जैसे कुछ प्राणी, कुछ पक्षी तथा कीट भी पराश्रव्य तरंगों का प्रयोग संकेत भेजने, समुद्र की गहराई ज्ञात करने, चिकित्सा के क्षेत्र में तथा हवाई अड्डों पर धुंध दूर करने में होता हैं। वायु में इन तरंगों की तरंग–दैर्ध्य 1.6 सेमी से कम होती है।

पराध्वनि के अनुप्रयोग

(Applications of Ultrasound)

पराध्वनियाँ उच्च आवृत्ति की तरंगें हैं। उद्योगों तथा चिकित्सा के क्षेत्र में पराध्वनियों का विस्तृत रूप से उपयोग किया जाता है। इसमें से कुछ निम्नवत् है–

(i) पराध्वनि का उपयोग धातु के ब्लॉकों में उत्पन्न दरारों तथा अन्य दोषों का पता लगाने में किया जाता है। इसमें पराध्वनि तरंगें धातु के ब्लॉक से गुजारी जाती हैं और प्रेषित तरंगों का पता लगाने के लिए संसूचकों का उपयोग किया जाता है। यदि थोड़ा भी दोष होता है तो पराध्वनि तरंगें परावर्तित हो जाती हैं जो ब्लॉक में दोष को दर्शाती हैं।

(ii) पराध्वनि द्वारा उन वस्तुओं को साफ किया जाता है जिन तक पहुँचना कठिन होता है। जिन वस्तुओं को साफ करना होता है उन्हें साफ करने वाले मार्जन विलयन में रखकर पराध्वनि तरंगें भेजी जाती हैं, उच्च आवृत्ति के कारण धूल, चिकनाई तथा गंदगी के कण अलग होकर नीचे गिर जाते हैं।

(iii) पराध्वनि तरंगों को हृदय के विभिन्न भागों से परावर्तित कर हृदय का प्रतिबिम्ब बनाया जाता है। इसे इलेक्ट्रोकार्डियोग्राम (ECG) कहा जाता है।

(iv) अल्ट्रा साउण्ड सोनोग्राफी में भी पराध्वनि का प्रयोग होता है। इसमें पराध्वनि तरंगों से रोगी के अंगों; जैसे – यकृत, पित्ताशय, गर्भाशय, गुर्दे आदि का प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सकता है। अल्ट्रासोनोग्राफी का उपयोग गर्भकाल में भ्रूण की जाँच तथा अनियमितताओं का पता लगाने में किया जाता है। इस तकनीक द्वारा ट्यूमर का पता लगाया जाता है।

(v) पराध्वनि का उपयोग गुर्दे की छोटी पथरी को बारीक कणों में तोड़ने के लिए भी किया जाता है। बाद में ये कण मूत्र के साथ बाहर निकल जाते हैं।

चमगादड़ अंधेरे में भोजन को खोजने के लिए उड़ते समय पराध्वनि तरंगें उत्सर्जित करके परावर्तन के पश्चात् इनका संसूचन करता है। चमगादड़ द्वारा उत्पन्न उच्च तारत्व के पराध्वनि स्पंद अवरोधों या कीटों से टकराकर उनसे परावर्तित होकर चमगादड़

के कान तक पहुँचते हैं, इससे चमगादड़ जो देख नहीं सकती है, को अवरोध या कीट की स्थिति का पता लग जाता है।

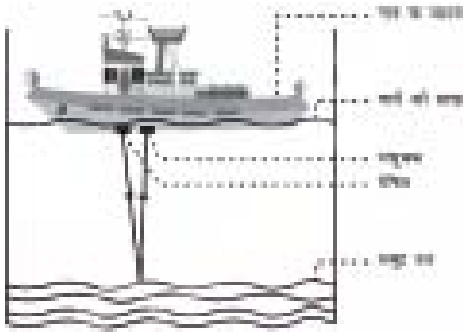
11.7 सोनार (SONAR)

यह एक ऐसी युक्ति है जिसमें जल में स्थित पिण्डों की दूरी, दिशा तथा चाल मापने के लिए पराध्वनि तरंगों का उपयोग किया जाता हैं। सोनार (SONAR) शब्द का अंग्रेजी पर्याय हैं – Sound Navigation and Ranging.

कार्यविधि–सोनार में एक प्रेषित्र तथा एक संसूचक होता है और इसे चित्रानुसार किसी नाव या जहाज में लगाया जाता है। प्रेषित्र द्वारा उत्पन्न पराध्वनि तरंगें जल में गमन करती हैं तथा समुद्र तल में पिण्ड़ से टकराने के पश्चात् परावर्तित होकर संसूचक द्वारा ग्रहण कर ली जाती हैं। संसूचक पराध्वनि तरंगों को विद्युत संकेतों में बदल देता है। ध्वनि की चाल (जल में) तथा पराध्वनि के प्रेषण तथा अभिग्रहण के समय अंतराल को ज्ञात करके उस पिण्ड की दूरी की गणना की जा सकती है जिससे ध्वनि तरंग परावर्तित हुई है।

माना पराध्वनि संकेत के प्रेषण तथा अभिग्रहण का समय अंतराल t है तथा समुद्री जल में ध्वनि की चाल v हैं, तब यदि d, गहराई पर पिण्ड है तो सतह से पिण्ड और वापस जहाज तक की गई दूरी $2d$ होगी।

तब $2d = v \times t$

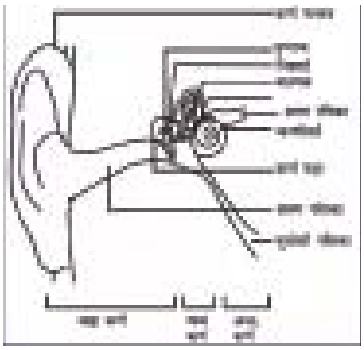


चित्र 11.8 सोनार

11.8 मानव कर्ण की संरचना (Structure of Human Ear)

हम अपने कानों के द्वारा सुनते हैं। कान वायु (माध्यम) में संचरित ध्वनि में सुनने योग्य आवृत्तियों के संगत दाब परिवर्तनों की वायु संकेतो में बदलता है। जो श्रवण तंत्रिका द्वारा हमारे मस्तिष्क तक पहुँचते हैं।

कान की संरचना चित्र 11.9 में बताई गई है। बाहरी कान को कर्ण पल्लव कहते हैं। यह परिवेश से ध्वनि एकत्रित करके श्रवण नलिका को भेजता हैं। श्रवण नलिका के सिरे पर एक पतली झिल्ली होती है जिसे कर्ण पटल कहते है। ध्वनि के संपीडन के कर्णपटल पर पहुँचने से झिल्ली के बाहर की ओर लगने वाला दाब बढ़ जाता है और यह कर्ण पटल को अंदर की ओर दबाता है तथा विरलन के समय कर्ण पटल बाहर की ओर गति करता है, इस प्रकार कर्ण पटल कंपन करता है।



चित्र 11.9 कर्ण की संरचना

मध्य कर्ण में स्थित तीन हड्डियाँ मुग्दरक, निहाई एवं वलयक इन कंपनों को कई गुना कर देती हैं। मध्य कर्ण इन दाब परिवर्तनों को आतंरिक कर्ण तक संचरित कर देता हैं। आंतरिक कर्ण में कर्णावर्त द्वारा दाब परिवर्तनों का विद्युत संकेतों में परिवर्तित करके मस्तिष्क तक भेज दिया जाता है और मस्तिष्क इसकी ध्वनि के रूप में व्याख्या करता है।

11.9 राडार (RADAR)

राडार एक वैज्ञानिक उपकरण है। राडार का आविष्कार टैलर व लियो यंग (यू.एस.ए.) ने वर्ष 1922 में किया था। यह यंत्र अन्तरिक्ष में आने–जाने वाले वायुयानों के संसूचन और उनकी स्थिति ज्ञात करने के काम आता है। राडार, एक यंत्र है जिसकी सहायता से रेडियो तरंगों का उपयोग दूर की वस्तुओं का पता लगाने में तथा उनकी स्थिति, अर्थात् दिशा और दूरी, ज्ञात करने के लिए किया जाता है। आँखों से जितनी दूर दिखाई पड़ सकता हैं, राडार द्वारा उससे कहीं अधिक दूरी की चीजों की स्थिति का सही पता लगाया जा सकता है। कोहरा, धुंध, वर्षा, हिमपात, धुआँ अथवा अंधेरा, इनमें से कोई भी इसमें बाधक नहीं होते। किंतु राडार आँख की पूरी बराबरी नहीं कर सकता, क्योंकि इससे वस्तु के रंग तथा बनावट का सूक्ष्म ब्योरा नहीं जाना जा सकता, केवल आकृति का आभास होता है। पृष्ठभूमि से विषम तथा बड़ी वस्तुओं का, जैसे समुद्र पर तैरते जहाज, ऊँचे उड़ते वायुयान, द्वीप, सागरतट इत्यादि का, राडार द्वारा बड़ी अच्छी तरह से पता लगाया जा सकता है। सन् 1886 में रेडियो तरंगों के आविष्कर्ता,

हाइनरिख हेट्र्स ने ठोस वस्तुओं से इन तरंगों का परावर्तन होना सिद्ध किया था । रेडियो स्पंद (Pulse) के परावर्तन द्वारा परासन, अर्थात् दूरी का पता लगाने, का कार्य सन् 1925 में किया जा चुका था और सन् 1939 तक राडार के सिद्धान्त का प्रयोग करने वाले कई सफल उपकरणों का निर्माण हो चुका था, किंतु द्वितीय विश्वयुद्ध में ही राडार का प्रमुख रूप से उपयोग आरंभ हुआ।

चित्र 11.10 राडार

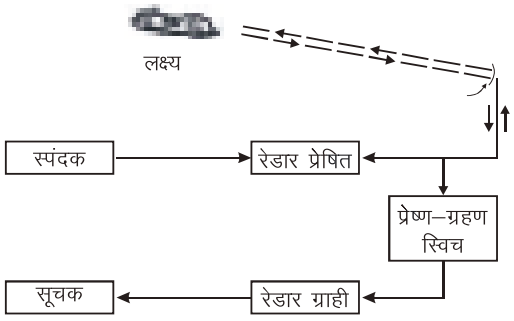
स्थिति निर्धारण की पद्धति–

राडार से रेडियो तरंगें भेजी जाती हैं और दूर की वस्तु से परावर्तित होकर उनके वापस आने में लगने वाले समय को नापा जाता है। रेडियो तरंगों की गति 1,86,999 मील प्रति सेकंड है। इसलिए समय ज्ञात होने पर परावर्तक वस्तु की दूरी सरलता से ज्ञात हो जाती है। राडार में लगे उच्च दिशापरक ऐंटेना Antenna) से परावर्तक, अर्थात् लक्ष्य वस्तु, की दिशा का ठीक–ठीक पता चल जाता है। दूरी और दिशा मालूम हो जाने से वस्तु की यथार्थ स्थिति ज्ञात हो जाती है। राडार का प्रेषित्र (transmitter) नियमित अंतराल पर रेडियो ऊर्जा के क्षणिक, किंतु तीव्र, स्पंद भेजता रहता है। प्रेषित स्पंदों के अंतरालों के बीच के समय में राडार का ग्राही (Receiver) यदि बाहरी किसी वस्तु से परावर्तित होकर तरंगें आऐं तो उनको ग्रहण करता है। परावर्तन होकर वापस आने का समय विद्युत् परिपथों द्वारा सही–सही मालूम हो जाता है और समय के अनुपात में अंकित सूचक से दूरी तुरंत मालूम हो जाती है। एक माइक्रोसेकंड (सेकंड का दस लाखवां भाग) के समय से 164 गज ओर 19.75 माइक्रोसेकंड से 1 मील की दूरी समझी जाती है। कुछ रडार 199 मील दूर तक की वस्तुओं का पता लगा लेते हैं। अच्छे यंत्रों से दूरी नापने में 15 गज से अधिक की भूल नहीं होती और दूरी के कम या अधिक होने पर नाप की यर्थाथता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। लक्ष्य वस्तु की दिशा अथवा उसकी ऊँचाई का कोण एक अंश के 9.96 भाग तक परिशुद्ध नापा जा सकता है। राडार के ग्राही यंत्र की ऋणाग्र–किरण–नली (Cathod ray tube) में वस्तु की स्थिति स्पष्ट दिखाई पड़ती है।

दिशा का ज्ञान –

लक्ष्य का पता लगाने के लिए ऐंटेना को घुमाते, या आगे पीछे करते हैं। जब ऐंटेना लक्ष्य की दिशा में होता है, तब लक्ष्य का प्रतिरूप ऋणाग्र–किरण–नली के फलक पर प्रकट होता है। इस प्रतिरूप को पिप (Pip) कहते हैं। पिप सबसे अधिक स्पष्ट तभी होता है, जब ऐंटेना सीधे लक्ष्य की दिशा में होता है। राडार के ऐंटेना अत्युच्च दिशापरक होते हैं। ये रेडियो तरंगों को सकरी किरण पुंजों में एकाग्र करते हैं तथा यंत्र में लगे विशेष प्रकार के परावर्तक इन किरण पुंजों को सघन बनाते हैं। राडार के कार्य के लिए अति लघु तरंग दैर्ध्य वाली, अर्थात् अत्युच्च आवृतियों की, तरंगों का उपयोग किया जाता हैं,। इन सूक्ष्म तरंगों के उत्पादन के लिए मल्टिकैविटी मैग्नेट्रॉन (Multicavity Magnetron) नामक उपकरण आवश्यक है, जिसके बिना आधुनिक राडार का कार्य संभव नहीं है।

राडार के अवयव–



चित्र 11.11 राडार के अवयव एवं क्रिया

मॉडुलेटर (Modulator) से रेडियो आवृति दोलित्र (Radio frequency Oscillator) को दिए जाने वाली विद्युत् शक्ति के आवश्यक विस्फोट प्राप्त होते हैं।

रेडियो–आवृति दोलित्र उच्च आवृति वाली शक्ति के उन स्पंदों को उत्पन्न करता है जिनसे राडार के संकेत बनते हैं ऐंटेना द्वारा ये स्पंद आकाश में भेजे जाते हैं और ऐंटेना ही उन्हें वापसी में ग्रहण करता है।

ग्राही वापस आनेवाली रेडियो तरंगों का पता पाता है।

सूचक (Indicator) राडार परिचारक को रेडियो तरंगों द्वारा एकत्रित की गई सूचनाएँ देता हैं।

तुल्यकालन (Synchronisation) तथा परास की माप के अनिवार्य कृत्य मॉडुलेटर तथा सूचक द्वारा संपन्न होते हैं। यूँ तो जिस विशेष कार्य के लिए राडार यंत्र का उपयोग किया जाने

वाला है, उसके अनुरूप इसके प्रमुख अवयवों को भी बदलना आवश्यक होता है।

राडार के उपयोग –

राडार के कारण युद्ध में सहसा आक्रमण प्रायः असंभव हो गया है। इसके द्वारा जहाजों, वायुयानों और रॉकेटों के आने की पूर्वसूचना मिल जाती है। वायुयानों पर भी राडार यंत्रों से आगंतुक वायुयानों का पता चलता रहता है तथा इन यंत्रों की सहायता से आक्रमणकारी विमान लक्ष्य तक जाने और अपने स्थान तक वापस आने में सफल होते हैं। केंद्रीय नियंत्रक स्थान से राडार के द्वारा 299 मील के व्यास में चतुर्दिक्, ऊपर और नीचे, आकाश में क्या हो रहा है, इसका पता लगाया जा सकता हैं। रात्रि या दिन में समुद्र के ऊपर निकली नौकाओं का, या आते जाते जहाजों का, पता चल जाता है तथा दुश्मन के जहाजों पर तोपों का सही निशाना लगाने में भी इससे सहायता मिलती है।

शांति के समय में भी राडार के अनेक उपयोग हैं। इसने नौका, जहाज या वायुयान चालन को अधिक सुरक्षित बना दिया है, क्योंकि इसके द्वारा चालकों को दूर स्थित पहाड़ों, हिमशैलों अथवा अन्य रूकावटों का पता चल जाता है। राडार से वायुयानों को पृथ्वी तल से अपनी सही ऊँचाई ज्ञात होती रहती है तथा रात्रि में हवाई अड्डों पर उतरने में बड़ी सहूलियत होती है। 19 जनवरी, 1946 ई. को संयुक्त राज्य अमरीका के सैनिक दल ने राडार द्वारा सर्वप्रथम चन्द्रमा से संपर्क स्थापित किया। रेडियो संकेत को चन्द्रमा तक आने जाने में 4,59,999 मील की यात्रा करनी पड़ी और 2.4 सेकण्ड समय लगा।

महत्त्वपूर्ण बिन्दु

1. किसी कण की वह गति जो एक निश्चित समय के बाद बार–बार दोहराई जाती है, आवर्ती गति कहलाती है।
2. किसी कण द्वारा सरल रेखा में एक निश्चित बिन्दु के इधर–उधर आवर्ती गति हो रही हो तो यह गति कम्पनिक गति या दोलनी गति कहलाती है।
3. माध्यम में कणों के कम्पनों के अनुसार तरंगें दो प्रकार की होती हैं–(i) अनुप्रस्थ तरंगें (ii) अनुदैर्ध्य तरंगें।
4. ध्वनि विभिन्न वस्तुओं के कंपन करने के कारण उत्पन्न होती है तथा ध्वनि तरंगें, अनुदैर्ध्यतरंगें होती है।
5. ध्वनि माध्यम में क्रमागत संपीडनों तथा विरलनों के रूप में संचरित होती है।
6. ध्वनि तरंगों में दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य कहलाती है इसे λ से प्रदर्शित कहते हैं।
7. तरंग द्वारा माध्यम के विक्षोभ के एक संपूर्ण दोलन में लिए गए समय को आवर्तकाल (T) कहते हैं।
8. एकांक समय में दोलनों की कुल संख्या को आवृत्ति (ν) कहते हैं। $\nu = 1/T$
9. तरंग की चाल, उसकी आवृत्ति तथा तरंगदैर्ध्य के गुणनफल के बराबर होती है, अर्थात $v = \nu\lambda$
10. किसी एकांक क्षेत्रफल से 1 सेकण्ड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं।
11. ध्वनि की चाल मुख्यतः संचरित होने वाले माध्यमकी प्रकृति तथा ताप पर निर्भर करती है।
12. ध्वनि के आपतित होने की दिशा तथा परिवर्तित होने की दिशा, परावर्तक सतह पर खींचे गए अभिलंब से समान कोण बनाते हैं और तीनों एक ही तल में होते हैं।
13. स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि एवं परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अंतराल अवश्य होना चाहिए।
14. ध्वनि के तीन गुण होते हैं–
    (i) तारत्व (ii) प्रबलता (iii) गुणता।
15. मानव द्वारा श्रव्य ध्वनि का परास 20 हर्ट्ज से 20 किलो हर्ट्ज होता है।
16. 20 हर्ट्ज से कम आवृत्ति की ध्वनियों को अपश्रव्य ध्वनि तथा 20 किलोहर्ट्ज से अधिक आवृत्ति की ध्वनि को पराश्रव्य ध्वनि कहते हैं।
17. पराध्वनि के चिकित्सा तथा प्रौद्योगिक क्षेत्रों में अनेक उपयोग हैं।
18. सोनार एक ऐसी युक्ति है जिसका प्रयोग समुद्र की गहराई नापने, समुद्र की गहराई में किसी अदृश्य वस्तु की उपस्थिति का पता लगाने में किया जाता है।
19. सोनार में पराश्रव्य तरंगों का प्रयोग किया जाता है।
20. एकल आवृत्ति की ध्वनि को टोन कहते हैं तथा अनेक आवृत्तियों के मिश्रण से उत्पन्न ध्वनि को स्वर (Node) कहते हैं।
21. राडार का उपयोग अन्तरिक्ष में आने–जाने वाले वायुयानों के संसूचन एवं उनकी स्थिति ज्ञात करने में काम आता है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. वह तरंग, जिसमें संपीडन और विरलन हैं, कहलाती है
   (अ) अनुप्रस्थ तरंग (ब) अनुदैर्ध्य तरंग
   (स) प्रकाश तरंग (द) परा बैंगनी किरणे

2. तरंग के वेग v तरंगदैर्ध्य (λ) तथा आवृत्ति ν के बीच सम्बन्ध है–
(अ) $v = \nu\lambda$ (ब) $\lambda = v\nu$
(स) $v = \nu\lambda$ (द) $v = \lambda / \nu$

3. अनुदैर्ध्य तरंगें उत्पन्न की जा सकती हैं
(अ) ठोस व गैस में (ब) ठोस व द्रव में
(स) गैस व द्रव में
(द) ठोस, द्रव व गैस तीनों में।

4. अनुदैर्ध्य तरंग में माध्यम के कणों का कम्पन्न
(अ) तरंग की दिशा में होता है
(ब) तरंग की दिशा के लम्बवत् होता है
(स) कण कम्पन्न नहीं करते हैं
(द) तरंग की दिशा में 60° के कोण पर।

5. ध्वनि की चाल अधिकतम होती है
(अ) वायु में (ब) ठोसों में
(स) जल में (द) जल व ठोस दोनों में

6. घड़ी की सुइयों में घण्टे वाली सुई का आवर्तकाल होता है
(अ) 1 घण्टे (ब) 24 घण्टे
(स) 12 घण्टे (द) इनमें से कोई नहीं।

7. एक तरंग की चाल 350 m / s तथा तरंगदैर्ध्य 50 cm है, तो तरंग की आवृत्ति होगी
(अ) 13500 Hz (ब) 700 Hz
(स) 400 Hz (द) 300 Hz

8. प्रति सेकण्ड समय में पूर्ण किए गए दोलनों की संख्या को कहते हैं
(अ) आयाम (ब) चाल
(स) आवर्तकाल (द) आवृत्ति

9. कम्पन्न करती एक वस्तु का आवर्तकाल 0.02 s है, वस्तु के कम्पन्न की आवृत्ति होगी
(अ) 100 Hz (ब) 20 Hz
(स) 50 Hz (द) 1 Hz

10. घड़ी में सेकण्ड वाली सुई का आवर्तकाल होता है
(अ)1 मिनट (ब) 1 घण्टा
(स) 12 घण्टे (द) 24 घण्टे।

11. श्रव्यता सीमा होती है–
(अ) 200 Hz से 20000 Hz तक
(ब) 20 Hz से 20000 Hz तक
(स) 2 Hz से 20 Hz तक
(द) 20000 Hz से अधिक।

12. प्रतिध्वनि सुनने के लिए हमारे कान तक ध्वनि कम से कम कितने समय बाद पहुँचनी चाहिए?
(अ) 0.1 s (ब) 0.5 s
(स) 1 s (द) 2 s

13. अल्ट्रासोनोग्राफी में प्रयुक्त तरंगों की आवृत्ति है
(अ) 20 Hz
(ब) 20 Hz से कम
(स) 20 Hz से 20000 Hz तक
(द) 20000 Hz से अधिक।

14. आयाम का मात्रक है–
(अ) m (ब) m / s
(स) Hz (द) इनमें से कोई नहीं।

15. ध्वनि की निर्वात में चाल होती है
(अ) 3×10^8 m / s
(ब) 330 m / s
(स) ध्वनि निर्वात् में नहीं चल सकती
(द) इनमें से कोई नहीं।

अतिलघुत्तरीय प्रश्न

1. अनुदैर्ध्य तरंगें किस प्रकार के माध्यम में उत्पन्न की जा सकती हैं?
2. लोहे में उत्पन्न ध्वनि तरंगें किस प्रकार की होती हैं?
3. वायु में उत्पन्न ध्वनि तरंगें किस प्रकार की होती हैं?
4. किसी तार को दो खूँटियों के बीच तानकर लम्बाई के लम्बवत् खींचकर छोड़ दिया जाता है तो तार में उत्पन्न तरंग का नाम बताइए।
5. तरंगदैर्ध्य का S.I.मात्रक क्या है?
6. आवृत्ति का S.I.मात्रक क्या है?
7. एक स्वतंत्र रूप से लटकी स्लिंकी को खींचकर छोड़ दिया जाए तो किस प्रकार की तरंगें उत्पन्न होंगी?
8. घड़ी की सुइयों की गति किस प्रकार की होती है?
9. तरंगदैर्ध्य की परिभाषा दीजिए।
10. आवृत्ति की परिभाषा लिखिए।
11. राडार क्या है?

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. ध्वनि उत्पन्न करने के लिए क्या आवश्यक है?
2. तरंग–गति से आप क्या समझते हो ?
3. अनुदैर्ध्य तरंगें क्या है ?
4. तरंगें संचरण के लिए क्या आवश्यक है?
5. तरंग संचरण में एक स्थान से दूसरे स्थान तक किसका स्थानान्तरण होता है, ऊर्जा का या भौतिक द्रव्यमान का ?

6. अनुदैर्ध्य तरंगों के दो उदाहरण दीजिये।
7. क्या बन्दूक से निकली हुई गोली या गुलेल से फेंका गया पत्थर तरंग गति करता है ?
8. राडार के उपयोग एवं इसके स्थिति निर्धारण की पद्धति बताइये।
9. अनुप्रस्थ एवं अनुदैर्ध्य तरंगों में अन्तर बताइये।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. निम्न की परिभाषा लिखिये–
   (i) आयाम (ii) आवृत्ति
   (iii) आवर्तकाल (iv) तरंगदैर्ध्य
2. सम्बन्ध बताइये–
   (i) आवर्त्तकाल और आवृत्ति,
   (ii) आवृत्ति, तरंगदैर्ध्य और वेग
3. उत्तर दीजिए–
   (i) माध्यम का कोई कण जब एक दोलन पूरा करता है, तरंग कितनी दूरी तय करती है?
   (ii) वायु में ध्वनि तरंगें अनुदैर्ध्य हैं या अनुप्रस्थ।
   (iii) किसी लम्बी स्लिंकी में उत्पन्न हो सकने वाली तरंग/तरंगों के नाम लिखिए।
   (iv) अनुप्रस्थ और अनुदैर्ध्य तरंगों के दो–दो उदाहरण लिखिए।
   (v) उस भौतिक राशि का नाम लिखिए जिसका मात्रक हर्टज है?
4. पराध्वनि के पाँच उपयोग दीजिए।
5. SONAR का विस्तृत रूप लिखिए। समुद्र की गहराई आप प्रतिध्वनिक परास का उपयोग कर कैसे ज्ञात करेंगे ?
6. चित्र बनाकर बताइये कि मनुष्य का कान किस प्रकार कार्य करता है ?
7. ध्वनि के परावर्तन के नियम लिखिए। इनके सत्यापन के लिए एक क्रियाकलाप का वर्णन कीजिए।
8. पराध्वनि क्या है? बताइए कि इसका उपयोग धातु पिंड के दोषों का पता करने और सर्पिलाकार नलियों की सफाई में कैसे किया जाता है।
9. राडार के अवयव एवं उपयोग पर प्रकाश डालिये।

आंकिक प्रश्न

1. एक वस्तु 6600 कम्पन प्रति मिनट कर रही है। यदि वायु में ध्वनि का वेग 330 m / s हो तो ज्ञात कीजिये (i) आवर्त्तकाल, (ii) आवृत्ति (iii) तरंगदैर्ध्य।
2. एक वस्तु का आवर्तकाल 0.004 s है, उसकी आवृत्ति ज्ञात कीजिये।
3. एक तरंग के दो समीपस्थ शृंगों के मध्य की दूरी 30 cm है तथा उसकी आवृत्ति है 450 Hz तो तरंग का वेग ज्ञात कीजिये।
4. एक तरंग जिसकी आवृत्ति 256 Hz है, 330 m / s के वेग से संचरण कर रही है। इसी माध्यम में 512 Hz वाली तरंग की गति क्या होगी।

उत्तरमाला

1. ब 2. अ 3. ब 4. अ 5. ब 6. स 7. ब
8. द 9. स 10. अ 11. ब 12. अ 13. द 14. अ
15. स

उत्तर – आंकिक प्रश्न

1. (i) 1/110 सेकण्ड, (ii) 110 हर्ट्ज (iii) 3 मीटर
2. 250 हर्ट्ज
3. 135 मी./से.
4. 330 मी./से.

◆◆◆