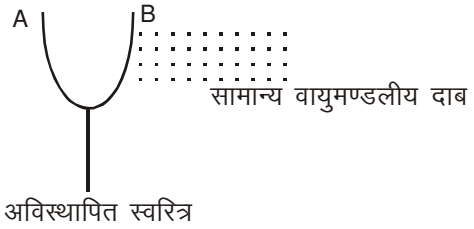
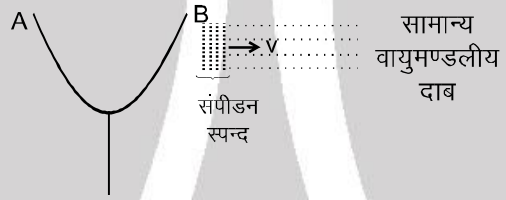
ध्वनि तरंगे (SOUND WAVES)

1. ध्वनि तरंगों का स्थानान्तरण :

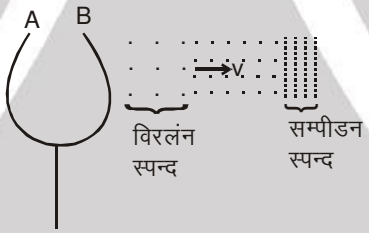
ध्वनि, यांत्रिक त्रिविमीय अनुदैर्ध्य तरंगे है, जोकी गिटार डोरी, मानवीय तनिक तार या लाउड स्पीकर के डायफ्रॉम को कंपित करके उत्पन्न होती है। यांत्रिक होने के कारण इन तरंगों को स्थानान्तरण के लिए माध्यम में जड़त्व एवं प्रत्यास्थता के गुणों का होना आवश्यक है। ध्वनि तरंगे, दाब के सम्पीडन व विरलन के रूप में आगे बढ़ती है। जोकि किसी कम्पित यंत्र से उत्पन्न होते हैं। ध्वनि तरंग उत्पन्न करने वाले एक स्वरित्र पर विचार कीजिए -



जब भुजा (B) दांयी तरफ जाता है तो यह इसके सामने की हवा को दबाता है। जिससे दाब में वृद्धि होती है। यह क्षेत्र (सम्पीडन स्पन्द) कहलाता है जोकि भुजा से दूर ध्वनि की गति से बढ़ता है।



सम्पीडन स्पन्द उत्पन्न करने के बाद भुजा B अपनी गति की दिशा बदलता है और अन्दर की ओर गति करता है। जिससे इसके पास वाले क्षेत्र का दाब वायुमण्डलीय दाब से थोड़ा कम हो जाता है। इस क्षेत्र को विरलन स्पन्द कहते है। यह भी ध्वनि के गति से आगे बढ़ता है।



अगर भुजा सरल आवर्त गति की तरह कम्पित हो, तो भुजा के पास के दाब में भी सरल आवर्त गति होता है। अतः दाब में वृद्धि निम्न समीकरण से देते है।

$$\delta P = \delta P_0 \sin \omega t$$

जहां δP_0 दाब में अधिकतम बढ़ोतरी (सामान्य से ऊपर) है

चूंकि विक्षोभ दांयी ओर तरंग गति v से चलता है। अतः दाब परिवर्तन में आधिक्य किसी भी समय (t) व किसी भी स्थिति x के लिए निम्न तरह से देते है।

$$\delta P = \delta P_0 \sin \omega(t - x/v) \qquad (1.1)$$

$p = \delta P$, $p_0 = \delta P_0$ अतः ऊपर की समीकरण को निम्न रूप में लिख सकते है।

$$p = p_0 \sin \omega(t - x/v) \qquad (1.2)$$

Solved Example

Example 1. दी गई तरंग समीकरण के लिए निम्न का मान ज्ञात करो।

$P = 0.02 \sin [(3000\, t - 9\, x]$ (सभी चर S.I. इकाई में है।)

(a) आवृत्ति (b) तरंगदैर्ध्य, (c) ध्वनि तरंग की चाल

(d) यदि साम्यावस्था में हवा का दाब 10^5 है, तो अधिकतम व न्यूनतम दाब ज्ञात करो ?

Solution : (a) मानक समीकरण से तुलना करने पर $p = p_0 \sin [\omega (t - x/v)]$

हम देखते है कि $\omega = 3000\ s^{-1}$, अतः आवृति होगी।

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1000}{2\pi}\ Hz = 480\ Hz.$$

इसी तरह , $\omega/v = 9.0\ m^{-1}$.

$$\text{या}\quad v = \frac{\omega}{9.0\ \ m^{-1}} = \frac{3000\ \ s^{-1}}{9.0\ \ m^{-1}} = \frac{1000}{3}\ m/s$$

$$\text{तरंगदैर्ध्य}\quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1000\ \ /3m/s}{3000/2\pi\ \ Hz} = \frac{2\pi}{9}m$$

(b) दाबीय आयाम $p_0 = 0.02\ N/m^2$ अतः अधिकतम व न्यूनतम दाब तरंग गति में $(1.0 \times 10^5 \pm 0.02)\ N/m^2$ होंगे।

2. ध्वनि तरंगो की आवृति एवम् तारत्व :

आवृति : ध्वनि तरंगों के प्रत्येक चक्र में एक सम्पीड़न व एक विरलन होता है तथा आवृत्ति एक सैकण्ड में होने वाले कुल चक्रों की संख्या होती है, जोकि दी गई स्थिति से गुजरते है। सामान्यतः यह आवृत्ति स्वरित्र की आवृत्ति के बराबर होती है। यदि स्रोत एक ही आवृत्ति की सरल आवर्त गति में कम्पित होता है तो उत्पन्न ध्वनि भी एक ही आवृत्ति की होगी जिसे शुद्ध स्वर कहा जाता है।

साधारणतयाः ध्वनि स्रोत हमेशा सरल आवर्त गति में कम्पित नहीं होते (यह अवस्था सामान्यतया कुछ स्रोत जैसे गिटार स्ट्रिंग मानवीय ध्वनि तार ड्रम की सतह आदि में होता है।) अतः इसके द्वारा उत्पन्न स्पंद की आकृति ज्यावक्रीय तरंग जैसा होना जरूरी नहीं। पर इस तरह की तरंगों को अधिक संख्या में अलग–अलग आयाम व आवृत्ति की ज्यावक्रीय तरंगों को अध्यारोपित करके प्राप्त किया जा सकता है। जिसमें यह सभी आवृत्तियां मौजूद होती है।

मानव हेतु श्रव्य आवृत्ति की परास : सामान्यतः मानव कान 20 से 20 KHz तक की सभी ध्वनि तरंगे सुन सकते है। यह परास प्रायोगिक परिणाम है जोकि भिन्न–भिन्न मानव के लिए थोड़ी परिवर्तित हो सकती है। सुनने की क्षमता उम्र बढ़ने के साथ कम होती जाती है। मध्यम उम्र का व्यक्ति केवल 12 से 14 KHz तक की ध्वनि तरंगे सुन सकता है।

अवश्रव्य ध्वनि और पराश्रव्य ध्वनि : ध्वनि तरंगे जिनकी आवृत्ति 20 Hz से कम होती है, **अवश्रव्य ध्वनि** तथा 20 K Hz से अधिक **पराश्रव्य ध्वनि** कहलाती है। मनुष्य इन्हें नहीं सुन पाते पर अन्य जीव सुन सकते है। उदाहरण के तोर पर गेंडे साधारणतया 5Hz से कम की अवश्रव्य आवृत्ति से बात कर सकते है तथा चमगादड़, उड़ने के लिए 100 KHz से अधिक की आवृत्ति का उपयोग करते है।

तारत्व : अब तक पढ़ी गई आवृत्ति एक उद्देश्यात्मक गुणधर्म है, इसकी इकाई Hz में मापी गई है और जिसका एक अद्वितीय मान हो सकता है। फिर भी एक व्यक्ति का आवृत्ति का प्रेक्षण वर्णनात्मक है। मस्तिष्क आवृत्ति का प्रेक्षण वर्णनात्मक है। मस्तिष्क आवृत्ति को प्रारम्भिक रूप से एक वर्णनात्मक गुण के पदों में व्यक्त करता जिसे तारत्व कहते हैं। उच्च आवृत्ति की एक शुद्ध ध्वनि अधिक तारत्व की ध्वनि तथा निम्न आवृत्ति की एक शुद्ध ध्वनि कम तारत्व की ध्वनि कहलाती है।

Solved Example

Example 2. एक तरंग जोकि 4 mm तरंगदैर्ध्य की है, हवा में 300 m/s की गति से चलती है। क्या इसे सुना जा सकता है ?

Solution : समीकरण $v = \nu\lambda$, से तरंग की आवृत्ति $\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{300\ \ m/s}{4\times10^{-3}m} = 75000\ Hz.$

यह श्रवण परास से कहीं अधिक है। यह एक पराश्रव्य है। अतः सुनने लायक नहीं है। पर यह चमगादड़ के लिए सुनने लायक है।

3. दाब आयाम व विस्थापन आयाम :

जब ध्वनि संचरित नही होती है तब कण, माध्य अवस्था 1 व 2 पर स्थित है।

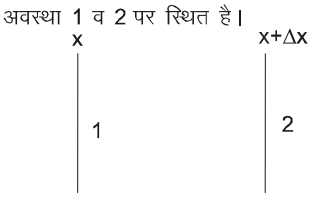
जब कणो को माध्य अवस्था से विचलित किया जाता है।

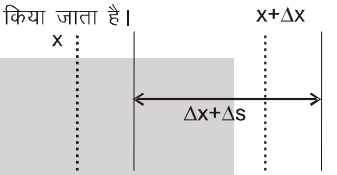
हम ध्वनि तरंगों को या तो आधिक्य दाब समीकरण (समीकरण 1.1) या कणों द्वारा प्राप्त अनुदैर्ध्य विस्थापन के रूप में दे सकते है।

यदि $s = s_0 \sin \omega(t - x/v)$ ध्वनि तरंग को दर्शाता है जहां

s = माध्यम के कणों का माध्य अवस्था से विस्थापन, अतः सिद्ध किया जा सकता है कि

$$s = s_0 \sin(\omega t - kx) \qquad ...(3.1)$$





आयतन में परिवर्तन = $\Delta V = (\Delta x + \Delta s)A - \Delta xA = \Delta sA$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta sA}{\Delta xA} = \frac{\Delta s}{\Delta x}$$

$$\Delta P = -\frac{B\Delta V}{V}$$

$$\Delta P = -\frac{B\Delta s}{\Delta x}$$

$$dp = -\frac{Bds}{dx}$$

$$dp = -B(-k s_0)\cos(\omega t - kx)$$

$$dp = Bks_0 \cos(\omega t - kx)$$

$$dp = (dp)_{max} \cos(\omega t - kx)$$

$$p = p_0 \sin\{w(t - x/v) + \pi/2\} \qquad .... (3.2)$$

यहाँ $p = dp$ = स्थिति x पर दाब में बदलाव तथा

$p_0 = Bks_0$ = अधिकतम दाब परिवर्तन

यह स्थिति x पर सामान्य से अधिक दाब P की समीकरण को दर्शाती है जो वायुदाब से अधिक है तथा इसका आयाम

$$P_0 = \frac{B\omega s_0}{v} = BKs_0 \qquad ..... (3.3)$$

(B = माध्यम का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक, K = कोणीय तरंग संख्या)

- समी० (3.1) तथा (3.2) दर्शाती है कि माध्यम के कणों का विस्थापन तथा उनके दाब में आधिक्य की समी० में $\frac{\pi}{2}$ का कलान्तर है। अतः जब विस्थापन अधिकतम हो तो दाब न्यूनतम होगा एवं इसके विपरीत।

Solved Example

Example 3. 40 cm तरंगदैर्ध्य की ध्वनि तरंग हवा में चलती है। यदि किसी बिन्दु पर अधिकतम व न्यूनतम दाब में अन्तर $2.0\times10^{-3}N/m^2$, है तो माध्यम के कम्पित कणों का आयाम ज्ञात करो। आयतन प्रत्यास्थता गुणांक $1.4 \times 10^5 N/m^2$

Solution : दाब का आयाम $p_0 = \frac{2.0\times10^{-3}N/m^2}{2} = 10^{-3}\ N/m^2$.

विस्थापन आयाम s_0 दिया जाता है –

$$p_0 = B\,k\,s_0$$

या $s_0 = \frac{p_0}{B\ k} = \frac{p_0\lambda}{2\ \pi\ B}$

$$= \frac{10^{-3}N/m^2 \times (40\times10^{-2}m)}{2\times3.14\times14\times10^6 N/m^2} = \frac{100}{7\pi}\text{Å} = 4.54\ \text{Å}$$

4. ध्वनि तरंगों की गति :

4.1 रेखीय ठोस माध्यम में ध्वनि तरंगो का वेग

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \qquad .....(4.1)$$

जहाँ Y = प्रत्यास्थता का यंग गुणांक तथा ρ = घनत्व

4.2. द्रव्य माध्यम (तरल या गैस) में ध्वनि तरंगो का वेग

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \qquad ....(4.2)$$

जहाँ B = माध्यम का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक तथा ρ = माध्यम का घनत्व

$$B = -V\frac{dP}{dV} \qquad ....(4.3)$$

न्यूटन के सूत्र : न्यूटन ने माना कि गैसीय माध्यम में ध्वनि तरंगों का संचरण समतापीय प्रक्रम है।

PV = स्थिरांक

$$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = \frac{-P}{V}$$

अतः B = P

न्यूनट के अनुसार गैसो में ध्वनि का वेग

$v = \sqrt{\frac{P}{\rho}} = \sqrt{\frac{RT}{M}}$ जहां M = मोलर द्रव्यमान

0ºC तथा Hg के 76 cm पर वायु का घनत्व ρ = 1.293 kg/m^3 होता है। यह तापमान और दाब, मानक तापमान और STP पर दाब कहलाता है। वायु में ध्वनि की चाल 280 m/s होती है। यह मान, वायु में ध्वनि की चाल के प्रायोगिक मान 332 m/s से कम है अतः लाप्लास संशोधन किया गया।

लाप्लास संशोधन : बाद में लाप्लास ने बताया कि गैसीय माध्यम में ध्वनि तरंगो का संचरण समतापीय नहीं अपितु रूद्धोष्म प्रक्रम है। अतः PV^{γ} = नियतांक

$$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = -\gamma\frac{P}{V} \quad \text{जहां } B = -V\frac{dP}{dV} = \gamma P$$

अतः गैस में ध्वनि का वेग, $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ .... (4.4)

4.3 ध्वनि वेग को प्रभावित करने वाले वातावरणीय कारक

(a) ताप का प्रभाव : जैसे ताप (T) बढ़ेगा चाल (v) भी बढ़ेगी।

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

ताप के कम अन्तर के लिए (कमरे के ताप से ऊपर) v, 0.6 m/s से रेखीय रूप से बढ़ती है, प्रत्येक 1°C ताप में वृद्धि पर

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R}{M}} \times T^{1/2} \quad ; \quad \frac{\Delta v}{v} = \frac{1}{2}\frac{\Delta T}{T}$$

$$\Delta v = \left(\frac{1}{2}\frac{v}{T}\right)\ \Delta T$$

$$\Delta v = (0.6)\ \Delta T$$

(b) आद्रता का प्रभाव : आद्रता बढ़ने के साथ घनत्व घटता है, क्योंकि जल का मोलर द्रव्यमान हवा के मोलर द्रव्यमान से कम होता है।

(c) दाब का प्रभाव :

ध्वनि वेग गैसीय माध्यम में $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

ताप नियत रहने पर P के बढ़ने के साथ ρ भी इस तरह बढ़ता है कि P/ρ नियत रहता है। अतः दाब में वृद्धि पर गति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता यदि ताप नियत है।

Solved Example

Example 4. किसी तापमान T पर, हाइड्रोजन (H_2) में ध्वनि की चाल ज्ञात करो। यदि इसी तापमान पर ऑक्सीजन (O_2) में ध्वनि की चाल 450m/s है।

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

चूंकि ताप नियत है।

$\therefore \quad \frac{v(H_2)}{v(O_2)} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4$

$\Rightarrow$ $v(H_2) = 4 \times 450 = 1800$ m/s **Ans.**

वैकल्पिक : ध्वनि की चाल गैसीय माध्यम में $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ STP पर 22.4 litres ऑक्सीजन का द्रव्यमान 32g जबकि हाइड्रोजन का समान आयतन 2 g द्रव्यमान रखता है। अतः ऑक्सीजन का घनत्व हाइड्रोजन घनत्व का 16 गुना अधिक होगा समान दाब व ताप पर।

$\therefore$ γ दोनों के लिए नियत है।

$$\frac{v(\text{हाइड्रोजन})}{v(\text{औक्सीजन})} = \sqrt{\frac{\rho(\text{ऑक्सीजन})}{\rho(\text{हाइड्रोजन})}}$$

या v (हाइड्रोजन) = 4v (ऑक्सीजन)

$= 4 \times 450$ m/s = 1800 m/s. **Ans.**

5. ध्वनि तरंगों की तीव्रता :

अन्य प्रगामी तरंगो की तरह ध्वनि तरंगे भी एक स्थान से दूसरे स्थान तक ऊर्जा का स्थानान्तरण करती है। इसका उपयोग कार्य करने में किया जा सकता है। जैसे कर्ण पर्दो को कंपित करने या इनके कारण काँच के शीशे भी तड़क जाते है।

ऊर्जा की मात्रा प्रति इकाई जोकि तरंग अपने साथ ले जाती है, शक्ति कहलाती है तथा शक्ति प्रति क्षेत्रफल (जोकि सतह के लम्बवत् होती है) ध्वनि की तीव्रता कहलाती है।

एक ध्वनि तरंग जोकि धनात्मक x- अक्ष की तरफ चलती है निम्न तरह प्रदर्शित करते है

$s = s_0 \sin(\omega t - kx + \phi)$

$P = p_0 \cos(\omega t - kx + \phi)$

$\frac{\delta s}{\delta t} = \omega s_0 \cos(\omega t - kx + \phi)$

तात्क्षणिक शक्ति $P = F.v = pA \frac{\delta s}{\delta t}$

$P = p_0 \cos(\omega t - kx + \phi)\, A\omega s_0 \cos(\omega t - kx + \phi)$

$P_{\text{औसत}} = \langle P \rangle$

$= p_0 A\omega s_0 \langle \cos^2(\omega t - kx + \phi) \rangle$

$= \frac{p_0 \omega s_0 A}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$

$B = \rho v^2 \Rightarrow p_0 = Bks_0 = \rho v^2 ks_0$

$P_{\text{औसत}} = \frac{1}{2}\omega p_0 A\left(\frac{p_0}{\rho v^2 k}\right) = \frac{p_0^2 A}{2\rho v} = \frac{pAv\omega^2 s_0^2}{2}$

अधिकतम शक्ति $= P_{max} = \frac{p_0^2 A}{\rho v} = (pA)\ v\ v_{p,\ max}^2 = pAv\omega^2 s_0^2$

कुल स्थानान्तरित ऊर्जा $= P_{av} \times t = \frac{\rho Av\omega^2 s_0^2}{2} \times t$

औसत तीव्रता = औसत शक्ति / क्षेत्रफल

अतः किसी स्थिति x पर औसत तीव्रता

$$<I> = \frac{1}{2}\frac{\omega^2 s_0^2 B}{v} = \frac{P_0^2 v}{2B} \quad \text{... (5.1)}$$

$B = Pv^2$ रखने पर

$$I = \frac{P_0^2}{2\rho v} \quad \text{.... (5.2)}$$

मुख्य बिन्दु :

- यदि बिन्दु स्रोत हो तो $I \alpha \frac{1}{r^2}$ तथा $s_0 \alpha \frac{1}{r}$ तथा $s = \frac{a}{r}\sin(\omega t - kr + \theta)$
- यदि रेखीय स्रोत हो तो $I \alpha \frac{1}{r}$ तथा $s_0 \alpha \frac{1}{\sqrt{r}}$ तथा

  $s = \frac{a}{\sqrt{r}}\sin(\omega t - kr + \theta)$
- 1000 Hz स्वर के लिए न्यूनतम ध्वनि तीव्रता जोकि मानव कर्ण सुन सकते है, 10^{-12} watt./m^2 होती है तथा लगातार 1W/m^2 से अधिक की तीव्रता वाली ध्वनि सुनने पर स्थाई बहरापन हो सकता है।

Solved Example

Example 5. रेडियो से प्राप्त ध्वनि तरंगो का आयाम 2.0×10^{-3} N/m^2 है तथा तीव्रता किसी बिन्दु पर 10^{-6} W/m^2 है। यदि "ध्वनि" (आवाज) नियंत्रक बटन को घुमाने पर दाब का आयाम 3×10^{-3} N/m^2 तक बढ़ता है तो तीव्रता ज्ञात करो।

Solution : तीव्रता दाब आयाम के वर्ग के समानुपाती होती है

अतः $\frac{I'}{I} = \left(\frac{p'_0}{p_0}\right)^2$

या $I' = \left(\frac{p'_0}{p_0}\right)^2 I = \left(\frac{3}{2.0}\right)^2 \times 10^{-6}\ W/m^2 = 2.25 \times 10^{-6}\ W/m^2.$

Example 6. 0.4 cm^2 क्षेत्रफल वाली एक वृत्तिय प्लेट, πW शक्ति वाले किसी स्त्रोत से 2.0 m दूरी पर रखी हुई है। प्लेट द्वारा 5 सैकण्ड में ग्रहण कि गई ऊर्जा का मान ज्ञात करो।

Solution : एक सैकण्ड में उत्सर्जित ऊर्जा π J है। स्पीकर को केन्द्र मानते हुए 2.0 m त्रिज्या का गोला मानते है। π J ऊर्जा इस गोले की सम्पूर्ण सतह पर एक सैकण्ड में गिरती है। इसलिए 0.4 cm^2 के माइक्रोफोन पर एक सैकण्ड मे गिरने वाली ऊर्जा।

$$= \frac{0.4 \times 10^{-4}}{4\pi\ 2^2} \times \pi = 2.5 \times 10^{-6}\ J$$

अतः 5.0 सैकण्ड में माइक्रोफोन पर गिरने वाली ऊर्जा

$2.5 \times 10^{-6}\ J \times 5 = 12.5\ \mu J.$

Example 7. 1.2 kg/m^3 घनत्व वाली वायु के कणो का विस्थापन आयाम ज्ञात करो यदि ध्वनि की तीव्रता, आवृत्ति और ध्वनि की चाल क्रमशः 8×10^{-6} w/m^2, 5000 Hz और 330 m/s है।

Solution : ध्वनि की तीव्रता तथा विस्थापन आयाम के मध्य सम्बन्ध से

$$I = \frac{P_0^2}{2\rho v},$$

$$P_0 = \sqrt{2\rho v I}$$

$$s_0 = \frac{P_0}{Bk} = \frac{\sqrt{2\rho v I}}{\rho v^2 2\pi f} \quad v = \sqrt{\frac{I}{\rho v 2}} \frac{1}{\pi f}$$

या $s_0 = 6.4$ nm.

6. ध्वनि प्रबलता :

मानव हेतु श्रव्य तीव्रता की परास : मनुष्य द्वारा तीव्रता ग्रहरण करने की क्षमता भिन्न–भिन्न आवृत्ति पर भिन्न होती है। 1000 Hz आवृत्ति पर तीव्रता को ग्रहण करने की क्षमता अधिकतम होती है तथा 1000 Hz से आवृत्ति बढ़ती या घटती है तो तीव्रता ग्रहण करने की क्षमता घटती है।

- एक 1000 Hz स्वर हेतु न्यूनतम ध्वनि तीव्रता जो कि एक मानव कर्ण सुन सकता है वह है 10^{-12} watt./m^2 तथा लगातार 1W/m^2 से अधिक की तीव्रता वाली ध्वनि लगातार सुनने पर स्थाई बहरापन हो सकता है।
- मानव के कान के लिए ध्वनि की तीव्रता की प्रबलता को ध्वनि प्रबलता कहते हैं।
- मानव कर्ण ध्वनि प्रबलता को रेखीय तीव्रता के पैमाने पर ग्रहण नहीं करते बल्कि ये प्रबलता को लघुगणकीय तीव्रता पैमाने पर ग्रहण करते हैं।

उदाहरण :

यदि तीव्रता को 10 गुना बढ़ा दें तो मानव कर्ण प्रबलता में 10 गुना की वृद्धि को महसूस नहीं करते हैं, ये देखा गया है कि तीव्रता 10 गुना बढ़ाने पर प्रबलता दुगनी हो जाती है। अतः तीव्रता लघुगणकीय पैमाने पर परिभाषित करना ही सही होगा।

डेसिबल पैमाना : डेसीबल दो ध्वनि तीव्रताओ की तुलना करने वाला लघुगणक पैमाना है। अतः तीव्रता स्तर β डेसीबल के रूप में

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ (dB)}$$

जहाँ I_0 दैहली तीव्रता है, सुनने की अर्थात् $I_0 = 10^{-12}$ watt/m^2.

- यहाँ तीव्रता स्तर β एक विमाहीन राशि है। जोकि तीव्रता W/m^2 में दी जाती है के बराबर नहीं होती।

Solved Example

Example 8. यदि तीव्रता 20 के गुणांक से बढ़े तो कितने डेसीबल तीव्रता स्तर में वृद्धि होगी।

Solution : माना प्रारम्भ में तीव्रता I है तथा तीव्रता स्तर β_1 है और जब तीव्रता 20 गुनी बढ़ती है तो तीव्रता स्तर β_2 तक बढ़ता है।

अतः $\beta_1 = 10 \log (I / I_0)$

तथा $\beta_2 = 10 \log (20I / I_0)$

इस प्रकार, $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log (20I / I) = 10 \log 20 = 13$ dB.

Example 9. एक बिन्दु पर ध्वनि स्तर 40 dB से बढ़ता है तो किस गुणांक से दाब का आयाम बढ़ेगा ?

Solution : ध्वनि स्तर dB में

$$\beta = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0}\right).$$

यदि β_1 व β_2 ध्वनि स्तर तथा I_1 व I_2 तीव्रता है,

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \left[\log_{10}\left(\frac{I_2}{I_0}\right) - \log_{10}\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\right] \text{ या } \quad 40 = 10 \log_{10}\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \text{ या } \quad \frac{I_2}{I_1} = 10^4.$$

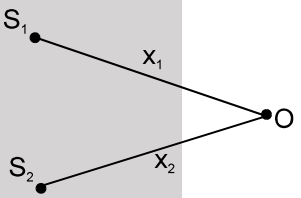
तीव्रता दाब आयाम के वर्ग के समानुपाती होती है।

$$\frac{p_{02}}{p_{01}} = \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = \sqrt{10000} \approx 100.$$

7. ध्वनि तरंगो का व्यतिकरण :

यदि $p_1 = p_{m1} \sin(\omega t - kx_1 + \theta_1)$

तथा $p_2 = p_{m2} \sin(\omega t - kx_2 + \theta_2)$



अतः O पर अधिकतम दाब

$$p = p_1 + p_2$$

$$\Rightarrow \quad p = p_0 \sin(\omega t - kx + \theta)$$

जहां $p_0 = \sqrt{p_{m_1}^2 + p_{m_2}^2 + 2p_{m_1}p_{m_2}\cos\phi}$, $\phi = |k(x_1 - x_2) + (\theta_2 - \theta_1)|$ ...(7.1)

(i) सम्पोषी व्यतिकरण के लिए

$\phi = 2n\pi \quad \Rightarrow \quad p_0 = p_{m1} + p_{m2}$

(ii) विनाशी व्यतिकरण के लिए

$\phi = (2n+1)\pi \quad \Rightarrow \quad p_0 = |p_{m1} - p_{m2}|$

यदि ϕ केवल पथान्तर के कारण है तो $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$, तथा

सम्पोषी व्यतिकरण के लिए शर्त : $\Delta x = n\lambda$, $\quad n = 0, \pm 1, \pm 2$

विनाशी व्यतिकरण के लिए शर्त : $\Delta x = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$, $\quad n = 0, \pm 1, \pm 2$

समी० (7.1) से

$$P_0^2 = P_{m_1}^2 + P_{m_2}^2 + 2P_{m_1}P_{m_2}\cos\phi$$

अतः इस स्थिति में, $I \propto$ (दाब आयाम)^2,

परिणामी तीव्रता, $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi$ ....(7.2)

यदि $I_1 = I_2 = I_0$

$$I = 2I_0 (1 + \cos\phi)$$

$$\Rightarrow I = 4I_0 \cos^2\frac{\phi}{2} \quad \text{....(7.3)}$$

अतः इस स्थिति में,

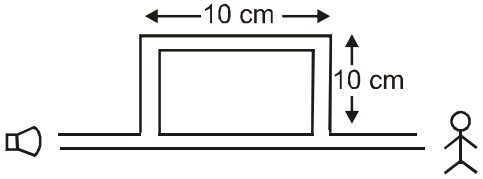
सम्पोषी व्यतिकरण के लिए : $\phi = 0, 2\pi, 4\pi....$ तथा $I_{max} = 4I_0$

तथा विनाशी व्यतिकरण के लिए : $\phi = \pi, 3\pi$ ... तथा $I_{min} = 0$

7.1 कला सम्बद्धता : दो स्रोत आपस में कला सम्बद्ध कहलाते है यदि उनके मध्य कलान्तर समय के साथ परिवर्तित नहीं होता है। इस अवस्था में परिणामी तीव्रता किसी बिन्दु पर समय के साथ नियत रहती है। ध्वनि के दो स्वतंत्र स्रोत सामान्यतः अकला सम्बद्ध स्रोत होते है, अर्थात उनके मध्य कलान्तर समय के साथ परिवर्तित होता है। अतः परिणामी तीव्रता उनके कारण किसी बिन्दु पर समय के साथ परिवर्तित होती है।

Solved Example

Example 10. चित्रानुसार एक नली के एक सिरे पर ध्वनि स्त्रोत तथा दूसरे सिरे पर एक प्रेक्षक स्थित है। स्त्रोत 10000 Hz तक की ध्वनि तरंगे उत्सर्जित करता है। यदि ध्वनि की चाल 400 m/s उस आवृत्ति को ज्ञात करें जिस पर प्राप्त ध्वनि की तीव्रता अधिकतम है।



Solution : इसमें ध्वनि तरंग संधि बिन्दु से दो भागों में विभाजित होती है। सीधे भाग से जाने पर ध्वनि द्वारा तय पथ की लम्बाई $x_1 = 10$ cm तथा आयताकार पाथ से जाने पर तय दूरी $x_2 = 3 \times 10$ cm $= 30$ cm अतः पथ का अन्तर दोंनो तरंगो के मध्य $\Delta x = x_2 - x_1 = 30$ cm $- 10$ cm $= 20$ cm

किसी एक तरंग की तरंगदैर्ध्य $\frac{v}{\upsilon} = \frac{400 \text{ m/s}}{\upsilon}$

सम्पोषी व्यतिकरण के लिए , $\Delta p = n\lambda$, जहां n एक पूर्णांक है।

या $\Delta x = n.\frac{v}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{n.v}{\Delta x} \Rightarrow \frac{n.400}{(0.1)} = 4000\ n$

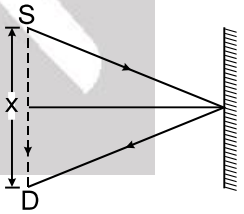
दी गई परास में आवृत्तिया जोकि अधिकतम तीव्रता देती है।

$4000 \times 1, \quad 4000 \times 2$

Example 11. एक यंत्र जोकि 165 Hz आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करता है। एक दीवार से 2 m की दूरी पर स्थित है। एक श्रोता (संसूचक) भी इस दूरी पर दीवार के सामने खड़ा है। यंत्र एवं श्रोता (संसूचक) के मध्य की दूरी ज्ञात करो। जिसके लिए श्रोता (संसूचक) सीधी तथा परावर्तित तरंगों के मध्य 2π कलान्तर प्रेक्षित करता है। वायु में ध्वनि की चाल = 330 m/s.

Solution : स्थिति चित्र में प्रदर्शित है माना प्राप्तकर्त्त यंत्र से x मीटर दूरी पर स्थित है। यंत्र से प्राप्त सीधी तरंग x मीटर दूरी चलती है। श्रोता तक परावर्तन के बाद पहुँचने वाली तरंग द्वारा तय दूरी $2[(2)^2 + x^2/4]^{1/2}$ मीटर। दोंनों तरंगों के मध्य पथान्तर

$$\Delta = \left\{2\left[(2)^2 + \frac{x^2}{4}\right]^{1/2} - x\right\} \text{ मीटर}$$



$\Delta\phi = 2\pi$ के लिए $\Delta = \lambda$ .....(i)

तरंगदैर्ध्य $\lambda = \frac{\upsilon}{v} = \frac{330 \text{ m/s}}{165 \text{ s}^{-1}} = 2$ m.

समी० (i) से $2\left[(2)^2 + \frac{x^2}{4}\right]^{1/2} - x = 2$

या $\left[4 + \frac{x^2}{4}\right]^{1/2} = 1 + \frac{x}{2}$

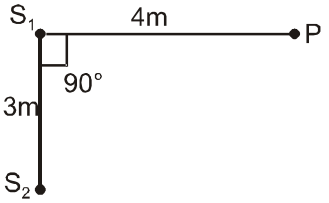
या $4 + \frac{x^2}{4} = 1 + \frac{x^2}{4} + x$

या $x = 3$.

अतः प्राप्तकर्त्ता को यंत्र से 3 m दूरी पर होना चाहिए।

Example 12. S_1 तथा S_2 कलासम्बद्ध प्रत्येक 110Hz आवृति के दो ध्वनि स्त्रोत है। उनमें प्रारम्भिक कलान्तर नहीं है। बिन्दु P पर S_1 के कारण तीव्रता I_0 तथा S_2 के कारण तीव्रता $4I_0$ है। यदि ध्वनि का वेग 330 m/s है तो बिन्दु P पर परिणामी तीव्रता है –

(A) I_0 (B) $9I_0$ (C*) $3I_0$ (D) $8I_0$



Solution : स्त्रोत की ध्वनि की तरंगदैर्ध्य = $\frac{330}{110}$ = 3 metre.

बिन्दु P पर अध्यारोपित होने वाली तरंगों पर कलान्तर

$= \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(S_2P - S_1P) = \frac{2\pi}{3}(5-4) = \frac{2\pi}{3}$

$\therefore$ परिणामी तीव्रता बिन्दु P पर $= I_0 + 4I_0 + 2\sqrt{I_0}\ \sqrt{4I_0}\ \cos\frac{2\pi}{3} = 3I_0$

8. ध्वनि तरंगों का परावर्तन :

ध्वनि तरंगों की विस्थापन तरंग का किसी दृढ़ सीमा से परावर्तन वैसा ही है जैसा कि रस्सी में तरंग का परावर्तन दृढ़ सतह से। परावर्तित तरंग में π का कलान्तर आ जाता है। दृढ़ सतह पर विस्थापन का आयाम समय के साथ हमेशा शून्य रहना चाहिए। क्योंकि माध्यम के कण एक दृढ़ सिरे पर कम्पित नहीं कर सकते। चूंकि दाब आधिक्य तथा विस्थापन एक ध्वनि तरंग में $\pi/2$ कला से परिवर्तनशील होते है। अतः दृढ़ सिरे पर होने वाला विस्थापन का न्यूनतम, वहाँ पर दाब परिवर्तन अधिकतम होगा, जो इस बात को बताता है कि परावर्तित दाब तरंग (एक दृढ़ सीमा से) आपतित तरंग के साथ समान कला में है। अतः सम्पीड़ित स्पंद परावर्तन के बाद भी सम्पीड़ित स्पदं ही रहेगा तथा विरलित तरंग भी परावर्तन के बाद विरलित ही रहेगी। जबकी ध्वनि की विस्थापन तरंगो का कम दाब के क्षेत्र से परार्वतन (जैसे पाईप का खुला सिरा) किसी रस्सी के मुक्त सिरे से परावर्तन जैसा होता है।

यह बिन्दु अधिकतम विस्थापन के संगत होता है तथा आपतित व परावर्तित विस्थापन तरंग इन बिन्दुओ पर समान कला में होती है। इससे प्रतीत होता है कि यह बिन्दु दाब तरंग के लिए निम्निष्ठ (इन बिन्दु पर दाब का औसत मान) तथा परावर्तित दाब तरंग आपतित से π के कलान्तर पर होगी। अतः एक सम्पीड़ित तरंग विरलीत की तरह परावर्तित होगी एवं इसका विपरीत।

9. अनुदैर्ध्य अप्रगामी तरंग :

दो अनुदैर्ध्य तरंग जिनकी आवृत्ति व आयाम समान है जब विपरीत दिशा में चलती हुई एक दूसरे पर अध्यारोपित होती है तो अप्रगामी तरंग उत्पन्न होती है। यदि दो तरंगे निम्न हो

$p_1 = p_0 \sin(\omega t - kx)$ तथा $p_2 = p_0 \sin(\omega t + kx + \phi)$

तो परिणामी अप्रगामी तरंग की समीकरण

$$p = p_1 + p_2 = 2p_0 \cos\left(kx + \frac{\phi}{2}\right)\sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\Rightarrow\ p = p'_0 \sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right) \quad ....(9.1)$$

यह स.आ.ग. की समीकरण है। जिसका आयाम p'_0 स्थिति पर निम्न प्रकार निर्भर करता है।

$$p'_0 = 2p_0 \cos\left(kx + \frac{\phi}{2}\right) \quad ....(9.2)$$

इन बिन्दुओ पर दाब अपने औसतन मान के बराबर है अतः ये दाब निस्पंद कहलाते है तथा इनके लिए

$p'_0 = 0$ अर्थात् $\cos\left(kx + \frac{\phi}{2}\right) = 0$

अर्थात् $kx + \frac{\phi}{2} = 2n\pi \pm \frac{\pi}{2}$, n = 0, 1, 2,..... ....(9.3)

इसी प्रकार जहां दाब आयाम अधिकतम होता है वह दाब प्रस्पंद कहलाते है तथा इनके लिए -

$p'_0 = \pm 2p_0$ अर्थात् $\cos(kx + \frac{\phi}{2}) = \pm 1$

या $(kx + \frac{\phi}{2}) = n\pi, \quad n = 0, 1, 2,.....$ ....(9.4)

- अप्रगामी तरंग में दाब निस्पंद, विस्थापन प्रस्पंद के तथा दाब प्रस्पंद, विस्थापन निस्पंद के अनुसार होते है।
- (जैसा समी० (8.1)) से दाब आधिक्य किसी भी बिन्दु पर स.आ.ग. रूप से बदलता है। यदि ध्वनि तरंगों को विस्थापन के रूप में दर्शाया जाए तो समीकरण 8.1 के संगत अप्रगामी तरंगों की समीकरण

$s = s'_0 \cos(\omega t + \frac{\phi}{2})$

यहाँ $s'_0 = 2s_0 \sin(\omega t + \frac{\phi}{2})$ यह सरल आवर्त गति की समीकरण है, जो कि माध्य अवस्था x से माध्यम के कणों की सरल आवर्त गति को दर्शाती है।

Solved Example

Example 13. N_2 से भरे एक ऑर्गन नली मूल आवृत्ति 1000 Hz यदि N_2 को H_2 से परिवर्तित कर दिया गया तो मूल आवृत्ति ज्ञात करो।

Solution : माना ध्वनि की हाइड्रोजन में गति v_H तथा नाइड्रोजन में v_N है किसी भी ऑर्गन पाईप की मूल आवृत्ति ध्वनि की गति के सीधे समानुपाती होती है। यदि हाइड्रोजन में मूल आवृत्ति n है तो

$\frac{n}{1000\ Hz} = \frac{v_H}{v_N} = \sqrt{\frac{M_N}{M_H}}$ (चूंकि हाइड्रोजन तथा नाइड्रोजन दोनों ही द्विकपरमाणुक गैस है इसलिए γ समान रहेगा।)

या, $\frac{n}{1\ kHz} = \sqrt{\frac{28}{2}} \quad \Rightarrow \quad n = 1000\sqrt{14}$ Hz. **Ans.**

Example 14. एक नली जो एक सिरे से खुली है को दो असमान भागों में विभाजित किया जाता है। टुकड़ा जो दोनों सिरों से खुला है कि मूल आवृत्ति 450 Hz तथा दूसरे की मूलभूत आवृत्ति 675 Hz है। वास्तविक नली की के प्रथम अधिस्वरक की आवृत्ति क्या होगी।

Solution : $450 = \frac{v}{2\ell_1} \quad 675 = \frac{v}{4\ell_2}$

वास्तविक नली की लम्बाई $= (\ell_1 + \ell_2)$

$$n_1 = \frac{v}{4(\ell_1 + \ell_2)} = \frac{v}{4\left(\frac{v}{900} + \frac{v}{675 \times 4}\right)} = \frac{(2700 \times 900)}{4(2700 + 900)} = 168.75$$

I^{st} अधिस्वरक $= 3n_1 = 506.25$

Example 15. मानव द्वारा सुनने वाली आवृत्ति की परास 20 Hz से 20,000 Hz है। यदि हवा में ध्वनि की गति 336 m/s है। किसी वाद्य यंत्र की अधिकतम तथा न्यूनतम लम्बाई क्या हो सकती है, जोकि इस नली परास पर आधारित है।

Solution : खुले सिरे वाले पाईप के लिए , $f = \frac{v}{2\ell}\ n \quad \Rightarrow \quad \ell = \frac{v}{2f}\ .n$

बन्द नली के लिए $\ell = \frac{v}{4f}\ (2n + 1)$

$$\ell_{min} = \frac{v}{4f_{max}}\ (2n + 1)_{min} = \frac{336}{4 \times 20000} = 4.2 \text{ mm}$$

$$\ell_{max} = \frac{v}{2f_{min}}\ n_{max} = \frac{v}{2 \times 20}\ n_{max} = 8.4\ (m) \times n_{max}$$

स्पष्टतया अधिकतम लम्बाई की कोई सीमा नहीं है।

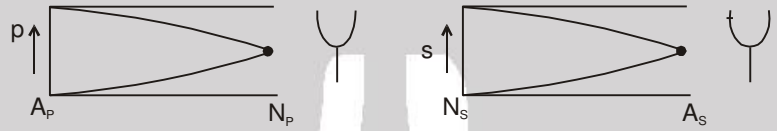
10. वायु स्तम्भ का कम्पन्न

अप्रगामी तरंगे वायुस्तम्भ में बनाई जा सकती है जोकि बेलनाकार नलीनुमा होती है। यदि हवा में स्वरित्र की आवृत्ति वायु स्तम्भ की मूल आवृत्ति के समान हो तो, इस स्थिति में स्वरित्र की ध्वनि अपेक्षाकृत अधिक होती है। इसे हम स्वरित्र (tuning fork) तथा वायु स्तम्भ के मध्य अनुनाद कहते है। वायु स्तम्भ की वास्तविक आवृत्ति ज्ञात करने के लिए नली के बन्द सिरों पर विस्थापन निस्पंद (दाब प्रस्पंद) बनता है, क्योंकि वहां वायु के कण गति के लिए मुक्त नहीं होते तथा प्रत्येक खुले सिरे पर एक विस्थापन प्रस्पंद (दाब निस्पंद) बनता है।

वास्तव में प्रस्पंद खुले सिरे पर नहीं बनते, परन्तु यह थोड़े से बाहर बनते हैं। यदि नली का व्यास लम्बाई की तुलना में कम हो तो सिरा संशोधन नगण्य होता है।

10.1 बन्द आर्गन पाईप

मूल विधा : (चित्र मे, A_p = दाब प्रस्पंद, A_s = विस्थापन प्रस्पंद, N_p = दाब निस्पंद, N_s = विस्थापन निस्पंद)

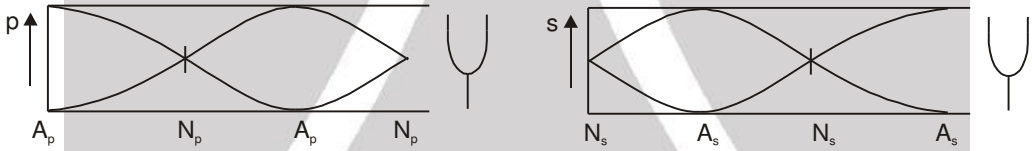


$$\frac{\lambda}{4} = \ell \Rightarrow \lambda = 4\ell$$

वह न्यूनतम आवृत्ति (अधिकतम तरंगदैर्ध्य) जो अनुनाद की सीमा शर्तो को पूरा करे। (विस्थापन निस्पंद बांयी ओर तथा प्रस्पंद दांयी ओर तथा $\lambda_0 = 4\ell$, जहां ℓ = आवृत्ति के अनुसार बन्द नली की लम्बाई

$$\nu_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L}$$ को मूल आवृत्ति कहते है। .... (10.1)

प्रथम अधिस्वरक : यहाँ नली के सिरों पर निस्पंद तथा प्रस्पंद के अलावा एक निस्पंद तथा एक प्रस्पंद उपस्थित होता है।



$$\frac{3\lambda}{4} = \ell \Rightarrow \lambda = \frac{4\ell}{3}$$

$$\lambda_1 = \frac{4\ell}{3} = \frac{\lambda_0}{3}$$

तथा आवृत्ति $\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = 3\nu_0$

यह आवृति मूल आवृत्ति की तिगुनी है, इसे तीसरी संनादी कहते है।

nवाँ अधि स्वरक : इसमें दो सिरो के मध्य n वे अधिस्वरक में n प्रस्पंद तथा n निस्पंद होते हैं।

अतः इसके संगत तरंगदैर्ध्य $\lambda_n = \frac{4\ell}{2n+1} = \frac{\lambda_0}{2n+1}$

तथा $\nu_n = (2n + 1)\nu_0$ .... (10.2)

यह $(2n + 1)^{th}$ सन्नादी के क्रमागत है। स्पष्टतया विषम सन्नादी ही बंद नली में पाई जाती है।

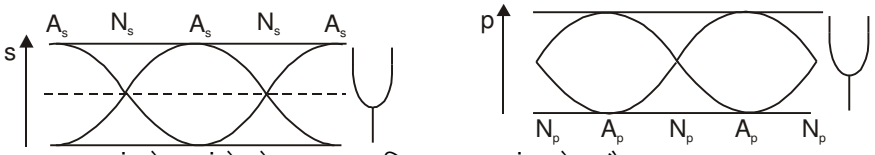
10.2 खुला आर्गन पाईप :

मूल स्वरक : मूलभूत आवृत्ति : वह न्यूनतम आवृत्ति (अधिकतम तरंगदैर्ध्य) जो कि अनुनाद की सीमा शर्तो को पूरा करे। (अर्थात दोनो सिरों पर विस्थापन प्रस्पंद)

$$\lambda_0 = 2\ell$$

इस आवृत्ति को मूल आवृत्ति कहते हैं।

$$\nu_0 = \frac{v}{2\ell} \qquad \text{....(10.3)}$$



प्रथम अधिक स्वरक : यहां दो प्रस्पंदो के मध्य एक विस्थापन प्रस्पंद होता है।

$$\lambda_1 = \frac{2\ell}{2} = \lambda = \frac{\lambda_0}{2}$$

तथा, आवृत्ति $\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = 2\nu_0$

चूंकि यह मूल आवृति की दूगनी है इसलिए इसे दूसरी सन्नादी कहते हैं।

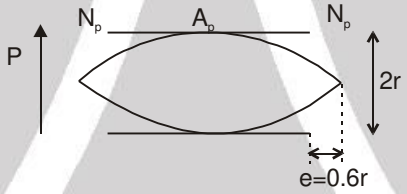
nवाँ अधिक स्वरक : इसमें सिरो की दो प्रस्पंदो के मध्य n वे अधिस्वरक में, n विस्थापन प्रस्पंद होते है।

$$\lambda_n = \frac{2\ell}{n+1} = \frac{\lambda_0}{n+1}$$

तथा $\nu_n = (n+1)\,\nu_0$ . ...(10.4)

यह $(n+1)^{th}$ सन्नादी के क्रमागत है। स्पष्टतया खुले आर्गन पाइप में सम और विषम दोनों प्रकार की सन्नादी पाई जाती है।

10.3 सिरा संशोधन : जैसा पहले बताया गया है कि विस्थापन प्रस्पंद खुले सिरे पर ऑर्गन पाईप से कुछ बाहर पाए जाते है। इन प्रस्पंदो की सिरो से दूरी को सिरा संशोधन कहते है। इसका मान निम्न प्रकार से दिया जाता है।



$$e = 0.6\ r$$

जहां r = आर्गन पाईप की त्रिज्या

सिरा संशोधन को सम्मिलित करते हुए बन्द ऑर्गन पाईप आवृत्ति (f_c) तथा खुले पाईप की आवृत्ति (f_0)

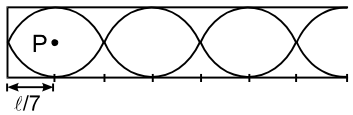
$$f_c = \frac{v}{4(\ell + 0.6\ r)} \text{ तथा } \qquad f_0 = \frac{v}{2(\ell + 1.2\ r)} \qquad \text{....(10.5)}$$

Solved Example

Example 16. एक बंद आर्गन पाइप की लम्बाई 'ℓ' इसमें वायु अधिकतम आयाम 'a' के साथ तीसरे अधिस्वरक में कम्पित होती हैं पाइप के बंद सिरे से $\ell/7$ दूरी पर आयाम ज्ञात करो?

Solution : चित्र में एक बंद ऑर्गन पाइप में तीसरे अधिस्वरक के लिये कण के विस्थापन में परिवर्तन को दिखाया गया है।

तीसरे अधिस्वरक हेतु $\ell = \frac{7\lambda}{4}$ या $\frac{4\ell}{7}\ \lambda =$ या $\frac{\lambda}{4} = \frac{\ell}{7}$



अतः P पर आयाम, बंद सिरे से $\frac{\ell}{7}$ दूरी पर 'a' है, क्योंकि यहाँ पर एक प्रस्पंद बनता है।

Example 17. एक स्वरित्र 100 Hz से कम्पित होता है। जब दूसरा स्वरित्र भी साथ–साथ बजता है तो प्रति सैकण्ड चार विस्पंद सुनाई देती है। जब कुछ द्रव्यमान 100 Hz के स्वरित्र पर जोड़ा जाता है तो विस्पंद आवृत्ति कम हो जाती है। दूसरे स्वरित्र की आवृत्ति ज्ञात करो।

Solution : यदि $|f - 100| = 4 \Rightarrow f = 96$ या 104

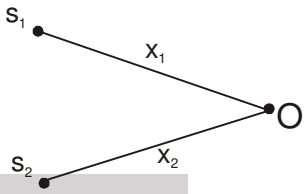
जब पहले स्वरित्र को भारते है तो आवृत्ति कम होती है।

अतः $100 > f \quad \Rightarrow f = 96$ Hz.

11. समय में अध्यारोपण : विस्पंद :

जब दो ध्वनि तरंगे जिनके समान आयाम तथा भिन्न आवृत्ति है, अध्यारोपित होती है, तो किसी बिन्दु पर तीव्रता हवा में समय के साथ आवर्तित रूप से परिवर्तित होती है। इसे विस्पंद कहते है।

यदि दो ध्वनि स्रोतों s_1 व s_2 से उत्सर्जित ध्वनि तरंगे जो बिन्दु O पर अध्यारोपित हो रही है। निम्न हो तो



$p_1 = p_0 \sin (2\pi f_1 t - k_1x_1 + \theta_1)$

$p_2 = p_0 \sin (2\pi f_2 t - k_2x_2 + \theta_2)$

माना $-k_1x_1 + \theta_1 = \phi_1$ तथा $-k_2x_2 + \theta_2 = \phi_2$

अध्यारोपण के सिद्धान्त से

$p = p_1 + p_2$

$= 2p_0 \sin (\pi(f_1 + f_2)t + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}) \cos (\pi(f_1 - f_2) t + \frac{\phi_1 - \phi_2}{2})$

अर्थात् परिणामी ध्वनि की बिन्दु O पर आवृत्ति $\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ तथा दाब आयाम $p'_0 (t)$ समय के साथ परिवर्तनशील है।

$p'_0 (t) = 2p_0 \cos \left\{\pi(f_1 - f_2)t + \frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right\}$

अतः बिन्दु O पर दाब आयाम आवृत्ति $\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)$ के साथ समय के साथ परिवर्तित होता है।

अतः ध्वनि तीव्रता $f_1 - f_2$ आवृत्ति के साथ परिवर्तनशील है।

इस आवृत्ति को विस्पंद आवृत्ति (f_B) कहते है तथा दो क्रमागत अधिकतम व न्यूनतम तीव्रताओं के मध्य का समयअन्तराल विस्पंद का समयकाल (T_B) कहलाता है।

$f_B = f_1 - f_2$

$T_B = \frac{1}{f_1 - f_2}$ (11.1)

महत्तवपूर्ण बिन्दु :

(i) आवृत्ति $|f_1 - f_2|$ हमेशा 16 Hz, से कम होनी चाहिए क्योंकि सामान्य व्यक्ति का कान अधिकतम 16 Hz तक की आवृत्ति के विस्पन्द को ही प्रेक्षित कर सकता है।

(ii) विस्पंद घटना का उपयोग किसी अज्ञात यंत्र की आवृत्ति ज्ञात करने में किया जाता है, इसे ज्ञात आवृत्ति के यंत्र के साथ कम्पित करके ज्ञात करते हैं।

(iii) यदि स्वरित्र की भुजा पर मोम या भार लगा दे तो आवृत्ति कम होती है।

(iv) यदि भुजा को घिस दें तो आवृत्ति बढ़ती है।

Solved Example

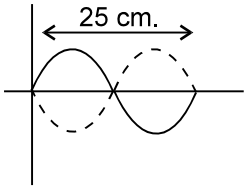
Example 18. एक सितार के दो तार X और Y 4Hz. आवृति का विस्पंद उत्पन्न करते हैं। जब तार y में तनाव को थोड़ा बढ़ाते हैं तो विस्पंद आवृति 2Hz. पायी जाती है, यदि X की आवृत्ति 300Hz हो, तो Y की वास्तविक आवृति थी –

(A) 296 Hz (B) 298 Hz (C) 302 Hz (D) 304 Hz.

Answer : (A)

Example 19. एक 2.5 g द्रव्यमान तथा 25 cm लम्बी रस्सी जो दोनों सिरों पर बंधी हुई है तनाव की अवस्था में है। एक पाइप जो कि एक सिरे से बंद है, कि लम्बाई 40 cm है। जब रस्सी प्रथम अधिस्वरक में कंपन के लिये व्यवस्थित है तथा पाइप में वायु मूल आवृति में है तब 8 विस्पंद प्रति सेकण्ड सुनाई देते है। यह देखा गया है कि रस्सी में तनाव कम करने पर विस्पंद आवृति घटती है। यदि ध्वनि का वेग में 320 m/s है, तो रस्सी में तनाव ज्ञात करों

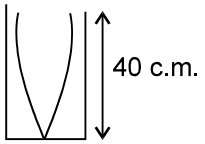
Solution : $\mu = \frac{2.5}{25} = 0.1 \text{ g/cm} = 10^{-2} \text{ Kg/m}$



I[st] प्रथम अधिस्वरक

$\lambda_s = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad f_s = \frac{1}{\lambda_s}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

मूल आवृति में पाइप



$\lambda_p = 160 \text{ cm} = 1.6 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad f_p = \frac{V}{\lambda_p}$

$\because$ तनाव कम करने पर विस्पंद आवृति घटती है

$\therefore \quad f_s > f_p \qquad \Rightarrow \quad f_s - f_p = 8$

$\Rightarrow \frac{1}{0.25}\sqrt{\frac{T}{10^{-2}}} - \frac{320}{1.6} = 8 \Rightarrow \quad T = 27.04 \text{ N}$

Example 20. दो ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्ध्य 49cm तथा 50 cm है। यदि कमरे का तापमान 30 °C है तो उनके द्वारा उत्पन्न विस्पंदों की संख्या लगभग होगी (वायु में ध्वनि का वेग 0^0C पर ताप पर = 332 m/s)

(A) 6 (B) 10 (C) 14 (D) 18

Solution : (C) $v = 332\sqrt{\frac{303}{273}}$

$\Rightarrow$ विस्पंद आवृत्ति $= f_1 - f_2 = v\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = 332\sqrt{\frac{303}{273}}\left(\frac{1}{49} - \frac{1}{50}\right) \times 100 \cong 14$ **Ans.**

12. डॉप्लर प्रभाव :

जब एक ध्वनि/प्रकाश स्रोत तथा प्रेक्षक के मध्य उनको जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश सापेक्ष गति होती है, तो प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित आवृत्ति स्रोत की आवृत्ति से भिन्न होती है। इस घटना को डॉप्लर प्रभाव कहते है। यदि श्रोता एवं स्रोत एक दूसरे की तरफ गति करें तो प्राप्त आवृत्ति स्रोत की आवृत्ति से अधिक होती है तथा यदि श्रोता तथा स्रोत एक दूसरे से दूर गति करे तो प्राप्त आवृत्ति वास्तविक से कम होती है।

(v = ध्वनि का जमीन के सापेक्ष वेग, c = माध्यम के सापेक्ष ध्वनि वेग, v_m = माध्यम का वेग, v_O = श्रोता का वेग, v_s = स्रोत का वेग)

(a) ध्वनि स्रोत गतिमान तथा श्रोता स्थिर है :

यदि एक स्रोत जो f_s आवृत्ति से ध्वनि उत्पन्न करता है, v_s वेग से श्रोता व स्रोत को जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश गतिमान है तो

प्रेक्षित आवृत्ति, $f' = \left(\frac{v}{v - v_s}\right) \cdot n f$ ...(12.1)

तथा आभासी तरंगदैर्ध्य $\lambda' = \lambda\left(\frac{v - v_s}{v}\right)$ ...(12.2)

* उपरोक्त समीकरण में ध्वनि के वेग की दिशा में +ve दिशा लेते है। अर्थात् स्रोत से श्रोता की ओर। अतः v_s धनात्मक होगा, यदि स्रोत श्रोता की तरफ जाए तथा ऋणात्मक होगा यदि उससे दूर जाए।

(b) ध्वनि स्रोत स्थिर है तथा श्रोता v_0 वेग से उनको जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश गतिमान है :

स्रोत (रूका हुआ) 'f' आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करता है जोकि 'v' वेग से गतिमान है। अतः तरंगदैर्ध्य $\lambda = v/f$, अर्थात् तरंदैर्ध्य में कोई परिवर्तन नहीं होगा। यदि श्रोता v_0 वेग से दोनो को जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश चलता है तो प्रेक्षित आवृत्ति

$f' = f\left(\frac{v - v_0}{v}\right)$ ...(12.3)

* ऊपर दिए गए समीकरण में धनात्मक दिशा ध्वनि की चाल की दिशा में लेते है (स्रोत से श्रोता की ओर)। अर्थात् v_O , +ve होगा यदि श्रोता स्रोत से दूर जाए एवं ऋणात्मक होगी यदि श्रोता स्रोत की ओर गतिमान है।

(c) श्रोता व स्रोत दोनों v_o तथा v_s चाल से इनके मिलाने वाली रेखा के अनुदिश गतिमान है :

प्रेक्षित आवृत्ति, $f' = f\left(\frac{v - v_0}{v - v_s}\right)$ ...(12.4)

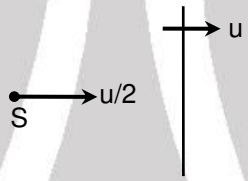
तथा आभासी तरंगदैर्ध्य $\lambda' = \lambda\left(\frac{v - v_s}{v}\right)$ ...(12.5)

* इस समीकरण में भी धनात्मक दिशा ध्वनि की दिशा में ही लेनी है। अर्थात् स्रोत से श्रोता की ओर।
* ऊपर की समीकरण 11.1 से 11.5 तक, v ध्वनि की चाल धरातल के सापेक्ष है।

यदि ध्वनि का वेग माध्यम के सापेक्ष c है तथा माध्यम ध्वनि की दिशा मे स्रोत से श्रोता की ओर v_m, चाल से गतिमान हो तो $v = c + v_m$, तथा यदि माध्यम विपरीत दिशा में गतिमान हो अर्थात् श्रोता से स्रोत की ओर हो तो, $v = c - v_m$

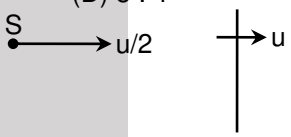
Solved Example

Example 21. एक दीवार u वेग से तथा एक ध्वनि स्त्रोत u/2 वेग से समान दिशा में चित्रानुसार गतिशील है। माना ध्वनि 10u वेग से गति करती है। दीवार पर आपतित तथा दीवार से परावर्तित ध्वनि तरंगदैर्ध्य का अनुपात होगा (माना परावर्तित ध्वनि के लिए प्रेक्षक विरामावस्था में है):



(A*) 9 : 11 (B) 11 : 19 (C) 4 : 5 (D) 5 : 4

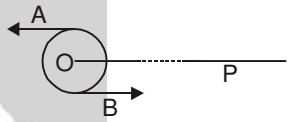
Solution : $F^1_{wall\ (received)} = \frac{10u - u}{10u - u/2} f = \frac{9u}{9.5u} f \Rightarrow \lambda_1 = \frac{9.5u}{f}$



$F^{11}_{wall\ (received)} = \frac{10.u}{10u + u} f^1 = \frac{10u}{11u} \times \frac{9u}{9.5u} f \Rightarrow \lambda_2 = \frac{11u \times 9.5}{9f}$

$= \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{9.5}{11 \times 9.5} \times 9 = \frac{9}{11}$

Example 22. एक सिटी जिसकी आवृत्ति 540 Hz है। 2 ft त्रिज्या के वृत्त पर 15 rad/s की नियत कोणीय चाल से गतिमान है। एक श्रोता जोकि वृत्त के केन्द्र से बहुत अधिक दूरी पर स्थिर खड़ा है के द्वारा सुने जा सकने वाली अधिकतम व न्यूनतम आवृत्ति क्या होगी ? (ध्वनि की गति हवा में = 1100 ft/sec.)



Solution : वृत्त पर नियत कोणीय वेग ω से घूम रही है। अतः सिटी का रेखीय वेग

$v_S = \omega R$

जहां R त्रिज्या

बिन्दु A व B पर वेग v_S रेखा OP के समान्तर होगा अर्थात् श्रोता जो P पर है, सिटी का अधिकतम वेग v_s, बिन्दु P से दूर होगा, बिन्दु A पर तथा B पर P की ओर होगा। (चूंकि दूरी OP, R से बहुत बड़ी है) तथा सिटी OP के अनुदिश गतिमान है) अतः अधिकतम आवृत्ति जोकि श्रोता को सुनाई देगी। जब स्रोत B पर श्रोता की तरफ गतिशील है।

$$f_{max} = f\ \frac{v}{v - v_s}$$

जहाँ v हवा में ध्वनि का वेग तथा इसी प्रकार न्यूनतम आवृत्ति जब बिन्दु A पर उपस्थित स्रोत, श्रोता से दूर जा रहा है।

$$f_{min} = f\frac{v}{v + v_s}$$

f = 540 Hz, v_s = 2 ft × 15 rad/s = 30 ft/s, तथा v = 1100 ft/s,

हम प्राप्त करते हैं v_{max} = 555 Hz तथा, v_{min} = 525 Hz.

Example 23. एक ट्रेन 40 km/hr की गति से एक पहाड़ी की ओर चलती हुई 600 Hz आवृत्ति की सिटी बजाती है, जबकि यह पहाड़ी से 1 km दूर है। 40 km/hr की चाल से हवा भी ट्रेन की गति की दिशा में चल रही है। ज्ञात करें।

(a) पहाड़ी पर बैठे व्यक्ति द्वारा सुनी गई सिटी की आवृत्ति।

(b) पहाड़ी से वह दूरी, जहाँ गाड़ी के ड्राइवर को प्रति ध्वनि सुनाई दे तथा इसकी आवृत्ति। (हवा में ध्वनि की गति = 1200 km/hr)

Solution : धरातल के सापेक्ष ट्रेन पहाड़ी की ओर v_s चाल से गतिशील है। हवा में ध्वनि का वेग अर्थात् ध्वनि की चाल माध्यम के सापेक्ष c है। जबकि हवा स्वंय पहाड़ी की ओर v_m गति (धरातल के सापेक्ष) से चल रही है। एक श्रोता जोकि धरातल पर खड़ा है। जोकि जड़त्वीय सापेक्ष में है के लिए पहाड़ी की ओर ध्वनि की चाल

$v = c + v_m$

(a) श्रोता पहाड़ी पर रूका है जबकि स्रोत उसकी तरफ जाता है। अतः सीटी की उसके द्वारा सुनी आवृत्ति

$$f' = f\frac{v}{v - v_s}$$

$f = 600$ Hz, $v_s = 40$ km/hr, तथा $V = (1200 + 40)$ km/hr, के लिए

$$f' = 600 \cdot \frac{1240}{1240 - 40} = 620 \text{ Hz.}$$

(b) ट्रेन पहाड़ी से x दूरी पर सिटी बजाती है तथा आवाज जोकि धरातल के सापेक्ष v चाल से गतिमान है, पहाड़ी तक जाने में t समय लेती है तो

$$t = \frac{x}{v} = \frac{x}{c + v_m} \qquad \text{....(i)}$$

पहाड़ी से परावर्तन के बाद ध्वनि तरंग ट्रेन की तरफ मुड़ती है। अब ध्वनि हवा के विपरीत दिशा में गतिमान है। अतः धरातल के सापेक्ष चाल

$v' = c - v_m$

माना कि जब प्रति ध्वनि ट्रेन तक पहुँचती है तो ट्रेन पहाड़ी से x' दूरी पर है। प्रति ध्वनि द्वारा x' दूरी तय करने में लिया समय

$$t' = \frac{x'}{v} = \frac{x'}{c - v_m} \qquad \text{....(ii)}$$

इस प्रकार कुल समय $(t + t')$ सिटी बजने तथा प्रति ध्वनि के पुनः ट्रेन तक पहुँचने में गुजरता है। इस समय में ट्रेन नियत चाल V_s से $(x - x')$ दूरी चलती है।

जोकि $x - x' = (t + t')\, v_s$.

समी० (i) व (ii) से t व t' का मान रखने पर

$$x - x' = \frac{v_s}{c + v_m}x + \frac{v_s}{c - v_m}x' \text{ या, } \frac{c + v_m - v_s}{c + v_m}x = \frac{v_s + c - v_m}{c - v_m}x'$$

$x = 1$ km, $c = 1200$ km/hr, $v_s = 40$ km/hr, तथा $v_m = 40$ km/hr, के लिए

$$\frac{1200 + 40 - 40}{1200 + 40} \times 1 = \frac{40 + 1200 - 40}{1200 - 40}x' \text{ या } x' = \frac{1160}{1240} = 0.935 \text{ km.}$$

अतः जब ट्रेन पहाड़ी से 935 m की दूरी पर है तो प्रति ध्वनि सुनाई देगी।

जब श्रोता जो ट्रेन के साथ गतिमान है। के द्वारा प्रेक्षित प्रति ध्वनि एक स्थिर स्रोत द्वारा उत्पन्न ध्वनि है (अर्थात् पहाड़ी) से। अतः धरातल के सापेक्ष स्रोत स्थिर तथा श्रोता स्रोत की ओर 40 km/hr की चाल से गतिमान है। अतः $v_O = -40$ km/hr जबकि परावर्तित ध्वनि हवा के विपरीत दिशा में गति करती है। जबकि प्रति ध्वनि की गति धरातल के सापेक्ष v' है तथा स्रोत (पहाड़ी) f' आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न कर रही है।

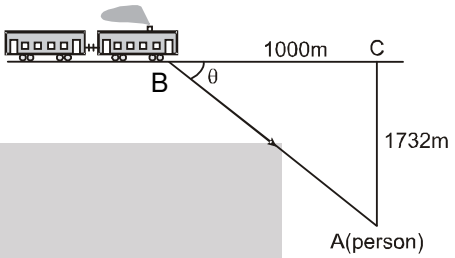
इस प्रकार प्रति ध्वनि की आवृत्ति जोकि ट्रेन में बैठे श्रोता द्वारा सुनी जाएगी।

$$f'' = f'\frac{v' + v_O}{v'} \qquad \Rightarrow \qquad f'' = \frac{(1160 - (-40))}{1160} \times 620 = 641 \text{ Hz}$$

Example 24. एक ट्रेन (रेलगाड़ी), 72 km/hr की चाल से बिन्दु C की तरफ 640 Hz की आवृत्ति उत्पन्न करती हुई गतिमान है। चित्रानुसार एक व्यक्ति, बिन्दु C से 1732 m की दूरी पर बैठा हुआ है। यदि ध्वनि की चाल 330 m/s है तो व्यक्ति द्वारा सुनी गई आवृत्ति ज्ञात करो।

रेल्वे क्रासिंग की ओर 72 km/h की गति से चलती हुई 1 km की दूरी पर 640 Hz आवृत्ति की अल्प सिटी बजाती है। हवा में ध्वनि का वेग 330 m/s है। एक सड़क क्रोसिंग के लम्बवत् है। क्रासिंग से 1732 m दूर सड़क पर खड़े व्यक्ति द्वारा सुनी गई ध्वनि की आवृत्ति ज्ञात करें।

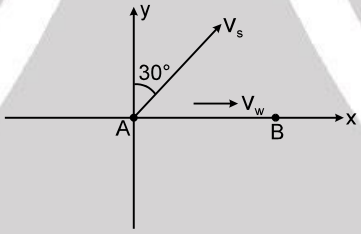
Solution : श्रोता A हवा के सापेक्ष स्थिर है तथा स्रोत 72 km/h की चाल से गतिमान है, अर्थात् 20 m/s



चित्र से स्पष्ट है कि व्यक्ति सिटी की आवाज BA के अनुदिश (जोकि ट्रेक से θ का कोण बनाती है) प्राप्त करता है। जहाँ $\tan\theta = \frac{1732}{1000} = \sqrt{3}$, अर्थात् $\theta = 60^\circ$, स्रोत के वेग का घटक इस दिशा में $20\cos\theta = 10$ m/s है। चूंकि स्रोत व्यक्ति की ओर इसी वेग से गतिमान है, अतः व्यक्ति द्वारा सुनी गई आवृत्ति

$$\upsilon' = \frac{v}{v - u\cos\theta}\ \upsilon = \frac{330}{330-10} \times 640\ \text{Hz} = 660\ \text{Hz}.$$

Example 25. चित्रानुसार एक 510 Hz आवृत्ति का ध्वनि स्रोत नियत वेग $v_s = 20$ m/s से दी गयी दिशा में गतिमान है। वायु नियत वेग $v_w = 20$ m/s से एक प्रेक्षक जो कि बिन्दु B पर विराम में है, की तरफ बह रही है। स्रोत द्वारा बिन्दु A पर उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति प्रेक्षक को प्राप्त होगी - (ध्वनि की चाल वायु के सापेक्ष = 330 m/s)



(A) 485 Hz (B) 500 Hz (C) 512 Hz (D) 525 Hz

Answer : **(D)**

Solution : आभासी आवृत्ति $n' = n\ \frac{(u+v_w)}{(u+v_w - v_s\cos 60^\circ)} = \frac{510\ (330+20)}{330+20-20\ \cos 60^\circ} = 510 \times \frac{350}{340} = 525$ Hz **Ans.**

Example 26. एक प्रेक्षक प्रकाश गति की आधी गति से, 10GHz आवृत्ति उत्सर्जित करते हुए एक स्थिर सूक्ष्म तरंग (microwave) स्त्रोत की तरफ जा रहा है। प्रेक्षक द्वारा मापी गयी सूक्ष्म तरंग की आवृत्ति का मान होगा (प्रकाश की चाल = $3 \times 10^8 ms^{-1}$) **[JEE Main 2017 ; 4/120, –1]**

(A) 15.3 GHz (B) 10.1 GHz (C) 12.1 GHz (D) 17.3 GHz

Answer : **(D)**

Solution :
$$\nu' = \nu\sqrt{\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}}$$

$$\nu' = \nu\sqrt{\frac{1+\frac{1}{2}}{1-\frac{1}{2}}} = \sqrt{3}\nu$$

$\nu' = 10 \times 1.73 = 17.3$ GHz

Exercise-1

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

खण्ड़ (A) : ध्वनि तरंगो का समीकरण, तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति, दाब तथा विस्थापन आयाम

A-1. एक साधारण व्यक्ति के द्वारा सुनी जा सकनी वाली आवृत्ति 20 Hz से 20 kHz है। इसके संगत तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो यदि ध्वनि की वायु में चाल 320 m/s

A-2. 80 Hz आवृत्ति की एक ध्वनि तरंग 320 m/s के वेग से गति कर रही है।
(a) किसी दी गयी स्थिति पर 400 ms समयान्तराल में कला में परिवर्तन ज्ञात करो ?
(b) किसी दी गयी स्थिति पर 20 cm दूरी पर स्थित दो बिन्दुओ के मध्य कलान्तर ज्ञात करो।

A-3. प्रगामी ध्वनि तरंग का समीकरण $y = 2 \sin (4t - 5x)$, जहाँ y सेन्टीमीटर में है तथा t सैकण्ड में और x मीटर में है।
(a) तरंग के आयाम और तरंगदैर्ध्य का अनुपात ज्ञात करो ?
(b) कण के अधिकतम वेग तथा तरंग वेग का अनुपात ज्ञात करो ?

A-4. सरल आवर्त ध्वनि तरंग के कारण किसी एक बिन्दु का दाब 99980 Pa से 100020 Pa तक परिवर्तित होता है। तंरग का आयाम और तंरगदैर्ध्य क्रमश 5×10^{-6} m और 40 cm है। हवा का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक ज्ञात करो ?

A-5. पानी में आदमी द्वारा सुन सकने वाली ध्वनि तरंगो की न्यूनतम व अधिकतम तरंगदैर्ध्य क्या होगी, यदि पानी में ध्वनि तरंगो का वेग 1500 m/s है। (श्रव्यपरास 20 - 20000 Hz)

खण्ड़ (B) : ध्वनि का वेग

B-1. एक आदमी बड़ी दीवार से 100.0 m की दूरी पर खड़ा होकर निश्चित समय अन्तराल पर ताली इस प्रकार बजाता है कि ताली की प्रतिध्वनि अगली ताली में विलय हो जाता है। यदि उसे प्रत्येक 3 सैकण्ड में 5 बार ताली बजानी पड़े तो वायु में ध्वनि का वेग ज्ञात करो।

B-2. जमीन के अन्दर भूकम्प ध्वनि तरंगे उत्पन्न करता है। गैस के विपरीत, पृथ्वी में अनुप्रस्थ (S) तथा अनुदैर्ध्य (P) तरंगे प्रेक्षित हो सकती है (S) तरंग की चाल लगभग 4 km/s तथा P तरंग की चाल 8 km/s है। एक सिस्मोग्राफ है।(भूकम्प मापी यंत्र) P तथा S तरंग भूकम्प से नापता है पहली P तंरग, पहली S तरंग के 4 मिनट बाद आती है। यह मानते हुए कि तरंग सीधी रेखा में चलती है। यदि भूकम्प का केन्द्र (Epicentre) 120 η (km में) है तो η का मान ज्ञात किजिए।

B-3. (a) 1 एक मोल हीलियम व 2 मोल ऑक्सीजन मिश्रण में 27°C पर ध्वनि का वेग ज्ञात करो। **[JEE - 1995]**
(b) यदि 300 K से ताप 1K बढ़ा दिया जाये तो मिश्रण में गैस के वेग में कितना प्रतिशत परिवर्तन होगा।
(R = 8.31 J/mol) [**नोट :** इसको उष्मा पढ़ने के बाद हल कर सकते हैं]

B-4. एक गैस के मिश्रण में 24 % आर्गन, 32 % ऑक्सीजन और 44%, CO_2 द्रव्यमान है तो 27°C ताप पर गैस के मिश्रण में ध्वनि का वेग ज्ञात करो। दिया है। R = 8.4 S.I. इकाई, अणुभार Ar = 40, O_2 = 32, CO_2 = 44. γ_{Ar} = 5/3, γ_{O2} = 7/5, γ_{CO2}= 4/3. [**नोट :** इसको उष्मा पढ़ने के बाद हल कर सकते हैं]

खण्ड़ (C) : ध्वनि की तीव्रता, डेसीबल मापन

C-1. दो ध्वनि तरंग एक वायु में तथा दूसरी शुद्ध जल में समान तीव्रता से चलती है।
(a) पानी तथा हवा में दोनो तरंगो का दाब आयाम का अनुपात ज्ञात करो।
(b) यदि दोनों तरंगो का दाब आयाम समान हो तो उनकी तीव्रता का अनुपात क्या होगा।
[$V_{ध्वनि}$ = 340 m/s हवा में तथा हवा का घनत्व = 1.22kg/m^3, V_{sound} = 1488 m/s पानी में, जल का घनत्व = 1000 kg/m^3]

C-2. एक बिन्दु A, एक बिन्दु स्त्रोत जिसकी आवृति n = 600Hz है, से 1.5 m की दूरी पर स्थित है। स्त्रोत की शक्ति P = 0.80 W है। यदि तरंगो का अवमंदन नगण्य है तथा ध्वनि का वायु में वेग 340 ms^{-1} है तो बिन्दु A पर ज्ञात करो।

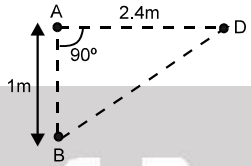
($d_{वायु} = \frac{225\pi}{544}$ kg m^{-3} ; $\pi^2 = \frac{100}{3\times3.375}$ का प्रयोग करें)

(a) दोलन दाब आयाम $(\Delta p)_m$

(b) माध्यम के कणों का दोलन आयाम

खण्ड (D) : व्यतिकरण

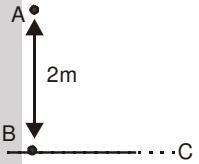
D-1. 25π W तथा 850 Hz आवृति के दो बिन्दु स्त्रोतों A व B के मध्य की दूरी 1 m है दोनों स्त्रोत्र, समान कला मे है।



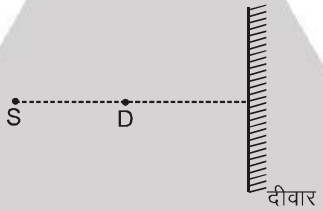
(a) चित्रानुसार सूचक D द्वारा A तथा B से प्राप्त की गई तरंगो में कलान्तर ज्ञात करो।

(b) सूचक D द्वारा प्रेक्षित ध्वनि तरंग की परिणामी तीव्रता कितनी है। ध्वनि तरंग का वेग 340 m/s है।

D-2. दो सम्पोषी समान कला वाले ध्वनिउद्घोषक A तथा B, एक दूसरे से 2 m की दूरी पर स्थित है। दोनों ध्वनिउद्घोषकों को एक समान प्रवर्धक (कलासम्बध तथा समान कला में) से चलाया जाता है। एक लघू सूचक B से, A व B को मिलाने वाली रेखा के लम्बवत् गति करता है। ध्वनि तरंगों का वेग 332 m/s है। वह आवृति ज्ञात करो, जिससे कम पर BC रेखा पर, विनाशी व्यतिकरण की कोई स्थिति नहीं हो।

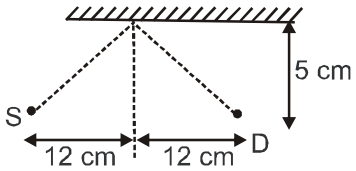


D-3. एक ध्वनि स्त्रोत, संसूचक और एक गतिमान दीवार को चित्रानुसार व्यवस्थित किये गये है। इस व्यवस्था में संसूचक, अधिकतम तीव्रता प्रेक्षित करता है। यदि वायु में ध्वनि का वेग 330 m/s है तथा स्त्रोत की आवृत्ति 660 Hz है, तो स्त्रोत से दीवार की वह न्यूनतम दूरी ज्ञात करो जिस पर संसूचक न्यूनतम तीव्रता प्रेक्षित करेगा ?



D-4. एक दूसरे से 3 cm दूरी पर स्थित दो स्त्रोत S_1 व S_2 समान तरंगदैर्ध्य 2 cm की तरंगे उत्सर्जित कर रहे हैं। एक सूचक S_1S_2 रेखा के समान्तर 24 cm की दूरी पर चलता है। प्रारम्भ में सूचक दोनों स्त्रोतो से समान दूरी है। माना स्त्रोतों द्वारा उत्सर्जित तरंगो की कला समान है। सूचक को ध्वनि की न्यूनतम तीव्रता वाला बिन्दु प्राप्त करने के लिए न्यूनतम कितना चलना पड़ेगा।

D-5. एक ध्वनि स्त्रोत, ससूंचक और एक कार्बनबोंड (कागज का टुकड़ा) चित्रानुसार व्यवस्थित है। तरंग, कार्बनबोंड से स्त्रोत और सूचक की सममित रेखा पर परावर्तित होती है ? प्रारम्भ में परावर्तित तरंग, तथा सीधी तरंग के मध्य पथान्तर ध्वनि की तरंगदैर्ध्य का एक तिहाई है। कागज के टुकडे द्वारा ऊपर की तरफ चली गयी वह न्यूनतम दूरी ज्ञात करो जिससे दोनों तरंग समान कला में हो जाये ?



खण्ड (E) : परावर्तित अप्रगामी ध्वनि तरंगो का समीकरण

E-1. 1 मीटर लम्बी छड़ अंतिम सिरों पर दृढ़ रूप से बंधी है। अनुदैर्ध्य अप्रगामी तरंग इस तरह बनती है कि विस्थापन तरंग मे छड़ के अनुदिश 6 प्रस्पंद बनते हैं। प्रस्पंद का आयाम 2×10^{-6} m है तो अप्रगामी तरंग तथा घटक तरंगो का समीकरण एक सिरे से 0.1 m की दूरी पर लिखिए। [यंग प्रत्यास्थता गुणांक = 7.5×10^{10} N/m^2, घनत्व = 2500 kg/m^3]

E-2. दो स्त्रोत द्वारा संचरित प्रगामी तरंगो के अध्यारोपण से उत्पन्न अनुदैर्ध्य अप्रगामी तरंग का समीकरण $s = -20 \sin 10 \pi x \sin 100 \pi t$ है। वहां s माध्य स्थिति से विस्थापन mm में, x, m में तथा t सेकण्ड में है। माध्यम का विशिष्ट घनत्व 10^{-3} तथा पानी का घनत्व 10^3 kg/m^3 है, तो निम्न का मान ज्ञात करो ?
(a) प्रगामी तरंग की तरंगदैर्ध्य, आवृति व वेग
(b) माध्यम का प्रत्यास्थता गुणांक व दाब आयाम
(c) दाब प्रस्पंद व विस्थापन प्रस्पंद के बीच की न्यूनतम दूरी
(d) विस्थापन निस्पंद पर तीव्रता

खण्ड़ (F) : ऑर्गन पाईप एवं अनुनाद

F-1. ℓ लम्बाई के एक बंद आर्गन पाईप में हवा तीसरे अधिस्वरक में अधिकतम आयाम a से कम्पित है। बंद सिरे से $\ell/7$ दूरी पर आयाम ज्ञात करो।

F-2. एक सिरे से बन्द 80 cm के एक वायु स्तम्भ मे ध्वनि की चाल 320 m/s है। वायु स्तम्भ की प्राकृतिक लम्बाई 20 Hz से 2000 Hz के मध्य ज्ञात करो ?

F-3. एक ऑर्गन नली (पाईप) में दो लगातार निस्पदों के मध्य की दूरी 4 cm है तो स्त्रोत की आवृत्ति ज्ञात करो। यदि वायु में ध्वनि का वेग 336 m/s है।

F-4. दो पाईप P_1 और P_2 क्रमशः बन्द और खुले है। P_1 की लम्बाई 0.3 m है। यदि P_1 की तृतीय संनादी, P_2 की प्रथम संनादी के बराबर है तो P_2 की लम्बाई करो ?

F-5. खुले अनुनाद नली में दो क्रमागत अनुनादी आवृत्तियां 1800 तथा 2100 Hz है तो नली की लम्बाई ज्ञात करो। (वायु में ध्वनि का वेग 330 m/s है।)

F 6. एक बंद अनुनाद नली जिसकी लम्बाई ℓ = 100 cm है, को दो असमान भागों में काटा जाता है। नये बन्द अनुनाद नली की मूल आवृत्ति, अन्य खुले पाईप के प्रथम अधिस्वरक के बराबर है। दो भागों की लम्बाई ज्ञात करो तथा खुले पाईप की मूल आवृत्ति ज्ञात करो $V_{\text{ध्वनि}}$ = 320 m/s

F 7. एक पाईप जिसकी आवृति f_0 = 1250 Hz से कम है, के लिए नीचे दी गई दो स्थितियों में सम्भव प्राकृतिक कम्पन्न ज्ञात करो। पाईप की लम्बाई ℓ = 85 cm तथा $v_{\text{ध्वनि}}$ = 340 m/s. है
(a) यदि पाईप एक सिरे से बन्द हो (b) यदि पाईप दोनों सिरे से खुला हो
(खुले सिरो पर विस्थापन का प्रस्पंद मानें)

F-8. ध्वनि की चाल के एक प्रयोग में एक पाईप में वायु स्तम्भ 480 Hz के स्वरित्र के साथ अनुनादित है। यदि पाईप का व्यास 5 cm तथा यह एक तरफ से खुला है। सबसे छोटी अनुनादित लम्बाई 16 cm प्रेक्षित होती है। यदि कमरे के ताप पर वायु में ध्वनि का चाल 6η (ms^{-1} में) है, तो η का मान ज्ञात करो। **[JEE - 2003, 2/60]**

F-9. एक व्यक्ति कुएं में आवाज करता है तथा एक शक्तिशाली अनुनादी आवाज आवृति 60Hz, 100Hz तथा 140Hz पर सुनाई देती है। तो कुएं की मूल आवृति ज्ञात करो तथा कुएं की गहराई ज्ञात करो ? (ध्वनि का वेग = 344m/s)

खण्ड़ (G) : विस्पंद

G-1. एक ध्वनि स्त्रोत लगभग समान आवृति वाले स्वरित्र से 4 विस्पंद प्रति सेकण्ड उत्पन्न करता है। स्त्रोत की आवृति 474 hz या 482 Hz है तो स्वरित्र की आवृति कितनी होगी ?

G-2. दो एक समान पियानों के तार की मूल आवृति 600 कम्पन प्रति सेकण्ड है, जब दोनों को समान तनाव में रखा जाता है। एक तार के तनाव में कितने प्रतिशत वृद्धि करे कि दोनों एक साथ कम्पित कराने पर 6 विस्पंद प्रति सेकण्ड उत्पन्न हो।

G-3. 1 mm व्यास के तार को 50 cm की दूरी पर स्थित दो पतले किनारों पर रखा जाता है। तार में तनाव 100 N है। जब तार मूल आवृति में एक स्वरित्र के साथ कम्पित होता है तो 5 विस्पंद प्रति सेकण्ड उत्पन्न होते हैं। यदि तार में तनाव कम करके 81 N कर दिया जाता है तो भी विस्पंद आवृति समान रहती है तो गणना करो –
(a) स्वरित्र की आवृति (b) तार के पदार्थ का घनत्व

G-4. एक 25 cm लम्बी रस्सी जिसका द्रव्यमान 2.5 g है, दोनों सिरो से स्थिर तथा तनन अवस्था में है। एक सिरे से बंद 40 cm लम्बाई का बंद पाईप है। जब रस्सी को प्रथम अधिस्वरक व पाईप की हवा को मूल आवृति में कम्पित कराते हैं तो 8 विस्पंद प्रति सेकण्ड सुनाई देते है। रस्सी में तनाव कम करने पर विस्पंद आवृति कम प्रेक्षित होती है। यदि ध्वनि का वायु में वेग 320 m/s है तो रस्सी में तनाव ज्ञात करो।

खण्ड़ (H) : डॉप्लर प्रभाव

H-1. एक प्रेक्षक ध्वनि स्त्रोत आवृति f के साथ एक बड़ी दीवार की तरफ v वेग से चलता है। ध्वनि का वेग C मानकर ज्ञात करो।

(i) दीवार को प्रति सैकण्ड टक्कर मारने वाली तरंगो की संख्या

(ii) परावर्तित तरंगो की तरंगदैर्ध्य

(iii) प्रेक्षक द्वारा प्रतीत परावर्तित तरंगो की आवृति

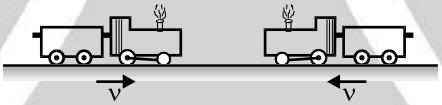
(iv) प्रेक्षक द्वारा सुनी गई विस्पंद आवृति

H-2. एक स्थिर स्त्रोत, एकल आवृत्ति ध्वनि भेजता है। एक दीवार u = 33 cm/s के वेग से स्रोत के पास आती है। ध्वनि के संचरण का वेग v = 330 m/s है। दीवार से परावर्तन के पश्चात ध्वनि तरंगो की तरंगदैर्ध्य किस प्रकार व कितने प्रतिशत से परिवर्तित होती है।

H-3. एक स्त्रोत u = 0.17 m/s के वेग से एक दीवार के लम्बवत् गति करता है। स्त्रोत की आवृति f_0 = 1000 Hz है। दो स्थायी प्रेक्षक R_1 व R_2 एक सरल रेखा पर स्थित है, जो स्त्रोत के पथ पर स्थित है, दिये गये क्रम में R_1 —स्त्रोत—R_2 — दीवार। कौनसा प्रेक्षक विस्पंद सुनता है व उसके द्वारा प्रेक्षित विस्पंद आवृति कितनी है। $v_{ध्वनि}$= 340 m/s.

H-4. C वेग से हवा में संचरित हो रही f आवृति की एक ध्वनि तरंग एक पृष्ठ जो कि स्त्रोत से v वेग से दूर जा रहा है, से परावर्तित होती है। स्त्रोत की स्थिति पर एक श्रोता द्वारा मापी गयी परावर्तित तरंग की आवृति क्या होगी।

H-5. दो ट्रेन एक दूसरे की तरफ एक समान चाल से आ रही है। ध्वनि की चाल 340 ms^{-1} है। एक सीटी की आवृत्ति दूसरी द्वारा सुनते समय 9/8 गुनी प्रतीत होती है, तो प्रत्येक ट्रेन की चाल कितनी होगी।



H-6. एक अज्ञात आवृति का स्वरित्र P दूसरे स्वरित्र Q के साथ 2 सेकण्ड में 7 विस्पंद उत्पन्न करता है। जब Q दीवार की तरफ 5 m/s की चाल से दौड़ता है, तो यह प्रतिध्वनी से 5 विस्पंद प्रति सेकण्ड देता है। P पर मोम लगाने पर यह Q के साथ 5 विस्पंद प्रति सेकण्ड देता है, तो P की वास्तविक आवृति ज्ञात करो। माना ध्वनि का वेग 332 m/s है।

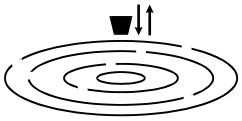
भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

खण्ड़ (A) : ध्वनि तरंग के समीकरण, तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति दाब तथा विस्थापन आयाम

A-1. जब ध्वनि तरंग हवा से पानी में अपवर्तित होती है तो निम्न में कौनसा परिवर्तित नहीं होता है।

(A) तरंग संख्या (B) तरंग दैर्ध्य (C) तरंग वेग (D) आवृत्ति

A-2. कार्क का टुकड़ा पानी में तैर रहा है। जब एक छोटी तरंग सतह से पास होती है, तो कार्क ऊपर नीचे कम्पित होता है। यदि तरंगों का वेग 0.21 ms^{-1} है तथा तरंगदैर्ध्य 15 mm है व आयाम 5 mm है तो कॉर्क के टुकड़े का अधिकतम वेग कितना होगा।



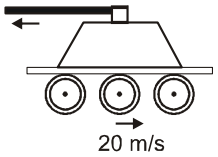
(A) 0.44 ms^{-1} (B) 0.24 ms^{-1} (C) 2.4 ms^{-1} (D) 4.4 ms^{-1}

A-3. एक आदमी के आवाज की आवृत्ति 300 Hz तथा तरंगदैर्ध्य 1 मीटर है। अगर बच्चे की आवाज की तरंगदैर्ध्य 1.5 मीटर है तो बच्चे के आवाज की आवृत्ति होगी :

(A) 200 Hz (B) 150 Hz (C) 400 Hz (D) 350 Hz.

खण्ड़ (B) : ध्वनि का वेग

B-1. एक मशीन गन एक कार जो 20 ms^{-1} की चाल से चल रही है, पर लगी है। बन्दूक (गन) कार के चलने की दिशा के विपरीत व्यवस्थित है। यदि गोली का बन्दूक के सापेक्ष वेग (muzzle speed) हवा में ध्वनि के वेग के बराबर (340 $ms^{-1)}$ है तो कार से 544 m दूर स्थित लक्ष्य पर गोली व ध्वनि के पहुंचने के मध्य समय अन्तराल कितना होगा।



(A) 1.2 s (B) 0.1 s (C) 1 s (D) 10 s

B-2. किसी ताप पर एकपरमाणुक गैस तथा जल वाष्प में ध्वनि तरंगों के वेग का अनुपात ज्ञात करो। (गैस का अणुभार 40 ग्राम/मोल तथा जलवाष्प का अणुभार 18 ग्राम/मोल है।

(A) 0.75 (B) 0.73 (C) 0.68 (D) इनमें से कोई नही

B-3. ताप व दाब की समान परिस्थितियों में इनमें से कौनसी गैस ध्वनि का उच्चतम वेग रखती है।

(A) H_2 (B) N_2 (C) He (D) CO_2

B-4. यदि v_{rms} = अणुओं का वर्गमाध्य मूल वेग

v_{av} = अणुओं की औसत चाल

v_{mp} = अणुओं का सर्वाधिक सम्भाव्य वेग

v_s = गैस में ध्वनि की चाल

इन चालों में सही सम्बन्ध होगा –

(A) $v_{rms} > v_{av} > v_{mp} > v_s$ (B) $v_{av} > v_{mp} > v_{rms} > v_s$ (C) $v_{mp} > v_{av} > v_{rms} > v_s$ (D) $v_{rms} > v_{av} > v_s > v_{mp}$

खण्ड़ (C) : ध्वनि की तीव्रता, डेसीबल मापन

C-1. एक ध्वनि तीव्रता स्तर I दूसरी ध्वनि तीव्रता 10 nW cm^{-2} से 3.0103 dB से ज्यादा है, तो परम तीव्रता I का निरपेक्ष मान Wm^{-2} में होगा-

(A) 2.5×10^{-4} (B) 2×10^{-4} (C) 2.0×10^{-2} (D) 2.5×10^{-2}

C-2. एक ध्वनि स्त्रोत जिसकी तीव्रता I वाट/मी.^{2} है, के सापेक्ष ध्वनि स्तर B_0 डेसीबल है। अगर तीव्रता को 4I तक बढ़ाया जाए तो ध्वनि स्तर लगभग हो जाएगा –

(A) $2B_0$ dB (B) $(B_0 + 3)$dB (C) $(B_0 + 6)$dB (D) $4B_0$ dB

C-3. एक समआकृतिक बिन्दुवत ध्वनि स्त्रोत से 10 मीटर की दूरी पर ध्वनि की तीव्रता 0.008 वाट/मी.^{2} है। स्त्रोत की शक्ति लगभग होगी –

(A) 2.5 वाट (B) 0.8 वाट (C) 8 वाट (D) 10 वाट

खण्ड़ (D) : व्यतिकरण

D-1. जब ध्वनि तरंग, समान आवृत्ति तथा नियत कलान्तर की दूसरी तरंग से व्यतिकरण करती है तो

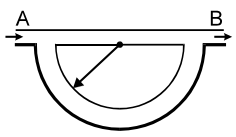
(A) ऊर्जा प्राप्ति होगी (B) ऊर्जा में हानि होगी

(C) ऊर्जा में पुनःवितरण, समय के साथ परिवर्तित होगा। (D) ऊर्जा में पुनःवितरण, समय के साथ परिवर्तित नहीं होगा।

D-2. एक स्वरित्र F से उत्पन्न ध्वनि तरंगे दो अलग रास्तों FAP तथा FBP के द्वारा P पर पहुंचती है। (जहां FBP, FAP से 12 cm अधिक है तथा P पर शांति silence है) यदि यह अन्तर 24 cm का हो तो P पर अधिकतम ध्वनि परन्तु अन्तर यदि 36 cm है तो पुनः शांति होती है। यदि ध्वनि का वेग 330 ms^{-1} है तो स्वरित्र की न्यूनतम आवृत्ति कितनी होगी ।

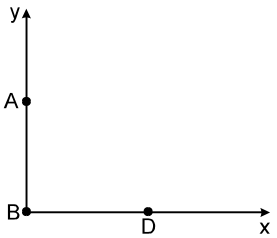
(A) 1537 Hz (B) 1735 Hz (C) 1400 Hz (D) 1375 Hz

D-3. एक ध्वनि तरंग सिग्नल एक नली में चित्रानुसार भेजा जाता है। वृत्तीय भाग की त्रिज्या r है। ध्वनि का वायु में वेग v है। ध्वनि स्त्रोत आवृति ν_1 से ν_2 तक ($\nu_2 > \nu_1$) परिवर्तित आवृत्ति देने मे समर्थ है। यदि n पूर्णांक है तो अधिकतम तीव्रता के लिए आवृति होगी।



(A) $\frac{nv}{r}$ (B) $\frac{nv}{r(\pi-2)}$ (C) $\frac{nv}{\pi r}$ (D) $\frac{nv}{(r-2)\pi}$

D-4. y-अक्ष पर दो कला सबद्ध स्रोत A तथा B स्थित है, इनके मध्य की दूरी '4λ' है। इन दोनों के कारण व्यतिकरण होता है। स्रोत की तरंगदैर्ध्य λ है। एक संसूचक 'D' धनात्मक x–अक्ष पर गति करता है। x = 0 तथा x = ∞ बिन्दुओं को छोड़कर, कितने बिन्दुओं पर उच्चिष्ठ प्रेक्षित होंगे -



(A) तीन (B) चार (C) दो (D) अनन्त

D-5. एक व्यक्ति छोटे कमरे में बातचीत करता है तथा ध्वनि का तीव्रता स्तर कमरे में सभी जगह 60 dB (डेसिबल) है। यदि कमरे में एक साथ आठ व्यक्ति बातचीत कर रहे हो, तो तीव्रता का स्तर क्या होगा ?

(A) 60 dB (B) 69 dB (C) 74 dB (D) 81 dB

खण्ड़ (E) : परावर्तित अप्रगामी ध्वनि तरंगो का समीकरण

E-1. जब ध्वनि तरंग दीवार से परावर्तित होती है, परावर्तित व आपतित दाब तरंग के मध्य कलान्तर है।

(A) 0 (B) π (C) π/2 (D) π/4

खण्ड़ (F) : ऑर्गन पाईप एवं अनुनाद

F-1. यदि मूल, प्रथम अधिस्वरक तथा द्वितीय अधिस्वरक में अनुनाद प्रदान करने वाली तरंगों की तरंगदैर्ध्य क्रमशः $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ है (तरंग एक खुले आर्गन पाईप में उत्पन्न होती है)। तो तरंगदैर्ध्य अनुपात $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3$ होगा।

(A) 1 : 2 : 3 (B) 1 : 3 : 5 (C) 1 : 1/2 : 1/3 (D) 1 : 1/3 : 1/5

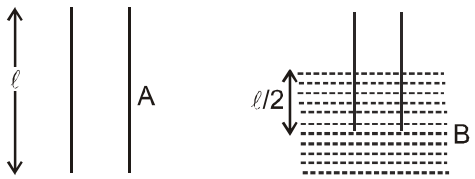
F-2. एक खुले ऑर्गन पाईप जिसकी लम्बाई ℓ है तथा मूल विद्या में कम्पन कर रहा है तो, दाब में अधिकतम परिवर्तन होगा –

(A) सिरों पर (B) पाईप के मध्य में (C) मध्य से $\frac{L}{4}$ दूरी पर (D) मध्य से $\frac{3L}{8}$ दूरी पर

F-3. बंद आर्गन पाईप की मूल आवृति खुले आर्गन पाईप के प्रथम अधिस्वरक के बराबर है। यदि खुले पाईप की लम्बाई 50 cm है तो बंद पाईप की लम्बाई होगी

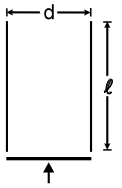
(A) 25 cm (B) 12.5 cm (C) 100 cm (D) 200 cm

F-4. दो एक समान नली A और B क्रमशः वायु और जल में चित्रानुसार रखी है। यदि A की मूलभूत आवृत्ति f_0 है तो B की मूलभूत आवृत्ति ज्ञात करो ?



(A) $\frac{f_0}{4}$ (B) $\frac{f_0}{2}$ (C) f_0 (D) $2 f_0$

F-5. एक ℓ लम्बाई व d व्यास की दोनों सिरे से खुली नली ν_1 मूल आवृति पर अनुनादित है। वायु में ध्वनि का वेग 330 m/sec है। एक खुला सिरा अब बंद कर दिया जाता है। अब न्यूनतम अनुनादित आवृति ν_2 है। अंत (सिरा) संशोधन को लेकर $\frac{\nu_2}{\nu_1}$ का मान है



(A) $\frac{(\ell+0.6d)}{(\ell+0.3d)}$ (B) $\frac{1}{2}\frac{(\ell+0.3d)}{(\ell+0.6d)}$ (C) $\frac{1}{2}\frac{(\ell+0.6d)}{(\ell+0.3d)}$ (D) $\frac{1}{2}\frac{(d+0.3\ell)}{(d+0.6\ell)}$

F-6. एक खुले पाइप A तथा एक बन्द पाइप B के द्वितीय अधिस्वरक की आवृत्ति समान है। A तथा B की मूल आवृत्ति का अनुपात होगा

(A) 3 : 5 (B) 5 : 3 (C) 5 : 6 (D) 6 : 5

F-7. एक अनुनाद नली 256 Hz आवृति के स्वरित्र के साथ अनुनादित है, यदि प्रथम एवं द्वितीय अनुनादित वायु स्तम्भ की लम्बाई 32 cm तथा 100 cm हो तो सिरा संशोधन होगा -

(A) 1 cm (B) 2 cm (C) 4 cm (D) 6 cm

खण्ड़ (G) : विस्पंद

G-1. 512 Hz आवृत्ति का एक ध्वनि स्त्रोत, एक गिटार के साथ 6 विस्पंद उत्पन्न करता है। यदि गिटार की रस्सी को धीरे से खीचा जाता है तो विस्पंद आवृत्ति घटती है, गिटार की वास्तविक आवृत्ति ज्ञात करो ?

(A) 506 Hz (B) 512 Hz (C) 518 Hz (D) 524 Hz

G-2. यदि (n – 1), n तथा (n + 1) आवृति के तीन ध्वनि स्त्रोत समान तीव्रता में एक साथ कम्पित हो तो प्रति सैकण्ड विस्पंद आवृति सुनाई देगी।

(A) 2 (B) 1 (C) 4 (D) 3

G-3. समान लम्बाई के एक बन्द ऑर्गन पाइप व एक खुले आर्गन पाईप 4 विस्पंद/सैकण्ड उत्पन्न करते हैं जबकि इन्हे एक साथ कम्पित किया जाता है। यदि प्रत्येक की लम्बाई प्रारम्भिक लम्बाई की दुगुनी हो तो उत्पन्न विस्पंद/सैकण्ड होंगे : (दोनों स्थितियों में कम्पन्नों की समान विधा लें)

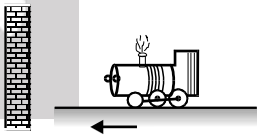
(A) 2 (B) 4 (C) 1 (D) 8

खण्ड़ (H) : डॉप्लर प्रभाव

H-1. निम्न में से कौन, डॉप्लर प्रभाव की आभासी आवृत्ति को प्रभावित नही करता है ?

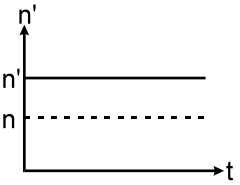
(A) स्त्रोत की चाल (B) प्रेक्षक की चाल (C) स्त्रोत की आवृत्ति (D) स्त्रोत एवं प्रेक्षक के मध्य दूरी

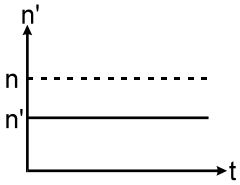
H-2. एक ईंजन का ड्राईवर 50 ms^{-1} के वेग से 1.2 kHz आवृति की ध्वनि उत्पन्न करता हुआ दीवार की तरफ जाता है। इंजन के ड्राईवर द्वारा दीवार से परावर्तित तरंगो की सुनी गई आवृति होगी, जब हवा में ध्वनि का वेग 350 ms^{-1} है।

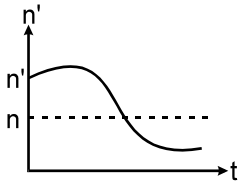


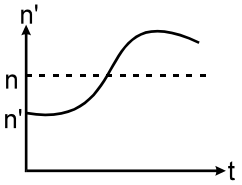
(A) 1 kHz (B) 1.8 kHz (C) 1.6 kHz (D) 1.2 kHz

H-3. एक स्त्रोत व श्रोता एक साथ मूल बिन्दु से चलना प्रारम्भ करते हैं। एक X-अक्ष पर व दूसरा Y-अक्ष पर चलता है। स्त्रोत, श्रोता के वेग के दोगुने वेग से चलता है तो प्रेक्षक द्वारा आभासी आवृति n' व समय t के मध्य ग्राफ होगा। (n स्रोत की आवृति है)

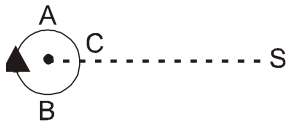
(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

H-4. एक श्रोता एक वृत्त पर चित्रानुसार चलता है। एक छोटा ध्वनि स्त्रोत S पर स्थित है। माना $\upsilon_1, \upsilon_2, \upsilon_3$ क्रमशः प्रेक्षक द्वारा A, B, तथा C स्थिति पर श्रोता के होने के संगत सुनी गई आवृति है।



(A) $\upsilon_1 > \upsilon_2 > \upsilon_3$ (B) $\upsilon_1 = \upsilon_2 > \upsilon_3$ (C) $\upsilon_2 > \upsilon_3 > \upsilon_1$ (D) $\upsilon_1 > \upsilon_3 > \upsilon_2$

H-5. दो फैक्ट्रियों से 400 Hz पर इनकें सायरन आवाज उत्पन्न कर रहे है। एक व्यक्ति एक फैक्ट्री से दूसर फैक्ट्री की ओर 2m/s की चाल से चल रहा है। यदि ध्वनि की चाल 320 m/s है। तब व्यक्ति द्वारा सुनी गई प्रति सेकण्ड़ विसपन्द की संख्या होगी. **[Olympiad 2016 stage–I]**

(A) 6 (B) 5 (C) 2.5 (D) 7.5

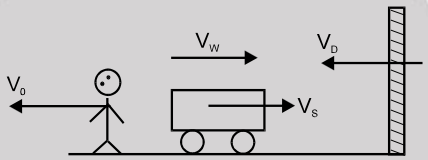
भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. **निम्न का मिलान कीजिए –**

स्तम्भ-I	**स्तम्भ-II**
(A) $y = 4 \sin(5x - 4t) + 3 \cos(4t - 5x + \pi/6)$	(p) कण प्रत्येक स्थिति पर SHM प्रदर्शित करता है
(B) $y = 10 \cos\left(t - \frac{x}{330}\right) \sin(100)\left(t - \frac{x}{330}\right)$	(q) प्रगामी तरंग की समीकरण
(C) $y = 10 \sin(2\pi x - 120t) + 10 \cos(120t + 2\pi x)$	(r) अप्रगामी तरंग का समीकरण
(D) $y = 10 \sin(2\pi x - 120t) + 8 \cos(118t - 59/30\pi x)$	(s) विस्पन्द की समीकरण

2. S, O तथा W क्रमशः स्त्रोत, प्रेक्षक और दीवार को प्रदर्शित करते हैं। V_O, V_S, V_D, तथा V क्रमशः प्रेक्षक, स्त्रोत, दीवार तथा ध्वनि (हवा के सापेक्ष) के वेग हैं। V_W हवा का वेग है। ये चित्रानुसार चल रहे हैं तो निम्न का मिलान कीजिये

जहां $f_r = \frac{V + V_w + V_D}{V + V_w - V_S} f$



स्तम्भ-I	**स्तम्भ-II**
(A) स्त्रोत से प्रेक्षक की तरफ आती हुई तरंग की तरंगदैर्ध्य।	(p) $(V - V_W - V_D)/f_r$
(B) दीवार पर आपतित होती हुई तरंग की तरंगदैर्ध्य।	(q) $(V - V_W - V_O)f_r /(V - V_W - V_D)$
(C) दीवार से प्रेक्षक की तरफ आ रही तरंग की तरंगदैर्ध्य।	(r) $(V - V_W + V_S)/f$
(D) जब दीवार से परावर्तन के बाद प्रेक्षक O द्वारा प्रेक्षित तरंग की आवृत्ति।	(s) $(V + V_W - V_S)/f$

3. एक सिरे से बन्द 1m नली से अनुनाद के लिए, यदि हम भिन्न भिन्न स्वरित्र द्विभुज का उपयोग करते है। निश्चित आवृत्तियों के स्वरित्र द्विभुज के उपयोग के परिणाम के अनुसार आवृत्ति का मिलान कीजिए। (ध्वनि का वेग = 320 m/s)

स्वरित्र द्विभुज	**परिणाम**
(A) 240 Hz	(p) मध्यम ध्वनि उत्पन्न होगी
(B) 320 Hz	(q) तीक्ष्ण ध्वनि उत्पन्न होगी
(C) 400 Hz	(r) केवल तीसरी संनादी सक्रिय है
(D) 500 Hz	(s) केवल पांचवीं संनादी सक्रिय है

Exercise-2

✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

1.✍ जब हम अपने हाथों से ताली बजाते है तो उत्पन्न ध्वनि को सबसे अच्छी तरह प्रदर्शित करते हैं।

(A) $p = p_0 \sin(kx - \omega t)$ (B) $p = p_0 \sin kx \cos \omega t$

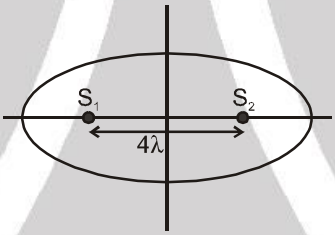
(C) $p = p_0 \cos kx \sin \omega t$ (D) $p = \Sigma p_{on} \sin(k_n x - \omega_n t)$

जहां p साम्यवस्था से दाब परिवर्तन को प्रदर्शित करता है।

2. एक हल्का सूचक स्वरित्र की एक भुजा पर चिपका हुआ है, एवं एक उर्ध्व प्लेट को स्पर्श करता है। स्वरित्र को कम्पित किया जाता है व प्लेट को स्वतंत्रता पूर्वक गिराया जाता है। जब प्लेट 10 cm गिरती है तो 8 पूर्ण दोलन गिने जाते है, तो स्वरित्र की आवृति कितनी होगी। ($g = 9.8\ m/s^2$)

(A) 65 Hz (B) 56 Hz (C) 46 Hz (D) 64 Hz

3. दो कलासंबद्ध ध्वनि स्रोत S_1 तथा S_2, x-अक्ष पर उपस्थित है इनके मध्य की दूरी 4λ है (इन दोनों के मध्य प्रारम्भिक कलान्तर शून्य है।) λ ध्वनि स्रोतों द्वारा उत्पन्न ध्वनि का तरंगदैर्ध्य है। इनके चारों ओर स्थित दीर्घवृत्तीय पथ पर बनने वाले उच्चिष्ठों की संख्या होगी -

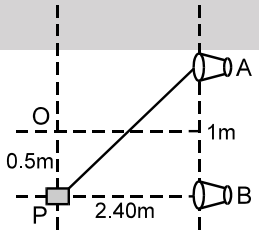


(A) 16 (B) 12 (C) 8 (D) 4

4. N संनादी तरंग, जिसका आयाम तथा आवृत्ति समान है, के अध्यारोपण पर विचार कीजिए। यदि N बहुत बड़ा अंक तो घटक तरंग की तीव्रता (I_0) के पदों में परिणामी तीव्रता बताओ जब घटक तरंगो की कला एक समान है।

(A) NI_0 (B) N^2I_0 (C) $\sqrt{N}I_0$ (D) I_0

5.✍ दो स्पीकर A तथा B, 1m की दूरी पर रखे हैं। दोनों 1800 Hz आवृति की ध्वनि तंरगें समान कला में उत्पन्न करते है। एक सूचक दोनों स्पीकरों को मिलाने वाली रेखा के समान्तर 2.4m दूरी पर अधिकतम तीव्रता O तथा फिर P पर प्रेक्षित करता है। ध्वनि तरंगो की चाल होगी –



(A) 330 ms^{-1} (B) 360 ms^{-1} (C) 350 ms^{-1} (D) 340 ms^{-1}

6.✍ एक हॉल में एक व्यक्ति 120 मी. दूर स्थित स्त्रोत से सीधे ध्वनि तरंगे प्राप्त करता है। व्यक्ति इसी स्त्रोत से वे तरंगे भी प्राप्त करता है जो उन दोनों (व्यक्ति व दीवार) के ठीक बीच में स्थित 25 मी. ऊँची छत से टकराकर उस तक पहुँचती है। दोनों तरंगे निम्न तरंगदैर्ध्यों (m में) के लिये संपोषी व्यक्तिकरण देगी–

(A) 10, 10/2, 10/3, 10/4 (B) 20, 20/3, 20/5, 20/7,.....

(C) 30, 20, 10,..... (D) 10, 10/3, 10/5, 10/7.....

7. किसी माध्यम में ध्वनि तरंगो के विस्थापन का समीकरण $Y = A\cos(ax + bt)$ है जहां A, a और b धनात्मक नियतांक है। तरंगे एक सघन अवरोधक द्वारा परावर्तित होती है, जो $x = 0$ पर स्थित है। परावर्तित तरंगो की तीव्रता आपतित तरंगो की तीव्रता के 0.64 गुना है, तो निम्न में से कौनसा गलत है।

(A) तरंग की तरंगदैर्ध्य व आवृति क्रमशः $2\pi/a$ तथा $b/2\pi$ है।

(B) परावर्तित तरंग का आयाम 0.8 A है।

(C) परिणामी तरंग परावर्तन के पश्चात $y = A\cos(ax + bt) + [-0.8\ A\cos(ax - bt)]$ तथा कण का अधिकतम वेग $V_{max} = 1.8\ bA$ है

(D) इस तरह उत्पन्न अप्रगामी तरंग का समीकरण $y = 1.8\ A \sin ax \cos bt$ है।

8. ध्वनि की चाल का 300 K पर नाइट्रोजन व हीलियम में अनुपात होगा – **[JEE - 1999, 2/200]**

(A) $\sqrt{2/7}$ (B) $\sqrt{1/7}$ (C) $\sqrt{3}/5$ (D) $\sqrt{6/5}$

9. दो एकपरमाणुक आदर्श गैस 1 व 2 के अणुभार क्रमशः m_1 व m_2 है, दोनों अलग–अलग पात्रों में समान ताप पर बन्द है तो दोनों गैसो में ध्वनि की चाल का अनुपात होगा **[JEE (Scr) - 2000, 2/105]**

(A) $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$ (B) $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ (C) $\frac{m_1}{m_2}$ (D) $\frac{m_2}{m_1}$

10. एक बंद पाईप 300 Hz मूल आवृति पर अनुनादित है तो निम्न में से कौनसे कथन गलत है। **[REE - 1993]**

(A) ताप बढ़ाने पर मूल आवृति बढ़ती है। (B) दाब बढाने पर, मूल आवृति बढती है।

(C) प्रथम अधिस्वरक आवृति 900 Hz है। (D) समान मूल आवृति के खुले पाईप की लम्बाई दुगनी होगी।

11. एक बंद व एक खुले आर्गन पाईप के प्रथम अधिस्वरक की आवृति समान है तो उनकी लम्बाई का अनुपात होगा **[REE - 1999]**

(A) 1 : 2 (B) 2 : 3 (C) 3 : 4 (D) 4 : 5

12. एक खुले आर्गन पाईप को अचानक एक सिरे पर बंद करने पर, बंद आर्गन पाईप के तृतीय संनादी की आवृति, खुले पाईप की मूल आवृति से 100 Hz अधिक है तो खुले पाइप की मूल आवृति हेागी– **[JEE - 1996, 2]**

(A) 200 Hz (B) 300 Hz (C) 240 Hz (D) 480 Hz

13. चार स्वरित्रों का एक समूह है जिनमें एक 550 हर्ट्ज की न्यूनतम आवृत्ति के साथ कम्पन्न कर रहा है। एक साथ एक समय पर दो स्वरित्रों को उपयोग में लेकर 1, 2, 3, 5, 7, 8 विस्पंद आवृत्तियाँ सुनी जाती है तो अन्य तीन स्वरित्रों की संभावित आवृत्तियाँ होंगी –

(A) 552, 553, 560 (B) 557, 558, 560 (C) 552, 553, 558 (D) 551, 553, 558

14. दो ध्वनि स्त्रोत एक प्रेक्षक के कान के पास दो प्रगामी तरंग $y_1 = 12\cos 100\pi t$ तथा $y_2 = 4\cos 102\pi t$ उत्पन्न करते है। जब दोनों एक साथ ध्वनित हो तो वह सुनेगा।

(A) अधिकतम व न्यूनतम तीव्रता अनुपात 4 : 1 के साथ 2 विस्पंद प्रति सैकण्ड

(B) अधिकतम व न्यूनतम तीव्रता का अनुपात $\sqrt{2}$: 1 के साथ 1 विस्पंद प्रति सैकण्ड

(C) अधिकतम व न्यूनतम तीव्रता अनुपात 9 : 1 के साथ–साथ 2 विस्पंद प्रति सैकण्ड

(D) अधिकतम व न्यूनतम तीव्रता अनुपात 4 : 1 के साथ 1 विस्पंद प्रति सैकण्ड

15. एक स्थिर ध्वनि स्त्रोत से उत्सर्जित एक निश्चित आवृति, f_a प्रतीत होती है जब श्रोता स्त्रोत की ओर v वेग से गति करता है तथा f_r प्रतीत होती है जब श्रोता समान चाल से स्त्रोत से दूर की ओर गति करता है। स्त्रोत की आवृति है–

(A) $\frac{f_r + f_a}{2}$ (B) $\frac{f_a - f_r}{2}$ (C) $\sqrt{f_a f_r}$ (D) $\frac{2f_r f_a}{f_r + f_a}$

16. जब एक ट्रेन एक स्थायी प्रेक्षक की तरफ आती हैं, तो आभासी आवृति n' है तथा जब यह प्रेक्षक से दूर जाती है तो आभासी आवृति n" है तो आभासी आवृति n क्या होगी जब श्रोता ट्रेन के अंदर बैठा हुआ है। **[REE 1997, 5]**

(A) $n = \frac{n' + n''}{2}$ (B) $n = \sqrt{n' n''}$ (C) $n = \frac{2n'n''}{n' + n''}$ (D) $n = \frac{2n'n''}{n' - n''}$

17. एक पुलिस की गाड़ी 176 Hz की ध्वनि उत्सर्जित करती हुई 22 m/s से एक मोटरसाईकिल का पीछा कर रही है जो एक स्थिर कार की तरफ जा रही है तथा पुलिस की गाड़ी से दूर जा रही है। खड़ी हुई कार 165 Hz आवृति की ध्वनि उत्पन्न कर रही है। मोटर साइकिल चालक कोई भी विस्पंद नही सुन रहा है। उसकी चाल होगी। (ध्वनि का वेग = 330 m/s) **[JEE-2003 (screening), 3/84]**

(A) 33 m/s (B) 22 m/s (C) शून्य (D) 11 m/s

18. एक सायरन रेलवे प्लेटफार्म पर 5 kHz आवृति से ध्वनि तरंगे उत्सर्जित करता है। जब ट्रेन सायरन के पास पहुचती है तो, एक चलती हुई ट्रेन A में बैठा व्यक्ति इस आवृति को 5.5 kHz प्रेक्षित करता है वह अपनी वापसी के समय अलग ट्रेन B से इसी आवृति को 6.0 kHz प्रेक्षित करता है, जब ट्रेन उसी सायरन की तरफ आती है, तो ट्रेन B तथा A के वेग का अनुपात ज्ञात करों **[JEE - 2002 (Screening), 3/90]**

(A) $\frac{242}{252}$ (B) 2 (C) $\frac{5}{6}$ (D) $\frac{11}{6}$

19. एक ट्रेन एक स्थायी प्रेक्षक की तरफ गतिमान है ट्रेन की चाल 34m/s है। ट्रेन सीटी बजाती है तो प्रेक्षक द्वारा सुनी आवृति f_1 है। यदि ट्रेन की चाल 17m/s तक कम हो जाये तो प्रेक्षक द्वारा सुनी आवृति f_2 हो जाती है। यदि ध्वनि का वेग 340m/s है तो अनुपान $f_1 : f_2$ होगा **[JEE - 2000 Screening, 1/35]**

(A) 18/19 (B) 1/2 (C) 2 (D) 19/18

20. एक ट्रेन सीटी बजाती हुई नियत वेग v से जमीन पर खड़े एक प्रेक्षक से दूर जा रही है। सीटी की मूल आवृति व आभासी आवृति का अनुपात 1.2 है। यदि ट्रेन विराम में हैं तथा प्रेक्षक समान वेग से ट्रेन से दूर जाता है तो उनका अनुपात होगा। **[JEE - 1993]**

(A) 0.51 (B) 1.25 (C) 1.52 (D) 2.05

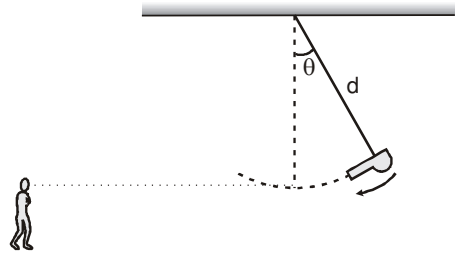
21. ध्वनि तरगों में हवा, स्त्रोत से श्रोता की तरफ U_W चाल से बह रही है। स्रोत एवं श्रोता दोनों स्थिर हैं। यदि λ_0, बिना हवा की स्थिति में मूल तरंग दैर्ध्य हो तथा ध्वनि का हवा में वेग V हो, तो श्रोता द्वारा प्राप्त तरंग दैर्ध्य व्यक्त की जा सकती है

(A) λ_0 (B) $\left(\frac{V + U_w}{V}\right)\lambda_0$ (C) $\left(\frac{V - U_w}{V}\right)\lambda_0$ (D) $\left(\frac{V}{V + V_w}\right)\lambda_0$

22. दो ध्वनि स्त्रोत जो एक समान तरंगदैर्ध्य λ की ध्वनि उत्पन्न करते है, कुछ दूरी पर स्थित है। एक श्रोता u वेग से दोनों को मिलाने वाली रेखा पर चलता है, तो प्रति सैकण्ड प्रेक्षित विस्पंद आवृति होगी।

(A) $\frac{2u}{\lambda}$ (B) $\frac{u}{\lambda}$ (C) $\frac{u}{3\lambda}$ (D) $\frac{2\lambda}{u}$

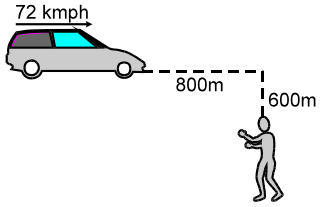
23. ध्वनि स्त्रोत एक झुले पर है जो उर्ध्व से θ कोण बनाता है। स्त्रोत की आवृति ν है। स्त्रोत कीलकीत बिन्दु से d दूरी पर है। यदि ध्वनि का वेग c व गुरूत्वीय त्वरण g है तो झुले के सामने स्थित एक स्त्रोता द्वारा प्रेक्षित अधिकतम व न्यूनतम आवृति होगी –



(A) $\frac{c\nu}{\sqrt{2gd - c}}, \frac{c\nu}{\sqrt{2gd + c}}$ (B) $\frac{c\nu}{\sqrt{2gd(1-\cos\theta) - c}}, \frac{c\nu}{\sqrt{2gd(1-\cos\theta) + c}}$

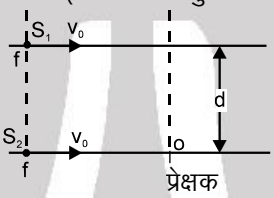
(C) $\frac{c\nu}{c - \sqrt{2gd(1-\cos\theta)}}, \frac{c\nu}{c + \sqrt{2gd(1-\cos\theta)}}$ (D) $\frac{c\nu}{c - \sqrt{2gd(1-\sin\theta)}}, \frac{c\nu}{c + \sqrt{2gd(1-\sin\theta)}}$

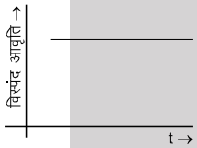
24. एक कार एक रेलवे फाटक को 72 kmph की चाल से पार कर रही है। जब यह 800 m की दूरी पर है, तो एक 600 Hz आवृति से हार्न बजाती है। ध्वनि की चाल 330 ms^{-1} है। एक आदमी जो फाटक से 600 m लम्बवत् दूरी पर है, द्वारा प्रेक्षित आवृति होगी।

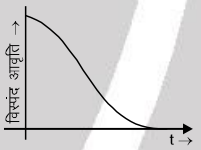


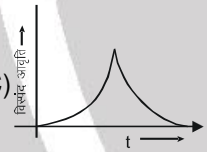
(A) 653 Hz (B) 365.5 Hz (C) 630.5 Hz (D) 563.5 Hz

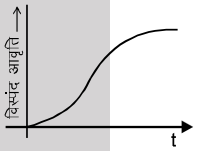
25. दो समरूप स्रोत एक दूसरे के समान्तर गति कर रहे हैं। इनके बीच की दूरी 'd' है। यह दोनों नियत वेग v_0 से गति कर रहे हैं तथा इनसे उत्पन्न आवृत्ति 'f' है। एक स्थिर प्रेक्षक 'O' एक स्रोत की गति रेखा पर स्थित हैं तो O के द्वारा सुनी गई विस्पंद आवृत्ति का समय के साथ सबसे उत्तम परिवर्तन है (दोनों स्रोत बहुत लम्बी दूरी से आ रहे तथा लम्बी दूरी पर जा रहे हैं।)



(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

26. प्रारम्भ में (–r, 0) स्थिति पर एक ध्वनि श्रोत ' f ' आवृत्ति की ध्वनि उत्सर्जित कर रहा है तथा प्रेक्षक प्रारम्भ में (2r, 0) पर स्थिति है। यदि प्रेक्षक तथा श्रोता दोनों वेग $V_{\text{प्रेक्षक}} = -\sqrt{2}V\hat{i} - \sqrt{2}V\hat{j}$ तथा $V_{\text{श्रोत}} = \frac{V}{\sqrt{2}}\hat{i} + \frac{V}{\sqrt{2}}\hat{j}$ से गतिमान है, तो निम्न में से कौनसा कथन सही है –

(A) आभासी आवृत्ति पहले बढ़ेगी, बाद में घटेगी तथा प्रेक्षक गति के दौरान एक बार मूल आवृत्ति सुनेगा ।
(B) आभासी आवृत्ति पहले बढ़ेगी, बाद में घटेगी तथा प्रेक्षक गति के दौरान दो बार मूल आवृत्ति सुनेगा ।
(C) आभासी आवृत्ति पहले बढ़ेगी, बाद में घटेगी तथा प्रेक्षक गति के दौरान कभी भी प्रारम्भिक आवृत्ति नही सुनेगा।
(D) आभासी आवृत्ति लगातार घट रही है तथा प्रेक्षक गति के दौरान एक बार वास्तविक आवृत्ति सुनता है।

27. दो एक समान लाउडस्पीकर जो कमरे में एक दूसरे के समीप रखे है, समान ज्यावक्रीय वोल्टेज उत्पन्न करते है। एक लाउड़स्पीकर के चारों ओर एक प्रतिरूप की कल्पना करते है। जिसका क्षेत्रफल बढ़ रहा है तथा ध्वनि की तीव्रता क्रमागत स्थिति पर घट रही है। निम्न में से कौनसा इन क्षेत्रफलों की स्थितियों को परिवर्तित नही करेगा। **[Olympiad (stage-I) 2016]**

(A) गति करता हुआ एक स्पीकर (B) संकेत वोल्टेज के आयाम में परिवर्तन
(C) संकेत वोल्टेज की आवृत्ति में परिवर्तन (D) कमर में भरी हुई वायु को भिन्न–भिन्न गैस से प्रतिस्थापित करने पर

28. सायरन द्वारा उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति 400 Hz से 1200 Hz तक बढ़ती है, जबकि इसका आयाम समान रहता है अतः 1200 Hz पर तरंग की तीव्रता तथा 400 Hz पर तरंग की तीव्रता का अनुपात होगा **[Olympiad (stage-I) 2016]**

(A) 1 : 1 (B) 3 : 1 (C) 1 : 9 (D) 9 : 1

29. एक सीटी जिसका हवा स्तम्भ दोनों सिरों से खुला हैं 500 Hz की मूल आवृत्ति रखती है। सीटी को पानी के अन्दर इस प्रकार डूबाया जाता है, कि इसका आधा भाग पानी से बाहर रहता है। अब मूल आवृत्ति क्या होगी ? (हवा में ध्वनि का वेग 340 ms^{-1} है।) **[Olympiad (State-1) 2017]**

(A) 250 Hz (B) 125 Hz (C) 500 Hz (D) 1000 Hz

30. एक आदमी एक बड़ी दीवार के सामने विराम पर खड़ा है। एक 400 Hz आवृत्ति का ध्वनि स्त्रोत दीवार और उसके बीच में रखा है। अब स्त्रोत दीवार की तरफ 1 m/s की चाल से गति करता है। प्रति सेकण्ड़ सुने गये स्पन्दों की संख्या होगी (हवा में ध्वनि की चाल 345 m/s है।) **[Olympiad (State-1) 2017]**

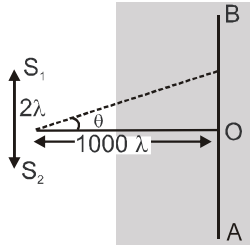
(A) 0.8 (B) 0.58 (C) 1.16 (D) 2.32

भाग - II : एकल या द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

1. 900 m लम्बी सुरंग मे हवा का तापमान एक सिरे से दूसरे सिरे पर 100 K से 900 K तक परिवर्तित होता है। यदि 400 K पर, हवा में ध्वनि का वेग 360 m/s हैं तो ध्वनि द्वारा सुरंग को पार करने में लगा समय K सैकण्ड है तो 2K का मान ज्ञात करो ?

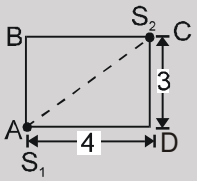
2. किसी समय समतल तरंग की आकृति का समीकरण $y = 12 \sin \frac{\pi x}{50}$ (x तथा y सेन्टीमीटर में है)। तरंग का वेग धनात्मक दिशा में मूल बिन्दु से दूर 100 cm/s है तो 0.25s बाद तरंग की आकृति का समीकरण $y = 12 \sin \left(\frac{\pi x}{5a} - \frac{\pi}{b}\right)$ है, तो a × b का मान बताओं।

3.



चित्रानुसार दो कला सम्बद्ध स्त्रोत S_1 और S_2, (एक दूसरे के साथ समान कला में) 2λ की दूरी पर रखे हुये है। जहाँ ध्वनि की तरंगदेर्ध्य λ है। एक संसूचक S_1S_2 के समान्तर रेखा AB पर चलता है। कोण θ जहाँ संसूचक, O से परिमित दूरी पर अधिकतम तीव्रता प्रेक्षित करेगा, वह $\theta = \pm \left(\frac{\pi}{n}\right)$ है तो n का मान ज्ञात करो ?

4. 3 ml & 4 m भुजा वाले आयताकार क्षेत्र के कोनों पर दो कला सम्बद्ध स्रोत रखे हैं। स्रोत S_1 S_2 से π कोण पीछे है। एक संसूचक 'ABC' पथ के अनुदिश गति करता है, तो ज्ञात करो।



यदि AB रेखा पर बनने वाले निम्निष्ठ और BC रेखा पर बनने वाले कुल निम्निष्ठों का अनुपात $\frac{P}{Q}$ है तो P.Q ज्ञात करो। [ध्वनि का वेग = 330 m/s ; स्रोत S_1 तथा S_2 की आवृत्ति = 165 हर्ट्ज]

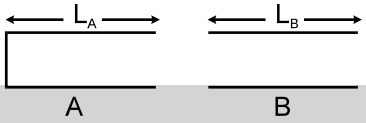
5. एक व्यक्ति पर्वत के सामने कुछ दूरी पर समान समयान्तराल पर ड्रम बजा रहा है। ड्रम बजाने की दर वह धीरे धीरे बड़ाता है तथा वह पाता है कि प्रतिध्वनि सही तरीके से नही सुनाई देती जब ड्रम के बजाने की दर 40 /मिनट है। अब वह पर्वत की तरफ 90m दूरी चलता तथा फिर से प्रतिध्वनि नही सुनाई देती जब ड्रम बजाने की दर 60 / मिनट हो जाती है तो पर्वत तथा व्यक्ति की प्रारम्भिक स्थित के बीच की दूरी x m है तो x/10 का मान ज्ञात करो। **[JEE 1974]**

6. ध्वनि का लाउडनेस एक बिन्दु स्त्रोत से 10 m दुरी पर 20 dB है। यदि वह दूरी जिस पर यह आवाज नही सुनाई देती, 10^K मीटर में है। k ज्ञात करो

7. एक धातु की छड़ में अनुदैर्ध्य तरंगो का समीकरण $y = 0.002 \sin \frac{\pi x}{3} \sin 1000 \pi t$, है। x तथा y cm में तथा t सेकण्ड में है। यदि x = 2 पर दाब में अधिकतम परिवर्तन (अधिकतम तन्य प्रतिबल) $\frac{1}{n} \times 10^{-3}$ डाईन/सेमी^{2} है तो n का मान ज्ञात करो यदि धातु का यंग प्रत्यास्थता गुणांक $\frac{3}{8\pi}$ डाईन/सेमी^{2} है।

8. एक अप्रगामी तरंग $\xi = a \sin kx.\cos \omega t$ एक समान छड़ जिसका अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल S तथा घनत्व ρ है, में संचरित है। यदि दो निकटस्थ निस्पंदो के बीच कुल यांत्रिक उर्जा संचय $\frac{1}{p} \pi S\rho\omega^2a^2/k$ है तो p का मान ज्ञात करो –

9. दो पाइप समुद्र के पानी में डूबे हुए है तथा चित्रानुसार व्यवस्थित हैं। पाइप 'A' की लम्बाई $L_A = 1.5$ मी. है तथा इसका एक सिरा खुला है, में एक छोटा ध्वनि स्त्रोत है जो कि पाइप की द्वितीय निम्निष्ठ अनुनाद आवृत्ति वाली अप्रगामी तरंगे उत्पन्न करता है। पाइप 'A' से उत्पन्न ध्वनि पाइप 'B' में अनुनाद उत्पन्न करती है जिसके दोनों सिरे खुले हैं। अनुनाद, पाइप B की द्वितीय निम्निष्ट आवृत्ति पर है तो पाइप B की लम्बाई मीटर में है –



10. दो पतले बेलनाकार पाईप A तथा B की लम्बाई समान है। पाइप A दोनों सिरों से खुला है इसमें M_A मोलर द्रव्यमान की एकपरमाणुक गैस भरी है। पाईप B एक सिरे से खुला तथा दूसरे सिरे से बंद है जिसमें मोलर द्रव्यमान M_B की एक द्विपरमाणुक गैस भरी है। दोनों गैस समान ताप पर है। दिया गया है पाईप A की द्वितीय संनादी, पाईप B की तृतीय संनादी के समान है। यदि अब आर्गन पाईप B के खुले सिरे को बंद कर दिया जाये ताकि पाईप के दोनों सिरे बंद हो जायें, तो पाइप A तथा B की मूल आवृति का अनुपात p/q (न्यूनतम अवस्था में) के बराबर है तो pq ज्ञात करो।

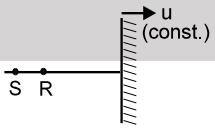
[JEE - 2002 (Mains), 5/100]

11. प्रयोग में अनुनाद स्तम्भ विधी के द्वारा वायु में ध्वनि की चाल ज्ञात करने के लिए वायु स्तम्भ की लम्बाई जो स्वरित्र द्विभुज के साथ अनुनाद में है, 0.1 m है। यह 0.35 m वायुस्तम्भ पर पुनः समान स्वरित्र के साथ प्रथम अधिस्वर में अनुनादित होती है तो अंतसंशोधन (सिरा संशोधन) होगा (mm में) – **[JEE- 2003 (Screening), 3/84]**

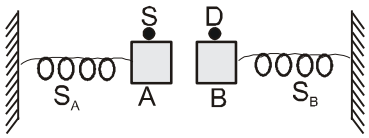
12. जब एक स्वरित्रा दो सोनोमीटर 1.0 m तथा 1.05 m लम्बे तार के साथ कम्पित कराया जाता है (दोनों समान विद्या में है) तो दोनो स्थितियों में 5 विस्पंद प्रति सेकण्ड उत्पन्न करता है। यदि स्वरित्र की आवृति 5f (Hz में) है तो f ज्ञात करो –

13. एक रेलगाड़ी बड़े पहाड़ में स्थित एक सुरंग की तरफ 12 मी./सै की चाल से चलते हुए सीटी बजाती है। ध्वनि पर्वत से परावर्तित होती है। अगर चालक प्रति सैकण्ड 6 विस्पंद सुनता है तथा ध्वनि का हवा मे वेग 332 मी./सैकण्ड है तो सीटी की आवृति है

14. S स्त्रोत व R श्रोता है। R व S स्थिर है। S से ध्वनि की आवृति f हैं तो R द्वारा प्रेक्षित विस्पंद आवृति $\frac{kuf}{v+u}$ है, तो k का मान ज्ञात करो। ध्वनि का वेग v है।



15. चित्र में दिखाये अनुसार 300 Hz का एक स्त्रोत S एक स्प्रिंग S_A के मुक्त सिरे पर लगे एक ब्लॉक A पर चिपका है। इसी प्रकार सूचक D स्प्रिंग S_B के साथ ब्लॉक B पर लगा है। ब्लॉक A व B एक साथ एक दूसरे की तरफ 2.0m दूरी से विस्थापित कर कम्पन्न के लिए छोड़ दिये जाते है यदि सूचक D द्वारा प्रेक्षित उच्चतम व न्यूनतम आवृति का गुणन $K \times 10^4$ (sec^{-2}) है तो k का मान ज्ञात करो यदि दोनो ब्लॉक की कम्पन्न आवृति $5/\pi$ Hz है। ध्वनी की हवा में चाल 300 m/s है। **[REE - 2001]**



16. दो वाहन A व B एक दूसरे की तरफ समान चाल u = 25 m/s से व समान आवृति f = 550 Hz का हार्न बजाते हुए चल रहे हैं। हवा, A के चलने की दिशा में W = 20 m/s चाल से चल रही है। A वाहन चालक, B का हार्न व स्वयं का वाहन B से परावर्तन के पश्चात हार्न सुनता है। यदि A द्वारा प्राप्त दोनों ध्वनि की तंरगदैर्ध्य का अन्तर $\frac{5}{P}$ तो P का मान ज्ञात करों। (ध्वनि का वेग V = 320 m/s है)

17. एक 5 m त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर गति करता हुआ ध्वनि स्त्रोत 320 Hz की आवृति उत्पन्न कर रहा है वह अपना एक चक्कर $\frac{\pi}{2}$ में लगाता है। वृत्त के केन्द्र से 30 m की दूरी पर उच्चतम व न्यूनतम प्रेक्षित सिग्नल आवृति में अंतर $\frac{25}{7}P$ है तो P का मान ज्ञात करो। (ध्वनि की चाल = 300 ms^{-1}) **[REE - 2000 Mains, 3]**

18. एक स्त्रोत v_0 = 1700 Hz आवृति की ध्वनि उत्पन्न करता है तथा एक प्रेक्षक समान दीवार के लम्बवत स्थित है। स्त्रोत व प्रेक्षक दोनों स्थिर है तथा दीवार स्त्रोत से u = 6.0 m/s से पीछे हट रही है। प्रेक्षक द्वारा, प्रेक्षित विस्पंद आवृति (Hz में) ज्ञात करो। ध्वनि का वेग 340 m/s है।

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. तरंग गति के समीकरण y = a sin (kx – ωt) में y किन–किन को निरूपित कर सकता है :

(A) विद्युत क्षेत्र (B) चुम्बकीय क्षेत्र (C) विस्थापन (D) z के दाब में परिवर्तन

2. जब दो तरंगो के मध्य स्थायी व्यतिकरण हेाता है तो निम्न में से कौनसा कथन असत्य हैं। **[REE - 1993]**

(A) तरंगो की तरंगदैर्ध्य समान होनी चाहिए। (B) तरंगो का कलान्तर नियत होना चाहिए।

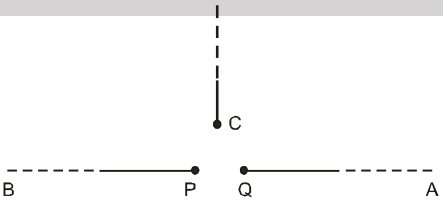
(C) तरंगें केवल अनुप्रस्थ होनी चाहिए। (D) तरंगो का आयाम समान होना चाहिए।

3. S_1 व S_2 दो स्त्रोत ज्या तरंगे उत्पन्न करते है। दोनों स्त्रोत समान कला में है तथा इन दोनो स्त्रोतो द्वारा उत्सर्जित तरंग बिन्दु F पर व्यतिकरण करती है तो तंरग की तरंगदैर्ध्य

(A) 1 m संपोषी व्यतिकरण उत्पन्न करती है। (B) $\frac{2}{3}$ m संपोषी व्यतिकरण उत्पन्न करती है।

(C) 2m विनाशी व्यतिकरण उत्पन्न करती है। (D) 4m विनाशी व्यतिकरण उत्पन्न करती है।

4. चित्रानुसार विधुतचुम्बकीय तरंगों के दो एक वर्णीय स्त्रोत P व Q, λ = 20 मीटर तरंगदैर्ध्य की तंरगें उत्सर्जित करते है तथा इनके मध्य दूरी 5 मीटर है। इन तरंगों से बिन्दु A, B व C पर व्यतिकरण प्रेक्षित होता है। P द्वारा उत्पन्न तरंग की कला, Q द्वारा उत्पन्न तरंग की कला से π/2 आगे है, तब (दोनों तरंगों की तीव्रता I समान है।) :



P तथा Q के सापेक्ष C सममित हैं

(A) B पर इन तंरगो का कलान्तर 180^0 है। (B) A, B व C पर तीव्रताओ का अनुपात क्रमशः 2 : 0 : 1 है।

(C) A, B व C पर तीव्रताओ का अनुपात क्रमशः 1 : 2 : 0 है। (D) A पर कलान्तर 0° है।

5. प्रगामी ध्वनि तरंगो की एकांक क्षेत्रफल की उर्जा दुगनी हो जाएगी यदि

(A) तरंग का आयाम दुगना कर दें (B) तरंग का आयाम 50% से बढ़ा दें

(C) तरंग का आयाम 41% से बढ़ा दें (D) तरंग की आवृत्ति 41% से बढ़ा दें

6. जब कोई तरंग चल रही हो तो

(A) तरंग तीव्रता एक समान रहेगी यदि वह समतल तरंग है।

(B) तरंग तीव्रता स्रोत से दूरी की व्युत्क्रम के साथ घटेगी यदि वह गोलीय तरंग है।

(C) तरंग तीव्रता स्रोत से दूरी के वर्ग के व्युत्क्रम के साथ घटेगी यदि वह गोलीय तरंग है।

(D) गोलीय तरंग की कुल शक्ति स्रोत पर केन्द्रित गोलीय सतह पर हमेशा नियत होगी। **[JEE - 1999, 3/200]**

7. आर्गन पाईप के बंद सिरे पर

(A) विस्थापन शून्य होता है। (B) विस्थापन आयाम अधिकतम होता है।

(C) दाब आयाम शून्य होता है। (D) तरंग दाब आयाम अधिकतम होता है।

8. एक बेलनाकार नली एक सिरे से बन्द व एक सिरे से खुली, इसके खुले सिरे के पास रखे एक, एकल आवृति के बाहरी स्त्रोत के साथ अपनी मूल विधा में अनुनाद में है, तब –

(A) स्त्रोत से उत्पन्न विस्थापन तरंग, बंद सिरे से परावर्तित होकर π के कलान्तर से परिवर्तित होती है।

(B) स्त्रोत से उत्पन्न दाब तरंग बंद सिरे से परावर्तित होकर बिना कलान्तर परिवर्तित हुए वापस आती है।

(C) तरंगे बंद सिरे से परावर्तित होकर खुले सिरे पर आती है, तथा खुले सिरे पर पुनः परावर्तित होती हैं।

(D) तरंगे बंद सिरे से परावर्तित होती है परन्तु खुले सिरे पर नहीं।

9. एक पाईप के बंद सिरे से लम्बाई के 1/3 भाग पर छिद्र बनाने पर प्रभाव इस प्रकार होगा कि –

(A) इसकी मूल आवृति समान लम्बाई के खुले पाईप से अष्टक में अधिक हेागी।

(B) इसकी मूल आवृति छिद्र बनाने से पूर्व की मूल आवृति का तिगुनी होगी।

(C) इसकी मूल आवृति छिद्र बनाने से पूर्व की मूल आवृति का 3/2 गुना होगी।

(D) मूल आवृति अकेले परिवर्तित होगी जबकि मूल आवृति के अनुपात के रूप में व्यक्त गुणावृत्ति (harmonics) स्वर समान होगा

10. एक सिरे से बंद नली की मूल अनुनादित आवृति बढ़ाने के लिए **[REE - 2000]**

(A) नली में हवा के स्थान पर हाइड्रोजन भर दें (B) नली की लम्बाई बढ़ा दें

(C) नली की लम्बाई कम कर दें (D) नली के बन्द सिरे को खोल दें

11. अनुनाद नली के प्रयोग में, एक बंद आर्गन पाइप प्रयोग में लाया जाता है जिसकी लम्बाई 120 सेमी० है, प्रारम्भ में यह पानी से पूरा भरा है। इसे 340 हर्ट्ज के स्वरित्र के साथ दोलित करते हैं। अनुनाद प्राप्त करने के लिए जल स्तर को नीचे ले जाया जाता है तो (दिया है $V_{\text{हवा}} = 340$ मी०/सै० सिरा सशोंधन नगण्य है)

(A) अनुनादित होने के लिए पानी के स्तम्भ की न्यूनतम् लम्बाई 45 सेमी० है।

(B) दो क्रमागत निस्पदों के मध्य दूरी 50 सेमी० है।

(C) अनुनादित होने के लिए पानी के स्तम्भ की अधिकतम लम्बाई 95 सेमी० है।

(D) दो क्रमागत निस्पदों के मध्य दूरी 25 सेमी० है।

12. दो पतली आर्गन नलीयाँ, एक खुली (लम्बाई ℓ_1) तथा दूसरी बन्द नलिका (लम्बाई ℓ_2) को उनके मूल स्वर में ध्वनित किया जा रहा है। विस्पन्द आवृति 5 हर्ट्ज सुनाई देती है। यदि नलिकाओं को अब प्रथम अधिस्वरक में ध्वनित किया जाता है, तब भी विस्पन्द आवृति 5 हर्ट्ज सुनाई देती है। तब –

(A) $\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1}{2}$ (B) $\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1}{1}$ (C) $\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{3}{2}$ (D) $\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{2}{3}$

13. जब दो समरूप सीधे खींचे तार एक साथ कम्पन्न करते हैं तो उनसे 6 विस्पंद/से. उत्पन्न होते हैं। दोनों में से किसी एक के तनाव में थोड़ा सा परिवर्तन कर दिये जाने पर भी दोनों की विस्पंद आवृत्ति परिवर्तित नहीं होती है। दोनों तारों में प्रारम्भिक उच्च तथा निम्न तनाव T_1 तथा T_2 में क्या परिवर्तन हो सकते है - **[JEE 1991, 2]**

(A) T_2 घटाया गया (B) T_2 बढ़ाया गया (C) T_1 बढाया गया (D) T_1 घटाया गया

14. एक स्त्रोत और एक प्रेक्षक, धरातल के सापेक्ष स्थिर है। यदि हवा स्त्रोत से प्रेक्षक की तरफ गतिमान हो रही है तो निम्न में से कौनसी राशियाँ नियत रहेगी।

(A) आवृत्ति (B) ध्वनि की चाल (C) तरंगदैर्ध्य (D) आवृर्त्तकाल

15. जब एक लड़की गाना गाना बंद करती है तो उसे आश्चर्य होता है कि उसे उच्च आवृत्ति की प्रतिध्वनी सुनाई देती है अर्थात् उच्च संगीत पिच प्रेक्षित होती है तो -

(A) परावर्तन सतह व लड़की के बीच कोई गर्म हवा हो सकती हैं।

(B) वहां दो एक समान स्थिर जडवत (fixed) परावर्तक सतह है जो कि ध्वनि तरंग की तरंगदैर्ध्य की आधी दूरी पर स्थित है।

(C) लड़की एक स्थायी परावर्तक की तरफ जा सकती है।

(D) परावर्तक लड़की की तरफ चल रहा हो सकता है।

16. एक ν आवृति का ध्वनि दांयी तरफ क्षैतिज में चल रहा है। यह ध्वनि u वेग से बांयी तरफ चल रही एक दीवार से परावर्तित हो रही है। ध्वनि का माध्यम में वेग c है, तो **[JEE - 1995]**

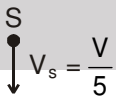
(A) सतह (दीवार) पर प्रति सैकण्ड आपतित तरंग $\frac{(c+u)}{c}\nu$ है।

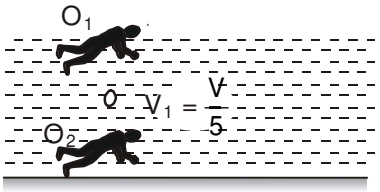
(B) परावर्तित तरंग का तरंगदैर्ध्य $\frac{c(c-u)}{\nu(c+u)}$ है।

(C) स्थिर प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित परावर्तित तरंग की आवृति $\frac{(c+u)}{(c-u)}\nu$ है।

(D) दीवार के बांयी ओर स्थित प्रेक्षक $\frac{u\nu}{c-u}$ विस्पंद सुनेगा।

17. चित्र में दर्शाये अनुसार प्रेक्षक O_1 (स्थिर) पानी सतह पर कान को बाहर रखते हुए तैरता है, जबकि एक अन्य प्रेक्षक O_2 पानी में स्थिर वेग $V_1 = V/5$ से ऊपर गतिमान होता है। स्त्रोत नीचे की ओर स्थिर वेग $V_s = V/5$ से गतिमान है तथा आवृत्ति ' f ' की ध्वनि उत्सर्जित करता है। हवा में ध्वनि का वेग V तथा पानी में ध्वनि का वेग 4V है। चित्र में दी गई स्थितियों के लिए





(A) O_1 द्वारा प्राप्त ध्वनि की तरंगदैर्ध्य $\frac{4V}{5f}$ है। (B) O_1 द्वारा प्राप्त ध्वनि की तरंगदैर्ध्य V/f है।

(C) O_2 द्वारा प्राप्त ध्वनि की आवृत्ति $\frac{21f}{16}$ है। (D) O_2 द्वारा प्राप्त ध्वनि की तरंगदैर्ध्य $\frac{16V}{5f}$ है।

18. एक स्वरित्र को नियत आवृत्ति और आयाम के साथ कम्पित कराया जाता है। यदि वायु को दाब में बिना परिवर्तन के गर्म किया जाता है तो निम्न में से कौन–कौनसी राशियाँ बढ़ेगी।

(A) तरंगदैर्ध्य (B) आवृत्ति (C) वेग (D) आवृर्त्तकाल

19. दो ध्वनि तरंगे एक हीं माध्यम में एक ही दिशा में गति करती हैं। तरंगों के दाब आयाम बराबर हैं किन्तु पहली तरंग की तरंगदैर्ध्य दूसरी की दुगुनी है। माना दोनो तरंगों द्वारा एक अनुप्रस्थ काट से होकर पारगमित औसत शक्ति P_1 व P_2 तथा तरंगो के विस्थापन आयाम S_1 व S_2 हैं, तब

(A) $P_1/P_2 = 1$ (B) $P_1/P_2 = 2$ (C) $s_1/s_2 = 1/2$ (D) $s_1/s_2 = 2/1$

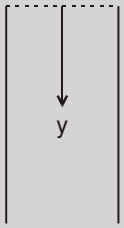
20. दो स्वरित्र A व B क्रमशः 256 Hz व 262 Hz आवृतियों की ध्वनि उत्पन्न करते हैं। जब एक अज्ञात ध्वनि को A के साथ कम्पित किया जाता है, तो विस्पंद उत्पन्न होते हैं। जब उसी अज्ञात ध्वनि को B के साथ कम्पित किया जाता है, तो विस्पंद आवृति दुगुनी हो जाती है। अज्ञात ध्वनि की आवृति हो सकती है –

(A) 268 Hz (B) 250 Hz (C) 260 Hz (D) 258 Hz

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

अनुच्छेद-1

एक आर्गन पाईप (खुला या बन्द हो सकता है) की 99 cm लम्बाई में अप्रगामी तरंग बनती है, उसके अनुदैर्ध्य विस्थापन की समीकरण है $\xi = (0.1 \text{ mm}) \cos \frac{2\pi}{80} (y + 1 \text{ cm}) \cos 2\pi(400)\, t$ जहाँ y नली के शीर्ष से सेन्टीमीटर में मापते हैं तथा t सैकण्ड में है। यहां 1 cm सिरा संशोधन है



1. नली का ऊपरी सिरा व निचला सिरा क्रमशः होगा –

(A) खुला – बन्द (B) बन्द – खुला (C) खुला – खुला (D) बन्द – बन्द

2. कम्पित वायु स्तम्भ में है

(A) प्रथम अधिस्वरक (B) द्वितीय अधिस्वरक (C) तृतीय संनादी (D) मूल विधा

3. दाब आधिक्य के पदों में अप्रगामी तरंग की समीकरण है (वायु का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक $B = 5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$)

(A) $P_{ex} = (125\ \pi \text{N/m}^2) \sin \frac{2\pi}{80} (y + 1 \text{ cm}) \cos 2\pi(400t)$

(B) $P_{ex} = (125\ \pi \text{N/m}^2) \cos \frac{2\pi}{80} (y + 1 \text{ cm}) \sin 2\pi(400t)$

(C) $P_{ex} = (225\ \pi \text{N/m}^2) \sin \frac{2\pi}{80} (y + 1 \text{ cm}) \cos 2\pi(200t)$

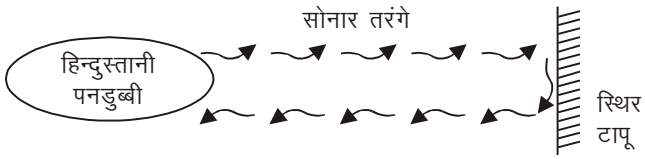
(D) $P_{ex} = (225\ \pi \text{N/m}^2) \cos \frac{2\pi}{80} (y + 1 \text{ cm}) \sin 2\pi(200t)$

4. मानिये कि सिरा संशोधन लगभग (0.3) × (नली के व्यास), के बराबर है, नली के अन्दर उपस्थित वायु के मोलों की लगभग संख्या है (मानिये नली NTP, पर है तथा 1 मोल NTP पर 22.4 लीटर रहता है)

(A) $\frac{10\pi}{36 \times 22.4}$ (B) $\frac{10\pi}{18 \times 22.4}$ (C) $\frac{10\pi}{72 \times 22.4}$ (D) $\frac{10\pi}{60 \times 22.4}$

अनुच्छेद-2

एक हिन्दुस्तानी पनडूब्बी अरब सागर में नियत वेग से गतिशील है। शत्रु का पता लगाने के लिए यह सोनार तरंगो को भेजता है जो पानी में 1050 m/s से संचरित है। तरंगे प्रारम्भ में एक स्थिर टापू से परावर्तित होती है तथा परावर्तित तरंगे वापस पनडूब्बी पर आती है। परावर्तित तंरगो की आवृत्ति पनडूब्बी द्वारा संसूचित की जाती तथा भेजी गई तरंगो से 10% अधिक मिलती है



अब शत्रु का एक जहाज सामने आ जाता है, जिसके कारण पनडूबी द्वारा संसुचित परावर्तित तंरगों की आवृति भेजी गई आवृतियों से 21% अधिक हो जाती है।

5. हिन्दुस्तानी पनडूब्बी की चाल है

(A) 10 m/sec (B) 50 m/sec (C) 100 m/sec (D) 20 m/sec.

6. शत्रु के जहाज की चाल होनी चाहिए

(A) 50 m/sec. हिन्दुस्तानी पनडूब्बी की ओर (B) 50 m/sec. हिन्दुस्तानी पनडूब्बी से दूर

(C) 100 m/sec. हिन्दुस्तानी पनडूब्बी की ओर (D) 100 m/sec. हिन्दुस्तानी पनडूब्बी से दूर

7. यदि शत्रु के जहाज को प्राप्त तरंग दैर्ध्य λ' है तथा पनडूब्बी द्वारा प्राप्त परावर्तित तरंग का तरंग दैर्ध्य λ'' है, तब $\left(\frac{\lambda'}{\lambda''}\right)$ बराबर है

(A) 1 (B) 1.1 (C) 1.2 (D) 2

8. समुद्री पानी का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक लगभग है - (ρ_{water} = 1000 kg/m^3)

(A) 10^8 N/m^2 (B) 10^9 N/m^2 (C) 10^{10} N/m^2 (D) 10^{11} N/m^2

Exercise-3

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

प्रश्न 1 से 3 के लिए अनुच्छेद

दो समतल आवर्ती ध्वनि तरंगे निम्न समीकरणों से प्रदर्शित है। **[JEE' 2006, 5 × 3 = 15 /184]**

$y_1(x, t) = A \cos (0.5 \pi x - 100 \pi t)$

$y_2(x, t) = A \cos (0.46 \pi x - 92 \pi t)$

सभी प्रांचल MKS में है।

1. एक सैकण्ड में कितनी बार प्रेक्षक (श्रोता) अधिकतम तीव्रता प्रेक्षित करेगा।

(A) 4 (B) 10 (C) 6 (D) 8

2. ध्वनि की चाल क्या है ?

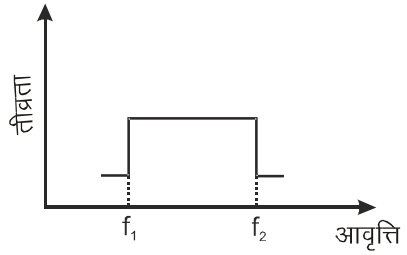
(A) 200 m/s (B) 180 m/s (C) 192 m/s (D) 96 m/s

3. x = 0 पर एक सैकण्ड में कितनी बार $y_1 + y_2$ शून्य होगा।

(A) 192 (B) 48 (C) 100 (D) 96

प्रश्न 4 से 6 के लिए अनुच्छेद

दो रेलगाड़ियाँ A और B, एक ही सीधे पथ पर, एक ही दिशा में क्रमशः 20 m/s तथा 30 m/s के वेग से चल रहे है। A से B आगे है। दोंनो गाड़ियों में इंजन आगे के सिरों में लगे है। गाड़ी A का इंजन एक लम्बी सीटी बजाता है।



मान लें कि सीटी की ध्वनि ऐसे घटकों से मिलकर बनी है जिनकी आवृतियाँ f_1 = 800 Hz से f_2 = 1120 Hz, के बीच है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। अतः आवृत्ति का विस्तार (अधिकतम आवृत्ति – न्यूनतम आवृत्ति) 320 Hz है। स्थिर वायु में ध्वनि की चाल 340 m/s है। **[JEE' 2007, 4 × 3 = 12 /81]**

4. सीटी की ध्वनि की चाल है –

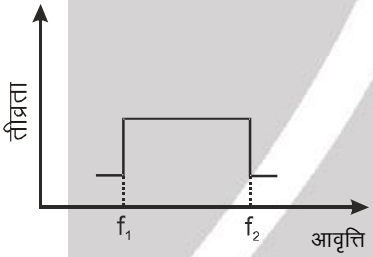
(A) 340 m/s A के यात्रियों के लिये और 310 m/s B के यात्रियों के लिये।

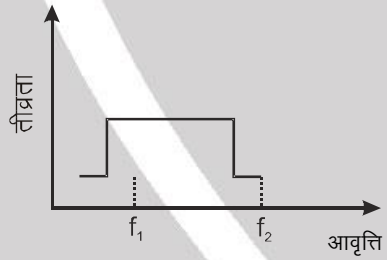
(B) 360 m/s A के यात्रियों के लिये और 310 m/s B के यात्रियों के लिये।

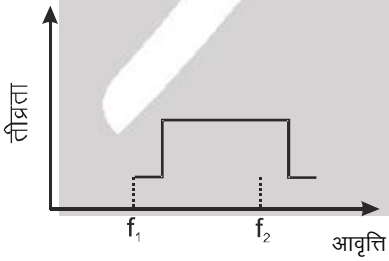
(C) 310 m/s A के यात्रियों के लिये और 360 m/s B के यात्रियों के लिये।

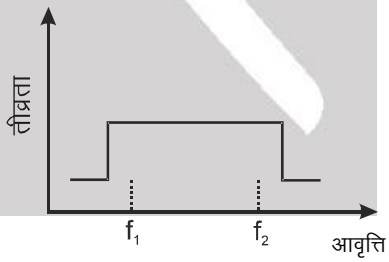
(D) 340 m/s दोंनों गाड़ियों के यात्रियों के लिये।

5. गाड़ी A के यात्रियों द्वारा प्रेक्षित सीटी की ध्वनि की तीव्रता के वितरण को सबसे अच्छी तरह निरूपित करता है।

(A)


(B)


(C)


(D)


6. आवृत्ति का विस्तार, जैसा कि गाड़ी B के यात्रियों द्वारा प्रेक्षित किया जाता है, होगा

(A) 310 Hz (B) 330 Hz (C) 350 Hz (D) 290 Hz

7. ℓ लम्बाई का एक कम्पित तार, तनाव (tension) T पर, एक तरफ से बन्द 75 cm लम्बी ट्यूब के अन्दर की वायु की प्रथम अधिस्वरक (first overtone) या, तृतीय संनादी (third harmonic) से अनुनादन (resonance) करता है। एक स्वरित्र द्विभुज (tuning fork), जिसकी आवृत्ति n है, के द्वारा उत्तेजित किये जाने पर यह तार 4 विस्पन्द (beats) प्रति सैकण्ड पैदा करता है। जब तार का तनाव थोड़ा सा बढ़ाया जाता है तो विस्पन्द की संख्या घटकर 2 प्रति सैकण्ड हो जाती है। वायु में ध्वनि की गति 340 m/s मान लेने पर, स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति n (Hz) निम्न होगी **[JEE' 2008, 3/163]**

(A) 344 (B) 336 (C) 117.3 (D) 109.3

8.* एक विद्यार्थी ने वायु में ध्वनि की गति (speed) को नापने के लिए अनुनादी वायु–स्तम्भ का प्रयोग किया। वायु–स्तम्भ नली में पानी के स्तर को कम करके उसे दो अनुनाद प्राप्त हुए। कम लम्बाई के वायु–स्तम्भ का अनुनाद, पहला अनुनाद तथा अधिक लम्बाई के वायु स्तम्भ का अनुनाद दूसरा अनुनाद है। तब, **[JEE' 2009, 4/160, –1]**

(A) पहले अनुनाद पर सुनी गई ध्वनि की तीव्रता दूसरे अनुनाद पर सुनी गई ध्वनि की तीव्रता से ज्यादा थी

(B) स्वरित्र द्विभुज की दोनों भुजाएँ अनुनाद नली के ऊपर क्षैतिज तल में रखी गई थी

(C) स्वरित्र द्विभुज की दोंनो भुजाओं के सिराओं के कम्पन्न का आयाम साधारणतया 1 cm है

(D) पहले अनुनाद पर प्राप्त वायु–स्तम्भ की लम्बाई, वायु में ध्वनि की तरंगदैर्ध्य की 1/4 लम्बाई से कुछ कम थी

9. एक स्थिर ध्वनि स्त्रोत से निकलने वाली ध्वनी की आवृत्ति f_0 है तथा यह स्त्रोत की ओर आती हुई दो कारों से परावर्तित होती है। दोनों कारों से परावर्तित ध्वनियों की आवृत्तियों में अन्तर f_0 का 1.2% है। कारों की गतियों में (कि.मी. प्रति घन्टा निकटतम पूर्णांक में) क्या अन्तर है ? दोनों कारों की अचर गति, हवा में ध्वनि के वेग (330 ms^{-1}) से काफी कम है। **[JEE' 2010, 3/163]**

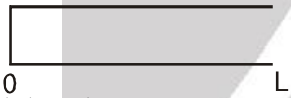
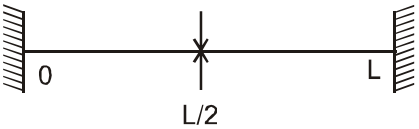
10. एक 0.8 m लम्बाई का खोखला पाइप एक सिरे पर बन्द है। इसके खुले सिरे के पास एक 0.5 m लम्बाई का एकसमान तार अपनी द्वितीय संनादी में कम्पन कर रहा है और पाइप मूल आवृति के साथ अनुनाद करता है। यदि तार में तनाव 50N है तथा ध्वनि का वेग 320 ms^{-1} है, तो तार का द्रव्यमान है : **[JEE' 2010, 5/163, –2]**

(A) 5 grams (B) 10 grams (C) 20 grams (D) 40 grams

11. एक पुलीस–कार के सायरन की आवृत्ति 8 kHz है और कार एकसमान गति से एक ऊँची बिल्डिंग की तरफ जा रही है। बिल्डिंग ध्वनि को परावर्तित करती है। यदि कार की गति 36 km/hr हो और वायु में ध्वनि की गति 320 m/s हो, तब कार के ड्राइवर के द्वारा सुनी गई सायरन की आवृत्ति होगी **[JEE' 2011, 3/160, –1]**

(A) 8.50 kHz (B) 8.25 kHz (C) 7.75 kHz (D) 7.50 kHz

12. कॉलम I में समान लम्बाई L के चार निकाय दिये गये हैं जिनमें अप्रगामी तरंगें (standing waves) बनती हैं। किसी भी निकाय में सम्भव न्यूनतम प्राकृतिक आवृत्ति (Fundamental frequency) की तरंग दैर्ध्य λ_f है। प्रत्येक निकाय में बन रही अप्रगामी तरंगों का मिलान कॉलम II में दी उनकी प्रकृति व तरंग दैर्ध्य से करें। **[JEE' 2011, 8/160]**

कॉलम I	**कॉलम II**
(A) एक सिरे पर खुला पाइप 	(p) अनुर्दैर्ध्य तरंग
(B) दोनो सिरों पर खुला पाइप	(q) अनुप्रस्थ तरंग
(C) दोनों सिरों पर बन्धित तनीं तार	(r) $\lambda_f = L$
(D) दोनों सिरों व बीच में बन्धित तनीं तार 	(s) $\lambda_f = 2L$ (t) $\lambda_f = 4L$

13*. एक लम्बे पाइप के खुले सिरे में एक व्यक्ति फूँक मारता है। इससे वायु में एक तीव्र–दाब का स्पंद पाइप में आगे की ओर चलता है। जब यह स्पंद पाइप के दूसरे सिरे पर पहुँचता है,तब **[IIT-JEE-2012, Paper-1; 4/70]**

(A) एक तीव्र–दाब का स्पंद व्यक्ति के मुँह की ओर चलने लगता है, यदि पाइप का दूसरा सिरा खुला है।

(B) एक दाब विरलन स्पंद व्यक्ति के मुँह की ओर चलने लगता है, यदि पाइप का दूसरा सिरा खुला है।

(C) एक दाब विरलन स्पंद व्यक्ति के मुँह की ओर चलने लगता है, यदि पाइप का दूसरा सिरा बंद है।

(D) एक तीव्र–दाब का स्पंद व्यक्ति के मुँह की ओर चलने लगता है, यदि पाइप का दूसरा सिरा बंद है।

14. एक छात्र अनुनादी स्तम्भ का प्रयोग कर रहा है। स्तम्भ–नली का व्यास 4 cm और स्वरित्र–द्विभुज की आवृत्ति 512 Hz है। वायु का तापमान 38°C है और उसमें ध्वनि की चाल 336 m/s है। मीटर–स्केल का शून्य स्तम्भ–नली के ऊपरी सिरे के ठीक सामने है। प्रथम अनुनाद की अवस्था में स्तम्भ–नली में पानी के स्तर का पाठ्यांक है।

[IIT-JEE-2012, Paper-2; 3/66, –1]

(A) 14.0 (B) 15.2 (C) 16.4 (D) 17.6

15*. दो वाहन, जिनमें प्रत्येक की गति u है, एक ही सीधी क्षैतिज सड़क पर एक दूसरे की ओर आ रहे हैं। वायु सड़क की दिशा में w के वेग से बह रही है। इनमें से एक वाहन f_1 आवृत्ति की सीटी बजाता है। दूसरे वाहन में बैठे हुए प्रेक्षक को सीटी f_2 आवृत्ति की सुनाई देती है। निश्चल वायु में ध्वनि की गति V है। सही प्रकथन है/हैं : **[JEE (Advanced) 2013, P-2, 3/60, –1]**

(A) यदि वायु प्रेक्षक से स्त्रोत की दिशा में बहती है, $f_2 > f_1$ ।

(B) यदि वायु स्त्रोत से प्रेक्षक की दिशा में बहती है, $f_2 > f_1$ ।

(C) यदि वायु प्रेक्षक से स्त्रोत की दिशा में बहती है, $f_2 < f_1$ ।

(D) यदि वायु स्त्रोत से प्रेक्षक की दिशा में बहती है, $f_2 < f_1$ ।

16. एक विद्यार्थी एक अनुनाद स्तम्भ तथा एक स्वरित्र द्विभुज (tuning fork), जिसकी आवृत्ति $244 s^{-1}$ है, को उपयोग में लाते हुए एक प्रयोग करता है। उसे बताया गया है कि नली में वायु के स्थान पर एक अन्य गैस भरी हुई है। (मान लीजिए स्तम्भ सदैव गैस से भरा रहता है।) यदि अनुनाद की स्थिति के लिए न्यूतनम ऊँचाई (0.350 ± 0.005) m है, तब नली में उपस्थित गैस है/है : **(**उपयोगी सूचना**) :** $\sqrt{167RT} = 640 j^{1/2}$ mole$^{-1/2}$; $\sqrt{140RT} = 590 j^{1/2}$ mole$^{-1/2}$ तथा प्रत्येक गैस के लिए उनके मोलर द्रव्यमान M ग्राम का मान विकल्पों में दिए है। $\sqrt{\frac{10}{M}}$ का मान जैसा कि वहाँ दिया गया है, वही प्रयोग करे।) **[JEE (Advanced) 2014,P-1, 3/60]**

(A) निऑन (M = 20, $\sqrt{\frac{10}{20}} = \frac{7}{10}$) (B) नाइट्रोजन (M = 28, $\sqrt{\frac{10}{28}} = \frac{3}{5}$)

(C) ऑक्सीजन (M = 32, $\sqrt{\frac{10}{32}} = \frac{9}{16}$) (D) ऑर्गन (M = 36, $\sqrt{\frac{10}{36}} = \frac{17}{32}$)

17. बराबर आवृत्तियों तथा तीव्रता I_0 की चार आवर्त तरंगों की कला के कोण 0, $\frac{\pi}{3}$, $\frac{2\pi}{3}$ तथा π हैं। जब इन तरंगों को अध्यारोपित (superposed) किया जाता है तो परिणामी तीव्रता nI_0 है। तब n का मान है। **[JEE (Advanced) 2015 ; P-2,4/88]**

18. एक स्थिर स्त्रोत आवृत्ति f_0 = 492 Hz की ध्वनि उत्सर्जित करता है। $2 ms^{-1}$ के गति से अपगमनी कार से यह ध्वनि परावर्तित होती है। ध्वनि स्त्रोत परावर्तित संकेत को प्राप्त कर के मूल संकेत पर अध्यारोपित (superposed) करता है। तब परिणामी सिग्नल की विस्पंद–आवृत्ति (beat frequency) है ध्वनि की गति 330 ms^{-1} है। कार ध्वनि को उसकी प्राप्त हुई आवृत्ति पर परावर्तित करती है।) **[JEE (Advanced) 2017 ; P-1, 3/61]**

19. दो आदमी एक क्षैतिज सीधी रेखा (horizontal straight line) पर एक ही दिशा में गतिमान है। आगे वाले आदमी की चाल 1.0 ms^{-1} है और पीछे वाले आदमी की चाल 2.0 ms^{-1} है एक तीसरा आदमी उसी क्षैतिज रेखा से 12 m की ऊँचाई पर इस प्रकार खड़ा है कि तीनों आदमी एक ही ऊर्ध्वाधर तल (vertical plane) में है। दोंनो गतिमान आदमी 1430 Hz आवृत्ति वाली एक जैसी सीटियाँ बजा रहे वायु में ध्वनि की चाल 330 ms^{-1} है। जब गतिमान आदमियों के बीच की दूरी 10 m है , उसी पल स्थिर आदमी उन दोंनो से समान दूरी पर है। उस पल, स्थिर आदमी द्वारा सुनी गयी विस्पंदओं की आवृत्ति (frequency of beats) _____ Hz है। **[JEE (Advanced) 2018 ; P-1, 3/60]**

20*. अनुनादी वायु–स्तंभ (resonating air column) के एक प्रयोग में ध्वनि की चाल मापने के लिए 500 Hz की आवृत्ति वाले एक स्वरित्र द्विभुज (tuning fork) का उपयोग किया जाता है। अनुनाद नली में जल का स्तर बदलकर वायु स्तंभ की लम्बाई बदली जाती है। दो उत्तरोत्तर (successive) अनुनाद, वायु स्तम्भ की लम्बाई 50.7 cm और 83.9 cm पर सुने जाते हैं। निम्नलिखित कथनों में से कौन सा (से) सही है (हैं) ? **[JEE (Advanced) 2018 ; P-2, 3/60, –2]**

(A) इस प्रयोग से निर्धारित ध्वनि की चाल 332 ms^{-1} है

(B) इस प्रयोग में अंत्य संशोधन (end correction) 0.9 cm है

(C) ध्वनि तरंग की तरंगदैर्ध्य (wavelength) 66.4 cm है

(D) 50.7 cm पर सुने जाने वाला अनुनाद, मूल गुणावृत्ति (fundamental harmonic) है

भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. 9500 Hz हर्ट्ज और उससे अधिक आवृत्तियों की ध्वनि तरंगें उत्पन्न करने वाली एक सीटी, एक स्थिर व्यक्ति की ओर v ms^{-1} की चाल से पहुँच रही है। वायु में ध्वनि का वेग 300 ms^{-1} है। यदि व्यक्ति अधिकतम 10,000 Hz, हर्ट्ज तक की आवृत्तिया ही सुन सकता है, तब v का अधिकतम मान, जब तक कि वह सीटी को सुन सकता है, है : **[AIEEE 2006, 3/180]**

(1) 30 ms^{-1} (2) $15\sqrt{2}$ ms^{-1} (3) $\frac{15}{\sqrt{2}}$ ms^{-1} (4) 15 ms^{-1}

2. एक ध्वनि अवशोषक ध्वनि स्तर को 20 dB तक क्षीण (attenuate) करता है। तीव्रता किस कारक (factor)से कम होती है ? **[AIEEE 2007; 3/120, –1]**

(1) 1000 (2) 10000 (3) 10 (4) 100

3. किसी निश्चित ताप पर ऑक्सीजन (O_2) में ध्वनि की चाल 460 ms^{-1} है। इसी ताप पर हीलियम (He) में ध्वनि की चाल (दोनों गैसों को आदर्श गैस मानते हुए) होगी **[AIEEE 2008; 3/105, –1]**

(1) 500 ms^{-1} (2) 650 ms^{-1} (3) 330 ms^{-1} (4) 460 ms^{-1}

4. अनुनाद स्तम्भ प्रयोग द्वारा ध्वनि की चाल मापने का प्रयोग करते समय सर्दियों के दिनों में किसी विद्यार्थी को प्रथम अनुनाद अवस्था 18 cm स्तम्भ लम्बाई पर प्राप्त होती है। गर्मियों में इसी प्रयोग को दोहराने पर द्वितीय अनुनाद के लिए वह अनुनाद स्तम्भ की लम्बाई x cm मापता है। तब **[AIEEE 2008; 3/105, –1]**

(1) $x > 54$ (2) $54 > x > 36$ (3) $36 > x > 18$ (4) $18 > x$

5. एक मोटर साइकिल स्थिर अवस्था से प्रारम्भ करती है और एक सीधे रास्ते पर 2 m/s^2 से त्वरित होती है। मोटर साइकिल से प्रारम्भिक बिन्दु पर एक स्थिर विद्युत भोंपू है। मोटर साइकिल कितनी दूर गई है जिससे कि ड्राइवर, भोंपू की आवृत्ति, मोटर साइकिल की स्थिर अवस्था के मान का 94% सुनता है ? (ध्वनि की चाल = 330 ms^{-1}) **[AIEEE 2009, 4/144]**

(1) 98 m (2) 147 m (3) 196 m (4) 49 m

6. लम्बाई 85 cm के एक पाइप के एक सिरे को बन्द कर दिया जाता है। पाइप में वायु स्तम्भ के सम्भव प्राकृतिक दोलनों की वह संख्या निकालिऐं जिनकी आवृत्ति 1250 Hz से कम है। वायु में ध्वनि का वेग 340 m/s है। **[JEE (Main) 2014, 4/120, –1]**

(1) 12 (2) 8 (3) 6 (4) 4

7. एक ट्रेन (रेलगाड़ी) सीधी पटरियों पर 20 ms^{-1} की चाल से गति कर रही है। इसकी सीटी की ध्वनि की आवृत्ति 1000 Hz है। यदि ध्वनि की वायु में चाल 320 ms^{-1} हो तो, पटरियों के निकट खड़े व्यक्ति के पास से ट्रेन के गुजरने पर, उस व्यक्ति द्वारा सुनी गई सीटी की ध्वनि की आवृत्ति में प्रतिशतः परिवर्तन होगा। लगभग **[JEE (Main) 2015; 4/120, –1]**

(1) 6% (2) 12% (3) 18% (4) 24%

8. दोनों सिरों पर खुले एक पाइप की वायु में मूल–आवृत्ति ' f ' है। पाईप को ऊर्ध्वाधर उसकी आधी–लम्बाई तक पानी में डुबाया जाता है। तब इसमें बचे वायु–कालम की मूल आवृत्ति होगी : **[JEE(Main) 2016; 4/120, –1]**

(1) $\frac{3f}{4}$ (2) 2f (3) f (4) $\frac{f}{2}$

9. एक प्रेक्षक प्रकाश गति की आधी गति से, 10GHz आवृत्ति उत्सर्जित करते हुए एक स्थिर सूक्ष्म तरंग (microwave) स्त्रोत की तरफ जा रहा है। प्रेक्षक द्वारा मापी गयी सूक्ष्म तरंग की आवृत्ति का मान होगा (प्रकाश की चाल = $3 \times 10^8 ms^{-1}$) **[JEE (Main) 2017 ; 4/120, –1]**

(1) 15.3 GHz (2) 10.1 GHz (3) 12.1 GHz (4) 17.3 GHz

10. 60 cm लम्बाई की ग्रेनाईट की एक छड़ को उसके मध्य से परिबद्ध करके उसमें अनुदैर्ध्य कम्पन्न उत्पन्न किये जाते हैं। ग्रेनाईट का घनत्व 2.7×10^3 kg/m^3 तथा यंग प्रत्यास्थता गुणांक 9.27×10^{10} Pa. है। अनुदैर्ध्य कम्पन की मूल आवृत्ति क्या होगी? **[JEE (Main) 2018; 4/120, –1]**

(1) 10kHz (2)7.5kHz (3*) 5kHz (4) 2.5kHz

Answers

EXERCISE-1

भाग - I

खण्ड (A) :

A-1. 16 mm, 16 m

A-2. (a) $2\pi f\Delta t = 64\pi$ (b) $\frac{2\pi f\Delta x}{v} = \frac{\pi}{10}$

A-3. (a) $\frac{kA}{2\pi} = \frac{1}{20\pi}$ (b) $kA = \frac{1}{10}$

A-4. $\frac{P_0\lambda}{2\pi S_0} = \frac{8\times10^5}{\pi}\ N/m^2$

A-5. 7.5 cm, 75 m

खण्ड (B) :

B-1. $\frac{1000}{3}$ m/s **B-2.** 16

B-3. (a) ≈ 400.9 m/s (b) $\frac{1}{6}$ %

B-4. V ≅ 303.5 m/s

खण्ड (C) :

C-1. (a) $\frac{P_{0_w}}{P_{0_a}} = 60$ (b) $\frac{P_w}{P_a} = \frac{1}{3600}$

C-2. (a) $5Nm^{-2}$, (b) 3 μm

खण्ड (D) :

D-1. (a) π

(b) $I = \left(\sqrt{I_A} - \sqrt{I_B}\right)^2 = (25/312)^2$

D-2. 83 Hz **D-3.** 12.5cm **D-4.** 8.5 cm

D-5. 4 cm

खण्ड (E) :

E-1. $y(x, t) = 2\times10^{-6}\sin 6\pi x \cos(6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t+\theta)$

$x = 0.1$ पर

$y(0.1, t) = 2\times10^{-6}\sin\frac{6\pi}{10}\cos(6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t+\theta)$

$y_1(x, t) = 1\times10^{-6}\sin(6\pi x+ 6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t + \theta_1)$

$y_2(x, t) = 1\times10^{-6}\sin(6\pi x - 6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t + \theta_2)$

$x = 0.1$ पर

$y_1(0.1, t) = 1\times10^{-6}\sin(\frac{6\pi}{10} + 6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t+ \theta_1)$

$y_2(0.1, t) = 1\times10^{-6}\sin(\frac{6\pi}{10} - 6\sqrt{30}\,\pi\times10^3 t + \theta_2)$

E-2. (a) f = 50 Hz , λ = 0.2 m , v = 10 ms^{-1}

(b) $P_m = 62.8\ Nm^{-2} = 20\pi\ Nm^{-2}$, B = $100Nm^{-2}$

(c) λ/4 = 0.05 m

(d) $I = 20\pi^2 \cong 200\ wm^{-2}$

खण्ड (F) :

F-1. a

F-2. 100 (2n + 1) Hz जहाँ n = 0, 1, 2, 3, ..., 9

F-3. 4.2 kHz **F-4.** 20 cm

F-5. 55 cm

F-6. 20, 80 cm, 200 Hz

F-7. (a) $v_n = \frac{v}{4\ell}(2n + 1)$; छः कम्पन्न

(b) $v_n = \frac{v}{2\ell}(n + 1)$, छः कम्पन्न

यहाँ n = 0, 1, 2, ...

F-8. 56

F-9. मूल आर्वति n = 20 Hz, कुंए की गहराई = 4.3 m

खण्ड (G) :

G-1. 478 Hz **G-2.** 2 %

G-3. (a) 95 Hz (b) $\frac{40}{\pi}\times10^3\ kg/m^3$

G-4. 27.0400 N

खण्ड (H) :

H-1. (i) $f' = \frac{fc}{c-v}$

(ii) $\lambda' = \lambda - \left(\frac{v}{f}\right) = \left(\frac{c}{f}\right) - \left(\frac{v}{f}\right) = \left(\frac{c-v}{f}\right)$

(iii) $f'' = f\ \frac{c+v}{c-v}$

(iv) $f_{\text{विस्पन्द}} = f\frac{2v}{c-v}$

H-2. $\frac{2u}{(v+u)} = 0.2$ % से घट जाएगी

H-3. $R_1, f_{beat} = 2f_0 vu / (v^2 - u^2) \approx \frac{2f_0u}{v} = 1.0$ Hz

H-4. $\frac{c-v}{c+v}f$ **H-5.** 20 m/s

H-6. 160 Hz

भाग - II

खण्ड़ (A) :

A 1. (D) **A 2.** (A) **A 3.** (A)

खण्ड़ (B) :

B 1. (B) **B 2.** (A) **B 3.** (A)
B 4. (A)

खण्ड़ (C) :

C 1. (B) **C 2.** (C) **C 3.** (D)

खण्ड़ (D) :

D 1. (D) **D 2.** (D) **D 3.** (B)
D 4. (A) **D-5.** (B)

खण्ड़ (E) :

E 1. (A)

खण्ड़ (F) :

F 1. (C) **F 2.** (B) **F 3.** (B)
F 4. (C) **F 5.** (C) **F 6.** (B)
F 7. (B)

खण्ड़ (G) :

G 1. (A) **G 2.** (B) **G 3.** (A)

खण्ड़ (H) :

H 1. (D) **H 2.** (C) **H 3.** (B)
H 4. (D) **H-5.** (B)

भाग - III

1. (A) → p, q ; (B) → q, s ; (C) → r ; (D) → s,q
2. (A) → (r); (B) → (s); (C) → (p); (D) → (q)
3. (A) → q, r ; (B) → p ; (C) → q, s ; (D) → p

EXERCISE-2

भाग - I

1.	(D)	**2.**	(B)	**3.**	(A)
4.	(B)	**5.**	(B)	**6.**	(A)
7.	(D)	**8.**	(C)	**9.**	(B)
10.	(B)	**11.**	(C)	**12.**	(A)
13.	(D)	**14.**	(D)	**15.**	(A)
16.	(C)	**17.**	(B)	**18.**	(B)
19.	(D)	**20.**	(B)	**21.**	(B)
22.	(A)	**23.**	(C)	**24.**	(C)
25.	(C)	**26.**	(D)	**27.**	(B)
28.	(D)	**29.**	(C)	**30.**	(D)

भाग - II

1.	5	**2.**	20	**3.**	6
4.	6	**5.**	27	**6.**	2
7.	8	**8.**	4	**9.**	2
10.	12	**11.**	25	**12.**	41
13.	80	**14.**	2	**15.**	9
16.	73	**17.**	12	**18.**	59

भाग - III

1.	(ABCD)	**2.**	(CD)	**3.**	(ABD)
4.	(ABD)	**5.**	(CD)	**6.**	(ACD)
7.	(AD)	**8.**	(ABC)	**9.**	(BD)
10.	(ACD)	**11.**	(ABC)	**12.**	(BC)
13.	(BD)	**14.**	(AD)	**15.**	(CD)
16.	(ABC)	**17.**	(ACD)	**18.**	(AC)
19.	(AD)	**20.**	(BD)		

भाग - IV

1.	(A)	**2.**	(B)	**3.**	(A)
4.	(A)	**5.**	(B)	**6.**	(A)
7.	(B)	**8.**	(B)		

EXERCISE-3

भाग - I

1.	(A)	**2.**	(A)	**3.**	(C)
4.	(B)	**5.**	(A)	**6.**	(A)
7.	(A)	**8.**	(AD)	**9.**	7
10.	(B)	**11.**	(A)		
12.	(A) – p,t , (B) – p,s, (C) – q,s, (D) – q, r				
13.	(BD)	**14.**	(B)	**15.**	(AB)
16.	(D)	**17.**	3	**18.**	6
19.	5.00	**20.**	(AC)		

भाग - II

1.	(4)	**2.**	(4)	**3.**	[BONUS]
4.	(1)	**5.**	(1)	**6.**	(3)
7.	(2)	**8.**	(3)	**9.**	(4)
10.	(3)				

High Level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. 440 Hz की ध्वनि उत्पन्न करती एक सीटी 1.5 m लम्बी एक रस्सी पर लगी है, जो क्षैतिज तल में 20 rad s^{-1} की कोणीय आवृति से घूम रही है। सीटी से बहुत अधिक दूरी पर समान क्षैतिज तल में स्थित प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित आवृति परास होगी –($v_{ध्वनि}$ = 330 m/s) **[JEE - 1996, 3]**

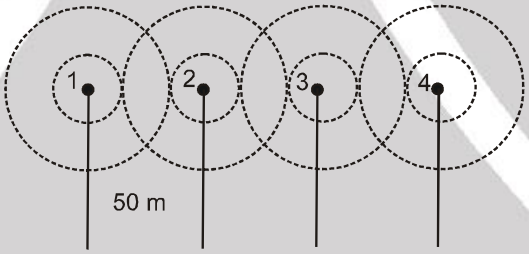
2. जब 0.98 m लम्बी रस्सी खींची जाती है तो 0.02 m प्रसारित होती है। जब एक 0.5 m लम्बाई का दोनों सिरों से खुला आर्गन पाईप इसके साथ ध्वनित किया जाता है तो यह दोनों मूल आवृति में 8 विस्पंद उत्पन्न करते है। यदि रस्सी में विकृति कम कर दी जाये विस्पंद संख्या घट जाती है। तार का यंग प्रत्यास्थता गुणांक ज्ञात करो। धात्विक तार का घनत्व 10^4 kgm^{-3} तथा हवा में ध्वनि का वेग 292 ms^{-1} है। **[REE - 1996, 5]**

3. एक बिन्दु ध्वनि स्त्रोत, एक वलय के केन्द्र O से गुजरने वाली तल के लम्बवत् रेखा पर स्थित है। स्त्रोत व O के मध्य की दूरी ℓ = 1.00 m है तथा वलय की त्रिज्या R = 0.50 m है। यदि वलय के क्षेत्रफल के द्वारा औसत ऊर्जा प्रवाह की दर (energy flow rate) x_0 (μW में) है तो $\frac{x_0}{5}$ का मान ज्ञात करो। बिन्दु O पर ध्वनि तीव्रता I_0 = 30 μW/m^2 है। तरंगो का अवमंदन शून्य है।

4. दो प्रेक्षक A तथा B समान ध्वनि स्रोत (f = 256 Hz) लिये है। यदि A स्थिर है जबकि B,'A' से दूर, 10 m/s की चाल से जा रहा है तब A तथा B द्वारा प्रति सैकण्ड कितने विस्पन्द सुनेंगे ? (c = 343 m/s)

5. दो अनुप्रस्थ (ज्या) sine–तरंगे प्रत्येक का आयाम 4mm, तरंगदैर्ध्य 2m तथा आवर्तकाल 1s तथा x = 0, t = 0 पर समान कला में x-अक्ष पर, विपरीत दिशा में जा रही है। परिणामी तरंग की समीकरण ज्ञात करो तथा प्रकृति भी बताओ। x = 2.333m पर अधिकतम विस्थापन बताओ। विस्पन्द तथा प्रस्पन्द की स्थिति भी पता लगाओ।

6. एक रेडियो स्टेशन 1500 kHz की आवृत्ति उत्पन्न कर 4 लगातार बिन्दु स्त्रोत एन्टीना से समान कला से ट्रांसमीटर से संचारित करता है। सभी एन्टीना पूर्व पश्चिम दिशा में एक दूसरे से 50 m दूरी पर व्यवस्थित हैं।



(a) किस दिशा में सिग्नल अधिकतम होंगे ? (b) पूर्व–पश्चिम दिशा में सिग्नल कितने होंगे।

7. दो समान वायु स्तम्भ एक ऑक्सीजन से भरा तथा दूसरा आक्सीजन तथा नाइट्रोजन के मिश्रण से भरी है। प्रत्येक पाईप में ताप तथा दाब समान है। जब दोनों को एक साथ ध्वनित किया जाता है तब एक f = 440 Hz की ध्वनि सुनाई देती है और प्रत्येक सैकण्ड एक विस्पद उत्पन करते है। मिश्रण में नाईट्रोजन का प्रतिशत आंशिक दाब क्या है? आणविक भार आक्सीजन का भार 32 तथा नाइट्रोजन का 28 माने तथा मुख्य विशिष्ट ऊष्मा समान है।

8. एक मीटर लम्बी एक नली एक सिरे से बन्द हैं। लम्बाई 0.3 m तथा द्रव्यमान 1 × 10^{-2} kg का एक तार दो सिरो पर बंधित है इसको खुले सिरे के पास लाया जाता है। जब तार को मध्य बिन्दु से कम्पित कराते हैं, तो वायु स्तम्भ प्रथम अधिस्वरक मे अनुनादित होता है। तो रस्सी में तनाव कितना होगा यदि वह मूल आवृत्ति में कम्पित है। [V_{sound} = 330 m/s]

9. खुले आर्गन पाईप का प्रथम अधिस्वरक बंद आर्गन पाईप के प्रथम अधिस्वरक के साथ 2.2 Hz विस्पंद आवृति देता है। यदि बंद आर्गन पाईप की मूल आवृति 110 Hz है तो पाईपों की लम्बाई कितनी होगी। **[JEE - 1997, 5]**

10. एक बैण्ड f आवृति से बजता हुआ v_b चाल से एक दीवार की तरफ जा रहा है। कार चालक द्वारा सुनी गयी विस्पंद आवृति का संबंध ज्ञात करो यदि बैण्ड के पीछे कार चालक v_m चाल से चल रहा है। ध्वनि की चाल v है। **[JEE - 1997, 5]**

11. 3 m लम्बाई के एक खुले आर्गन पाईप में तृतीय संनादी की अप्रगामी तरंग उत्पन्न की जाती है। यदि दाब कम्पनों का आयाम माध्य वायुमण्डलीय दाब $P_0 = 10^5$ N/m^2 का 0.1% है तो निम्न का का आयाम ज्ञात करो। (i) कणों के दोलन का तथा (ii) घनत्व दोलन का (ध्वनि का वेग v = 330 m/s , हवा का घनत्व $\rho_0 = 1.0$ kg/m^3).

12. एक वायु स्तम्भ एक बंद आर्गन पाईप में 440 Hz के स्वरित्र के साथ दूसरे अधिस्वरक में कम्पित है। ध्वनि की चाल 330 ms^{-1} है तथा सिरा संशोधन नगण्य है तथा P_0 किसी बिन्दु पर माध्य दाब को प्रदर्शित करता है तथा ΔP_0 दाब परिवर्तन का अधिकतम आयाम है तो ज्ञात करो **[JEE - 1998, 8/200]**

(i) वायु स्तम्भ की लम्बाई L (ii) पाईप के मध्य में दाब परिवर्तन का आयाम

(iii) पाईप के खुले सिरे पर उच्चतम व न्यूनतम दाब (iv) पाईप के बंद सिरे पर उच्चतम व न्यूनतम दाब

13. एक 1700 Hz आवृति वाले एक श्रव्य दोलन वाला ध्वनि स्त्रोत व प्रेक्षक एक ही बिन्दु पर स्थित है। t = 0 पर स्त्रोत, प्रेक्षक से 10.0 m/s^2 के नियत त्वरण से दूर चलना प्रारम्भ करता है। गति प्रारम्भ होने के t = 10.0 sec बाद स्थिर प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित आवृति ज्ञात करो ध्वनि का वेग 340m/s.[**उत्तर** चर में प्राप्त कर सकते हैं]

14. एक स्त्रोत एक वृत, जिसका समीकरण $x^2 + y^2 = R^2$ है, में नियत चाल $v_S = \frac{330\pi}{6\sqrt{3}}$ m/s से वामावर्त घूम रहा है । एक प्रेक्षक बिन्दु वृत्त के केन्द्र के सापेक्ष बिन्दु (2R, 0) पर स्थित है। स्त्रोत द्वारा निकाली गई ध्वनि की आवृति f_S है।

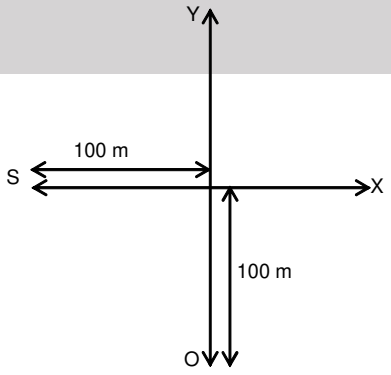
(a) जब प्रेक्षक अधिकतम तथा निम्नतम आवृति सुनता है तब स्त्रोत के निर्देशांक क्या होगे।.

(b) ये आवृत्तियों (अधिकतम तथा न्यूनतम) बताओं? ध्वनि की चाल v = 330 m/s ले।

15. एक सोनार यंत्र 40 KHz का पनडुब्बी में लगा है। एक दुश्मन की पनडुब्बी सोनार यंत्र की तरफ 360 Km/h की चाल से आ रही है इससे परावर्तित ध्वनि की सोनार को प्राप्त आवृति (लगभग) क्या होगी? (दिया है $V_{ध्वनि} = 1450$ m/s पानी में)

16. एक सड़क कुछ दूर खड़े व्यक्ति के सामने से निकलती है, एक ट्रक कुछ त्वरण से सड़क पर आ रहा है। ट्रक चालक 500 Hz की आवृति वाली सीटी बजाता है जब ट्रक तथा व्यक्ति को मिलाने वाली रेखा सड़क से θ कोण बनाती है, यह ध्वनि 600 Hz की सुनाई देती है जब ट्रक सबसे नजदीक होता है। इस दौरान ट्रक की चाल भी दुगुनी हो जाती है तो 'θ' तब मान बताओ।

17. t = 0 पर एक ध्वनितरंग स्त्रोत S तथा एक प्रेक्षक O, x अक्ष तथा y अक्ष पर 5 m/s तथा 10 m/s की चाल से चलना प्रारम्भ करते है चित्र में उनकी स्थिति दर्शायी गई है। यदि स्त्रोत की आवृति 1000 Hz है तो, 5 सेकण्ड बाद प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित ध्वनि की आवृति ज्ञात करो $V_{ध्वनि} = 330$ m/sec है।



18. एक बिन्दु ध्वनि स्त्रोत, एक वलय के केन्द्र O से गुजरने वाली तल के लम्बवत् रेखा पर स्थित है। स्त्रोत व O के मध्य की दूरी $\ell = 1.00$ m है तथा वलय की त्रिज्या R = 0.50 m है। वलय के क्षेत्रफल के द्वारा औसत ऊर्जा प्रवाह की दर (energy flow rate) ज्ञात करो। बिन्दु O पर ध्वनि तीव्रता $I_0 = 30$ μW/m^2 है। तरंगो का अवमंदन शून्य है।

HLP Answers

1. f_{max} = 484 Hz , f_{min} = 403.3 Hz **2.** Y = 1.76 x 10^{11} N/m^2 **3.** 4

4. विस्पन्दों की संख्या = 7.5 s^{-1} तथा 0.725 s^{-1}

5. $y_1 + y_2 = 4 \times 10^{-3}\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{2}\right)+\sin 2\pi\left(t+\frac{x}{2}\right)\right]$

t = 0 पर तथा x = 0, $y_1 + y_2 = 0$

x = 2.333 पर, $y_1 + y_2 = 4 \times 10^{-3}$ m

प्रस्पन्द x = 1, 2 इत्यादि पर

निस्पन्द x = $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ इत्यादि पर

6. (a) व्यवस्थित रेखा के लम्बवत् दिशा में अधिकतम (b) कुल सिग्नल पूर्व–पश्चिम दिशा में शून्य है।

7. 3.6% **8.** 735 N **9.** L_c = 0.75 m ; L_o = 0.99 m या 1.006 m

10. $\frac{2v_b(v+v_m)f}{v^2-v_b^{\ 2}}$ **11.** (i) $\frac{1}{1089\,\pi}$ m (ii) $\frac{1}{1089}$ kg/m^3

12. (i) L = $\frac{15}{16}$ m (ii) $\frac{\Delta P_0}{\sqrt{2}}$ (iii) $P_{max} = P_{min} = P_0$ (iv) $P_{max} = P_0 + \Delta P_0$, $P_{min} = P_0 - \Delta P_0$

13. $f = \frac{2\,V\,v_0^2}{2\,v_0\sqrt{V^2+2aVt}+a} \cong \frac{V\,v_0}{\sqrt{V^2+2aVt}} \cong 1.35$ khz

14. $\left(\frac{\sqrt{3}R}{2},\frac{R}{2}\right)$, (0, – R) $f'_{min} = \frac{6\sqrt{3}}{6\sqrt{3}+\pi} f_S$; $f'_{max} = \frac{6\sqrt{3}}{6\sqrt{3}-\pi} f_S$

15. 46 KHz **16.** $\theta = 60^\circ$ **17.** $\frac{33\sqrt{13}+2}{33\sqrt{13}-1.5} \equiv 1030$ Hz

18. $\langle \phi \rangle = 2\pi\ell^2 I_0\left(1-\frac{1}{\sqrt{1+(R/\ell)^2}}\right) = 20\ \mu W.$