(घ) जैसे ही एक खाली बर्तन जल से भरा जाता है, उसकी आवृत्ति—

(i) बढ़ती है (ii) कम होती है

(iii) वही रहती है (iv) इनमें से कोई नहीं।

(ङ) तरंग एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाती है—

(i) ऊर्जा (ii) आयाम

(iii) तरंगदैर्घ्य (iv) पदार्थ।

उत्तर—(क) (ii), (ख) (i), (ग) (iv), (घ) (i), (ङ) (i).

(II) सही जोड़ियाँ बनाइए—

(अ)	**(ब)**
1. तरंग की चाल **(म. प्र. 2013)**	(क) $\sqrt{\frac{\gamma P}{D}}$
2. गैसों में ध्वनि की चाल	(ख) $\frac{2\pi}{\lambda}\times$ पथान्तर
3. कलान्तर	(ग) Sound Navigation and Ranging
4. अध्यारोपण का सिद्धान्त	(घ) आवृत्ति × तरंगदैर्घ्य
5. सोनार	(ङ) $\vec{y}=\vec{y_1}+\vec{y_2}+....+\vec{y_n}$.
6. तनी हुई डोरी में अनुप्रस्थ तरंग की चाल	(च) $\sqrt{\frac{T}{m}}$

(म. प्र. 2013)

उत्तर—1. (घ), 2. (क), 3. (ख), 4. (ङ), 5. (ग), 6. (च)

(III) निम्नलिखित कथन सत्य हैं अथवा असत्य, बताइए—

(क) दो ध्वनि श्रोत यदि लम्बवत् दिशा में गति कर रहे हैं तो डॉप्लर प्रभाव लागू होगा।

(म. प्र. 2009 सेट A)

(ख) यान्त्रिक तरंगों द्वारा ऊर्जा का संचरण माध्यम के दो गुणों—प्रत्यास्थता तथा जड़त्व के कारण ही संभव होता है।

(ग) ध्वनि तरंगों का वायु में संचरण एक समतापीय परिवर्तन है।

(घ) यदि ध्वनि श्रोत अथवा श्रोता का वेग, ध्वनि के वेग से अधिक है तो डॉप्लर प्रभाव लागू नहीं होता है।

(ङ) आर्द्र वायु में ध्वनि की चाल शुष्क वायु में ध्वनि की चाल से कम होती है।

उत्तर—(क) असत्य, (ख) सत्य, (ग) असत्य, (घ) सत्य, (ङ) असत्य।

(IV) रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए—

(क) 0^oC पर वायु में ध्वनि का वेग ..... होता है। **(म. प्र. 2009 सेट B)**

(ख) ..... तरंगें केवल द्रव्यात्मक माध्यम में ही संचरित हो सकती हैं।

(ग) ..... तरंगों के संचरण के लिए द्रव्यात्मक माध्यम की उपस्थिति आवश्यक नहीं होती।

(घ) अनुप्रस्थ तरंग में किन्हीं दो क्रमागत शृंगों अथवा गर्तों के बीच की दूरी ..... के बराबर होती है। **(म. प्र. 2013)**

(ङ) एक ..... के पश्चात् किसी कण के कम्पन की कला वही हो जाती है जो उस कण की प्रारम्भ में थी।

उत्तर—(क) 332 मीटर/सेकण्ड, (ख) यान्त्रिक, (ग) विद्युत् चुम्बकीय, (घ) तरंगदैर्घ्य, (ङ) आवर्तकाल।

(V) एक शब्द/एक वाक्य में उत्तर दीजिए—

(क) सुपरसोनिक विमानों की ध्वनि पृथ्वी पर सुनाई नहीं देती है, क्यों ?

उत्तर—सुपरसोनिक विमानों की चाल ध्वनि की चाल के बराबर या इससे अधिक होती है, अतः सूत्र $n'=\left(\frac{v}{v-v_s}\right)n$ के अनुसार, जब $v=v_s$ तो $n=\infty$ जो कि श्रव्यता की सीमा के बाहर की आवृत्ति है।

(ख) यदि एक तारा पृथ्वी से दूर भागे तो पृथ्वी पर प्रेक्षक को तारे की तरंगदैर्घ्य घटी हुई प्रतीत होगी या बढ़ती हुई ?

उत्तर—बढ़ती हुई प्रतीत होगी।

(ग) डॉप्लर सिद्धान्त ध्वनि के तारत्व में परिवर्तन के बारे में बताता है अथवा तीव्रता में परिवर्तन के बारे में ?

उत्तर—तारत्व (आवृत्ति) में परिवर्तन के बारे में बताता है।

(घ) क्या कारण है कि दोलन करते हुए लोलक से कोई ध्वनि सुनाई नहीं देती है ?

उत्तर—क्योंकि दोलनों की आवृत्ति बहुत कम होती है।

(ङ) एक सितार, एक तबला तथा एक हारमोनियम तीनों एक ही आवृत्ति पर समस्वरित किये गये हैं, फिर भी तीनों की ध्वनि अलग-अलग पहचानी जा सकती है। कारण बताइए।

उत्तर—गुणता के कारण।

अति लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. चमगादड़ बिना आँखों के अवरोध की दूरी, दिशा प्रकृति एवं आकार का पता कैसे लगा लेता है ?

उत्तर—चमगादड़ पराश्रव्य (Ultra sonic) ध्वनियों (आवृत्ति 20 kHz से अधिक) को सुन सकता है तथा उत्पन्न कर सकता है। पराश्रव्य ध्वनि उत्पन्न करने एवं वस्तु से परावर्तित होकर वापस आने में लगे समय से वस्तु की दूरी का पता लग जाता है। प्रति ध्वनि की तीव्रता से वस्तु के आकार एवं प्रकृति का पता चलता है।

प्रश्न 2. तारत्व किसे कहते हैं ?

उत्तर—ध्वनि का वह लक्षण जिसके कारण हम उसे तीव्रता या बारीक या मोटी कहते हैं, तारत्व कहलाता है।

प्रश्न 3. घण्टे लकड़ी की बजाय धातु के बनाये जाते हैं, क्यों ?

उत्तर—क्योंकि लकड़ी के कारण उच्च अवमन्दन होता है अत: कम्पनों का आयाम बहुत घट जाता है। जबकि धातुओं में ऐसा नहीं होता है।

प्रश्न 4. बाँसुरी में कई छेद बने होते हैं। क्यों ?

उत्तर—बाँसुरी एक खुला आर्गन पाइप है। इस पर बने छेद के पास वायु कण कम्पन करने के लिए स्वतंत्र होते हैं। अत: जब बाँसुरी को बजाया जाता है तो छेद के नीचे बाँसुरी के अन्दर प्रस्पंद बनते हैं। किसी छेद को बंद करने या खुला छोड़ने पर प्रस्पंद की स्थिति बदल जाती है। अत: बाँसुरी के अन्दर कम्पन की विधा भी बदल जाती है। फलस्वरूप स्वर की आवृत्ति बदल जाती है। इस प्रकार छेदो को बंद करके या खुला रखकर बाँसुरी के अन्दर विभिन्न आवृत्तियों के स्वर उत्पन्न किये जा सकते हैं।

प्रश्न 5. अनुदैर्ध्य तरंगों को दाब तरंगें क्यों कहते हैं ?

उत्तर—किसी माध्यम में जब अनुदैर्ध्य तरंगें संचरण करती है तो माध्यम का दाब तथा आयतन संपीडन तथा विरलन करने के कारण परिवर्तित होते हैं। अत: अनुदैर्ध्य तरंगों को दाब तरंगें भी कहा जाता है।

प्रश्न 6. ध्वनि तरंगों एवं विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों में अन्तर लिखिए।

उत्तर—ध्वनि तरंगों एवं विद्युत् चुम्बकीय तरंगों में अन्तर—

ध्वनि तरंग	विद्युत्-चुम्बकीय तरंग
1. ये यांत्रिक तरंगें हैं।	1. ये यांत्रिक तरंगें नहीं हैं।
2. ये वायु में अनुदैर्ध्य तरंगें होती हैं।	2. ये सभी माध्यम में अनुप्रस्थ तरंगें होती हैं।
3. इनके संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।	3. इनके संचरण के लिए माध्यमों की आवश्यकता नहीं होती है।
4. वायु में ध्वनि तरंगों में ध्रुवण की घटना नहीं होती है।	4. इन तरंगों में ध्रुवण की क्रिया नहीं होती।
5. इनकी चाल बहुत कम होती है। ($0^{o}C$ पर वायु में 332 मीटर/सेकण्ड)	5. इनकी चाल बहुत अधिक होती है। (3×10^{8} मीटर/सेकण्ड)

प्रश्न 7. तरंग गति की विशेषताएँ लिखिए।

उत्तर—तरंग गति की निम्नलिखित विशेषताएँ हैं—

(i) इसमें विक्षोभ अपनी मौलिक आकृति में एक निश्चित चाल से आगे बढ़ता है।

(ii) विक्षोभ संचरण की चाल माध्यम की प्रत्यास्थता तथा उसके घनत्व पर निर्भर रहती है।

(iii) इसमें माध्यम के कण अपनी-अपनी साम्य स्थिति के दोनों ओर एक निश्चित आवृत्ति से कम्पन करते हैं तथा विक्षोभ के साथ आगे नहीं बढ़ते हैं।

(iv) माध्यम में ऊर्जा का संचरण विक्षोभ के आगे बढ़ने की दिशा में अर्थात् तरंग-गति की दिशा में होता है।

(v) माध्यम के सभी कण एक ही प्रकार से (ऊपर-नीचे अथवा इधर-उधर अथवा आगे-पीछे) कम्पन करते हैं परन्तु प्रत्येक कम्पित कण की कला भिन्न-भिन्न होती है।

प्रश्न 8. व्यतिकरण और विस्पन्द में अन्तर लिखिए।

उत्तर—व्यतिकरण और विस्पन्द में अन्तर—

व्यतिकरण	विस्पन्द
1. इसमें ध्वनि तरंगों की आवृत्तियाँ बिल्कुल बराबर होती हैं।	1. इसमें दोनों ध्वनियों की आवृत्तियों में कुछ अन्तर अवश्य होता है।
2. माध्यम के किसी भी बिन्दु पर तरंगों के बीच कलान्तर स्थिर रहता है।	2. माध्यम के किसी भी बिन्दु पर तरंगों के बीच कलान्तर समय के साथ बदलता रहता है।
3. माध्यम के प्रत्येक बिन्दु पर आयाम का मान स्थिर रहता है।	3. माध्यम के प्रत्येक बिन्दु पर आयाम समय के साथ बदलता रहता है।
4. माध्यम के किसी भी बिन्दु पर समय के साथ ध्वनि की तीव्रता में कोई परिवर्तन नहीं होता यद्यपि भिन्न-भिन्न बिन्दुओं पर ध्वनि की तीव्रता भिन्न-भिन्न होती है अर्थात् यदि किसी बिन्दु पर ध्वनि तीव्रतम है तो वहाँ तीव्रतम ही बनी रहेगी और यदि किसी बिन्दु पर ध्वनि मन्दतम है तो वहाँ मन्दतम ही बनी रहेगी।	4. माध्यम के किसी भी बिन्दु पर समय के साथ ध्वनि की तीव्रता घटती-बढ़ती रहती है अर्थात् यदि किसी बिन्दु पर किसी क्षण ध्वनि की तीव्रता अधिकतम है तो कुछ क्षण पश्चात् उसी बिन्दु पर ध्वनि की तीव्रता न्यूनतम हो जायेगी।

प्रश्न 9. अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्ध्य तरंगों में अन्तर लिखिए। (म. प्र. 2009 सेट B, 13)

उत्तर—अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्ध्य तरंगों में अन्तर—

अनुप्रस्थ तरंगें	अनुदैर्ध्य तरंगें
1. इन तरंगों में माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत् कम्पन करते हैं।	1. इन तरंगों में माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा में ही कम्पन करते हैं।
2. ये तरंगें शृंग एवं गर्त के रूप में आगे बढ़ती हैं।	2. ये तरंगें संपीडन और विरलन के रूप में आगे बढ़ती हैं।

3. ये तरंगें केवल ठोस एवं द्रव की सतह पर ही संचरित हो सकती है।	3. ये तरंगें सभी प्रकार के माध्यमों में संचरित हो सकती हैं।
4. इन तरंगों में ध्रुवण की क्रिया होती है।	4. इन तरंगों में ध्रुवण की क्रिया नहीं होती।
5. इन तरंगों के संचरण से माध्यम में दाब परिवर्तन नहीं होता।	5. इन तरंगों के संचरण से माध्यम में दाब परिवर्तन हो जाता है।

प्रश्न 10. तरंग गति से सम्बन्धित आवृत्ति, तरंगदैर्घ्य तथा तरंग वेग की परिभाषा दीजिये तथा इनमें संबंध ज्ञात कीजिए। **(म. प्र. 2010)**

उत्तर—आवृत्ति—माध्यम का कोई भी कण 1 सेकण्ड में जितने कम्पन करता है तो उस कम्पन संख्या को आवृत्ति कहते हैं। इसे υ से प्रदर्शित करते हैं।

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

या $$\text{आवृत्ति} = \frac{1}{\text{आवर्तकाल}}$$

2. तरंगदैर्घ्य—माध्यम के किसी भी कण को एक वाचन के समय तरंग जितनी दूरी चलती है उसे तरंगदैर्घ्य कहते हैं। इसे λ से प्रदर्शित करते हैं।

3. तरंग वेग—कोई तरंग 1 सेकण्ड में जितनी दूरी चलती है उसे तरंग वेग कहते हैं।

तरंग चाल, आवृत्ति तथा तरंगदैर्घ्य से संबंध—माना कि किसी तरंग की चाल v, आवृत्ति υ तथा तरंगदैर्घ्य λ हो, तो तरंगदैर्घ्य की परिभाषा से,

λ = आवर्तकाल T में चली गई दूरी

या λ = चाल × समय

या $\lambda = v \times T$

परन्तु $T = \frac{1}{\upsilon}$

या $\lambda = v \times \frac{1}{\upsilon}$

या $\lambda \upsilon = v$

तरंगदैर्घ्य × आवृत्ति = तरंग वेग।

प्रश्न 11. डॉप्लर प्रभाव क्या है ? डॉप्लर प्रभाव के दैनिक जीवन से सम्बन्धित कुछ उदाहरण दीजिए। डॉप्लर प्रभाव के दो प्रमुख उपयोग लिखिए।

उत्तर—डॉप्लर प्रभाव—जब कभी ध्वनि स्रोत और श्रोता के बीच आपेक्षिक गति होती है तो श्रोता को ध्वनि की आवृत्ति में परिवर्तन प्रतीत होता है। इस प्रभाव को डॉप्लर प्रभाव कहते हैं।

दैनिक जीवन से सम्बन्धित उदाहरण—

1. जब हम रेलवे प्लेटफॉर्म पर खड़े होकर पास आते हुए इंजन की सीटी की आवाज सुनते हैं तो उसकी आवाज तीक्ष्ण होती प्रतीत होती है अर्थात् आवृत्ति बढ़ती प्रतीत होती है।
2. जब इंजन की आवाज दूर होती है तो उसकी आवाज मोटी प्रतीत होती है अर्थात् आवृत्ति घटती प्रतीत होती है।
3. सुपर सोनिक विमानों की ध्वनि सुनायी नहीं देती।

डॉप्लर प्रभाव के दो प्रमुख उपयोग—इनका उपयोग निम्नलिखित हैं—

1. तारों की चाल का आकलन करने में।
2. गतिशील वायुयानों या पनडुब्बियों की चाल का आकलन करने में।

प्रश्न 12. विस्पन्द क्या है ? विस्पन्द बनने की आवश्यक शर्तें क्या हैं ?

(म. प्र. 2009 सेट C)

उत्तर—जब किसी माध्यम में लगभग समान आवृत्ति की दो ध्वनि तरंगें एक साथ एक ही दिशा में चलती हैं तो उनके अध्यारोपण के फलस्वरूप माध्यम के किसी बिन्दु पर ध्वनि की तीव्रता एकान्तर क्रम में घटती बढ़ती रहती है। इस क्रमिक उतार-चढ़ाव को विस्पन्द कहते हैं।

शर्तें—(i) दोनों तरंगों को एक ही दिशा में और एक ही रेखा में समान चाल से चलना चाहिए।

(ii) दोनों तरंगों की आवृत्ति में थोड़ा-सा अन्तर होना चाहिए।

(iii) दोनों तरंगों के आयाम लगभग बराबर होने चाहिए।

प्रश्न 13. तरंगों के अध्यारोपण का सिद्धान्त लिखिए। यह सिद्धान्त किन तरंगों पर लागू होता है तथा किन पर नहीं ? **अथवा**

तरंगों का अध्यारोपण सिद्धान्त क्या है ?

उत्तर—इस सिद्धान्त के अनुसार, "जब दो या दो से अधिक तरंगें माध्यम के किसी बिन्दु पर एक साथ पहुँचती हैं, तो परिणामी विस्थापन उन तरंगों द्वारा उत्पन्न अलग-अलग विस्थापनों के सदिश योग के बराबर होता है।"

मानलो माध्यम के किसी कण पर n तरंगें एक साथ पहुँचती हैं तथा प्रत्येक तरंग के कारण उस कण का विस्थापन $\vec{y_1}, \vec{y_2}, \vec{y_3}, \ldots\ldots\ldots, \vec{y_n}$ हो तो तरंगों के अध्यारोपण के सिद्धान्त से,

$$\vec{y} = \vec{y_1} + \vec{y_2} + \vec{y_3} + \ldots\ldots\ldots + \vec{y_n}$$

यह सिद्धांत अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्घ्य दोनों प्रकार की तरंगों पर लागू होता है। सामान्य आयाम वाली संनादी तरंगों पर भी लागू होता है। परन्तु बहुत अधिक आयाम वाली तरंगों जैसे—ज्वालामुखी या भूकम्प द्वारा उत्पन्न प्रघाती तरंगें, समुद्र में उत्पन्न विशाल तरंगें आदि पर लागू नहीं होता।

प्रश्न 14. सरल लोलक के आवर्तकाल का सूत्र लिखकर सरल लोलक के नियम लिखिये। **(Imp.)**

उत्तर—सरल लोलक का आवर्तकाल

$T = 2\pi\sqrt{l/g}$ होता है।

जहाँ l लोलक की प्रभावी लम्बाई तथा g गुरुत्वीय त्वरण है।

सरल लोलक के निम्न नियम हैं—

(1) लम्बाई का नियम—लोलक का आवर्तकाल उसकी प्रभावी लम्बाई के वर्गमूल के समानुपाती होता है।

$T \propto \sqrt{l}$

(2) गुरुत्वीय त्वरण का नियम—सरल लोलक का आवर्तकाल उस स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

(3) द्रव्यमान का नियम—सरल लोलक का आवर्तकाल उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

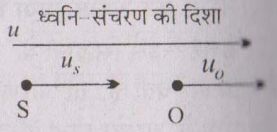
समकालत्व का नियम—सरल लोलक का आवर्तकाल आयाम पर निर्भर नहीं करता। यही कारण है कि लोलक के प्रयोग में लोलक का कोणीय आयाम कम रखा जाता है।

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ध्वनि स्रोत और श्रोता एक ही दिशा में गतिशील हैं। श्रोता द्वारा ग्रहण की गई आभासी आवृत्ति के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर—जब ध्वनि स्रोत और श्रोता दोनों गतिमान हों तो ध्वनि स्रोत की आवृत्ति दो कारणों से बदली प्रतीत होती है—(i) ध्वनि स्रोत की गति के कारण तथा (ii) श्रोता की गति के कारण। अतः आवृत्ति पर इन दोनों कारणों के प्रभावों को मिलाना होगा।

माना कि ध्वनि स्रोत S तथा श्रोता O क्रमशः u_s तथा u_o वेग से एक ही दिशा में (माना कि ध्वनि संचरण की दिशा में) गतिमान हैं।



माना कि यदि केवल ध्वनि स्रोत ही गतिमान होता है तब श्रोता द्वारा सुनी जाने वाली आभासी आवृत्ति,

$$n_1 = \left(\frac{u}{u-u_s}\right)n$$

अब चूँकि श्रोता भी ध्वनि स्रोत से दूर जा रहा है, अतः श्रोता द्वारा सुनी जाने वाली आभासी आवृत्ति,

$$n' = \left(\frac{u-u_o}{u}\right)n_1$$

उपर्युक्त समीकरण में n_1 का मान रखने पर,

$$n' = \left(\frac{u-u_o}{u}\right) \times \left(\frac{u}{u-u_s}\right)n$$

या $$n' = \left(\frac{u-u_o}{u-u_s}\right)n.$$ **यही अभीष्ट व्यंजक है।**

प्रश्न 2. वायु में ध्वनि की चाल के लिए न्यूटन का सूत्र लिखिए। लाप्लास ने इसमें क्या संशोधन किया और क्यों ?

उत्तर—न्यूटन का सूत्र—न्यूटन के अनुसार, जब अनुदैर्ध्य तरंगें किसी गैस अथवा वायु में चलती हैं तो सम्पीडन एवं विरलन इतने धीरे-धीरे बनते व बिगड़ते हैं कि माध्यम का ताप नहीं बदलता है। सम्पीडन में उत्पन्न ऊष्मा, वायुमण्डल में चली जाती है और विरलन में जो ऊष्मा की कमी होती है, वह वायुमण्डल से ले ली जाती है। इस तरह किसी गैसीय माध्यम में ध्वनि की तरंगों के संचरण की घटना एक समतापीय घटना है।

अब चूँकि समतापीय परिवर्तन के लिए आयतन प्रत्यास्थता गुणांक K का मान माध्यम के दाब P के बराबर होता है, अतः

$$v = \sqrt{\frac{K}{d}} = \sqrt{\frac{P}{d}}, \qquad (\text{क्योंकि } K=P)$$

यही न्यूटन का सूत्र है।

उपर्युक्त सूत्र से 0°C पर वायु में ध्वनि का वेग 280 मीटर/सेकण्ड प्राप्त होता है, लेकिन प्रयोगों द्वारा 0°C का ध्वनि का वेग 332 मीटर/सेकण्ड प्राप्त होता है, जो न्यूटन के सूत्र से प्राप्त मान से काफी अधिक है। अतः न्यूटन के सूत्र को त्रुटिपूर्ण माना गया।

लाप्लास का संशोधन—लाप्लास ने बताया कि न्यूटन का यह मत है कि जब किसी गैस में ध्वनि तरंगें संचरित होती हैं तो गैस का ताप स्थिर रहता है, त्रुटिपूर्ण है। वस्तुतः ध्वनि तरंग संचरण से माध्यम के किसी बिन्दु पर सम्पीडन एवं विरलन एकान्तर क्रम में उत्पन्न होते हैं। सम्पीडन से कुछ ऊष्मा उत्पन्न होती है तथा विरलन से कुछ ऊष्मा लुप्त होती है। ये सम्पीडन तथा विरलन इतनी शीघ्रता से घटित होते हैं कि ऊष्मा न तो बाहर से उस स्थान पर, न ही उस स्थान से बाहर जा पाती है। साथ ही गैस ऊष्मा का कुचालक है। अर्थात् तरंग संचरण से माध्यम का ताप परिवर्तित होता है जो कि रुद्धोष्म परिवर्तन है अतः आयतन प्रत्यास्थता गुणांक K का मान γP होगा, न कि P_1 जहाँ γ गैस की मोलर विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात है। इस प्रकार ध्वनि के वेग का सूत्र निम्न होगा—

$$= \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$$

इस सूत्र को ध्वनि के वेग सम्बन्धी लाप्लास का सूत्र कहते हैं।

प्रश्न 3. वायु में ध्वनि की चाल को कौन-कौन से कारक प्रभावित करते हैं तथा किस प्रकार ?

उत्तर—वायु में ध्वनि की चाल को निम्नलिखित कारक प्रभावित करते हैं—

(i) ताप का प्रभाव—वायु में ध्वनि की चाल, ताप बढ़ाने पर बढ़ता है तथा ताप घटाने पर घटता है।

किसी गैस में ध्वनि की चाल उसके परमताप के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती होती है।

(ii) दाब का प्रभाव—यदि वायु का ताप नियत हो, तो ध्वनि की चाल पर दाब-परिवर्तन का कोई प्रभाव नहीं होता है।

(iii) आर्द्रता का प्रभाव—माध्यम में आर्द्रता बढ़ने पर उसमें ध्वनि की चाल बढ़ जाती है। इसका कारण यह है कि वायु में नमी बढ़ने पर वायु का घनत्व कम हो जाता है तथा ध्वनि की चाल, घनत्व के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होती है, अतः ध्वनि की चाल बढ़ जाती है।

(iv) घनत्व का प्रभाव—ध्वनि की चाल, माध्यम के घनत्व के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होती है। अत: कम घनत्व वाली गैस में ध्वनि की चाल अधिक तथा अधिक घनत्व वाली गैस में ध्वनि की चाल कम होती है।

(v) वायु की गति का प्रभाव—यदि वायु चल रही है, तो ध्वनि की चाल भी बदल जाती है। यदि ध्वनि की वास्तविक चाल v है तथा वायु की चाल w है तो वायु की गति की दिशा में ध्वनि की चाल $(v + w)$ होगी तथा वायु की गति के विपरीत दिशा में यह $(v - w)$ होगी।

(vi) आवृत्ति का प्रभाव—ध्वनि की चाल पर आवृत्ति का प्रभाव नहीं पड़ता है। विभिन्न आवृत्तियों की ध्वनि-तरंगें वायु में एक ही चाल से चलती हैं। उनकी वायु में तरंगदैर्ध्य भिन्न-भिन्न होती हैं।

प्रश्न 4. ध्वनि की चाल पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है ? इनके बीच सम्बन्ध का सूत्र स्थापित कीजिए।

उत्तर—ताप का प्रभाव—किसी गैस के लिये अनुपात P/d का मान गैस के ताप पर निर्भर करता है। यदि हम किसी गैस को गर्म करें तब दो बातें सम्भव हैं। यदि गैस फैलने के लिए स्वतंत्र है तब गर्म होने पर वह फैल जायेगी जिससे कि उसका घनत्व (d) कम हो जायेगा जबकि दाब P परिवर्तित नहीं होगा। इस तरह P/d का मान बढ़ जायेगा। यदि गैस किसी पात्र में बंद है तब गर्म होने पर उसका दाब बढ़ जायेगा जबकि घनत्व नहीं बदलेगा। पुन: अनुपात P/d का मान बढ़ जायेगा। इस तरह दोनों परिस्थितियों में गैस का ताप बढ़ने पर उसमें ध्वनि की चाल बढ़ जायेगी।

माना कि 1 ग्राम गैस के अणु का द्रव्यमान का दाब P तथा आयतन V है। यदि इस गैस का परमताप T हो, तो गैस समीकरण के अनुसार,

$$PV = RT$$

जहाँ R सार्वत्रिक गैस नियतांक है। यदि गैस का अणुभार M हो तथा घनत्व d हो, तो $V = M/d$ अत:

$$P\left(\frac{M}{d}\right) = RT$$

या $$\frac{P}{d} = \frac{RT}{M} \text{ (नियतांक)}, \qquad (T \text{ नियत होने पर})$$

अत: गैस के ध्वनि की चाल $$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \qquad ...(1)$$

इस तरह किसी गैस में ध्वनि की चाल उसके परमताप के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती होती है।

यदि किसी गैस में ध्वनि की चाल 0^oC पर v_0 तथा t^oC पर v_t हो तब समी. (1) से,

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma R \times 273}{M}} \qquad ...(2)$$

तथा $$v_t = \sqrt{\frac{\gamma R(273 + t)}{M}} \qquad ...(3)$$

समी. (3) को (2) से भाग देने पर,

$$\frac{v_0}{v_t} = \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

$$\therefore \quad v_t \approx v_0\left(1 + \frac{1}{2}\cdot\frac{t}{273}\right), \text{ (द्विपद सिद्धांत से)}$$

यदि 0^oC पर वायु में ध्वनि की चाल अर्थात् v_0 का मान 332 मीटर/सेकण्ड हो, तो

$$v_t = 332\left(1 + \frac{t}{2 \times 273}\right) = 332 + 0 \cdot 61t \text{ मीटर/सेकण्ड}$$

इस प्रकार 1^oC ताप बढ़ने से वायु में ध्वनि की चाल लगभग 0·61मीटर/सेकण्ड से बढ़ जाती है।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. प्रगामी तथा अप्रगामी तरंगों में अन्तर लिखिए। **(Imp.)**

उत्तर—प्रगामी तथा अप्रगामी तरंगों में अन्तर—

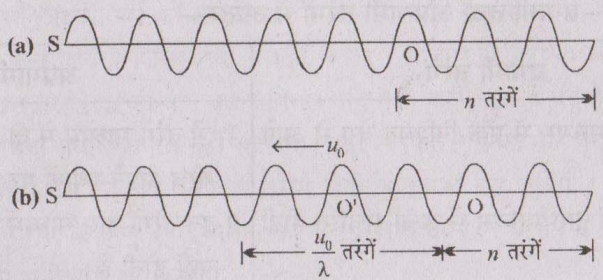
प्रगामी तरंगें	अप्रगामी तरंगें
1. ये तरंगें माध्यम में एक निश्चित वेग से आगे बढ़ती हैं।	1. ये तरंगें माध्यम में दो परिसीमाओं के बीच अपने स्थानों पर ही बनी रहती हैं।
2. इन तरंगों द्वारा माध्यम में ऊर्जा संचरित होती हैं।	2. इन तरंगों द्वारा माध्यम में ऊर्जा संचरित नहीं होती हैं।
3. इन तरंगों में माध्यम का प्रत्येक कण अपनी साम्य स्थिति के दोनों ओर कम्पन करता है तथा प्रत्येक कण का कम्पन आयाम बराबर होता है।	3. इन तरंगों में माध्यम के सभी कण कम्पन नहीं करते हैं तथा प्रत्येक कण का कम्पन आयाम भी बराबर नहीं होता है। आयाम का मान निस्पन्द पर शून्य तथा प्रस्पन्द पर अधिकतम होता है।
4. इन तरंगों में किसी भी क्षण माध्यम के सभी कण एक साथ अपनी साम्य स्थितियों से नहीं गुजरते हैं।	4. इन तरंगों में एक आवर्तकाल में दो बार माध्यम के सभी कण एक साथ अपनी साम्य स्थितियों से गुजरते हैं।
5. ये तरंगें किसी ध्वनि उत्पादक स्रोत द्वारा उत्पन्न की जाती हैं।	5. ये तरंगें विपरीत दिशा में संचरित समान आयाम एवं समान आवृत्ति की प्रगामी तरंगों के अध्यारोपण से उत्पन्न होती हैं।
6. अनुदैर्ध्य प्रगामी तरंगों के माध्यम में उत्पन्न पर प्रत्येक स्थान पर दाब और घनत्व में परिवर्तन समान होता है।	6. अनुदैर्ध्य अप्रगामी तरंगों में निस्पन्दों पर होने दाब और घनत्व में परिवर्तन सबसे अधिक तथा प्रस्पन्दों पर सबसे कम (शून्य) होता है।

प्रश्न 2. यदि श्रोता, स्थिर ध्वनि स्रोत की ओर गतिशील है तो उसके द्वारा ग्रहण की गई आभासी आवृत्ति के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर—माना कि S एक ध्वनि स्रोत है जिसकी आवृत्ति n है तथा ध्वनि का वेग u है। माना कि O एक श्रोता है, जो वेग u_o से स्थिर ध्वनि स्रोत की ओर गतिमान है। यदि श्रोता स्थिर हो तो वह 1 सेकण्ड में n तरंगें ग्रहण करता है। अत: वास्तविक तरंगदैर्घ्य $\lambda = \frac{u}{n}$.

परन्तु श्रोता u_o वेग से ध्वनि स्रोत की ओर गतिमान है अर्थात् श्रोता 1 सेकण्ड में u_o दूरी ध्वनि स्रोत की ओर तय कर लेता है। अत: श्रोता 1 सेकण्ड में ध्वनि स्रोत से निकलने वाली n तरंगों को तो ग्रहण करता ही है, साथ में u_o दूरी में समायी u_o / λ तरंगों को भी ग्रहण करता है। अत: श्रोता को 1 सेकण्ड में प्राप्त होने वाली कुल तरंगें अर्थात् ध्वनि की आभासी आवृत्ति,

$$n' = n + \frac{u_o}{\lambda}$$



या $$n' = n + \frac{u_o}{(u/n)} = n + \frac{u_o n}{u}$$

या $$n' = \left(1 + \frac{u_o}{u}\right) n$$

या $$n' = \left(\frac{u + u_o}{u}\right) n.$$ यही अभीष्ट व्यंजक है।

आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. किसी माध्यम में तरंग की चाल 960 मीटर/ सेकण्ड है। यदि माध्यम के किसी बिन्दु से 1 मिनट में 3600 तरंगें गुजर रही हों, तो तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिये।

हल : दिया है: तरंग की चाल $v = 960$ मीटर/ सेकण्ड।

तरंग की आवृत्ति $n = 3600$ प्रति मिनट $= \frac{3600}{60} = 60$ प्रति सेकण्ड।

$\therefore$ सूत्र : $v = n\lambda$ से,

तरंगदैर्घ्य $\lambda = \frac{v}{n}$

या $$\lambda = \frac{960 \text{ मीटर/ सेकण्ड}}{60 \text{ सेकण्ड}^{-1}}$$

$= 16$ मीटर। उत्तर

●●

इकाई 9

ऊष्मामिति एवं ऊष्मा संचरण

[THERMOMETRY AND TRANSMISSION OF HEAT]

9·1. तापमिति एवं ऊष्मीय प्रसार

[THERMOMETRY AND THERMAL EXPANSION]

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

(I) बहुविकल्पीय प्रश्न—

(क) सेल्सियस ताप पैमाने पर परम शून्य ताप होगा—

(i) 0^oC (ii) -273^oC

(iii) 100^oC (iv) $-273{\cdot}16^oC$.

(ख) सेल्सियस और फॉरेनहाइट पैमाने पर निम्नलिखित ताप समान होता है—

(i) 40^oC (ii) 80^oC

(iii) -40^oC (iv) -80^oC.

(ग) निम्नलिखित में से कौन-सा मात्रक ऊष्मा का मात्रक नहीं है—

(i) जूल (ii) कैलोरी

(iii) ब्रिटिश ऊष्मा मात्रक (iv) अंश सेल्सियस।

(घ) स्थिर आयतन गैस तापमापी आधारित है—

(i) बॉयल नियम पर (ii) पास्कल नियम पर

(iii) चार्ल्स नियम पर (iv) न्यूटन के नियम पर।

(ङ) ताप बढ़ाने पर निम्नलिखित में से किसका मान घटता है—

(i) लम्बाई (ii) आयतन

(iii) घनत्व (iv) द्रव्यमान।

उत्तर—(क) (iv), (ख) (iii), (ग) (iv), (घ) (iii), (ङ) (iii).

(ii) The law relating sound between source and observer is :

(a) Doppler's law (b) Huygens law

(c) Newtons law (d) Galileo's law.

(iii) The effect of beats due to two waves is because of :

(a) Refraction (b) Reflection (c) Dispertion (d) Interference.

(iv) The phenomenon of interference is possible in :

(a) Transverse and longitudinal waves both

(b) Only in transverse waves

(c) Only longitudinal waves

(d) None of the above.

(v) Waves transport from one end to another :

(a) Energy (b) Amplitude (c) Wavelength (c) Matter.

Ans. (i) (b), (ii) (a), (iii) (d), (iv) (a), (v) (a).

(B) Match the following :

Column 'A'	Column 'B'
(i) Velocity of wave	(a) $\sqrt{\frac{\gamma p}{D}}$
(ii) Velocity of sound in gas	(b) $\frac{2\pi}{\lambda}\times$ Path difference
(iii) Phase difference	(c) Sound navigation and ranging
(iv) Principle of superposition	(d) Frequency × Wavelength
(v) SONAR	(e) $\vec{y} = \vec{y_1} + \vec{y_2} + \ldots\ldots + \vec{y_n}$.

Ans. (i) (d), (ii) (a), (iii) (b), (iv) (e), (v) (c).

(C) State True or False : **(MP 2009 Set A)**

(i) Doppler's effect will be effective when two source of sound are moving perpendicular to each other.

(ii) Mechanical waves transmit energy due to the properties of inertia and elasticity of medium.

(iii) The motion of sound waves in air is an isothermal change.

(iv) If the velocity of source or observer is greater than velocity of sound, then Doppler's effect is not valid.

(v) Sound travells faster in dry air than in moist air.

(vi) In a stationary wave the distance between two successive nodes is λ.

(vii) $y = a\sin\omega t$ is not the displacement equation for simple harmonic motion of a particle. **(MP 2013)**

Ans. (i) False, (ii) True, (iii) False, (iv) True, (v) False, (vi) False, (vii) False

(D) Fill in the blanks :

(i) The velocity of sound at 0°C is ..... . **(MP 2009 Set B, 11)**

(ii) ..... waves require a physical medium for their propagation.

(iii) ..... waves do not require any medium for their propagation.

(iv) In transverse waves, the distance between any two consecutive crest or trough is called ..... . **(MP 2013)**

(v) After one ..... the phase of a particle is same as in the initial moment.

(vi) Sound waves can not propagate through ..... .

(vii) Due to progressive waves transfer of ..... takes place in the medium.

Ans. (i) 332 m/s, (ii) Mechanical, (iii) Electromagnetic, (iv) Wavelength, (v) Time-period, (vi) Vacuum, (vii) Energy.

(E) Give one word/one statement :

(i) Sound coming from a supersonic jet is not heard by a person on earth. Why ?

Ans. The speed of supersonic jet is either equal to or greater than the speed of sound therefore according to formula,

$$\nu' = \left[\frac{u}{u - u_s}\right]\nu$$

If $u = u_s$, then $\nu' = \infty$.

Which is the frequency out of audible frequency limit.

(ii) If a star moves away from earth, then the wavelength of waves transmitted to earth from the stars will appear to decrease or increase.

Ans. They will appear increased.

(iii) Doppler's effect tells us about the change in frequency or wavelength of sound waves ?

Ans. It tells us about the change in frequency.

(iv) What is the reason that no sound is heard from an oscillating pendulum ?

Ans. Because the frequency of simple pendulum is very small.

(v) A sitar, a tabla and a harmonium all three are sounded at same frequency, but still their sounds can be diffferentiated. Explain why ?

Ans. Due to quality of timber.

Very Short Answer Type Questions

Q. 1. What is a mechanical wave ? Give examples.

Ans. A mechanical wave is the disturbance produced in a medium which propagates in the medium without the flow of medium. These waves transmits energy from one place to another place.

Example : Sound waves, water ripplers etc.

Q. 2. Write a relation between phase difference and path difference for a plane progressive wave.

Ans. Phase difference $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times$ path difference.

Q. 3. Write the types of harmonics produced in
(i) Closed organ pipe, (ii) Open organ pipe.

Ans. (i) Only odd harmonics are produced.
(ii) Both even and odd harmonics are produced.

Q. 4. What are stationary waves ?

Ans. When two identical waves of equal frequency travel along the same line, but in opposite direction super impose, then the resultant wave thus formed is called stationary wave.

The energy does not transfer from place to another place.

Q. 5. What are beats ?

Ans. When two waves with slight difference in frequencies travel in a medium simultaneously in the same direction then as a result of their superpostion the intensity of sound at any point increases and decreases alternately. This successive rise and fall in the intensity of sound is called beats.

Q. 6. What is Doppler's effect ?

Ans. When there is a relative motion between a sound source and a listner, then the change in the frequency of the source appears to the listner this effect is called Doppler's effect.

Q. 7. Bells are made up of metal and not of wood. Why ?

Ans. The medium required for the propagation of sound must have low damping. Since wood has high damping, hence it dampers the vibrations. On the other hand metal do not do so.

Q. 8. Sound travels faster on a hot day than on a cold day. Why ?

Ans. Velocity of sound is directly proportional to the square root of temperature. Therefore sound travels faster on a hot day than a cold day.

Short Answer Type Questions

Q. 1. Give definitions of frequency, wavelength and wave velocity related to wave motion and find out the relationship among them. **(MP 2010)**

Ans. Frequency : The number of vibrations made by particle of medium in 1 second is called the frequency of wave. It is denoted by υ (nu).

Wavelength : In transverse waves, the distance between any two consecutive crest on trough is called wavelength.

Relation between wave speed and frequency : Let v is the speed, υ be the frequency, t is the time period and λ is the wavelength.

By the definition of wavelength

$\lambda =$ distance travelled by the wave in time t

$\lambda =$ speed $\times$ time

$\lambda = v.t$

But $t = \frac{1}{\upsilon}$

$\therefore \quad \lambda = \frac{v}{\upsilon}$

or $v = \upsilon\lambda$

This is required relation.

Q. 2. Write difference between mechanical waves and electromagnetic waves.

Ans. Difference between Mechanical Wave and Electromagnetic Wave:

Mechanical Wave	Electromagnetic Wave
1. Physical medium is required for the propagation of mechanical wave.	1. No medium is required for the propagation of electromagnetic waves.
2. Speed of the mechanical waves is very less. For *e.g.*, speed of sound in air is 332 ms^{-1} and in steel it is 5132 ms^{-1}.	2. Speed of electromagnetic waves is very high. It is $3 \times 10^8 ms^{-1}$.
3. Mechanical waves may be logngitudinal or transverse.	3. Electromagnetic waves are always transverse.
4. The speed of mechanical waves is more in a denser medium and less in a rarer medium (the speed of sound wave in steel is twelve times the speed in air).	4. The speed of electromagnetic waves is less in denser medium and more in rarer medium (the speed of light wave in water is 3/4 th times the speed in air).

Q. 3. Write characteristics of progressive waves. **(MP 2009 Set D)**

Ans. Characteristics of progressive wave are as follows :

(i) A harmonic (progressive) wave is a disturbance which travels through a medium with a definite velocity, without change in shape.

(ii) Energy is transferred along the direction of propagation of wave, but there is no net transport of the material of the medium.

(iii) The velocity of an oscillating particle is different on different states of oscillation, being maximum at the mean position and momentarily zero at the extreme positions. The velocity of propagation of the wave is however, constant, depending on the nature of the medium.

(iv) At any instant, the phase of the oscillation varies from particle to particle, because each particle starts oscillating a little later than the previous particle.

(v) For particles separated by an integral multiple of wavelength λ, the displacement, velocity and acceleration of the particle have the same values at any instant.

Q. 4. Differentiate interference and beats. **(MP 2012)**

Ans. Distinction between Interference and Beats

Interference	Beats
1. In this phenomenon, the frequencies of two sound waves are exactly the same.	1. In this phenomenon, the frequencies of two sound waves differ slightly.
2. At any point of the medium, the phase difference between two waves remains constant.	2. At any point of the medium, the phase difference between two waves varies with time.
3. The amplitude of the resultant wave remains constant at every point of the medium.	3. The amplitude of resultant wave varies with time at each point of the medium.
4. Though the intensity of sound is different at different points of the medium yet the intensity of sound does not vary with time at any point of the medium.	4. The intensity of sound decreases and increases alternately with times at any point of the medium.

Q. 5. How do you determine the frequency of a tuning fork with the help of beats ? **(V. Imp)**

Ans. Determine of frequencies of a tuning fork : Suppose that we have to determine the frequency υ_1 of a tuning fork. For this purpose, we take such a fork of known frequency υ_2 whose frequency υ_2 differ slightly from unknown frequency υ_1. Now, both the tuning forks are sounded together and the beats are heard. Let the number of beats heard per second be x. Then,

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 + x \text{ or } \upsilon_1 = \upsilon_2 - x$$

To find which value is correct out of two values, a little wax is attached to the prong of the tuning fork of unknown frequency υ_1. Again, the two forks are sounded together and beats are heard.

If number of beats per second increase, then the frequency of the first tuning fork will be $(\upsilon_2 - x)$ because according to $(\upsilon_1 - \upsilon_2) = x, x$ increases as υ_1 decreases.

If number of beats per second decreases, then the frequency of the first tuning fork will be $(\upsilon_2 + x)$ because according to $(\upsilon_1 - \upsilon_2) = -x, x$ decreases as υ_1 decreases.

Q. 6. What is Doppler's effect ? Give some example happening in daily life. Give two uses. **(MP 1992, V. Imp)**

Ans. Doppler's effect : When, there is a relative motion between a sound source and a listener, then the change in the frequency of the source appears to the listener. This effect is called Doppler's effect.

Examples : (i) A person standing on the railway platform hears increasing frequency or sharp sound of the whistle, when train is approaching to him.

(ii) Decreasing frequency is heard when the train is receding from the platform.

(iii) The sound of supersonic planes are not heard.

Uses of Doppler's effect :

(i) To determine the speed of star.

(ii)To determine the speed of aeroplane and submarine.

Q. 7. What do you understand by the superposition of waves ? **(MP 1998)**

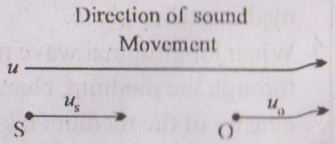
Ans. When two or more waves reach to a particle of the medium in which they are travelling, then the resultant displacement of the particle is equal to the vector sum of the displacement of the waves.

Let the displacement of a particle of the medium due to the waves are y_1, y_2, y_3 ....., then

Resultant displacement, $y = \vec{y_1} + \vec{y_2} + \vec{y_3} + \ldots\ldots$.

Q. 8. Derive the expression for the apparent frequency heared by a listener, when the source and listener both are moving in the same direction. **(V. Imp)**

Ans. Let the source and listener are moving with the velocities u_s and u_0 respectively in the same direction as shown in the figure.



If the source is moving only.

∴ The frequency heard by the listener will be

$$n_1 = \left(\frac{u}{u - u_s}\right) n$$

But, listener is moving away from the source

∴ Apparent frequency, $n' = \left(\frac{u - u_0}{u}\right) n_1$

Putting the value of n_1, we get

$$n' = \left(\frac{u - u_0}{u}\right) \times \frac{u}{u - u_s} \cdot n$$

or $$n' = \left(\frac{u - u_0}{u - u_s}\right) n.$$

This is the required expression.

Q. 9. Differentiate the longitudinal and transverse waves ? **(MP 2009 Set B, 12)**

Or

Write down any four differences between transverse waves and longitudinal waves. **(MP 2013)**

Ans. Difference between Longitudinal and Transverse waves.

Longitudinal waves	Transverse waves
1. The particles of the medium vibrate about the mean position along the direction of wave propagation.	1. The particles of the medium vibrate about the mean position perpendicular to the direction wave propagation.
2. Longitudinal waves propagate in the form of compression and rarefaction. One compression and one rarefaction is called a wave.	2. Transverse waves propagate in the form of crests and troughs. One crest and one trough form a wave.
3. These waves can travel through that medium which have bulk modulus of elasticity. So, they can propagate through the medium, change in the density of the medium takes place.	3. These waves can travel through that medium which have rigidity. Hence, they can propagate only in solids and on the surface of liquid. They cannot propagate inside the liquid and in gases.
4. When longitudinal wave propagates through the medium, change in the density of the medium takes place.	4. There is no change in the density of the medium, when transverse waves propagate through it.

Q. 10. What are beats ? What are the necessary conditions to obtain beats ? **(MP 2009 Set C)**

Ans. When two waves of nearly equal frequency travel along same line in same direction in a medium, this displacement of any particle of the medium changes with time. At some instant it is maximum and other instant it is minimum. This waxing and waning of sound are called beats.

The necessary conditions to obtain beats are :

(i) Both the waves should travel in the same direction along the same straight line with same velocity.

(ii) There should be a slight frequency difference (< 10).

(iii) The amplitudes of the waves should be nearly equal.

Long Answer Type Questions

Q. 1. Derive Newton's formula for velocity of sound. Point out error in Newton's formula and hence discuss Laplace correction.

Ans. Newton assumed that sound travels through air under isothermal conditions.

and for elastic medium velocity of longitudinal waves,

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad ...(1)$$

$\because$ PV = Constant under isothermal condition.

On differentiating, $PdV + VdP = 0$

or $$PdV = -VdP$$

or $$P = \frac{-dP}{dV/V} = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = E$$

$\therefore$ $$v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}, \qquad \text{[from eqn. (1)]}$$

This is Newton's formula for the velocity of sound in air which, gives 280 m/s whereas actual value is 332 m/s.

Laplace correction : Laplace suggested that sound waves travel under adiabatic conditions because :

(i) When sound waves travels in air, changes in volume and pressure takes place rapidly.

(ii) Air is a bad conductor of heat. Thus,

$$PV^{\gamma} = \text{constant}$$

On differentiation $Pd(V^{\gamma}) + V^{\gamma}dP = 0$

or $$P\gamma V^{\gamma-1}dV + V^{\gamma}dP = 0$$

or $$\gamma P = \frac{-VdP}{dV} = \frac{-dP}{dV/V}$$

Hence, according to Laplace, the velocity of sound is $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ (For air, $\gamma = 1{\cdot}4$).

$\therefore$ $$v = \sqrt{1{\cdot}4} \times 280 = 331{\cdot}3 \text{m/s}.$$

Q. 2. Explain the factors affecting the velocity of sound in gaseous medium.

Ans. According to Laplace, the velocity of sound in a gaseous medium is given by

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \qquad ...(1)$$

Where, P is pressure, ρ is density and γ is constant of medium.

(i) Density : Velocity of sound in gas is inversely proportional to the square root of the density of gas.

i.e., $$v \propto \sqrt{\frac{1}{\rho}}.$$

(ii) Temperature : According to gas equation, for one mole of gas

$$PV = RT \text{ or } P = RT/V$$

Putting the value of P in eqn. (1), we get

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{V\rho}} \qquad ...(2)$$

If M is the mass of the gas and ρ be density, then

$$V = \frac{M}{\rho}$$

Thus eqn. (2) can be written as

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

Thus,

Where γ, R and M are constant.

Thus, $$v \propto \sqrt{T}$$

Hence, velocity of sound in a gas is directly proportional to the square root of its temperature.

(iii) Pressure : According to Boyle's law, PV = Constant, If M is the mass ρ be the density of the gas, then

$$V = \frac{M}{\rho}$$

or $$\frac{PM}{\rho} = \text{Constant}$$

Since, M is constant, therefore $\frac{P}{\rho} = \text{Constant}$

From eqn. (1),

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \text{Constant}$$

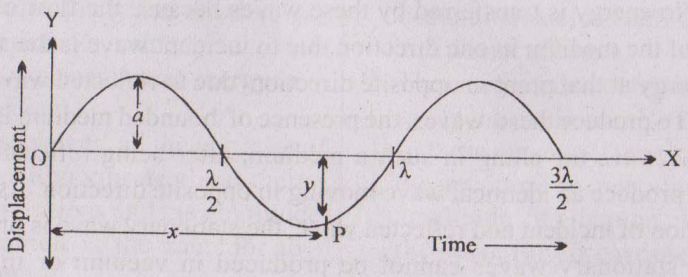
Hence, velocity of sound is independent of the pressure of the gas.

(iv) Humidity : The presence of moisture decreases the density of air and hence velocity of sound inceases.

(v) Wind : If the wind blows in the direction of propagation of sound, velocity of sound will increase and if the wind blows opposite to the direction of propagation of sound velocity of sound will decrease.

Q. 3. Define progressive wave and obtain its expression.

Ans. When a disturbance is produced in a medium continuously the particles of medium vibrate continuously at their place and disturbance goes on proceeding ahead. The wave thus produced is called **progressive wave.**



Consider a harmonic wave is propagating in a medium along positive direction of X-axis and source is at origin 'a'. As the source is executing S.H.M. so, the displacement of a particle at O is given by

$$y = a \sin \omega t \qquad ...(1)$$

Let the speed of wave be v, then the disturbance will reach the point 'P' at a distance x from origin 'O' in $\frac{x}{v}$ sec. Thus, the displacement of particle at 'P' at an instant 't' will be

$$y = a \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \qquad ...(2)$$

This is equation of progressive wave,

Now $$\omega = 2\pi\upsilon$$

$$\therefore \quad y = a \sin 2\pi\upsilon \left(t - \frac{x}{v} \right) \qquad ...(3)$$

But $$v = \upsilon\lambda \text{ or } \upsilon = \frac{v}{\lambda}$$

$$\therefore \quad y = a \sin \frac{2\pi v}{\lambda} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

or $$y = a\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - x) \quad ...(4)$$

eqns. (1), (2) and (3) are forms of progressive wave.

Q. 4. Write characteristics of stationary waves. **(Imp)**

Ans. Characteristics of stationary waves : (i) These waves do not advance in the medium, but remain steady at its place. This is why these waves are called stationary waves.

(ii) No energy is transferred by these waves because the flow of energy at any point of the medium in one direction due to incident wave is the same as the flow of energy at that point in opposite direction due to reflected wave.

(iii) To produce these waves, the presence of bounded medium is necessary because the wave travelling in such a medium, after being reflected from the boundary, produce an identical wave moving in opposite direction. As a result of superposition of incident and reflected wave, the stationary wave is produced.

The stationary waves cannot be produced in vacuum or in unlimited medium.

(iv) In the waves, certain points in the medium are always at rest, *i.e.*,their displacement remain zero. These points are called nodes. These points are situated at equal distances. In case of longitudinal stationary waves, change in pressure and in density is maximum at nodes as compared to other points.

(v) The displacement of the point in between two consecutive nodes is maximum as compared to other points. These points are called antinodes. In longitudinal stationary waves, there is no change in pressure and in density at antinodes.

(vi) The distance between two consecutive nodes or between two consecutive antinodes is $\lambda/2$. The distance between a node and its neighbouring antinode is $\lambda/4$.

(vii) Except at nodes, all the particles of the medium vibrates but the amplitude of vibration of the particles are different. The amplitude of the vibration is zero at the nodes and maximum at the antinodes.

(viii) All the particles between two consecutive nodes vibrate in the same phase, *i.e.*, they reach simultaneously through their equilibrium positions.

(ix) At any instant, the particles of both the sides of a node are in mutually opposite phases but the particles of both the sides of an antinode are in the same phase.

(x) All the particles of medium pass through their mean positions simultaneously twice in each period.

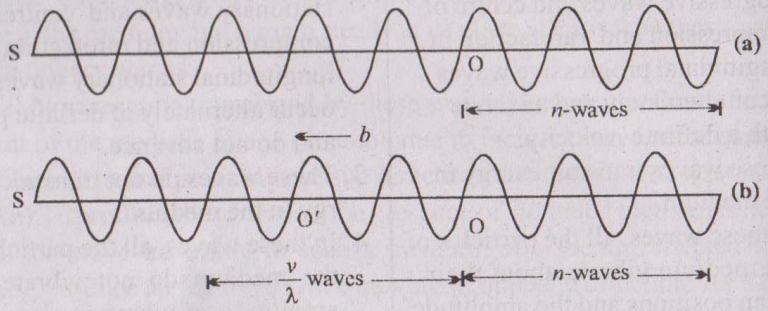
Q. 5. Give difference between progressive waves and stationary waves.

Ans. Comparison of Progressive and Stationary waves

Progressive waves	Stationary waves
1. These waves advance in a medium with a definite velocity.	1. These waves remain stationary between two boundries in the medium.
2. Crests and troughs in transverse progressive waves and centre of compression and rarefaction in longitudinal progressive waves occur alternately and advance with a definite velocity.	2. Crests and troughs in transverse stationary waves and centres of compression and rarefaction in longitudinal stationary waves occur alternately at definite places and do not advance.
3. These waves transmit energy in the medium.	3. These waves do not transmit energy in the medium.
4. In these waves, all the particles of the medium vibrate about their mean positions and the amplitude of vibration is the same for all of them.	4. In these waves, all the particles of the medium do not vibrate and amplitude of vibration also is not the same for all particles. The amplitude is zero at the nodes and maximum at the antinodes.
5. In these waves, at no instant all the particles of the medium pass through their mean positions simultaneously.	5. In these waves, all the particles of the medium pass through their mean positions simultaneously twice in each time period.
6. In these waves, the phases of different particles are different at any instant.	6. In these waves, the phases of all particles between two neighbouring nodes are the same at any instant but the phases of the particles at equal distances from a node and on two sides of a node are opposite to each other at any instant.
7. These waves are produced by a source of sound.	7. These waves are produced as a result of superposition of progressive waves of same amplitude and frequency travelling in opposite directions.
8. In these waves, the distance between two consecutive crests or trough or two consecutive compressions and rarefactions is called the wavelength (λ).	8. In these waves, the distance between two consecutive nodes or antinodes is called half of wave-length ($\lambda/2$).
9. In longitudinal progressive waves, the change in pressure and in density are the same at every place.	9. In longitudinal stationary waves, the change in pressure and in density is maximum at nodes and minimum (zero) at antinodes.

Q. 6. Determine an expression for the apparent frequency, when the source is at rest and observer is moving.

Ans. Let S be the source of frequency n and velocity of wave is v. The velocity of observer is b, moving towards the source.



If the stationary source receives n waves in one second.

$\therefore$ Actual wavelength, $\lambda = \frac{v}{n}$ ...(1)

As the observer is moving towards source with velocity b, then he receives n waves in one second. While he covers distance b, he receives the number of waves in distance b also *i.e.*, b / λ. Thus, the number of waves received will be more. If the apparent frequency is n, then

$$n' = n + \frac{b}{\lambda}$$

From eqn. (1), we get $n' = n + \frac{b}{v/n} = n + \frac{nb}{v}$

or $n' = \left(1 + \frac{b}{v}\right) n$

or $n' = \left(\frac{v+b}{v}\right) n$ ...(2)

As $(v + b) > v$, therefore $n' > n$.

Hence, the apparent frequency will be greater than actual frequency.

Now, if the observer is moving away from the source, then putting $-b$ in place of b, we get $n' = \left(\frac{v-b}{v}\right) n$

Hence, the apparent frequency will be less than that of actual frequency.

Numerical Problem

Q. 1. The speed of waves in a medium is 960 m/sec. If 3600 waves pass through a point of the medium in one minute, then find of wavelength of wave.

Solution : Given : $v = 960$ m/sec.

Frequency = 3600/min

$$= \frac{3600}{60} = 60 / \text{sec}$$

Formula : $v = n \times \lambda$

So wavelength, $\lambda = \frac{v}{n}$

$$\lambda = \frac{960}{60}$$

$\lambda = 16$ metre. **Ans.**

●●

UNIT 9

THERMOMETRY AND TRANSMISSION OF HEAT

9·1. THERMOMETRY AND THERMAL EXPANSION

Objective Type Questions

(A) Multiple Choice Questions :

(i) The absolute zero temperature in Celsius scale is :

(a) 0°C (b) – 273°C (c) 100°C (d) –273·16°C.

(ii) The temperature which is equal on the Celsius scale and Fahrenheit scale :

(a) 40°C (b) 80°C (c) – 40°C (d) – 80°C.

(iii) Which of the following is not a unit of heat :

(a) Joule (b) Calorie

(c) British unit of heat (d) Degree centigrate.

(iv) Constant volume gas thermometer is used :

(a) To measure the atmospheric pressure

(b) To measure the atmospheric volume

(c) To measure the atmospheric humidity

(d) To measure the temperature.

(v) On increasing temperature, which quantity will decrease. :

(a) Length (b) Volume (c) Density (d) Mass.

Ans. (i) (d), (ii) (c), (iii) (d), (iv) (d), (v) (c).