

এইস এস সি পদার্থবিজ্ঞান

অধ্যায়-৯: তরঙ্গ

প্রশ্ন ১ বায়ু মাধ্যমে C সুরশলাকাটি A ও B দুটি সুরশলাকার সাথে ৫টি করে বীট উৎপন্ন করে। A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 385 Hz। B সুরশলাকা হতে বায়ু মাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ হলো—

$$y = 0.9 \sin 10\pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8} \right) \quad / \text{চ. বো. ২০১৭/}$$

- কৌণিক ভরবেগের সংজ্ঞা দাও। ১
- রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর। ২
- B সুরশলাকা হতে নির্গত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩
- C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কিভাবে নিশ্চিত হওয়া যায় তা গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাইরের দিকে উঁচু বা ভেতরের দিকে ঢালু রাখা হয় যাতে করে গাড়ি বাঁক নেওয়ার সময় প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে এবং কেন্দ্রবিমুখী বলের কারণে বাইরের দিকে ছিটকে না পড়ে।

বাঁকের ব্যাসার্ধ r , গাড়ির বেগ v এবং ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\text{আমরা পাই, } \tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$$

অর্থাৎ রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশে বাইরের দিক থেকে ভেতরের দিকে

$$\tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right) \text{ কোণে ঢালু রাখা হয়।}$$

গ দেওয়া আছে,

B সুরশলাকা থেকে বায়ুমাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = 0.9 \sin 10\pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8} \right) \\ = 0.9 \sin \frac{10\pi}{4.8} \left(\frac{30 \times 4.8}{0.4} t - x \right)$$

অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ এ x এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$\frac{10\pi}{4.8} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{4.8}{5} = 0.96 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই, B সুরশলাকা হতে বায়ুমাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = 0.9 \sin 10\pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8} \right)$$

অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \text{ এর সাথে তুলনা করে পাই,}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} v = \frac{300\pi}{0.4}$$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda} = \frac{150}{0.4}$$

$$f_b = 375 \text{ Hz}$$

মনে করি, কম্পাঙ্ক

$$A \text{ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক } f_a = 385 \text{ Hz}$$

C সুরশলাকাটি A এর সাথে ৫টি বীট সৃষ্টি করে সুতরাং C এর সম্ভাব্য কম্পাঙ্ক,

$$f_c = f_a \pm 5 = 385 \pm 5 = 390 \text{ Hz বা } 380 \text{ Hz}$$

আবার, C সুরশলাকাটি B এর সাথে ৫টি বীট সৃষ্টি করে সুতরাং C এর সম্ভাব্য কম্পাঙ্ক,

$$f_c = f_b \pm 5 = 375 \pm 5 = 380 \text{ Hz বা } 370 \text{ Hz}$$

\therefore C সুরশলাকারটির কম্পাঙ্ক কেবল 380 Hz হলেই A ও B উভয়ের সাথেই ৫টি করে বীট উৎপন্ন করতে পারবে।

অতএব, $f_c = 380 \text{ Hz}$.

প্রশ্ন ২ নিম্নে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ দেয়া হলো:



$$y = 0.1 \sin \left(200\pi t - \frac{20\pi}{17} x \right)$$

এখানে, y mm এককে, t sec এককে এবং x m এককে।

/চ. বো. ২০১৬/

- পর্যায়কাল কাকে বলে? ১
- কোনো স্থানের শব্দের তীব্রতা $10^{-8} \text{ watt m}^{-2}$ বলতে কি বুঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২
- O বিন্দু হতে 0.25 m ও 1.0m দূরের দুটি বিন্দুর মধ্যকার দশা পার্থক্য কত? ৩
- উদ্দীপকে বিস্তার ও কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ এবং একই মাধ্যমে বিপরীতমুখী হলে তরঙ্গটির সমীকরণ কীরূপ হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণার একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে।

খ তীব্রতা হচ্ছে শব্দ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তি। সুতরাং কোনো স্থানের শব্দের তীব্রতা $10^{-8} \text{ watt m}^{-2}$ বলতে বোঝায় ঐ স্থানে শব্দ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত 1 m^2 ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তির পরিমাণ 10^{-8} J ।

গ আমরা জানি, চলমান তরঙ্গের সমীকরণ

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

প্রদত্ত তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = 0.1 \sin(200\pi t - \frac{20\pi}{17} x)$$

সমীকরণদ্বয় x এর সহগ তুলনা করে

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{20\pi}{17}$$

$$\therefore \lambda = 1.7 \text{ m}$$

বিন্দুদ্বয়ের দূরত্ব বা পথ পার্থক্য, $\Delta x = (1.0 - 0.25) \text{ m} = 0.75 \text{ m}$

আমরা জানি, দশা পার্থক্য,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = \frac{2\pi}{1.7 \text{ m}} \times 0.75 \text{ m} = 2.77 \text{ rad}$$

ঘ. আমরা জানি, চলমান তরঙ্গের সমীকরণ

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

প্রদত্ত তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = 0.1 \sin(200\pi t - \frac{20\pi}{17} x)$$

সমীকরণদ্বয় তুলনা করে পাই,

বিস্তার, $a = 0.1 \text{ mm}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 1.7 \text{ m}$

$$\frac{2\pi}{\lambda} v = 200\pi$$

$$v = 100 \times \lambda = 100 \times 1.7 = 170 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{সূত্রাং কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{170}{1.7} = 100 \text{ Hz}$$

নতুন তরঙ্গের বিস্তার, $a_1 = 2 \times 0.1 \text{ mm} = 0.2 \text{ mm}$

কম্পাঙ্ক, $f_1 = 2 \times 100 \text{ Hz} = 200 \text{ Hz}$

মাধ্যম একই হওয়ায় তরঙ্গের দ্রুতি, $v = 170 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\text{সূত্রাং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{170}{200} = 0.85 \text{ m}$$

নির্ণেয় তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y_1 = a_1 \sin \frac{2\pi}{\lambda_1} (vt + x)$$

$$y_1 = 0.2 \sin \frac{2\pi}{0.85} (170t + x)$$

প্রশ্ন ৩ $y = 0.5 \sin 2\pi(50t - 0.75x)$ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ।

ক. বীট কী?

খ. অনুবাদ একটি বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন—ব্যাখ্যা কর।

গ. তরঙ্গটি ৬ সে. এ কত দ্রুত অতিক্রম করে?

ঘ. যদি এরূপ আর একটি তরঙ্গ বিপরীত দিক হতে পরস্পরের উপর আপতিত হয় তবে সৃষ্ট তরঙ্গটি কিরূপ হবে?

গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট, সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরল রেখা বরাবর একই দিকে সঞ্চারিত হতে থাকলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দের লম্বি তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বলে।

খ. কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তু যখন অন্য কোনো পর্যাবৃত্ত বলের প্রভাবে কাঁপতে থাকে তখন তার কম্পনকে পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন বলে।

আমরা জানি, প্রত্যেকটি বস্তুর একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক আছে। এখন বস্তুর ওপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক যদি বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কের সমান হয় তবে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয় তখন অনুবাদ সৃষ্টি হয়। সুতরাং বলা যায়, অনুবাদ এক বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন।

$$y = 0.5 \sin 2\pi(50t - 0.75x) = 0.5 \sin 1.5\pi(66.67t - x)$$

সমীকরণটিকে অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ,

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \text{ -এর সাথে তুলনা করে পাই,}$$

তরঙ্গবেগ, $v = 66.67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

দেওয়া আছে, সময়, $t = 6 \text{ s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} s &= vt \\ &= 66.67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 6 \text{ s} \\ &= 400 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. প্রদত্ত সমীকরণ হতে, কোনো একটি কণার সরণ

$$y = 0.5 \sin 1.5\pi(66.67t - x)$$

বিপরীত দিক থেকে আগত এরূপ তরঙ্গের ক্ষেত্রে উক্ত কণার সরণ,

$$y' = 0.5 \sin 1.5\pi(66.67t + x)$$

এদের উপরিপাতনের ফলে লম্বি সরণ Y হলে,

$$Y = y + y'$$

$$= 0.5 \sin 1.5\pi(66.67t - x) + 0.5 \sin 1.5\pi(66.67t + x)$$

$$= 0.5 [\sin 1.5\pi(66.67t - x) + \sin 1.5\pi(66.67t + x)]$$

$$= \sin 1.5\pi \times 66.67t \cdot \cos 1.5\pi x$$

$$= A \sin (2\pi \times 50t) \text{ ----- (i)}$$

(i) নং সমীকরণ একটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ, যেখানে বিস্তার $A = \cos 1.5\pi x$ । সুতরাং সৃষ্ট তরঙ্গটি হবে স্থির তরঙ্গ।

প্রশ্ন ৪ A এবং B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে 1m এবং 1.01m তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বীট উৎপন্ন হয়। B-এর কম্পাঙ্ক 512 Hz, 'A' শলাকার বাহুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় একত্রে শব্দায়িত করলে একই সংখ্যক বীট উৎপন্ন হয়।

(রা. বো. ২০১৬/)

ক. অনুবাদ কাকে বলে?

১

খ. সূত্রের সাথে তত্ত্বের তফাৎ কী? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের 'A' সুর শলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির পূর্বে না পরে 'B' এর চেয়ে বেশি ছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ. কোনো ঘটনা বা বিষয়ের কার্যকারণ সম্পর্ক পরীক্ষা-নিরীক্ষা দ্বারা সঠিক প্রমাণিত হলে একটি সার্বিক বিবৃতির মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় তখন তাকে সূত্র বলে। সূত্র পরীক্ষিত, সর্বজন স্বীকৃত ও সব ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। একটি ব্যতিক্রম একটি সূত্রকে নাকচ করতে পারে।

স্বীকার্য বা কোনো প্রাকৃতিক নিয়মের ভিত্তিতে গৃহীত কোনো সিদ্ধান্ত যা সন্দেহ বা বিতর্কের উর্ধ্বে নয় তাকে তত্ত্ব বলে।

গ. দেওয়া আছে,

B সুরশলাকা কর্তৃক গ্যাসে উৎপন্ন শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_B = 1.01 \text{ m}$

B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_B = 512 \text{ Hz}$

গ্যাসে শব্দের বেগ, $v = ?$

$$\therefore \text{গ্যাসের শব্দের বেগ, } v = f_B \lambda_B$$

$$= 512 \times 1.01$$

$$= 517.12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. ভর বৃদ্ধির পূর্বে, A সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_A = 1 \text{ m}$

B সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_B = 1.01 \text{ m}$

B এর কম্পাঙ্ক, $f_B = 512 \text{ Hz}$

A এর কম্পাঙ্ক, $f_A = ?$

যেহেতু গ্যাসে শব্দের বেগ একই এবং $\lambda_B > \lambda_A \therefore f_A > f_B$ হবে।

$$\therefore \text{ভর বৃদ্ধির পূর্বে, } f_A - f_B = 6$$

$$\therefore f_A = f_B + 6 = (512 + 6) \text{ Hz} = 518 \text{ Hz}$$

এখানে, দেখা যাচ্ছে যে, ভর বৃদ্ধির পূর্বে $f_A > f_B$ । অর্থাৎ 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, ভর বৃদ্ধির পূর্বে 'B' এর চেয়ে বেশি।

ভর বৃদ্ধির পরে,

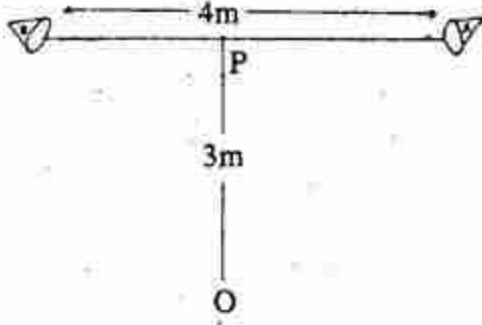
'A' সুরশলাকার বাহুতে মোম লাগানো হলে এর ভর বেড়ে যায় আর ভর বাড়ালে কম্পাঙ্ক কমে যায়।

$$f_B - f_A = 6$$

$$\text{বা, } 512 - f_A = 6$$

$$\therefore f_A = 506 \text{ Hz}$$

প্রশ্ন ৫ শাহীন তার কলেজের একটি অনুষ্ঠানে 4m দৈর্ঘ্যের স্টেজ তৈরি করল। স্টেজের এক প্রান্তে 1 mW ক্ষমতার একটি স্পীকার A স্থাপন করল, স্টেজের মধ্যবিন্দু P হতে সোজাসুজি 3m দূরে O বিন্দুতে একজন শ্রোতার নিকট শব্দের তীব্রতা কম হওয়ায় সে স্টেজের মধ্যবিন্দু P হতে অপর প্রান্তে একই দূরত্বে ও একই ক্ষমতার অপর একটি স্পীকার B স্থাপন করল। নিচের চিত্রে তা দেখানো হলো :

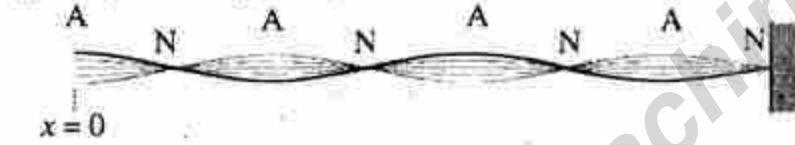


- ক. বীট কী? 1
খ. স্থির তরঙ্গো সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টির শর্ত ব্যাখ্যা কর। 2
গ. স্পীকার A এর জন্য O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা কত? 3
ঘ. স্পীকার A এর স্পীকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা দ্বিগুণ হবে কি? — বিশ্লেষণ কর। 8

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান বিস্তার এবং কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ এক সাথে একই সরল রেখায় একই দিকে সঞ্চারিত হলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দ তরঙ্গের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বা স্বরকম্প বলে।

খ x এর যে মানের জন্য $\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1$ হবে সেসব বিন্দুতে বিস্তার সর্বোচ্চ $2a$ হবে অর্থাৎ সেসব বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে। সুতরাং সুস্পন্দ বিন্দুর জন্য,



$$\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1 \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi \quad \text{এখানে, } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{বা, } x = n \frac{\lambda}{2} = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}, \dots$$

অর্থাৎ যে সকল বিন্দুতে x এর মান $\frac{\lambda}{2}$ এর অখন্ড গুণিতক সে সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু গঠিত হবে।

গ স্পীকার A হতে শ্রোতার দূরত্ব, $r = \sqrt{3^2 + 2^2} = \sqrt{13}$
 \therefore স্পীকার A এর জন্য O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা, $I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$

$$= \frac{1 \times 10^{-3} \text{ W}}{4 \times 3.1416 \times (\sqrt{13})^2 \text{ m}^2} = 6.12 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

ঘ শুধু স্পীকার A হতে প্রাপ্ত শব্দের তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{6.12 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}} = 67.88 \text{ dB}$$

স্পীকার A ও স্পীকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা, $I' = 2 \times 6.12 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 1.224 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 এক্ষেত্রে শব্দের তীব্রতা লেভেল,

$$\beta' = 10 \log \frac{I'}{I_0} = 10 \log \frac{1.224 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}} = 70.88 \text{ dB}$$

যেহেতু $70.88 \text{ dB} \neq 2 \times 67.88 \text{ dB}$ অর্থাৎ $\beta' \neq 2\beta$

সুতরাং স্পীকার A ও স্পীকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা দ্বিগুণ হবে না।

প্রশ্ন ৬ A ও B দুটি সুর শলাকা একটি গ্যাসে 50 cm ও 51 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বিট শোনা যায়। [সংশোধিত] [দি. বো. ২০১৭]

- ক. অনুবাদ কাকে বলে? 1
খ. সকল হারমোনিক উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন? 2
গ. গ্যাসটিতে শব্দের বেগ কত হবে হিসাব কর। 3
ঘ. B শলাকটিকে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে বিট সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না— ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর। 8

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এই ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দ যদি একটিমাত্র কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে সুর বলে। আবার শব্দের মধ্যে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক বা সুর থাকে তবে সেই শব্দকে স্বর বলে। কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্য সকল সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদের উপসুর বলে। আবার যে সকল উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাদের হারমোনিক বলে। কাজেই সকল হারমোনিক উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ দেওয়া আছে,

$$A \text{ সুর শলাকার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda_1 = 50 \text{ cm} = 0.50 \text{ m}$$

$$B \text{ সুর শলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_2 = 51 \text{ cm} = 0.51 \text{ m}$$

$$\text{প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্টি বীট সংখ্যা, } N = 6$$

$$\text{ধরি, } A \text{ সুর শলাকার কম্পাঙ্ক} = f_1 \text{ এবং}$$

$$B \text{ সুর শলাকার কম্পাঙ্ক} = f_2$$

$$\text{গ্যাসটিতে শব্দের বেগ} = v$$

$$\text{জানা আছে, } v = f\lambda \text{ বা, } \lambda \propto \frac{1}{f}$$

$$\text{যখন, } v = \text{ধ্রুব}$$

$$\text{যেহেতু, } \lambda_2 > \lambda_1 \text{ সেহেতু } f_1 > f_2 \text{ হবে।}$$

$$\therefore N = f_1 - f_2$$

$$\text{বা, } 6 = \frac{v}{\lambda_1} - \frac{v}{\lambda_2}$$

$$\text{বা, } 6 = v \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$\text{বা, } 6 = v \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2}$$

$$\text{বা, } v = \frac{6\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$= \frac{6 \times 0.50 \times 0.51}{0.51 - 0.50}$$

$$= 153 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে ব্যবহৃত উপাত্ত প্রতীক ও ফলাফল ব্যবহার করে A এর কম্পাঙ্ক, $f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$

$$= \frac{153}{0.5} \text{ Hz}$$

$$= 306 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_1 - f_2 = 6$$

$$\text{বা, } f_2 = f_1 - 6$$

$$\text{বা, } f_2 = (306 - 6) \text{ Hz}$$

$$\therefore f_2 = 300 \text{ Hz}$$

B কে ঘষার পর বীট সংখ্যা সমান থাকার অর্থ হলো B এর কম্পাংক বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ যেক্ষেত্রে B এর কম্পাংক f_2 হলে,

$$f_2 - f_1 = 6$$

$$\text{বা, } f_2 = f_1 + 6$$

$$\text{বা, } f_2 = (306 + 6) \text{ Hz}$$

$$\therefore f_2 = 312 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{B এর কম্পাংক পরিবর্তন} &= f_2 - f_1 \\ &= (312 - 300) \text{ Hz} \\ &= 12 \text{ Hz} \end{aligned}$$

অতএব, ঘষার পর B এর কম্পাংক 12 Hz বৃদ্ধি পাওয়ায় উভয় ক্ষেত্রে A এর কম্পাংকের সাথে ব্যবধান সমান থাকে। তাই বীট সংখ্যার পরিবর্তন হয়নি।

$$\text{প্রশ্ন ৭ } y_1 = 0.1 \sin\left(200\pi t - \frac{20\pi}{17}x\right) \quad y_2 = 0.1 \sin\left(200\pi t + \frac{20\pi}{17}x\right)$$



উদ্দীপকে X ও Y মিটারে এবং সময় t সেকেন্ডে ধরে নিম্নলিখিত প্রশ্নের উত্তর দাও:

- দশা কাকে বলে? ১
- প্রতি সেকেন্ডে বীট ৬ বলতে কি বুঝ? ২
- প্রথম তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে উপরিপাতনের ফলে কোন ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামতের ব্যাখ্যা কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে রাশি দ্বারা তরঙ্গ সঞ্চারকারী কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা বুঝায় তাকে দশা বলে।

খ. প্রতি সেকেন্ডে বীট ৬ বলতে বুঝায়, মূল শব্দ তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে লব্ধি তরঙ্গের শব্দের তীব্রতা প্রতি সেকেন্ডে ৬ বার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে ৬টি তীব্র শব্দ শোনা যায় এবং ৬টি নিঃশব্দ সৃষ্টি হয়।

$$\begin{aligned} \text{গ. প্রথম তরঙ্গটির সমীকরণ: } y_1 &= 0.1 \sin\left(200\pi t - \frac{20\pi}{17}x\right) \\ &= 0.1 \sin\frac{20\pi}{17}(170t - x) \end{aligned}$$

একে তরঙ্গের প্রমিত সমীকরণ, $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$v = 170 \text{ m.s}^{-1}$$

সুতরাং প্রথম তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ, $v = 170 \text{ m.s}^{-1}$

ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 = 0.1 \sin\left(200\pi t - \frac{20\pi}{17}x\right) + 0.1 \sin\left(200\pi t + \frac{20\pi}{17}x\right) \\ &= 0.1 \times 2 \sin(200\pi t) \cos\left(\frac{20\pi}{17}x\right) \\ &= 0.2 \cos\left(\frac{20\pi}{17}x\right) \sin(200\pi t) \\ &= A \sin(200\pi t) \end{aligned}$$

এখানে, $A = 0.2 \cos\left(\frac{20\pi}{17}x\right)$ = লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার

উপরোক্ত সমীকরণে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণের ন্যায় দশা কোণের ভেতর $(vt - x)$ জাতীয় কোনো রাশি অন্তর্ভুক্ত নাই তাই এটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নয়। এটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ।

সুতরাং উদ্দীপকে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে উপরিপাতনের ফলে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ৮ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ যা পরবর্তীতে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে। $Y = 0.5 \sin\left(800\pi t - \frac{2\pi}{0.5}x\right)$

কি. বো. ২০১৭/

- তরঙ্গমুখ কি? ১
- ত্রয়ীর মধ্যে কোন অষ্টক নেই—ব্যাখ্যা কর। ২
- অগ্রগামী তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকে যে স্থিরতরঙ্গটি সৃষ্টি হবে তার কম্পাঙ্ক এবং মূল তরঙ্গটি কম্পাঙ্কের তুলনামূলক বিশ্লেষণ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তরঙ্গের উপরোস্থ যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।

খ. কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের দ্বিগুণ হয় তবে তাকে ঐ মূল সুরের অষ্টক বলে।

আবার, তিনটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত ৪ : ৫ : ৬ হলে এরা মিলিত হয়ে যে মধুর সুর উৎপন্ন করে তাকে ত্রয়ী বলে।

অর্থাৎ, দেখা যায় যে ত্রয়ীর যেকোনো দুটি সুরের একটি কখনোই অপরটির দ্বিগুণ হয় না।

অতএব, ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অষ্টক নেই।

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} Y &= 0.5 \sin\left(800\pi t - \frac{2\pi}{0.5}x\right) \\ &= 0.5 \sin\frac{2\pi}{0.5}(200t - x) \dots\dots\dots(i) \end{aligned}$$

সমীকরণ (i) কে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,

$$Y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x) \text{ এর সাথে তুলনা করে পাই,}$$

$$\text{তরঙ্গবেগ, } v = 200 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 0.5 \text{ m}$$

অতএব, অগ্রগামী তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ 200 m.s⁻¹ (Ans.)

ঘ. 'গ' অংশ হতে পাই,

$$\text{মূল তরঙ্গের তরঙ্গবেগ, } v = 200 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{মূল তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{অর্থাৎ, মূল তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200}{0.5} = 400 \text{ Hz}$$

যদি অগ্রগামী তরঙ্গটি স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে তাহলে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গের সমীকরণ

$$\begin{aligned} Y &= 0.5 \sin\left(800\pi t - \frac{2\pi}{0.5}x\right) + 0.5 \sin\left(800\pi t + \frac{2\pi}{0.5}x\right) \\ &= 0.5 \sin\frac{2\pi}{0.5}(200t + x) + 0.5 \sin\frac{2\pi}{0.5}(200t - x) \\ &= 0.5 \times 2 \left[\sin\frac{2\pi}{0.5}\left(\frac{200t + x + 200t - x}{2}\right) \cos\frac{2\pi}{0.5}\left(\frac{200t + x - 200t - x}{2}\right) \right] \end{aligned}$$

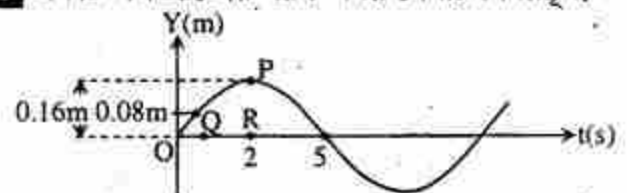
$$Y = \cos\frac{2\pi x}{0.5} \sin 2\pi(400)t \dots\dots\dots(i)$$

সমীকরণ (i) কে স্থির তরঙ্গের সমীকরণ $Y = A \sin 2\pi ft$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$\text{স্থির তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f' = 400 \text{ Hz}$$

অতএব, উদ্দীপকে যে স্থির তরঙ্গটি সৃষ্টি হবে তার কম্পাঙ্ক মূল তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের সমান হবে।

প্রশ্ন ৯ একটি শব্দতরঙ্গের সরণ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



কি. বো. ২০১৬/

- সুর বিরাম কাকে বলে? ১

- খ. তবলায় আঘাত করলে জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয়, আবার দেয়ালে আঘাত করলে ততটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. R বিন্দুতে কণাটির সরণ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির তুলনামূলক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাতকে সুর বিরাম বলে।

খ. তবলায় একটি খোলের মুখে পতলা চমড়ার পর্দা টানটান করে বাঁধা থাকে এবং খোলের ভিতরে থাকে বায়ু। এ চামড়ার পর্দায় আঘাত করলে অধিক বিস্তারে কম্পিত হওয়ার সুযোগ পায়। এছাড়াও খোলের ভিতরের বায়ুতেও কম্পন সৃষ্টি হয় ফলে তবলায় আঘাত করলে জোরালো শব্দ হয়। কিন্তু দেয়ালে আঘাত করলে এটি অধিক বিস্তারে কম্পনের সুযোগ পায়না, তাই এক্ষেত্রে শব্দ জোরালো হয় না।

গ. আমরা জানি,

$$y = a \sin \omega t$$

$$= a \sin \left(\frac{2\pi}{T} \times t \right)$$

$$= 0.16 \sin \left(\frac{2 \times 180^\circ}{5} \right)$$

$$= 0.16 \sin 72^\circ$$

$$= 0.152 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{বিস্তার, } a = 0.16 \text{ m}$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = 5 \times 2 = 10 \text{ sec}$$

$$\text{সময়, } t = 2 \text{ sec}$$

$$\text{সরণ, } y = ?$$

ঘ. প্রদত্ত তথ্য অনুসারে,

সাম্যাবস্থান থেকে Q বিন্দুর সরণ, $y = 0.08 \text{ m}$

ধরি, Q বিন্দুতে অবস্থিত কোনো কণার ভর $= m$

কৌণিক কম্পাঙ্ক $= \omega$

বিস্তার, $a = 0.16 \text{ m}$

$$\therefore Q \text{ বিন্দুতে, স্থিতিশক্তি, } E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 y^2$$

$$Q \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 (a^2 - y^2)$$

$$\therefore \frac{E_p}{E_k} = \frac{y^2}{a^2 - y^2} = \frac{(0.08)^2}{(0.16)^2 - (0.08)^2} = \frac{6.4 \times 10^{-3}}{0.0192}$$

$$\therefore \frac{E_p}{E_k} = \frac{1}{3}$$

অতএব, Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি, গতিশক্তির এক-তৃতীয়াংশ হবে।

প্রশ্ন ১০ একটি সনোমিটারে সদৃশ ও সমদৈর্ঘ্যের তিনটি তার A, B ও C-এ যথাক্রমে 200, 225 ও 250 N বল ঝুলিয়ে টানটান করা হল। A তারটিকে শব্দায়িত করায় 100 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন হল। দুটি কবে তার একসাথে শব্দায়িত করলে বিট উৎপন্ন হয় কিনা পরীক্ষা করা হল।

চ. বো. ২০১৭/

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে? ১

খ. একই স্প্রিং ধ্রুবকবিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে সমান্তরাল সমবায়ের যুক্ত করলে সমবায়ের স্প্রিং ধ্রুবক পরিবর্তন হবে কি না? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের দ্বিতীয় তারটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বিট উৎপন্নের পরীক্ষার ফলাফল গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক আলোচনা কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো স্থানে নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর ও বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুর সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ. দুটি স্প্রিংকে সমান্তরালে যুক্ত করে, F বল প্রয়োগ করলে মনে করি সরণ x।

একই পরিমাণ সরণের জন্য, ১ম স্প্রিং এ প্রযুক্ত বল, $F_1 = K_1 x$ এবং ২য় স্প্রিং এ প্রযুক্ত বল $F_2 = K_2 x$

$$\text{মোট বল, } F = F_1 + F_2 = K_1 x + K_2 x = (K_1 + K_2) x$$

$$\text{বা, } F = (K_1 + K_2) x \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{এখন সমগ্র সিস্টেমের জন্য } F = K_p x \dots \dots \dots (ii)$$

$$(i) \text{ ও } (ii) \text{ তুলনা করে, } K_p = K_1 + K_2$$

$$\text{এখন, } K_1 = K_2 = K \text{ হলে, } K_p = 2K$$

অতএব, একই স্প্রিংধ্রুবক বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক হবে স্প্রিং দ্বয়ের প্রত্যেকের স্প্রিং ধ্রুবকের দ্বিগুন।

গ. উদ্দীপক হতে পাই, A তারের টান, $T_A = 200 \text{ N}$

$$B \text{ তারের টান, } T_B = 225 \text{ N}$$

$$A \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_A = 100 \text{ Hz}$$

$$B \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_B = ?$$

যেহেতু তারদ্বয় সদৃশ ও সমদৈর্ঘ্যের সেহেতু টানা তারের টানের সূত্রানুসারে,

$$\frac{f_B}{f_A} = \sqrt{\frac{T_B}{T_A}}$$

$$\text{বা, } f_B = f_A \times \sqrt{\frac{T_B}{T_A}}$$

$$= 100 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{225}{200}} = 106.06 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই, A তারের টান, $T_A = 200 \text{ N}$

$$C \text{ তারের টান, } T_C = 250 \text{ N}$$

$$A \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_A = 100 \text{ Hz}$$

$$'g' \text{ অংশ হতে পাই, } B \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_B = 106.06 \text{ Hz}$$

$$C \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_C = ?$$

টানা তারের টানের সূত্রানুসারে,

$$\frac{f_C}{f_A} = \sqrt{\frac{T_C}{T_A}}$$

$$\text{বা, } f_C = f_A \times \sqrt{\frac{T_C}{T_A}}$$

$$= 100 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{250}{200}} = 111.80 \text{ Hz (Ans.)}$$

A ও B তার একসাথে শব্দায়িত করলে উৎপন্ন বিট

$$N_1 = f_B - f_A = 106.06 - 100 = 6.06 \text{ s}^{-1}$$

A ও C তার একসাথে শব্দায়িত করলে উৎপন্ন বিট

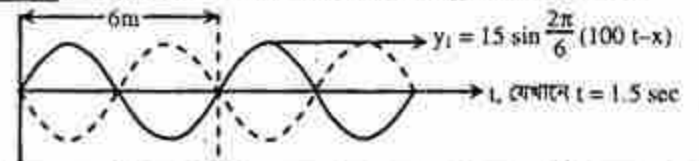
$$N_2 = f_C - f_A = 111.80 - 100 = 11.80 \text{ s}^{-1}$$

B ও C তার একসাথে শব্দায়িত করলে উৎপন্ন বিট,

$$N_3 = f_C - f_B = 111.80 - 106.06 = 5.74 \text{ s}^{-1}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেয়া যায়, $N_1 < 10$, $N_2 > 10$ এবং $N_3 < 10$ আমরা জানি, মানবকর্ণ প্রতি সেকেন্ডে 10টির বেশি বিট সনাক্ত করতে পারে না, তাই A ও B তার এবং B ও C তার একসাথে শব্দায়িত করলে বিট শোনা যাবে। কিন্তু A ও C তার একসাথে শব্দায়িত করলে কোনো বিট শোনা যাবে না।

প্রশ্ন ১১ নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



উদ্দীপকে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের মুক্ত প্রান্তের প্রতিফলন দেখানো হয়েছে।

চ. বো. ২০১৬/

ক. সরল হ্রদিত স্পন্দন কী? ১

খ. তরঙ্গের বিস্তারের সাথে তীব্রতার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে তরঙ্গটি-প্রতিফলনের পর লম্বি তরঙ্গ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে $x = \frac{\lambda}{2}$ দূরত্বে y-এর জন্য একটি লেখচিত্র

গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপস্থাপন কর। (যখন $t = 0$, $\frac{T}{4}$, $\frac{T}{2}$, $\frac{3T}{4}$ এবং T) ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো স্পন্দন গতি সম্পন্ন কণার ত্বরণ, সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় তখন তার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন বলে।

খ তরঙ্গের তীব্রতা, $I = 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v$
সমীকরণ থেকে দেখা যায়, একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের তরঙ্গের তীব্রতা তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ তরঙ্গের তীব্রতা এর বিস্তারের বর্গের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। তরঙ্গের বিস্তার দ্বিগুণ করা হলে তীব্রতা চারগুণ হবে।

গ তরঙ্গটির সমীকরণ, $y_1 = 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x)$

তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর প্রতিফলিত তরঙ্গের সমীকরণ—

$$y_2 = -15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t + x)$$

উক্ত তরঙ্গদ্বয় উপরিপাতিত হয়ে স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন করবে। স্থির তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার লম্বি সরণ y হলে,

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 \\ &= 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x) - 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t + x) \\ &= -15 \times 2 \cos \frac{2\pi}{6} 100t \sin \frac{2\pi}{6} x \\ &= -30 \sin \frac{2\pi}{6} x \cos \frac{2\pi}{6} 100t = A \cos \frac{2\pi}{6} 100t \end{aligned}$$

অর্থাৎ প্রতিফলনের পর লম্বি তরঙ্গের সমীকরণ—

$$y = A \cos \frac{2\pi}{6} 100t$$

যেখানে, $A =$ লম্বি তরঙ্গে বিস্তার $= -30 \sin \frac{2\pi}{6} x$

ঘ আমরা জানি, স্থির তরঙ্গ সৃষ্টির সময় কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে। প্রদত্ত সমীকরণ, $y_1 = 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x)$

অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ $y_1 = 15 \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ এর

সাথে তুলনা করে পাই, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6$ m

তরঙ্গের দ্রুতি, $v = 100 \text{ m.s}^{-1}$

$$\text{সুতরাং কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100 \text{ m.s}^{-1}}{6 \text{ m}} = \frac{100}{6} \text{ Hz}$$

$$\text{এবং পর্যায় কাল, } T = \frac{1}{f} = \frac{6}{100} = 0.06 \text{ s}$$

‘গ’ অংশ হতে পাই, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ, $y = A \cos \frac{2\pi}{6} 100t$

যেখানে বিস্তার, $A = -30 \sin \frac{2\pi}{6} x$

এটি একটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের সমীকরণ।

এখন, $x = \frac{\lambda}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$ হলে,

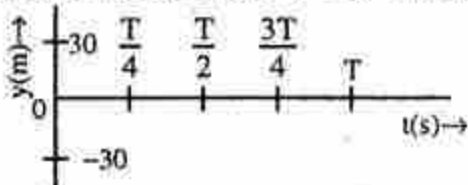
$$A = -30 \sin \left(\frac{2\pi}{6} \times 3 \right) = 0$$

$$y = \cos \frac{2\pi}{6} 100t$$

t এর বিভিন্ন মানের জন্য y এর মান নিচের ছকে দেয়া হলো :

$t \text{ (s)}$	0	$\frac{T}{4} = 0.015 \text{ s}$	$\frac{T}{2} = 0.03 \text{ s}$	$\frac{3T}{4} = 0.045 \text{ s}$	$T = 0.06 \text{ s}$
$y \text{ (m)}$	0	0	0	0	0

প্রাপ্ত তথ্যসমূহ নিচে লেখচিত্রের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হলো :



প্রশ্ন ১২ $y = 6 \sin \left(8\pi t - \frac{\pi x}{25} \right)$ একটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ নির্দেশ করে; যেখানে x ও y কে সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়েছে। তরঙ্গটি 0.09 kg m^{-3} ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চারিত হচ্ছে। নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

চ. বো. ২০১০/

- প্রান্তিক বেগের সংজ্ঞা দাও। ১
- পরবশ কম্পন ও অনুনাদের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকে বর্ণিত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩
- তরঙ্গটি শ্রাব্য কি না— তীব্রতা লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে প্রমাণ কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অভিকর্ষের প্রভাবে কোনো প্রবাহীর মধ্য দিয়ে গতিশীল কোনো বস্তু সর্বোচ্চ যে বেগে উপনীত হলে নিট বল শূন্য হয় এবং বস্তুটি সমবেগে চলতে থাকে, সে বেগকে বলা হয় প্রান্তিকবেগ বা অন্তর্ববেগ।

খ নিচে পরবশ কম্পন ও অনুনাদের পার্থক্য ব্যাখ্যা করা হলো—

পরবশ কম্পন	অনুনাদ
১. কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তু যখন কোনো পর্যাবৃত্ত বলের প্রভাবে কাঁপতে থাকে তখন তার কম্পনকে পরবশ কম্পন বলে।	১. কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক এবং তার ওপর প্রযুক্ত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার নিয়ে কাঁপতে থাকে, এরূপ কম্পনকে অনুনাদ বলে।
২. এ ক্ষেত্রে কম্পন বিস্তার কম হয় এবং এর পর্যায়ক্রমে হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।	২. এক্ষেত্রে কম্পন নিয়মিত হয় এবং অধিক বিস্তার নিয়ে কাঁপতে থাকে।

গ $y = 6 \sin \left(8\pi t - \frac{\pi x}{25} \right) = 6 \sin \frac{2\pi}{50} (200t - x)$

একে প্রমিত সমীকরণ $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

তরঙ্গবেগ, $v = 200 \text{ cm.s}^{-1}$ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 50 \text{ cm}$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200 \text{ cm.s}^{-1}}{50 \text{ cm}} = 4 \text{ Hz}$$

ঘ তরঙ্গের বিস্তার, $a = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

দেওয়া আছে, মাধ্যমের ঘনত্ব, $\rho = 0.09 \text{ kg.m}^{-3}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{তরঙ্গের তীব্রতা, } I &= 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v \\ &= 2 \times 9.87 \times (4 \text{ Hz})^2 \times (0.06 \text{ m})^2 \times 0.09 \text{ kg.m}^{-3} \times 2 \text{ m.s}^{-1} \\ &= 0.2047 \text{ W.m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

$$= 10 \log \frac{0.2047 \text{ W.m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W.m}^{-2}} \text{ dB}$$

$$= 113.1 \text{ dB} < 120 \text{ dB}$$

তীব্রতা লেভেলের বিচারে এটি শ্রাব্য কিন্তু কম্পাঙ্কের বিচারে এটি শ্রাব্য নয়, শব্দের শব্দ, কারণ শ্রাব্য সীমার সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ক মান 20 Hz ।

প্রশ্ন ১৩ পদার্থবিজ্ঞানের শিক্ষার্থী লিয়ানা দুটি সুরশলাকা নিয়ে দেখল যে, একটির গায়ে 312 Hz লেখা আছে। সে শলাকা দুটি একত্রে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বীট শুনতে পেল। এবার সে অজানা সুরশলাকার গায়ে তার পের্চিয়ে একইভাবে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বীট শুনতে পেল। এখানে জানা সুরশলাকা থেকে সৃষ্ট শব্দের বেগ 340 m.s^{-1} ।

সি. বো. ২০১৭/

- তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১
- স্থির তরঙ্গের নিস্পন্দ বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- কতটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার সৃষ্ট শব্দ 130 m দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩
- লিয়ানা ভর বাড়ানোর পূর্বে ও পরে নিবীত অজানা কম্পাঙ্কের মধ্যে কোনো পার্থক্য পেয়েছিল কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের উপরোস্থ যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।

খ কোন বিন্দুতে তরঙ্গের তীব্রতা, (I) বিস্তার, (A) এর বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $I \propto A^2$ । এখন নিস্পন্দ বিন্দুতে $A = 0$ তাই নিস্পন্দ বিন্দুতে শক্তির তীব্রতা বা শক্তি শূন্য হয়।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = 312 \text{ Hz}$$

$$\text{শব্দের বেগ, } v = 340 \text{ m.s}^{-1}$$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে

$$v = f\lambda$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{312}$$

$$\therefore \lambda = 1.09 \text{ m}$$

অর্থাৎ, 1.09 m দূরত্ব অতিক্রম করে 1টি পূর্ণ কম্পনে

$$\therefore 130 \text{ m দূরত্ব অতিক্রম করে } \frac{1 \times 130}{1.09} \text{ টি পূর্ণ কম্পনে}$$

$$\approx 119 \text{ টি পূর্ণ কম্পন (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, ভর বৃদ্ধি করলে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হ্রাস পায়। ধরি, ভর বাড়ানোর পূর্বে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_1 এবং ভর বাড়ানোর পরে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_2 ।

যেহেতু ভর বাড়ানোর পূর্বে এবং পরে বীট সংখ্যা সমান। সুতরাং ভর বাড়ানোর পূর্বে $f_1 > f$ এবং ভর বাড়ানোর পরে $f_2 < f$

$$\therefore f_1 - f = 6$$

$$\text{বা, } f_1 = f + 6$$

$$= 312 + 6$$

$$\therefore f_1 = 318 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } f - f_2 = 6$$

$$\text{বা, } f_2 = f - 6$$

$$= 312 - 6$$

$$\therefore f_2 = 306$$

\therefore ভর বাড়ানোর পূর্বে ও পরে অজানা কম্পাঙ্কের মধ্যে পার্থক্য

$$\Delta f = f_1 - f_2 = 318 - 306 = 12 \text{ Hz}$$

অর্থাৎ ভর বাড়ানোর ফলে অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 12 Hz হ্রাস পেয়েছে।

প্রশ্ন ১৪ নাকিস তাদের টিভিতে T-20 বিশ্বকাপের বাংলাদেশ বনাম ভারতের খেলা দেখছিল। তখন টিভির শব্দের তীব্রতা $1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$ । টান টান উত্তেজনার মুহূর্তে কাজের মেয়ে মিতু ব্রেভার মেশিন চালু করলো যার তীব্রতা লেভেল 85 dB। এবার নাকিস টিভির সাউন্ড বাড়িয়ে দিল যার তীব্রতা লেভেল 78 dB।

(সি. বো. ২০১৬)

ক. লম্ব একক কী? ১

খ. \vec{A} ও \vec{B} এর মধ্যবর্তী কোণ 45° হলে দেখাও যে, $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A} \times \vec{B}|$ ২

গ. নাকিস তীব্রতা লেভেল কতটুকু বৃদ্ধি করেছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্রেভার চালু অবস্থায় সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল অসম্ভবিকর হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল একক মৌলিক একক সমন্বয়ে গঠিত হয় তাদেরকে লম্ব একক বা যৌগিক একক বলে।

খ দেওয়া আছে, \vec{A} ও \vec{B} এর মধ্যবর্তী কোণ 45°

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos 45^\circ$$

$$= \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = AB \sin 45^\circ$$

$$= \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A} \times \vec{B}|$$

গ দেওয়া আছে, টিভির শব্দের তীব্রতা, $I_1 = 1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$

প্রমাণ তীব্রতা, $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$

তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন, $\Delta\beta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \beta = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-12}} = 60 \text{ dB}$$

$$\therefore \text{নাকিস তীব্রতা লেভেল বৃদ্ধি করেছিল, } \Delta\beta = (78 - 60)$$

$$= 18 \text{ dB (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

টিভির তীব্রতা লেভেল, $\beta_1 = 78 \text{ dB}$

ব্রেভারের তীব্রতা লেভেল, $\beta_2 = 85 \text{ dB}$

ধরা যাক, টিভির তীব্রতা = I_1

এবং ব্রেভারের তীব্রতা = I_2

$$\text{আমরা জানি, } \beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } 78 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{10^{-12}} = 10^{7.8}$$

$$\text{বা, } I_1 = 10^{7.8} \times 10^{-12}$$

$$\therefore I_1 = 10^{-4.2}$$

$$\text{আবার, } \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } 85 = 10 \log \frac{I_2}{10^{-12}}$$

$$\text{বা, } \frac{I_2}{10^{-12}} = 10^{8.5}$$

$$\text{বা, } I_2 = 10^{8.5} \times 10^{-12}$$

$$\therefore I_2 = 10^{-3.5}$$

$$\text{মোট তীব্রতা, } I = I_1 + I_2 = 10^{-4.2} + 10^{-3.5}$$

$$= 3.79 \times 10^{-4}$$

$$\therefore \text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{3.79 \times 10^{-4}}{10^{-12}}$$

$$= 10 \log 3.79 \times 10^8 = 85.79 \text{ dB}$$

টি ভি এবং ব্রেভারের একত্রে তীব্রতা লেভেল 85.79 dB যা আমাদের কানে শ্রুতি যন্ত্রপার প্রারম্ভ তীব্রতা লেভেল 120 dB অপেক্ষা কম। সুতরাং বলা যায় ব্রেভার চালু অবস্থায় সম্মিলিত শব্দ অসম্ভবিকর হবে না।

প্রশ্ন ১৫ সালাম 300 Hz কম্পাঙ্ক ও 0.25 cm বিস্তারের শব্দ তরঙ্গ পরপর বায়ু ও পানিতে প্রেরণ করে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4.16m পেল। উভয় মাধ্যমে শব্দের বেগ ও তীব্রতা ভিন্ন ভিন্ন পাওয়া গেল। সালাম বললো শব্দের বেগ ও তীব্রতার মান বায়ু মাধ্যম থেকে পানি মাধ্যমে বেশি পাওয়া যাবে। বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ 352 ms^{-1} । বায়ু ও পানির ঘনত্ব যথাক্রমে 1.293 Kgm^{-3} ও 1000 Kgm^{-3} ।

(সি. বো. ২০১৫)

ক. তরঙ্গের তীব্রতা কাকে বলে? ১

খ. এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সালামের বক্তব্যের সঠিকতা যাচাই কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তরঙ্গ সঞ্চারনের দিকের সাথে লম্ব একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে তরঙ্গের তীব্রতা বলে।

খ. সৈন্যরা ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে গেলে ব্রীজের ওপর প্রযুক্ত বল অত্যধিক মানের হয়। এ বলের কম্পাঙ্ক ব্রীজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান বা কাছাকাছি হলে ব্রীজটিতে অনুদাদ সৃষ্টি হবে এবং এটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হবে। তখন ব্রীজটি ভেঙে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ কারণে এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয়।

গ. বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_a = 352 \text{ m.s}^{-1}$

শব্দের কম্পাঙ্ক, $f = 300 \text{ Hz}$

\therefore বায়ুতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_a = \frac{v_a}{f} = \frac{352 \text{ m.s}^{-1}}{300 \text{ Hz}} = 1.173 \text{ m}$

পানিতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি হবে

\therefore পানিতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_w = \lambda_a + 4.16 \text{ m}$
 $= 1.173 \text{ m} + 4.16 \text{ m}$
 $= 5.33 \text{ m}$

\therefore পানিতে শব্দের বেগ, $v_w = f\lambda_w$
 $= 300 \text{ Hz} \times 5.33 \text{ m}$
 $= 1600 \text{ m.s}^{-1} \text{ (Ans.)}$

ঘ. 'গ' অংশ থেকে,

পানিতে শব্দের বেগ > বায়ুতে শব্দের বেগ

এখন দেখবো যে,

পানিতে শব্দের তীব্রতা > বায়ুতে শব্দের তীব্রতা হয় কিনা

বাতাসের শব্দতরঙ্গের তীব্রতা, $I_a = 2\pi^2 n^2 a^2 \rho_a v_a$
 $= 2 \times 9.87 \times (300 \text{ Hz})^2 \times (0.25 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \times 1.293 \text{ kg.m}^{-3} \times 352 \text{ m.s}^{-1}$
 $= 5054 \text{ W.m}^{-2}$

পানিতে শব্দতরঙ্গের তীব্রতা,

$I_w = 2\pi^2 n^2 a^2 \rho_w v_w$
 $= 2 \times 9.87 \times (300 \text{ Hz})^2 \times (0.25 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \times 1000 \text{ kg.m}^{-3} \times 1600 \text{ m.s}^{-1}$
 $= 1.7766 \times 10^7 \text{ W.m}^{-2}$

গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়,

$I_w > I_a$

প্রমাণিত হল, পানিতে শব্দের তীব্রতা > বায়ুতে শব্দের তীব্রতা

সুতরাং সালামের বক্তব্য সঠিক।

প্রশ্ন ১৬. বায়ুতে দুটি শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ হল:

$Y_1 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 16.35(105.1\pi t - x)$

$Y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 110(15.764\pi t - 0.15x)$

এখানে সব কয়টি রাশি SI এককে প্রকাশিত। বায়ুর ঘনত্ব 1.29 kg.m^{-3} ।

১৫. বো. ২০১৭/

ক. অনুদাদ কাকে বলে? ১

খ. ডায়াটোনিক স্বরগ্রামের সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তরঙ্গদ্বয় একই সময়ে শব্দায়িত করা হলে প্রতি সে. উৎপন্ন বীট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দ্বিতীয় তরঙ্গের মাধ্যমে উৎপন্ন শব্দটি হাসপাতালের পরিবেশের জন্য উপযুক্ত হবে কিনা— তীব্রতার লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক এবং তার ওপর প্রযুক্ত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার নিয়ে কাঁপতে থাকে, এরূপ কম্পনকে অনুদাদ বলে।

খ. ডায়াটোনিক স্বরগ্রাম বা সঙ্গীত ও বাদ্যযন্ত্রে ব্যবহৃত স্বরগ্রামের পরপর দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত ৪ : ৩। কোন একটি মূলসুরের স্কেলে এই অনুপাতে কম্পাঙ্কের বৃদ্ধি ঘটতে থাকে অর্থাৎ সুর চড়তে

থাকে। এভাবে প্রতি ৭টি সুর পরপর মূল সুরের অষ্টক পাওয়া যায়। আবার মধ্যবর্তী সুরগুলোও প্রতি ৭ ঘর পরপর দ্বিগুণ কম্পাঙ্ক প্রাপ্ত হয়। যেহেতু মূল সুর ও তার অষ্টকের মধ্যবর্তী সুরগুলোও ডায়াটোনিক স্বরগ্রামের অন্তর্ভুক্ত, তাই বলা যায় যে ডায়াটোনিক স্বরগ্রামের সকল উপসুর সম্মেলন নয়।

গ. দেওয়া আছে,

বায়ুতে দুটি শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ হল :

$Y_1 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 16.35 (105.1\pi t - x)$

$Y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 (15.764\pi t - 0.15x)$

$Y_1 = 0.25 \times 10^{-2} \sin (1718.385\pi t - 16.35x)$

$Y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin (1734.04\pi t - 16.5x)$

$y = a \sin \left(2\pi f t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$ সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই,

$2\pi f_1 = 1718.385\pi$; বা, $f_1 = 859.1925 \text{ Hz}$

$2\pi f_2 = 1734.04\pi$; বা, $f_2 = 867.02 \text{ Hz}$

\therefore প্রতি সেকেন্ড উৎপন্ন বীট সংখ্যা, $N = f_2 - f_1$
 $= (867.02 - 859.1925) \text{ Hz}$
 $= 7.8275 \text{ Hz}$
 $= 8 \text{ Hz (Ans.)}$

ঘ. দ্বিতীয় শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ:

$Y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 (15.764\pi t - 0.15x)$

$= 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 \times 0.15 (105.09\pi t - x)$

একে $Y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = \frac{2\pi}{110 \times 0.15} = 0.3808 \text{ m}$

তরঙ্গবেগ, $v = 105.09 \times 3.1416 = 330.016 \text{ m.s}^{-1}$

\therefore কম্পাঙ্ক, $f = \frac{v}{\lambda} = 867.021 \text{ Hz}$

বিস্তার, $a = 0.25 \times 10^{-2} \text{ m}$

\therefore শব্দ তরঙ্গের তীব্রতা,

$I = 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v$
 $= 2 \times \pi^2 \times (867.02)^2 \times (0.25 \times 10^{-2})^2 \times 1.29 \times 330.16$
 $= 3.95 \times 10^4 \text{ W.m}^{-2}$

প্রমাণ তীব্রতা, $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

\therefore তীব্রতা লেভেল, $B = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$

$= 10 \log \left(\frac{3.95 \times 10^4}{10^{-12}} \right)$

$= 165.97 \text{ dB}$

কানে বেদনা দানকারী সূচন শব্দ 120 dB থেকে ও এর তীব্রতা লেভেল বেশি হওয়ায় এই শব্দটি হাসপাতালের পরিবেশের জন্য মোটেও উপযুক্ত হবে না।

প্রশ্ন ১৭. শামীম কোনো এক মাধ্যমে একটি অগ্রগামী তরঙ্গ দেখল যার সমীকরণ—

$Y = 0.5 \sin (200\pi t - 0.602\pi x)$

তখন সে উক্ত তরঙ্গের সমান কম্পাঙ্কবিশিষ্ট শব্দ অন্য এক মাধ্যমে করায় তরঙ্গবেগ বৃদ্ধি পেল এবং দেখতে পেল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.2 m হলো।

১৬. বো. ২০১৬/

ক. সরল হ্রদিত গতি কাকে বলে? ১

খ. সরল দোলকের গতি সরল হ্রদিত গতি— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উল্লীপকের তরঙ্গের তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গ-বেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে কত বৃদ্ধি পাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বের কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

যখন কোনো স্পন্দন গতি সম্পন্ন কণার ত্বরণ, সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় তখন তার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বলে।

সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর বেশি না হলে সরল দোলকের গতিপথ মোটামুটি সরলরেখিক হয়। সেক্ষেত্রে, সরল দোলকের ত্বরণের সমীকরণ হয় $a = -\omega^2 x$ বা $a \propto -x$ । অর্থাৎ ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী, যা সরল ছন্দিত গতির বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করে। এ কারণে সরল দোলকের গতি সরল ছন্দিত গতি।

প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 0.5 \sin (200\pi t - 0.602\pi x)$ এবং অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$

এর সহগ তুলনা করে পাই,

$$\frac{2\pi}{\lambda} = 0.602\pi$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{2}{0.602}$$

$$= 3.322 \text{ m (Ans.)}$$

আবার t এর সহগ তুলনা করে পাই, $\frac{2\pi}{\lambda} v = 200\pi$

$$\therefore v = 100 \times \lambda = 100 \times 3.322 = 332.2 \text{ m.s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

$$1\text{ম মাধ্যমের তরঙ্গ বেগ, } v_1 = 332.2 \text{ m.s}^{-1}$$

$$1\text{ম মাধ্যমের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda_1 = 3.322 \text{ m}$$

$$\text{সুতরাং কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{332.2}{3.322} = 100 \text{ Hz}$$

মাধ্যমদ্বয়ে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য, $\Delta\lambda = 0.2 \text{ m}$

উদ্দীপক অনুসারে $v_2 > v_1$ তাই $\lambda_2 > \lambda_1$

$$\text{এখন, } \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$\text{বা, } 0.2 = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$\text{বা, } \lambda_2 = 0.2 + 3.322 = 3.522 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } v_2 = f\lambda_2$$

$$= 100 \times 3.522 = 352.2 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{বেগ বৃদ্ধি, } \Delta v = v_2 - v_1$$

$$= (352.2 - 332.2) \text{ m.s}^{-1} = 20 \text{ m.s}^{-1}$$

অতএব দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গবেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে 20 m.s^{-1} বেশি হবে।

একটি গিটারের তিনটি সদৃশ এবং সমদৈর্ঘ্যের তার A, B, C কে যথাক্রমে 100N, 200N ও 250N মানের বল দ্বারা টানা আছে। A তারটি 50 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে। রিপন অবাক হয়ে লক্ষ্য করল B ও C একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যাচ্ছে কিন্তু A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যাচ্ছে না।

(স.স. ২০১৪)

ক. পরবশ কম্পন কি?

১

খ. সকল সময়েই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সময়ে নয়— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. B তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

৩

ঘ. A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যায় না কেন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও।

৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তু যখন কোনো পর্যাবৃত্ত বলের প্রভাবে কাঁপতে থাকে তখন তার কম্পনকে পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন বলে।

কোনো স্বরে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যেটির কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বা মৌলিক সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের থেকে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার কোনো কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাকে ঐ মূল সুরের সম্মেলন বলে। কাজেই সকল সম্মেলন উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সম্মেলন নয়।

গ দেওয়া আছে,

$$A \text{ তারের টান, } T_1 = 100 \text{ N}$$

$$B \text{ তারের টান, } T_2 = 200 \text{ N}$$

$$A \text{ তারের কম্পাঙ্ক, } f_1 = 50 \text{ Hz}$$

বের করতে হবে, B তারের কম্পাঙ্ক, $f_2 = ?$

তারগুলোর দৈর্ঘ্য এবং ভর সমান বলে, $f \propto \sqrt{T}$

$$\text{বা, } \frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

$$\therefore f_2 = f_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 50 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{200 \text{ N}}{100 \text{ N}}} = 70.7 \text{ Hz}$$

$$A \text{ তারের জন্য } f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}}$$

$$C \text{ তারের জন্য } f_3 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_3}{\mu}}$$

$$\text{এখন, } \frac{f_3}{f_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} \text{ বা, } f_3 = f_1 \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 50 \sqrt{\frac{250}{100}}$$

$$\therefore f_3 = 79 \text{ Hz}$$

অতএব, C তারের কম্পাঙ্ক, $f_3 = 79 \text{ Hz}$

উদ্দীপক হতে, A তারের কম্পাঙ্ক, $f_1 = 50 \text{ Hz}$

A ও C তার দুটিকে একত্রে কম্পিত করলে উৎপন্ন বিট, $N = f_3 - f_1 = 79 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz} = 29 \text{ Hz}$

প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা খুব বেশি হলে, শব্দের তীব্রতার হ্রাস-বৃদ্ধি এতো দ্রুত হয় যে তা উপলব্ধি করা যায় না। কানে একটানা শব্দ শোনা যায় না। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে, বিটের সংখ্যা সেকেন্ডে 10 এর বেশি হলে কানে তা উপলব্ধি করা সম্ভব নয়।

যেহেতু $29 \text{ Hz} > 10 \text{ Hz}$

অতএব, A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বিট শোনা যায় না।

প্রশ্ন ১৯ 16 m দীর্ঘ টানা তারে আড়া কম্পন সৃষ্টি করতে পর্যাবৃত্ত বল প্রয়োগ করা হলে সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ হবে $y = 2 \sin \pi (30t - \frac{x}{4})$; সকল রাশি S.I. এককে প্রকাশিত।

(স.স. ২০১৭)

ক. সুর কি?

১

খ. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল একটি বস্তুর দ্বারা কৃতকাজ শূন্য— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. টানা তারে যে স্থিরতরঙ্গ সৃষ্টি হবে এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত তারটিতে আন্দোলনের ফলে জোড় সংখ্যক লুপ সৃষ্টি হবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি মাত্র কম্পাঙ্কবিশিষ্ট উৎস থেকে যে শব্দ নির্গত হয় তাকে সুর বলে।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। বস্তুটি যখন বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন প্রতিটি ক্ষুদ্র মুহূর্তে যে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সরণ (ds) হয় তার দিক কেন্দ্রমুখী বলের (F_c) লম্ব বরাবর হয়। ফলে প্রতিটি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সরণে কৃতকাজ, $dW = \vec{F}_c \cdot d\vec{s} = F_c ds \cos 90^\circ = 0$, তাই বস্তুটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরে আসলেও এমনকি বারবার ঘুরতে থাকলেও কৃতকাজের মোট পরিমাণ 0।

এ কারণেই বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল একটি বস্তুর দ্বারা কৃতকাজ শূন্য।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, } y = 2 \sin \pi \left(30t - \frac{x}{4} \right)$$

$$= 2 \sin \frac{\pi}{4} (120t - x)$$

$$\text{ধরি, } y_1 = 2 \sin \frac{\pi}{4} (120t - x)$$

$$\text{এবং } y_2 = 2 \sin \frac{\pi}{4} (120t + x)$$

স্থির তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\begin{aligned} Y &= y_1 + y_2 = 2 \left[\sin \frac{\pi}{4} (120t - x) + \sin \frac{\pi}{4} (120t + x) \right] \\ &= 2.2 \sin \frac{\pi}{4} \left(\frac{120t - x + 120t + x}{2} \right) \cdot \cos \frac{\pi}{4} \left(\frac{120t - x - 120t - x}{2} \right) \\ &= 4 \cdot \sin \frac{\pi}{4} 120t \cdot \cos \frac{\pi}{4} x \quad [\because \cos(-x) = \cos x] \\ &= A \sin \frac{\pi}{4} 120t \end{aligned}$$

$$\text{যেখানে, } A = 4 \cos \frac{\pi}{4} x$$

আমরা জানি,

স্থির তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

$$y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \dots (ii)$$

(i) ও (ii) তুলনা করে পাই,

$$\lambda = 8 \text{ m}$$

$$v = 120 \text{ m.s}^{-1}$$

সূত্রাং কম্পাঙ্ক

$$\text{বা, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{120}{8} \text{ Hz}$$

$$= 15 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

$$v = 120 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\lambda = 8 \text{ m}$$

উদ্দীপক অনুসারে, টানা তারের দৈর্ঘ্য 16 m



$$\lambda \text{ দূরত্বে লুপসংখ্যা} = 2$$

$$\therefore 16 \text{ m দূরত্ব অতিক্রম করলে লুপসংখ্যা হবে} = \frac{2}{\lambda} \times 16$$

$$= \frac{2}{8} \times 16$$

$$= 4$$

অর্থাৎ, উদ্দীপকে বর্ণিত তারটিতে আন্দোলনের ফলে 4টি অর্থাৎ জোড় সংখ্যক লুপ সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ২০ নাকিস তাদের টিভিতে T-20 বিশ্বকাপের বাংলাদেশ বনাম ভারতের খেলা দেখছিল। তখন টিভির শব্দের তীব্রতা $1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$, টানটান উত্তেজনার মুহূর্তে মিতু ব্রেন্ডার মেশিন চালু করলেন যার তীব্রতা লেভেল 85 dB. এবার নাকিস টিভির সাউন্ড বাড়িয়ে দিল যার তীব্রতা লেভেল 78 dB.

[ব. বো. ২০১৬]

ক. অবস্থান ভেটের কাকে বলে? ১

খ. \vec{A} ও \vec{B} এর মধ্যবর্তী কোণ 45° হলে দেখাও যে, $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A} \times \vec{B}|$. ২

গ. নাকিস তীব্রতা লেভেল কতটুকু বৃদ্ধি করেছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্রেন্ডার চালু অবস্থায় সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল অসম্ভব হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে অন্য কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তাকে ঐ বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ ১৪(খ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ১৪(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২১ তিনটি সুর শলাকা যাদের প্রথম দুটির গায়ে কম্পাঙ্ক 450 Hz লেখা আছে যার একটি বায়ু কিছুটা ক্ষয়ে গেছে। তৃতীয় সুর শলাকার গায়ে কম্পাঙ্কের মান লিখা নেই। তৃতীয় সুরশলাকাটিকে পৃথকভাবে অপর দুটির সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বীট সৃষ্টি হয়। আবার প্রথম দুটি একই সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বীট সৃষ্টি হয়। ১ম সুর শলাকা হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা 10^{-7} Wm^{-2}

[ব. বো. ২০১৫]

ক. স্থির তরঙ্গ কাকে বলে? ১

খ. শ্রেণিকক্ষের শব্দের তীব্রতা 10^{-6} Wm^{-2} বলতে কী বুঝ? ২

গ. ১ম সুর শলাকাটি হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেল এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যসমূহ হতে ৩য় সুর শলাকাটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার মতামত লিখ। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি নিরবচ্ছিন্ন তরঙ্গ একই সরল রেখা বরাবর বিপরীত দিক হতে আপতিত হলে তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে যে লম্বি তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

খ শ্রেণিকক্ষের শব্দের তীব্রতা 10^{-6} Wm^{-2} বলতে বুঝায়, শ্রেণিকক্ষের যে কোনো স্থানে শব্দের দিকের সাথে লম্ব এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে 10^{-6} J শব্দ শক্তি সঞ্চারিত হয়।

গ দেওয়া আছে,

$$1\text{ম সুরশলাকা হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা, } I = 10^{-7} \text{ Wm}^{-2}$$

বের করতে হবে, তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

$$= 10 \log \frac{10^{-7} \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} \text{ dB}$$

$$= 50 \text{ dB}$$

$$\therefore \text{শব্দের তীব্রতা} = 50 \text{ dB (Ans.)}$$

ঘ প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 450 \text{ Hz}$

দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 > 450 \text{ Hz}$ [$\because f_2$ এর বায়ু ক্ষয়ে গেছে] যেহেতু প্রথম সুরশলাকা দুটি একই সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে $N = 6$ টি বীট উৎপন্ন হয়।

$$\text{সূত্রাং দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, } f_2 = f_1 + N$$

$$= 450 \text{ Hz} + 6 \text{ Hz}$$

$$= 456 \text{ Hz}$$

এক্ষেত্রে তৃতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 450 Hz হতে বৃহত্তর কিন্তু 456 Hz হতে ক্ষুদ্রতর।

এর কম্পাঙ্ক f_3 হলে, প্রদত্ত শর্তমতে,

$$\text{উৎপন্ন বীট সংখ্যা} = f_3 - f_1 = f_3 - f_2$$

$$\text{বা, } f_3 - f_1 = f_3 - f_2$$

$$\text{বা, } 2f_3 = f_1 + f_2$$

$$\therefore f_3 = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{450 \text{ Hz} + 456 \text{ Hz}}{2}$$

$$= 453 \text{ Hz}$$

সূত্রাং উদ্দীপকের তথ্যসমূহ হতে ৩য় সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ২২ নাহিন পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে A ও B দুটি সুরশলাকা দিয়ে বীট তৈরি করে। প্রতি সেকেন্ডে বীটের সংখ্যা 5টি। A এর কম্পাঙ্ক 300 Hz. B এর কম্পাঙ্ক অজানা। হঠাৎ করে নাহিনের হাত থেকে B সুরশলাকাটি পড়ে গিয়ে B এর কিছু অংশ ভেঙে যায়। পরবর্তীতে নাহিন A ও B সুরশলাকা দুটিকে পুনরায় শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট তৈরি করে। জানা কম্পাঙ্কের শব্দের তীব্রতা 10^{-8} Wm^{-2}

[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

- ক. উপরিপাতন নীতি কী? ১
খ. সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A সুরশলাকা কর্তৃক উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত রেখে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট কি তৈরি করা সম্ভব? এই ক্ষেত্রে A সুরশলাকার নতুন কম্পাঙ্ক গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কণার উপর একই সময়ে দুটি তরঙ্গ আপতিত হলে সাম্যাবস্থান থেকে কণাটির লম্বি সরণ হবে তরঙ্গ দুটির জন্য কণাটির সরণদ্বয়ের ভেক্টর সমষ্টির সমান।

খ কোনো স্বরে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে। এদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে বলে সমমেল বা হারমোনিক। সুতরাং বলা যায়, সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক না।

গ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 40dB।

ঘ B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত রেখে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট তৈরি করা সম্ভব।

B সুরশলাকার ভর কমে গেলে এর কম্পাঙ্ক বেড়ে যাবে। তখনও একই সংখ্যক বীট সৃষ্টি হলে বুঝে নিতে হবে, B-এর আদি কম্পাঙ্ক $< A$ -এর কম্পাঙ্ক। যেহেতু প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা = কম্পাঙ্কের পার্থক্য

$$\text{বা, } 5 \text{ Hz} = f_A - f_B = 300 \text{ Hz} - f_B$$

$$\therefore f_B = 300 \text{ Hz} - 5 \text{ Hz} = 295 \text{ Hz}$$

B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 295 Hz-এ অপরিবর্তিত রেখে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট তৈরি করা সম্ভব। সেক্ষেত্রে A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক পরিবর্তন করতে হবে (কমাতে হবে)। সে উদ্দেশ্যে এর গায়ে সামান্য ভর (যেমন মোমের প্রলেপ) লাগাতে হবে। ভর বৃদ্ধির ফলে A-এর কম্পাঙ্ক কমে গিয়ে নতুন কম্পাঙ্ক হবে = 290 Hz

$$\begin{aligned} \text{ফলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা} &= f_B' - f_A' \\ &= 295 \text{ Hz} - 290 \text{ Hz} = 5 \text{ Hz} \\ &= 5 \text{ bit/sec} \end{aligned}$$

প্রশ্ন ২৩ একটি ড্রিল মেশিন দ্বারা উৎপন্ন শব্দের অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 10 \sin(300\pi t - 0.5x)$ এবং এটির তীব্রতা লেভেল 80dB। ড্রিল মেশিনটি চলার সময় একটি TV চলছিল যা হতে উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা লেভেল ছিল 90dB। স্বাভাবিক মানুষের কানে শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ হয় 120dB হতে।

[জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. অনুনাদ কাকে বলে? ১
খ. মৃত্তকভাবে পড়ন্ত বৃষ্টির ফোঁটা উচ্চবেগে প্রাপ্ত হয় না কেন? ২
গ. ড্রিল মেশিন হতে উৎপন্ন শব্দের বেগ কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের পরিস্থিতিতে কোনো মানুষ কানে যন্ত্রণা অনুভব করবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার মতামত দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ অবাধভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা পতনের সময় এর বেগ বৃদ্ধি পেয়ে উচ্চ বেগে প্রাপ্ত হওয়ার কথা কিন্তু তা হয় না। এর কারণ হল বৃষ্টির ফোঁটা যখন বায়ুমণ্ডলের ভেতর দিয়ে পড়তে থাকে অভিকর্ষের কারণে এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং সান্দ্রতার কারণে এর ওপর

বায়ুমণ্ডলের বাধাদানকারী বলও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময় ফোঁটাটির নিট ত্বরণ শূন্য হয়। ফোঁটাটি তখন ধ্রুববেগ নিয়ে পড়তে থাকে।

গ ৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 1884.96 ms^{-1}

ঘ ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: উদ্দীপকের পরিস্থিতিতে কোনো মানুষ কানে যন্ত্রণা অনুভব করবে না।

প্রশ্ন ২৪ একটি ড্রিল মেশিন থেকে তৈরি হওয়ায় অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $Y = 10 \sin(300\pi t - 0.5x)$ এবং শব্দের তীব্রতা লেভেল 80dB। ড্রিল মেশিনটি চলাকালে একটি গাড়ির হর্ণ বাজছিল যার শব্দের তীব্রতা লেভেল 90dB। আমাদের কানের শব্দোচ্চতার সীমা 120dB।

[বংপুর ক্যাডেট কলেজ]

- ক. কৈশিকতা কী? ১
খ. শব্দের তীব্রতা $3 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ বলতে তুমি কী বোঝ? ২
গ. ড্রিল মেশিন কর্তৃক উৎপন্ন শব্দের বেগ কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শব্দদ্বয়ের সম্মিলিত শব্দ কি আমাদের কানের শ্রবণসীমার মধ্যে থাকবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সবু নলের মধ্যদিয়ে তরলের উত্থান বা অবনমনের ধর্মকে কৈশিকতা বলে।

খ শব্দের তীব্রতা $3 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ বলতে বোঝায়, সংশ্লিষ্ট স্থানে শব্দের দিকের সাথে লম্ব এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে $3 \times 10^{-6} \text{ J}$ শব্দ শক্তি সঞ্চারিত হয়।

গ অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ, $Y = a \sin(2\pi f t - \frac{2\pi}{\lambda} x)$ এর সাথে তুলনা করি।

তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} x$$

$$\Rightarrow 0.5x = \frac{2\pi}{\lambda} x$$

$$\therefore \lambda = 4\pi \text{ m}$$

আবার, কম্পাঙ্ক f এবং বেগ v হলে,

$$\omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow 300\pi = 2\pi \frac{v}{\lambda}$$

$$\Rightarrow v = \frac{300\pi \times 4\pi}{2\pi}$$

$$= 1885 \text{ m/s (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, শব্দের প্রমাণ তীব্রতা, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

ড্রিল মেশিনের শব্দের তীব্রতা = I_d হলে,

$$\beta_d = 10 \log \frac{I_d}{I_0} \quad [\beta_d = \text{ড্রিল মেশিনের শব্দের তীব্রতা লেভেল}]$$

$$\Rightarrow 80 = 10 \log \frac{I_d}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_d = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

আবার, গাড়ির হর্ণের শব্দের তীব্রতা I_c হলে,

$$\beta_c = 10 \log \frac{I_c}{I_0} \quad [\beta_c = \text{গাড়ির শব্দের তীব্রতা লেভেল}]$$

$$\Rightarrow 90 = 10 \log \frac{I_c}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_c = 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

$$\therefore \text{মোট তীব্রতা, } I = I_d + I_c = (10^{-4} + 10^{-3}) \text{ W/m}^2 = 1.1 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

$$\therefore \text{সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{1.1 \times 10^{-3}}{10^{-12}}$$

$$= 90.4 \text{ dB}$$

যেহেতু উদ্দীপক অনুযায়ী আমাদের কানের শব্দোচ্চতার সীমা 120 dB, তাই ডব্লি ও গাড়ির হর্নের সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল আমাদের শ্রবণসীমার মধ্যেই থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ২৫ দুটি তরঙ্গ,

$$y_1 = 0.1 \sin \left(200\pi t - \frac{20\pi x}{17} \right) \text{ m}$$

$$y_2 = 0.1 \sin \left(200\pi t + \frac{20\pi x}{17} \right) \text{ m}$$

[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. দশা কী? ১
- খ. সব সমমেল উপসুর কিন্তু সব উপসুর সমমেল নয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. প্রথম তরঙ্গের তরঙ্গবেগ বের কর। ৩
- ঘ. যদি তরঙ্গ দুটি পরস্পর সমপাতিত হয় তাহলে কোন ধরনের তরঙ্গ তৈরী হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রাশি দ্বারা তরঙ্গ সঞ্চারকারী কণার যেকোনো মুহূর্তের বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদির সম্যক অবস্থা বুঝায় তাকে দশা বলে।

খ কোনো স্বরে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যেটির কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বা মৌলিক সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুর থেকে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার কোনো কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাকে ঐ মূল সুরের সমমেল বলে। কাজেই সকল সমমেল উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সমমেল নয়।

গ ৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২৬ বায়ুতে যুগপৎভাবে বিদ্যমান দুটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ:

$$Y_1 = 0.00025 \sin 16.35(105.1\pi t - x)$$

$$Y_2 = 0.00025 \sin 110(15.764\pi t - 0.15x)$$

সকল রাশি এস. আই. এককে বিবেচ্য। বায়ুর ঘনত্ব 1.29 kgm^{-3} ।

[যেইজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. অনুবাদ কী? ১
- খ. টানাতার যুক্ত বাদ্যযন্ত্রের (যেমন— সেতার, ডায়োলিন, গিটার ইত্যাদি) মাঝে ফাঁপা সিলিন্ডার/বেলন রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. যদি উপরোক্ত সমীকরণদ্বয় শব্দতরঙ্গ নির্দেশ করে, তবে কোনটি শ্রবণযোগ্য হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ টানা তারযুক্ত বাদ্যযন্ত্রের টানা তারে টোকা দিলে তারের কম্পন চারপাশের বায়ুস্তরে সঞ্চারিত হয়। তারে সৃষ্ট তরঙ্গের সাথে বায়ুস্তরের অনুবাদে সৃষ্ট সুর আমরা শুনতে পাই। এইসব বাদ্যযন্ত্রে বেলনাকৃতির ফাঁপা অংশ থাকে যার খোলা মুখের উপর দিয়ে তারগুলোকে টানটান করে রাখা হয়। তারে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গ এই বেলনাকার অংশের

অভ্যন্তরীণ বায়ুস্তরকে কম্পিত করে। এই কম্পন ঐ আবদ্ধ ফাঁপা অংশের বিভিন্ন দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে বাইরে জোরালো ও পরিষ্কার সুর হিসেবে সঞ্চারিত হয়। তাই মূলত সৃষ্ট সুরের প্রাবল্য বৃদ্ধির জন্যই টানা তারযুক্ত বাদ্যযন্ত্রের মধ্যে বেলনাকৃতির ফাঁপা অংশ রাখা হয়।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: $7.82 = 8\text{Hz}$

ঘ প্রদত্ত উপাত্তমতে,

$$1\text{ম তরঙ্গের বিস্তার, } a_1 = 0.00025\text{m}$$

$$1\text{ম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f_1 = \frac{16.35 \times 105.1\pi}{2\pi}$$

$$= 859\text{Hz}$$

$$1\text{ম তরঙ্গের বেগ, } v_1 = 105.1\pi = 330.2 \text{ ms}^{-1}$$

$$2\text{য় তরঙ্গের বিস্তার, } a_2 = 0.00025\text{m}$$

$$2\text{য় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f_2 = \frac{110 \times 15.764\pi}{2\pi}$$

$$= 867\text{Hz}$$

$$2\text{য় তরঙ্গের বেগ, } v_2 = \frac{15.764\pi}{0.15} = 330.2 \text{ ms}^{-1}$$

দেওয়া আছে, বায়ুর ঘনত্ব $\rho = 1.29 \text{ kgm}^{-3}$

\therefore ১ম তরঙ্গের তীব্রতা,

$$I_1 = 2\pi^2 f_1^2 a_1^2 \rho v_1$$

$$= 2 \times 9.87 \times 859^2 \times 0.00025^2 \times 1.29 \times 330.2$$

$$= 387.8 \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{এর তীব্রতা লেভেল, } \beta = \log \frac{387.8 \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} = 14.59\text{dB}$$

$$= 145.9 \text{ dB}$$

২য় তরঙ্গের তীব্রতা,

$$I_2 = 2\pi^2 f_2^2 a_2^2 \rho v_2$$

$$= 2 \times 9.87 \times 867^2 \times 0.00025^2 \times 1.29 \times 330.2$$

$$= 395.03 \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{এর তীব্রতা লেভেল} = \log \frac{I_2}{I_0} = \log \frac{395.03 \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} = 14.6\text{B}$$

$$= 146 \text{ dB}$$

উভয় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক শ্রবণযোগ্য। তবে তীব্রতা এত অধিক যে, তারা শ্রবণযোগ্য হলেও কর্ণের সমূহ ক্ষতি করবে।

প্রশ্ন ▶ ২৭ দুটি অর্গান নলের দৈর্ঘ্য 60 cm ও 70 cm। এদের একত্রে বাজালে এরা প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট উৎপন্ন করে।

[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

- ক. তরঙ্গ তীব্রতা কী? ১
- খ. উপরিপাতনের নীতি ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বাতাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. যদি নলদ্বয় প্রতি সেকেন্ডে 10টি বীট উৎপন্ন করে তবে বাতাসে শব্দের বেগের পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের সমকোণে একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে এক সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে ঐ তরঙ্গের তীব্রতা বলে।

খ উপরিপাতন নীতি: কোনো কণার উপর একই সময়ে দুটি তরঙ্গ আপতিত হলে সাম্যাবস্থান থেকে কণাটির লম্বি সরণ হবে তরঙ্গ দুটির জন্য কণাটির সরণদ্বয়ের ভেক্টর সমষ্টির সমান।

ব্যাখ্যা: যদি দুই তরঙ্গের ফলে মাধ্যমের কোনো কণার সরণ একই দিকে হয় তাহলে কণাটির লম্বি সরণ হবে প্রত্যেক তরঙ্গ দ্বারা সৃষ্ট সরণের যোগফলের সমান আর বিপরীত দিকে সরণ হলে তা হবে পার্থক্যের সমান। কোনো তরঙ্গের জন্য একটি কণার সরণ y_1 এবং অপর একটি তরঙ্গের জন্য সরণ y_2 হলে লম্বি সরণ, $\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$

$$\text{বা, } y = y_1 \pm y_2$$

গ। অর্গান নলের ন্যায় দুই মুখ খোলা নলের জন্য

$$\frac{\lambda}{2} = \ell_1$$

$$\text{বা, } \lambda_1 = 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{এবং } \frac{\lambda_2}{2} = \ell_2$$

$$\text{বা, } \lambda_2 = 140 \text{ cm} = 1.4 \text{ m}$$

$$\text{এখন, } \lambda_1 < \lambda_2$$

$$\therefore f_1 > f_2$$

$$\text{বা, } N = f_1 - f_2 = v \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$\text{বা, } 5 = v \left(\frac{1}{1.2} - \frac{1}{1.4} \right)$$

$$\text{বা, } v = 42 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ। 'গ' হতে পাই,

$$\lambda_1 = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{এবং } \lambda_2 = 1.4 \text{ m}$$

$$\text{যেহেতু } \lambda_2 > \lambda_1$$

$$\therefore f_1 > f_2$$

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে বাতাসে শব্দের বেগ, } v_1 = 42 \text{ ms}^{-1} \text{ ('গ' হতে প্রাপ্ত)}$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে শব্দের বেগ, } v_2 \text{ (ধরি)}$$

$$\text{এখন প্রতি সেকেন্ডে 10টি বীট উৎপন্ন হলে,}$$

$$N = f_1 - f_2$$

$$\text{বা, } 10 = f_1 - f_2$$

$$\text{বা, } 10 = v_2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

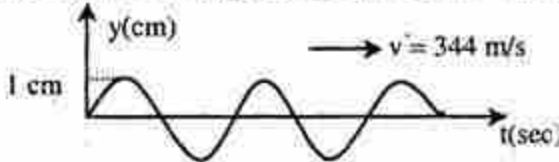
$$\text{বা, } v_2 = \frac{10}{\left(\frac{1}{1.2} - \frac{1}{1.4} \right)}$$

$$= 84 \text{ ms}^{-1}$$

$$= 2v_1$$

অর্থাৎ শব্দের বেগ দ্বিগুণ হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ২৮। একটি সাবসোনিক জেট কোনো স্থানে ভূমি থেকে 115m উচ্চতা দিয়ে চলে গেলে ভূমিতে 1000 W/m^2 তীব্রতার শব্দ অনুভূত হয়। জেট থেকে নির্গত শব্দ নিম্নোক্ত চিত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায়।



এ স্থানের বায়ুর ঘনত্ব 1.225 kg/m^3 । বেদনা সৃষ্টিকারী শব্দের সর্বনিম্ন তীব্রতা লেভেল 120 dB।

(নোট: ডেম অসেল)

- উপসুর কী?
- স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে শক্তির স্থানান্তর ঘটে কি? ব্যাখ্যা কর।
- জেট বিমান থেকে নির্গত শব্দের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।
- জেট বিমানটির উচ্চতার কীরূপ পরিবর্তন করলে ভূমিতে অবস্থিত কোনো ব্যক্তির নিকট শব্দের তীব্রতা লেভেল বেদনা সৃষ্টিকারী সর্বনিম্ন সীমা হবে?

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। স্বরের মধ্যে, মূল সুর বাদে অন্যসব সুর, যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি, তাদেরকে উপসুর বলে।

খ। কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একই মানের বেগে বিপরীত দিক

থেকে অগ্রসর হয়ে একে অপরের উপর আপতিত হলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে। এক্ষেত্রে তরঙ্গ উদ্ভব সীমিত অংশে স্থির থাকে, অগ্রগামী হয় না। ফলে শক্তিও উক্ত স্থানে স্থির থাকে, সঞ্চারিত হয় না।

গ। শব্দের কম্পাঙ্ক f হলে, শব্দের তীব্রতা, $I = 2 \pi \rho f^2 a^2 v$

$$\text{বা, } I^2 = \frac{I}{2 \pi \rho a^2 v}$$

$$\therefore f = \sqrt{\frac{I}{2 \pi \rho a^2 v}}$$

$$= \sqrt{\frac{1000}{2 \times 3.1416 \times 1.225 \times (0.01)^2 \times 344}} = 61.46 \text{ Hz (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{শব্দের বেগ, } v = 344 \text{ m/s}$$

$$\text{শব্দ তরঙ্গের বিস্তার, } a = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$$

$$\text{বায়ুর ঘনত্ব, } \rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{শব্দের তীব্রতা, } I = 1000 \text{ W/m}^2$$

ঘ। মানুষের কানে বেদনা সৃষ্টি করে 120dB বা তার বেশি তীব্রতা লেভেলের শব্দ। কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেল 120dB ও সে শব্দের তীব্রতা I_2 হলে,

$$\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } \frac{\beta}{10} = \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } I_2 = 10^{\frac{\beta}{10}} \times I_0; [I_0 = \text{প্রমাণ তীব্রতা} = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}]$$

$$= 10^{\frac{120}{10}} \times 1 \times 10^{-12} [\beta = 120 \text{ dB}]$$

$$= 1 \text{ Wm}^{-2}$$

এখন, উক্ত জেট বিমানের উচ্চতা, r_2 হলে যদি তীব্রতা I_2 হয় তবে,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \text{ যেহেতু তীব্রতা দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।}$$

$$\therefore r_2^2 = r_1^2 \times \frac{I_1}{I_2}$$

$$\text{বা, } r_2 = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \times r_1$$

$$= \sqrt{\frac{1000}{1}} \times 115$$

$$= 3.6 \times 115$$

$$= 3636.62 \text{ m.}$$

অর্থাৎ, জেট বিমানটি ভূমি হতে 3636.62 m উপরে দিয়ে গেলে মানুষের কানে বেদনা সৃষ্টিকারী শব্দের তীব্রতা লেভেলের নিম্নসীমার সমান হবে।

$$\text{এক্ষেত্রে উচ্চতার পরিবর্তন (বৃদ্ধি)} = 3636.62 \text{ m} - 115 \text{ m} = 3521.62 \text{ m}$$

প্রশ্ন ২৯। নাফিদের দ্বারা 312Hz এবং 325Hz কম্পাঙ্কের সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য হলো 0.21m।

(ডিকারুননিয়া নূন স্কুল এন্ড কলেজ)

- উপরিপাতন নীতি কাকে বলে?
- একমুখ খোলা নলের চেয়ে বাঁশি হতে নিঃসৃত সুর বেশি শ্রুতিমধুর লাগে কেন?
- উদ্দীপক ব্যবহার করে মাধ্যমে শব্দের বেগ কত নির্ণয় কর।
- নাফিদ কি বীট শুনতে পারে? উদ্দীপক হতে আলোচনা কর।

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। যখন কোনো মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে একই সঙ্গে দুটি তরঙ্গ আপতিত হয় তখন প্রত্যেক তরঙ্গের প্রভাবে সাম্যাবস্থা থেকে মাধ্যমের কণার সরণ হয়। এ ঘটনাকে তরঙ্গের উপরিপাতন বলে।

খ। একমুখ খোলা নলে শুধুমাত্র মূল সুরের বিজোড় সমমেল পাওয়া যায়। কিন্তু দুই মুখ খোলা নলে যেমন : বাঁশিতে মূল সুরের জোড় ও বিজোড় সকল প্রকার সমমেল পাওয়া যায়। সেজন্য একমুখ খোলা নল অপেক্ষা বাঁশি হতে নিঃসৃত সুর শ্রুতিমধুর হয়।

গ। এখন, একই মাধ্যমে $v = f\lambda =$ ধুবক

যেহেতু $f_1 < f_2$

সেহেতু $\lambda_1 > \lambda_2$

প্রথমতে, $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.21$

বা, $\frac{v}{f_1} - \frac{v}{f_2} = 0.21$

বা, $v\left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}\right) = 0.21$

বা, $v\left(\frac{1}{312} - \frac{1}{325}\right) = 0.21$

$\therefore v = 1638 \text{ ms}^{-1}$ (Ans.)

ঘ। নাকিদের দ্বারা সৃষ্ট শব্দের কম্পাঙ্ক $f_1 = 312 \text{ Hz}$ এবং $f_2 = 325 \text{ Hz}$

অর্থাৎ, বীট সংখ্যা $N = f_2 - f_1$
 $= (325 - 312) \text{ Hz}$
 $= 13 \text{ Hz}$

সৃষ্ট বীট সংখ্যা 10 অপেক্ষা অধিক হলে 0.1 sec এর কম সময়ে প্রতিটি বীট শুনতে পাবে। কিন্তু মস্তিষ্ক 0.1s এর কম ব্যবধানের দুটি শব্দ আলাদা করতে পারে না। এখানে, দুটি বীটের সময় ব্যবধান $t = \frac{1}{13} = 0.079 \text{ sec}$ যা 0.1 sec অপেক্ষা কম। অর্থাৎ নাকিদ বীট শুনতে পাবে না।

প্রশ্ন ৩০



তরঙ্গটির সমীকরণ, $Y = -4 \sin \frac{2\pi x}{15} \cos 96\pi t$ সমীকরণের রাশিগুলো SI এককে প্রকাশিত।

- ক. সলো কাকে বলে? ১
- খ. তবলায় আঘাত করলে জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয়, কিন্তু দেয়ালে আঘাত করলে ততোটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না কেন— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের সমীকরণে একটি সুস্পন্দ ও একটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যে ন্যূনতম দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. মূল তরঙ্গ দুটির সমীকরণের রূপ কেমন হবে— পাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। একটি মাত্র বাদ্যযন্ত্র হতে যে স্বর সৃষ্টি হয় তাকে সলো বা একক সঙ্গীত বলে।

খ। আমরা অর্ধবহু যেসব শব্দ শুনি তার বেশিরভাগই অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে সৃষ্টি। কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হয় এবং জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয়। তবলায় আঘাত করলে পর্দার কম্পাঙ্ক এবং বায়ুস্তম্ভের কম্পাঙ্ক কাছাকাছি মানের হয়, তাই এক্ষেত্রে অনুনাদ সৃষ্টি হয়। কিন্তু দেয়ালের কম্পাঙ্ক এবং সংলগ্ন বায়ুস্তম্ভের কম্পাঙ্ক সমান বা কাছাকাছি হয় না। তাই এক্ষেত্রে অনুনাদ সৃষ্টি হয় না। তদুপরি যান্ত্রিক শক্তি বিভিন্ন দিকে ছড়িয়ে যায় বলে এক্ষেত্রে শব্দের তীব্রতা অত্যন্ত স্বল্প হয়। এ সকল কারণে, তবলায় আঘাত করলে জোরালো শব্দের সৃষ্টি হয়, কিন্তু দেয়ালে আঘাত করলে ততোটা জোরালো শব্দের সৃষ্টি হয় না।

গ। এখানে,

তরঙ্গটির সমীকরণ, $Y = -4 \sin \frac{2\pi x}{15} \cos 96\pi t$

স্থির তরঙ্গের মূল সমীকরণ,

$$Y = -2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x \cos 2\pi ft$$

অতএব, উদ্দীপকের সমীকরণটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ। তুলনা করে

$$\text{পাই, } \frac{2\pi x}{15} = \frac{2\pi x}{\lambda}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{15} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda = 30 \text{ m}$$

অর্থাৎ সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব $\frac{\lambda}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m}$ (Ans.)

ঘ। উদ্দীপক হতে পাই, তরঙ্গটির সমীকরণ

$$Y = -4 \sin \frac{2\pi x}{15} \cos 96\pi t$$

$$= -2 \times 2 \sin \frac{2\pi x}{15} \cos 96\pi t$$

$$= 2 \times 2 \sin \left(-\frac{2\pi x}{15}\right) \cos 96\pi t$$

'গ' হতে পাই, $\lambda = 30$ এবং $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \frac{2\pi}{\lambda} vt$

সমীকরণের সাথে সদৃশ করি।

$$\therefore Y = -2 \times \left[2 \sin \frac{2\pi}{30} x \cos \frac{2\pi}{30} 1440t \right]$$

$$= -2 \sin \frac{2\pi}{30} (1440t - x) + 2 \sin \frac{2\pi}{30} (1440t + x)$$

$$= y_1 + y_2$$

$$\text{অর্থাৎ, } y_1 = -2 \sin \frac{2\pi}{30} (1440t - x)$$

$$\text{এবং } y_2 = +2 \sin \frac{2\pi}{30} (1440t + x) \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ৩১। একটা ড্রিল মেশিন দ্বারা সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 20 \sin (300\pi t - 2.05x)$ এর শব্দের তীব্রতা লেভেল 70dB. ড্রিল মেশিন চলার সময় একটা হর্নের তীব্রতা পাওয়া গেল 90dB. [তরঙ্গের সমীকরণ S.I এককে দেওয়া আছে]

- ক. অনুনাদ কাকে বলে? ১
- খ. কোনো শব্দের তীব্রতা $3 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$ বলতে কী বুঝায়? ২
- গ. ড্রিল মেশিনে সৃষ্ট শব্দের বেগ কত? ৩
- ঘ. উভয় শব্দ একত্রে সৃষ্টি করলে মানুষের কানে কীরূপ প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করবে? ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ। কোনো শব্দের তীব্রতা $3 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, যে কোনো স্থানে শব্দের দিকের সাথে লম্ব এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে $3 \times 10^{-5} \text{ J}$ শব্দ শক্তি সঞ্চারিত হয়।

গ। ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : 459.7 ms^{-1} ।

ঘ। ১৪ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ৩২। তিনটি সুরশলাকা A, B এবং C একটি মাধ্যমে শব্দ তৈরি করছে। সুরশলাকা তিনটি থেকে যে তরঙ্গ উৎপন্ন হচ্ছে তাদের সমীকরণগুলো হলো $y_A = 0.1 \sin 650\pi \left(t - \frac{x}{330}\right)$,

$$y_B = 0.3 \sin 596\pi \left(t - \frac{x}{330}\right) \text{ এবং } y_C = 0.5 \sin 604\pi \left(t - \frac{x}{330}\right)$$

[বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক স্কুল, ঢাকা]

- ক. শব্দের তীব্রতা লেভেল কাকে বলে? ১
খ. একটি ফাঁপা গোলক দ্বারা তৈরি সেকেন্ড দোলককে অর্ধেক পানি দ্বারা পূর্ণ করলে দোলনকালের কোনো পরিবর্তন হবে কি— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B সুরশলাকা দ্বারা উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. B ও C সুরশলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে বীট শোনা যায় কিন্তু A ও B সুরশলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে বীট শোনা যায় না কেন? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেল, $\beta = \log_{10} \frac{I}{I_0}$

খ দোলকের দোলনকাল নির্ভর করে কার্যকরী দৈর্ঘ্য L এর উপর। একটি ফাঁপা গোলক দ্বারা সেকেন্ড দোলক তৈরী করলে এর কার্যকর দৈর্ঘ্য সূতার ঝুলন বিন্দু থেকে বরের ভারকেন্দ্র পর্যন্ত। কিন্তু অর্ধেক পরিমাণ পানি দ্বারা গোলকটি পূর্ণ করলে এর ভারকেন্দ্র নিচে নেমে যাবে অর্থাৎ পরিবর্তিত হয়ে যাবে। কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = l + r$ এখানে r হচ্ছে গোলকের পৃষ্ঠ থেকে ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব। r বৃদ্ধি পেলে L বৃদ্ধি হবে। আবার, $T \propto \sqrt{L}$ অর্থাৎ, দোলনকাল বৃদ্ধি পাবে।

গ এখানে, B সুরশলাকা থেকে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y_B = 0.3 \sin 596 \pi \left(t - \frac{x}{330} \right)$$

$$\text{বা, } y_B = 0.3 \sin \left(596\pi t - \frac{596\pi x}{330} \right)$$

তরঙ্গের মূল সমীকরণ,

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

এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$2\pi f = 596\pi$$

$$\text{বা, } f = \frac{596\pi}{2\pi}$$

$$\therefore f = 298 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{596\pi x}{330}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{330 \times 2}{596}$$

$$\therefore \lambda = 1.11 \text{ m}$$

$$\text{অর্থাৎ, তরঙ্গ বেগ, } v = f\lambda = 298 \times 1.11 = 330.78 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ অগ্রগামী তরঙ্গের মূল সমীকরণ,

$$y = a \sin \left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (i)$$

যখন উদ্দীপক হতে পাই, A সুরশলাকার সমীকরণ,

$$y_A = 0.1 \sin 650\pi \left(t - \frac{x}{330} \right)$$

$$= 0.1 \sin \left(650\pi t - \frac{650\pi x}{330} \right)$$

(i) এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$2\pi f = 650\pi$$

$$\text{বা, } f = 325 \text{ Hz}$$

অর্থাৎ, A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $f_A = 325 \text{ Hz}$.

'গ' হতে পাই, B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $f_B = 298 \text{ Hz}$

উদ্দীপক হতে, C সুরশলাকার সমীকরণ,

$$y_C = 0.5 \sin 604\pi \left(t - \frac{x}{330} \right)$$

(i) এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$2\pi f = 604\pi$$

$$\text{বা, } f = 302 \text{ Hz}$$

অর্থাৎ, C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $f_C = 302 \text{ Hz}$.

এখন, B ও C কে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা

$$\begin{aligned} N &= f_C - f_B \\ &= 302 - 298 \\ &= 4 \end{aligned}$$

A ও B সুরশলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা $= 325 - 302 = 23 \text{ Hz} >> 10 \text{ Hz}$ ।

কিন্তু বীট সংখ্যা 10 বা তার অধিক হলে মানুষ তা শুনতে পাবে না। এ কারণে B ও C কে একত্রে শব্দায়িত করলে বীট শোনা যায়, কিন্তু A ও B কে একত্রে শব্দায়িত করলে বীট শোনা যায় না।

প্রশ্ন ৩৩ তরঙ্গাস্থিত কোনো কণার দশটি পূর্ণকম্পনের সময় তরঙ্গ একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে 7m দূরত্ব অতিক্রম করে। তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 480 Hz।

(আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ)

ক. দশা কী? ১

খ. প্রতি সেকেন্ডে 6টি বীট বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একই মাধ্যমে $1200\pi \text{ rad/s}$ কৌণিক দ্রুতিতে চলমান তরঙ্গাস্থিত কোনো কণা দশটি পূর্ণকম্পনে আদি তরঙ্গের সমান দূরত্ব অতিক্রম করবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রাশি দ্বারা তরঙ্গ সঞ্চারকারী কণার যেকোনো মুহূর্তের বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদির সম্যক অবস্থা বুঝায় তাকে দশা বলে।

খ প্রতি সেকেন্ডে বীট 6টি বলতে বুঝায়, মূল শব্দ তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে লক্ষ্য তরঙ্গের শব্দের তীব্রতা প্রতি সেকেন্ডে 6 বার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে 6টি তীব্র শব্দ শোনা যায় এবং 6টি নিঃশব্দ সৃষ্টি হয়।

গ

এখন, তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

$$s = N \lambda$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \lambda &= \frac{s}{N} = \frac{7}{10} \\ &= 0.7 \text{ m} \end{aligned}$$

এখানে, তরঙ্গের কম্পাঙ্ক,

$$f = 480 \text{ Hz}$$

কম্পন সংখ্যা, $N = 10$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 7 \text{ m}$

তরঙ্গটির বেগ, $v = ?$

অর্থাৎ, $v = f\lambda$

$$= 480 \times 0.7$$

$$= 336 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ কণাটির কৌণিক দ্রুতি, $\omega = 1200\pi \text{ rad/s}$

এখন, $\omega = 2\pi f$

$$\begin{aligned} \text{বা, } f &= \frac{1200\pi}{2\pi} \\ &= 600 \text{ Hz} \end{aligned}$$

একই মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ, $v = 336 \text{ ms}^{-1}$

আবার, তরঙ্গটির বেগ, $v = f\lambda$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{v}{f}$$

$$= \frac{336}{600}$$

$$= 0.56 \text{ m}$$

এখন, 10টি কম্পনে কণাটির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = N\lambda$$

$$= 10 \times 0.56$$

$$= 5.6 \text{ m}$$

উদ্দীপকের আদি তরঙ্গ 10টি কম্পনে 7m দূরত্ব অতিক্রম করে। এই তরঙ্গের ক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব 5.6m. অর্থাৎ একই দূরত্ব অতিক্রম করবে না।

প্রশ্ন ৩৪ দুটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ হলো—

$$y_1 = 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right)$$

$$y_2 = 0.5 \sin \pi \left(110t - \frac{x}{3.09} \right)$$

এখানে, রাশিগুলো S.I এককে আছে। শব্দ তরঙ্গ দুটি একই সময়ে উৎপন্ন করা হয়।

[ঢাকা রেজিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ]

- ক. অনুবাদ কী? ১
খ. সকল হারমোনিক সুর উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক সুর নয়— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রথম তরঙ্গটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. তরঙ্গ দুটি বীট উৎপন্ন করবে কি না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ কোনো স্বরে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে। এদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে বলে সমমেল বা হারমোনিক। সুতরাং বলা যায়, সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক না।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 340 ms^{-1}

$$y_1 = 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right)$$

$$\therefore y_1 = 0.5 \sin \left(2\pi \times 50t - \frac{x}{3.4} \right)$$

$$y_2 = 0.5 \sin \pi \left(110t - \frac{x}{3.09} \right)$$

$$\therefore y_2 = 0.5 \sin \left(2\pi \times 55t - \frac{x}{3.09} \right)$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = a \sin (2\pi ft - \delta)$

সুতরাং প্রথম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক = 50 Hz

২য় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক = 55 Hz

সুতরাং উৎপন্ন বীট = $(55 - 50) \text{ Hz}$
= 5 Hz

শব্দ তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি প্রবল শব্দ উৎপন্ন হবে যা 10 হতে কম। সুতরাং তরঙ্গদ্বয় বীট তৈরী করবে।

প্রশ্ন ৩৫ 25টি সুরশলাকাকে কম্পাঙ্কের উর্ধ্বক্রমানুসারে স্থাপন করা হয়েছে। সর্বশেষ শলাকার কম্পাঙ্ক প্রথমটির তিনগুণ এবং পরপর অবস্থিত যে কোনো দুটি শলাকা প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বীট উৎপন্ন করে।

[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]

- ক. প্রমাণ তীব্রতা কী? ১
খ. উপসুর ও মূলসুরের মধ্যে পার্থক্য কী? ২
গ. প্রথম সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক কত? ৩
ঘ. 19 তম সুরশলাকার স্থলে 144 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা স্থাপন করলে 20 তম সুরশলাকাটির সাথে এটির প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট শ্রুতিগোচর হবে কি না বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক-1000 Hz কম্পাঙ্কের 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতার শব্দকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

খ

মূলসুর	উপসুর
১. কোনো স্বরে যে সব বিভিন্ন সুর থাকে তাদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূলসুর বলে।	১. কোনো স্বরে মূলসুর ব্যতীত অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূলসুর অপেক্ষা বেশি তাদের উপসুর বলে।
২. মূল সুরকে ১ম হারমোনিক বলা হয়।	২. উপসুরগুলোর মধ্যে যাদের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাদের হারমোনিক বলা হয়।

গ প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_1 ও 25তম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_{25} হলে,

$$f_{25} = 3f_1$$

আবার, পরপর দুটি সুরশলাকার মধ্যকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য 5Hz বলে,

$$f_{25} - f_1 = 5 \times 24 = 120$$

$$\text{বা, } 3f_1 - f_1 = 120$$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{120}{2} = 60 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই, ১ম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 60 \text{ Hz}$

20 তম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_{20} হলে,

$$f_{20} - f_1 = 19 \times 5 = 95$$

$$\text{বা, } f_{20} = 95 + f_1 = 95 + 60$$

$$\therefore f_{20} = 155$$

এখন, 19তম সুরশলাকার স্থলে, $f_{19} = 144 \text{ Hz}$ এর সুরশলাকা স্থাপন করলে এ সুরশলাকাদ্বয়ের মধ্যে কম্পাঙ্কের পার্থক্য $f_{20} - f_{19} = 155 - 144 = 11 \text{ Hz}$.

$$\therefore \text{বীটসংখ্যা, } N = 11 \text{ Hz}$$

\therefore উৎপন্ন বীটের পরপর দুটি সর্বোচ্চ শব্দোচ্চতা বা সর্বনিম্ন শব্দোচ্চতার মধ্যে সময় = $\frac{1}{11} = 0.09091 \text{ sec}$ । কিন্তু মানুষের মস্তিষ্কে কোনো শব্দ অনুভূত হওয়ার পর 0.1 sec পর্যন্ত উক্ত শব্দের রেশ থেকে যায়। তাই এর চাইতে দ্রুত কোনো শব্দের পরিবর্তন মস্তিষ্ক অনুভব করতে পারবে না।

অতএব, উক্ত ক্ষেত্রে উৎপন্ন বীট শ্রুতিগোচর হবে না।

প্রশ্ন ৩৬ $Y = 6 \sin \left(8\pi t - \frac{\pi x}{25} \right)$ একটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ নির্দেশ করে; যেখানে x ও y কে সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়েছে। তরঙ্গটি 0.09 kgm^{-3} ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্যদিয়ে সঞ্চারিত হচ্ছে। কানে যন্ত্রণার উদ্বেগ সৃষ্টিকারী শব্দের তীব্রতা লেভেল 120dB.

[নিউ গড: জিগ্রী কলেজ, রাজশাহী]

- ক. অনুবাদ কী? ১
খ. পৃথিবীর কেন্দ্র বরাবর সুরজ পথে একটি বস্তুর দোলন— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গটি শ্রোতার কানে যন্ত্রণার সৃষ্টি করবে কিনা— গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ ধরা যাক, পৃথিবী সুষম ঘনত্বের R-ব্যাসার্ধের একটি গোলক। গোলকটির AB ব্যাস বরাবর একটি ঘর্ষণহীন সুড়ঙ্গ কল্পনা করা হলো। এখন m ভরের একটি বস্তুকে AB সুড়ঙ্গের মধ্যে ফেলে দেওয়া হলো এবং কিছুক্ষণ পর বস্তুটি ডু-পৃষ্ঠ থেকে h দূরত্ব অতিক্রম করে পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে r দূরত্বের C অবস্থানে এলো। O বিন্দুকে কেন্দ্র করে OC = r

এর সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি গোলক আঁকা হলো। আমরা জানি, এই অবস্থানে বস্তুটির উপর শুধু r ব্যাসার্ধের গোলকটির ভর M' আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে। এই গোলকের বাইরের ভর বস্তুটির উপর কেন্দ্রের দিকে কোনো বল প্রয়োগ করবে না। তাহলে r ব্যাসার্ধটির গোলকের অভ্যন্তরে ভর হলো,

$$M' = \rho V' = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$$

এখানে, V' হচ্ছে r ব্যাসার্ধের গোলকের আয়তন এবং ρ হচ্ছে পৃথিবীর উপাদানের গড় ঘনত্ব।

মহাকর্ষীয় বলের সূত্রানুসারে, m ভরের বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = -\frac{GmM'}{r^2} = -\frac{Gm\rho\frac{4}{3}\pi r^3}{r^2} = -\left(\frac{4\pi m\rho G}{3}\right)r \text{ (এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন আকর্ষণ বল বোঝায়)}$$

এখানে, $\frac{4\pi m\rho G}{3} = k = \text{ধ্রুবক।}$

$$\therefore F = -kr$$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, বল, সরণ r এর সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী অর্থাৎ বস্তুটির গতি সরল দোলন গতি। অর্থাৎ বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রকে সাম্যবস্থানে রেখে সরল দোলন গতিতে দুলতে থাকবে।

গ। ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য। উত্তর: 4 Hz।

ঘ। ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: শব্দোচ্চতার লেভেল 133.11 dB > 120 dB। অতএব, যন্ত্রগার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ৩৭ কোনো এক ঝড়ে 1m বিস্তারে ঢেউ নদীর পাড়ের বাঁধের উপর আঘাত করছিল। পানির বেগ ছিল 64 kmh^{-1} । ঢেউয়ের তীব্রতা ছিল $1.4 \times 10^6 \text{ Wm}^{-2}$ । বাঁধের উপাদানের কম্পাঙ্ক 2 Hz। এক পর্যায়ে বাঁধটি ভেঙে গেল।

[নরসিংদী বিজ্ঞান কলেজ, নরসিংদী]

- ক. বীট কী? ১
- খ. সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ঢেউয়ের তীব্রতা লেভেল কত? ৩
- ঘ. বাঁধটি ভেঙে যাবার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে— তোমার মতামত ব্যক্ত করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের কিন্তু কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরলরেখায় একই দিকে সঞ্চারিত হলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বা স্বরকম্প বলে।

খ। কোনো স্বরে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে। এদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে বলে সমমেল বা হারমোনিক। সুতরাং বলা যায়, সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক না।

গ। তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{1.4 \times 10^6}{10^{-12}}$$

$$= 181.5 \text{ dB (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
ঢেউয়ের তীব্রতা, $I = 1.4 \times 10^6 \text{ W/m}^2$
জানা আছে,
প্রমাণ তীব্রতা, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

ঘ। ঢেউ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক f হলে ঢেউয়ের তীব্রতা,

$$I = 2\pi^2 \rho v a^2 f^2$$

$$\text{বা, } 1.4 \times 10^6 = 2\pi^2 \times 1000 \times 17.78 \times 1^2 \times f^2$$

$$\therefore f = 2 \text{ Hz (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{তীব্রতা, } I = 1.4 \times 10^6 \text{ W/m}^2$$

$$\text{বিস্তার, } a = 1 \text{ m}$$

$$\text{বেগ, } v = 64 \text{ km/h} = 17.78 \text{ m/s}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব, } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

সুতরাং, দেখা যাচ্ছে ঢেউয়ের তীব্রতা বাঁধের উপাদানের কম্পাঙ্কের সমান। অর্থাৎ ঢেউ ও বাঁধ মিলে অনুনাদ সৃষ্টি করবে যার ফলে বাঁধটি ভেঙে যাবে।

প্রশ্ন ৩৮ আবাসিক এলাকার একপ্রান্তে একটি বাড়ির পাশে 10m দূরে অবস্থিত ইট ভাঙ্গার ক্রাশিং মেশিনের সৃষ্ট শব্দের জন্য ঐ বাড়িতে শব্দের তীব্রতা $1 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ । শব্দ দূষণের কারণে এলাকাবাসি পরিবেশ অধিদপ্তরে অভিযোগ করলে নির্মাণ প্রতিষ্ঠান মেশিনটিকে বাড়ি থেকে 200m দূরে স্থাপন করে কাজ অব্যাহত রাখল। পরিবেশ অধিদপ্তরের নীতিমালা অনুযায়ী আবাসিক এলাকায় শব্দের সর্বোচ্চ তীব্রতা লেভেল হবে 60 dB।

[মাইলস্টোন কলেজ]

- ক. অনুনাদ কাকে বলে? ১
- খ. "সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়"—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. মেশিনটি সরিয়ে নেওয়ার পূর্বে ঐ বাড়িতে শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. নির্মাণ প্রতিষ্ঠানটি পরিবেশ অধিদপ্তরের নীতিমালা মেনেছিল কি? গাণিতিকভাবে যুক্তি দাও। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ। প্রত্যেক স্বরই দুই বা ততোধিক সুরের সমষ্টি। কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূলসুর বা মৌলিক সুর বলে। অন্য সকল সুর যার কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি তাদের উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে সমমেল বা হারমোনিক বলে। কাজেই, সকল হারমোনিক উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ। তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \left(\frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-12}} \right)$$

$$= 10 \log 10^8$$

$$= 80 \text{ dB (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{প্রদত্ত শব্দের তীব্রতা, } I = 1 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$\text{প্রমাণ তীব্রতা, } I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$\text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = ?$$

ঘ। তীব্রতা, $I = \frac{\text{একক সেকেন্ডে নির্গত শব্দ শক্তি}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

$$\text{বা, } I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \text{ এবং } I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2}$$

$$\text{বা, } \frac{I_2}{I_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$\text{বা, } I_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} \times I_1$$

$$= \left(\frac{10}{200} \right)^2 \times 1 \times 10^{-4}$$

$$= 2.5 \times 10^{-7} \text{ Wm}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{মেশিন সরানোর পূর্বে দূরত্ব, } r_1 = 10 \text{ m}$$

$$\text{সরানোর পর দূরত্ব, } r_2 = 200 \text{ m}$$

$$\text{সরানোর পূর্বে তীব্রতা, } I_1 = 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{সরানোর পরে তীব্রতা } I_2 = ?$$

এখন তীব্রতা লেভেল, $\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$

$$= 10 \log \left(\frac{2.5 \times 10^{-7}}{1 \times 10^{-12}} \right)$$

$$= 53.98 \text{ dB}$$

যা 60 dB অপেক্ষা কম। অর্থাৎ নির্মাণ প্রতিষ্ঠানটি পরিবেশ অধিদপ্তরের নীতিমালা মেনেছিল।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ মেঘাবী ছাত্রী মালিহা 300 Hz কম্পাংক ও 0.25 cm বিস্তারের শব্দ তরঙ্গ পরপর বায়ু ও পানিতে প্রেরণ করে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4.16 m পেল। এতে উভয় মাধ্যমে শব্দের বেগ ও তীব্রতার মান বায়ু মাধ্যম থেকে পানি মাধ্যমে বেশি পাওয়া যাবে। বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ 352 ms^{-1} এবং বায়ু ও পানির ঘনত্ব যথাক্রমে 1.29 kgm^{-3} ও 1000 kgm^{-3} ।

(নব্বীপুর সরকারি কলেজ)

- ক. তরঙ্গের তীব্রতা কাকে বলে? ১
খ. এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নুরজাহানের বস্তুর যথার্থতা যাচাই করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

১৫ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য

প্রশ্ন ▶ ৪০ A এবং B দুই জন ব্যক্তি দুটি সুরশলাকা নিয়ে দুটি শব্দ তরঙ্গ উৎপন্ন করলেন। A এর সুরশলাকা থেকে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ $y_1 = 0.1 \sin(200\pi t - \frac{20\pi}{17}x)$ এবং $y_2 = 0.1 \sin(200\pi t + \frac{20\pi}{17}x)$ উদ্দীপকে x এবং y কে মিটারে এবং t কে সেকেন্ড ধরে নিম্নলিখিত প্রশ্নের উত্তর দাও।

(কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ)

- ক. অনুনাদ কাকে বলে? ১
খ. স্থির তরঙ্গের নিম্পন্দ বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A ব্যক্তি কর্তৃক উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. A এবং B ব্যক্তি কর্তৃক উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে কোন ধরনের তরঙ্গের সৃষ্টি হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত ব্যাখ্যা কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ স্থির তরঙ্গের নিম্পন্দ বিন্দুতে কণার বিস্তার শূন্য। আবার সরল ছন্দিত স্পন্দনের কোনো কণার বিস্তার A হলে কণাটির মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2} kA^2$

নিম্পন্দ বিন্দুতে বিস্তার শূন্য হওয়ায় শক্তিও শূন্য হয়।

গ ৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪১ দুটি সদৃশ টানা তারকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৪টি বীট উৎপন্ন হয়। একটির তারের দৈর্ঘ্য 50 cm ও অপরটির দৈর্ঘ্য 60 cm। উভয় তারের টান সমান।

(সাজার ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ)

- ক. প্রমাণ তীব্রতা কাকে বলে? ১
খ. কম্পনশীল বস্তু হতে শব্দ উৎপন্ন হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. শুধুমাত্র ছোট দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তারকে টেনে ছেড়ে দিলে ১ম উপসুরের কম্পাংক কত হবে? ৩

ঘ. বড় তারের দৈর্ঘ্য 5% হ্রাস করে ঐ তারটির টান কত পরিবর্তন করলে পুনরায় তারদ্বয়কে শব্দায়িত করলে একই সংখ্যক বীট পাওয়া যাবে? ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1000 Hz কম্পাংকের 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতার শব্দকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

খ শব্দের উৎস লক্ষ কবলে দেখা যাবে যে, বস্তুর কম্পনের ফলেই শব্দের উৎপত্তি হয়। আবার কম্পন থেমে গেলে শব্দও থেমে যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অভিজ্ঞতা থেকে আমরা এ সম্পর্কে ধারণা করতে পারি। হাত থেকে কোনো ধাতব পাত্র মেঝেতে পরে গেলে শব্দের সৃষ্টি হয়। সাথে সাথে যদি পাত্রটিকে হাত দিয়ে চেপে ধরা হয় তাহলে পাত্রটির কম্পন এবং শব্দ দুই-ই থেমে যাবে। এ থেকে আমরা বলতে পারি, বস্তুর কম্পন থেকেই শব্দের উদ্ভব হয়।

গ এখন, 50cm তারে সৃষ্ট কম্পাংক f_1 হলে,

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{তারের দৈর্ঘ্য, } l_1 = 50\text{cm} = 0.5\text{m} \end{array} \right.$$

প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর μ

তারের টান, T

আবার, 60cm তারে সৃষ্ট কম্পাংক f_2 হলে,

$$f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{তারের দৈর্ঘ্য, } l_2 = 60\text{cm} = 0.6\text{m} \end{array} \right.$$

যেহেতু, $l_2 > l_1$

তাই, $f_1 > f_2$ হবে।

$$\therefore f_1 - f_2 = 8, \text{ যেহেতু প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট ৪টি}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}} - \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = 8$$

$$\text{বা, } \sqrt{\frac{T}{\mu}} \left(\frac{1}{2l_1} - \frac{1}{2l_2} \right) = 8$$

$$\text{বা, } \sqrt{\frac{T}{\mu}} \left(\frac{1}{2 \times 0.5} - \frac{1}{2 \times 0.6} \right) = 8$$

$$\text{বা, } \sqrt{\frac{T}{\mu}} \left(1 - \frac{5}{6} \right) = 8$$

$$\therefore \sqrt{\frac{T}{\mu}} = 8 \times 6 = 48$$

$$\therefore \sqrt{\frac{T}{\mu}} = 8 \times 6 = 48$$

$$\therefore \sqrt{\frac{T}{\mu}} = 8 \times 6 = 48$$

প্রথম তারে সৃষ্ট প্রথম উপসুরের কম্পাঙ্ক,

$$f = \frac{1}{l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{তারের দৈর্ঘ্য, } l_1 = 50\text{cm} = 0.5\text{m} \end{array} \right.$$

$$= \frac{1}{0.5} \times 48$$

$$= 96 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ বড় তারের দৈর্ঘ্য অর্থাৎ 60 cm

দৈর্ঘ্যের তারের দৈর্ঘ্য 5% হ্রাস করলে দৈর্ঘ্য,

$$l_1 = 60 - 60 \text{ এর } 5\%$$

$$= 60 - 60 \times \frac{5}{100}$$

$$= 60 - 3$$

$$= 57 \text{ cm}$$

পরিবর্তিত দৈর্ঘ্যে সমান কম্পাঙ্ক পেতে হলে যদি টান T_1 হয়, তবে

$$f = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\text{বা, } \sqrt{\frac{T_1}{T}} = \frac{l}{l_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{T} = \left(\frac{l}{l_1} \right)^2$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \frac{T-T_1}{T} \times 100\% &= \frac{I^2 - I_1^2}{I^2} \times 100\% \\ &= \frac{60^2 - 57^2}{60^2} \times 100\% \\ &= 9.75\% \end{aligned}$$

অতএব, সমসংখ্যক বীট উৎপন্ন করতে হলে টানের মান 9.75% কমাতে হবে।

প্রশ্ন ৮২ একটি সুরশলাকার A এর কম্পাংক 250Hz। এটিকে অন্য একটি অজানা সুরশলাকা B এর সাথে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট সৃষ্টি হয়। B এর বাহুরে মোম লাগিয়ে পুনরায় A এর সাথে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বীট সৃষ্টি হয়।

[সরকারি বেগম রোকেয়া কলেজ, রংপুর]

- ক. স্পর্শ কোণ কী? ১
- খ. চার্লসের সূত্র হতে কীভাবে পরমশূন্য তাপমাত্রার ধারণা পাওয়া যায়—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. মোম লাগানোর পূর্বে অজানা সুরশলাকার কম্পাংক কত ছিল তা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. যদি সুরশলাকা দুটির কম্পাংকের পার্থক্য— ৪

(ক) 20 Hz এবং (খ) 0 Hz হয় তবে এ দুটি ক্ষেত্রে সুরশলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে কী ঘটনা ঘটবে? ব্যাখ্যা কর।

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কঠিন ও তরলের স্পর্শ বিন্দু হতে তরল তলে অঙ্কিত স্পর্শক কঠিন বস্তুর সাথে তরলের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে ঐ কঠিন ও তরলের মধ্যকার স্পর্শ কোণ বলে।

খ চার্লসের সূত্র হতে আমরা জানি, “স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য এর আয়তন 0°C তাপমাত্রায় নিশীত আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।” মনে করি, 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন V_0 ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\theta^\circ\text{C}$, তবে গ্যাসের আয়তন $V_\theta = V_0 \left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$ হবে।

এখন $\theta = -273^\circ\text{C}$ হলে $V_\theta = V_0 \left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$ হয়।

$\theta = -273^\circ\text{C}$ এর নিচের কোনো তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হবে, যা অসম্ভব। সুতরাং -273°C এর নিচে কোনো তাপমাত্রা থাকতে পারে না। এজন্য -273°C কে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলে।

গ B সুরশলাকার কম্পাংক f_B হলে, এখানে, বীটসংখ্যা, $N = 5 \text{ Hz}$
A সুরশলাকার কম্পাংক, $f_A = 250 \text{ Hz}$

যেহেতু B সুরশলাকায় মোম লাগানো হয়, অর্থাৎ, ভর বৃদ্ধি করা হয়, ফলে এর কম্পাংক কমে যায় এবং পুনরায় A সুরশলাকার সাথে সমপরিমাণ বীট সৃষ্টি করে। তাই মোম লাগানোর পূর্বে B সুরশলাকার কম্পাংক A সুরশলাকার কম্পাংক অপেক্ষা বেশি হবে।

$$\begin{aligned} \therefore f_B &= f_A + N \\ &= 250 + 5 \\ &= 255 \text{ Hz (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ সুরশলাকাদ্বয়ের কম্পাংকের পার্থক্য 20 Hz হলে তাহলে পরপর দুটি সর্বোচ্চ তীব্রতা বা সর্বনিম্ন তীব্রতার শব্দের মধ্যে সময় $= \frac{1}{20} = 0.05 \text{ sec}$ ।

কিন্তু মানুষের মস্তিষ্কে কোনো শব্দের রেশ 0.1 sec পর্যন্ত থেকে যায়। তাই এ সময়ের মধ্যে শব্দের কোনো পরিবর্তন মস্তিষ্ক ধরতে পারে না। ফলে 20 Hz এর বীট সৃষ্টি হলেও সেটিও মানুষের পক্ষে বোঝা বা অনুভব করা সম্ভব হবে না। অর্থাৎ মানবকর্ণ বীটগুলো আলাদাভাবে

অনুভবন করতে পারবে না, শুধুমাত্র একটানা একটি নির্দিষ্ট তীব্রতার শব্দ শুনতে পাবে।

আবার সুরশলাকাদ্বয়ের মধ্যে কম্পাংকের পার্থক্য 0 Hz হলে অর্থাৎ সুরশলাকাদ্বয়ের কম্পাংক একই হলে কোনো বীট সৃষ্টি হবে না।

বরং একই কম্পাংকের দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে অধিক প্রাবল্যের শব্দ শোনা যাবে।

প্রশ্ন ৮৩ কনা 260 Hz এবং 286 Hz কম্পাঙ্কের ২টি সুরশলাকা একত্রে শব্দায়িত করল ও বীট শোনার চেষ্টা করল।

[এস ও এস হারম্যান মেইনার কলেজ, ঢাকা]

- ক. তরঙ্গ কী? ১
- খ. তীব্রতা লেভেল 45dB বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. বায়ুতে উদ্দীপকের সুরশলাকা 2টি থেকে নিঃসৃত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য কত, নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. কনা প্রতি সেকেন্ডে কয়টি বীট শুনতে পাবে—মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের কণাগুলোর স্থানান্তর ছাড়া যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলনের দ্বারা এক স্থান হতে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চারিত হয় তাকে তরঙ্গ বলে।

খ কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেল 45dB বলতে বুঝায় ঐ স্থানের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার শব্দের শব্দোচ্চতার পার্থক্য 45dB।

গ যদি পরীক্ষাগারে তাপমাত্রা 25°C হয় তাহলে শব্দের বেগ,

$$\begin{aligned} v &= 332 + 25 \times 0.6 \\ &= 347 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{এখন, } v = f\lambda$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{v}{f}$$

এখানে,

১ম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 260 \text{ Hz}$

২য় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = 286 \text{ Hz}$

$$f \propto \frac{1}{\lambda} \text{ এবং } f_1 < f_2$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য, } \lambda_1 - \lambda_2 = ?$$

$$\begin{aligned} \therefore \lambda_1 - \lambda_2 &= v \left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \\ &= 347 \left(\frac{1}{260} - \frac{1}{286} \right) \\ &= 0.1213 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা N হলে,

$$\text{বীট, } N = f_1 - f_2$$

এখানে $f_2 > f_1$ বলে আমরা পাই,

$$\begin{aligned} N &= f_2 - f_1 \\ &= 286 - 260 \\ &= 26 \end{aligned}$$

এখানে,

১ম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক,

$$f_1 = 260 \text{ Hz}$$

২য় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক,

$$f_2 = 286 \text{ Hz}$$

কিন্তু একজন ব্যক্তি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ 10টি বীট শুনতে পারে। এর থেকে বেশি হলে তা আলাদা করা যাবে না। অর্থাৎ, কনা বীট শুনতে পাবে না।

প্রশ্ন ৮৪ দুটি একই রকম টানা তার আড়া কম্পিত হয়। প্রথম তারের দৈর্ঘ্য ও টান যথাক্রমে 0.5m ও 32N। প্রতিটি তারের ভর 0.01kg। দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য ও টান যথাক্রমে প্রথম তারের দ্বিগুণ ও চার গুণ।

[শেখ ফজিলাতুন্নেছা সরকারি মহিলা কলেজ, গোপালগঞ্জ]

- ক. সমমেল কাকে বলে? ১
- খ. ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অষ্টক নেই—ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. প্রথম তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. তার দুটিকে একত্রে আঘাত করলে তা থেকে কোনো বিট উৎপন্ন হয় কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে সমমেল বলে।

খ) কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের দ্বিগুণ হয় তবে তাকে ঐ মূল সুরের অক্টব বলে।

আবার, তিনটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত 4 : 5 : 6 হলে এরা মিলিত হয়ে যে মধুর সুর উৎপন্ন করে তাকে ত্রয়ী বলে।

অর্থাৎ, দেখা যায় যে ত্রয়ীর যেকোনো দুটি সুরের একটির কম্পাঙ্ক কখনোই অপরটির দ্বিগুণ হয় না।

অতএব, ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অক্টব নেই।

গ) প্রথম তারের কম্পাঙ্ক f হলে,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 0.5} \sqrt{\frac{32}{0.01}}$$

$$= 40 \text{ Hz (Ans.)}$$

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$
তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর,
 $\mu = \frac{m}{l}$
 $= \frac{0.01}{0.5} \text{ kg m}^{-1}$
তারে টান, $T = 32 \text{ N}$

ঘ) 'গ' থেকে পাই ১ম তারের কম্পাঙ্ক, $f_1 = 40 \text{ Hz}$

এখন, দ্বিতীয় তারের কম্পাঙ্ক f_2 হলে,

$$f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu_2}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 1} \sqrt{\frac{128}{0.01}}$$

$$= 56.65 \approx 57 \text{ Hz}$$

এখানে,
তারের টান, $T_2 = 32 \times 4$
 $= 128 \text{ N}$
তারের দৈর্ঘ্য, $l_2 = 2 \times 0.5$
 $= 1 \text{ m}$
তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর $= \frac{m_2}{l_2}$
 $= \frac{0.01}{1 \text{ m}}$
 $= 0.01 \text{ kg m}^{-1}$

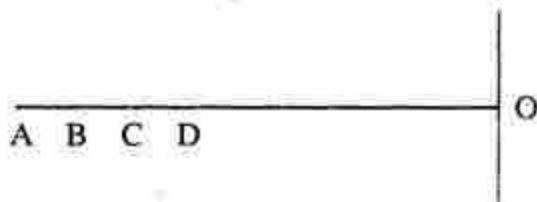
যেহেতু ১ম ও ২য় তারের সৃষ্টি তরঙ্গের কম্পাঙ্ক ভিন্ন, ফলে এদের দুইটিকে একত্রে আঘাত করলে বীট সংখ্যা $N = f_1 - f_2 = (57 - 40) \text{ Hz} = 17 \text{ Hz}$ অর্থাৎ,

প্রতিটি সেকেন্ডে ১৭টি বীট উৎপন্ন হবে।

পর পর দুটি সর্বোচ্চ তীব্রতা বা সর্বনিম্ন তীব্রতার শব্দের মধ্যে সময় পার্থক্য $= \frac{1}{17} \text{ sec} < \frac{1}{10} \text{ sec}$.

অতএব, বীট উৎপন্ন হলেও সেটি শোনা যাবে না।

প্রশ্ন ৪৫. AO সূতাকে সুরশালাকার সাহায্যে কম্পিত করলে প্রথমে 3.2 ms^{-1} বেগে তরঙ্গ অগ্রসর হয়। এতে চিত্রের ন্যায় কতগুলো হালকা বল কুলিয়ে সুরশালাকাকে কম্পিত হতে দেয়া হলে বলগুলো দুলতে থাকে। [সুরশালাকার কম্পাঙ্ক = 500 Hz]



AB = BC = CD = 4 cm

[গুরুদয়াল সরকারি কলেজ, কিশোরগঞ্জ]

ক. মেলডি কী?

১

খ. দুটি সুরশালাকার যেটির কম্পাঙ্ক কম তাতে মোম লাগিয়ে পুনরায় কম্পিত করলে বিট বাড়ে কেন?

২

গ. তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় B ও D বলের দশা পার্থক্য কত হবে?

৩

ঘ. সুরশালাকার কম্পনে B, C ও D বলগুলো যেভাবে দুলতে থাকে তারটিতে তরঙ্গের বেগ অর্ধেক হলেও কি একইভাবে দুলত? যুক্তি দাও।

৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যদি কয়েকটি শব্দ একের পর এক উচ্চারিত হয়ে একটি শ্রুতিমধুর শব্দের সৃষ্টি করে তবে তাকে মেলডি বলে।

খ) দুটি সুরশালাকার যেটির কম্পাঙ্ক কম তাতে মোম লাগিয়ে পুনরায় কম্পিত করলে বিট বাড়ে। কারণ, প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্টি বীট সংখ্যা উৎসস্থলের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান।

সুরশালাকার ভর বাড়ালে কম্পাঙ্ক কমে। উদ্দীপক অনুযায়ী কম কম্পাঙ্ক সুরশালাকাতে মোম লাগানো হয়েছে ফলে ঐ সুরশালাকাটির কম্পাঙ্ক আরও হ্রাস পেয়েছে। কিন্তু বেশি কম্পাঙ্কের সুরশালাকার কম্পাঙ্ক পূর্বের সমানই থাকবে।

সুতরাং মোম লাগানোর পরে সুরশালাকা দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য পূর্বের চেয়ে বেশি হবে যা উৎপন্ন বীট সংখ্যা নির্দেশ করে।

অর্থাৎ বীট সংখ্যা বাড়ে।

গ) আমরা জানি,

$$\text{দশা পার্থক্য}$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পথ পার্থক্য}$$

$$= \frac{2 \times 3.1416 \times 8 \times 10^{-2}}{6.4 \times 10^{-3}}$$

$$= 78.54 \text{ rad}$$

$$\text{এখানে,}$$

$$B \text{ ও } D \text{ বলের পথ পার্থক্য}$$

$$= (4 + 4) \text{ cm} = 8 \text{ cm}$$

$$= 8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.2}{500}$$

$$\therefore \lambda = 6.4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

\therefore B ও D বিন্দুর বল দুটির দশা পার্থক্য 78.54 rad (Ans.)

$$\text{লক্ষ্য করি, } \frac{78.54 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad}} = 12.5 = 12 + \frac{1}{2}$$

সুতরাং 78.54 দশা পার্থক্য মূলত $2\pi \times \frac{1}{2} = \pi \text{ rad}$ দশা পার্থক্যের সমতুল্য। অর্থাৎ B ও D পরস্পর বিপরীত দশায় আছে।

ঘ) উদ্দীপক অনুসারে,

$$AB = BC = CD = 4 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

১ম ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6.4 \times 10^{-3} \text{ m}$ ['গ' নং হতে]

B, C ও D বলগুলোর পথ পার্থক্য সমান বলে দশা পার্থক্যও সমান হবে।

$$\text{এক্ষেত্রে, দশা পার্থক্য, } \delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} \times \text{পথ পার্থক্য}$$

$$= \frac{2 \times 3.1416}{6.4 \times 10^{-3}} \times 4 \times 10^{-2}$$

$$= 39.27 \text{ rad}$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে বেগ অর্ধেক হলে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_2 = \frac{3.2}{2 \times 500}$$

$$\therefore \lambda_2 = 3.2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, দশা পার্থক্য, } \delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2} \times \text{পথ পার্থক্য}$$

$$= \frac{2 \times 3.1416 \times 4 \times 10^{-2}}{3.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 78.54 \text{ rad}$$

এখন δ_1 ও δ_2 তুলনা করে পাই, $\delta_2 = 2 \times \delta_1$

সুতরাং তরঙ্গের বেগ অর্ধেক করা হলে B, C ও D বলগুলো পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ দশা পার্থক্যে দুলতে থাকবে।

অর্থাৎ, তারটিতে তরঙ্গের বেগ অর্ধেক হলে বলগুলো একইভাবে দুলতো না।

প্রশ্ন ৪৬. দুটি সুরশালাকাকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট উৎপন্ন হয়। সুরশালাকা দুটি একই টানা তারের যথাক্রমে 1.30 মি এবং 1.20 মি দৈর্ঘ্যের সাথে ঐকতান হয়। বাতাসে শব্দের বেগ 330 মি/সে।

[পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ, পিরোজপুর]

ক. অর্কেস্ট্রা কাকে বলে?

১

খ. "শব্দের তীব্রতা ও শব্দের তীক্ষ্ণতা এক নয়" ব্যাখ্যা করো।

২

গ. উদ্দীপকের আলোকে সুরশালাকা দুইটি হতে নির্গত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় করো।

৩

ঘ. বাতাসে শব্দের বেগ 340 মি/সে হলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য পূর্বের সমান হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন একাধিক বাদ্যযন্ত্র একত্রে বাজিয়ে একটি সমতান অথবা মেলডি অথবা সমতান মেলডি উভয়ই উৎপন্ন করে তখন তাকে অর্কেস্ট্রা বলে।

খ কোনো বিন্দুর চারপাশে শব্দের গতিমুখের লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে ঐ বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা বলে।

অপরদিকে, শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দ্বারা একই তীব্রতার দুটি সুরের মধ্যে কোনটি চড়া বা খাদের তা বোঝা যায় তাকে পীচ বলে।

যেমন— একই তীব্রতায় একজন পুরুষ ও একজন মহিলা কথা বললেও মহিলার শব্দের তীব্রতা পুরুষের শব্দের চাইতে বেশি।

গ মনে করি, সুরশলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক f_1 ও f_2

$$1ম সুরশলাকার ক্ষেত্রে, f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad [l_1 = 1.30m]$$

$$2য় সুরশলাকার ক্ষেত্রে, f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad [l_2 = 1.2m]$$

সুতরাং সুরশলাকা দুটি হতে নির্গত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত

$$= \lambda_1 : \lambda_2 = \frac{v}{f_1} : \frac{v}{f_2} = \frac{1}{f_1} : \frac{1}{f_2} \quad [\text{উভয় রাশিকে } v \text{ দ্বারা ভাগ করে}]$$

$$= f_2 : f_1 \quad [\text{উভয় রাশিকে } f_1 f_2 \text{ দ্বারা গুণ করে}]$$

$$= \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} : \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$= \frac{1}{l_2} : \frac{1}{l_1} \quad [\text{উভয় রাশিকে } \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ দ্বারা ভাগ করে}]$$

$$= l_1 : l_2 \quad [\text{উভয় রাশিকে } l_1 l_2 \text{ দ্বারা গুণ করে}]$$

$$= 1.30m : 1.20m$$

$$= 13 : 12 \quad (\text{Ans.})$$

ঘ $\lambda_1 : \lambda_2 = 13 : 12$, তাহলে $\lambda_1 > \lambda_2$

প্রথমাবস্থায়, বাতাসে শব্দের বেগ, $v = 330 \text{ ms}^{-1}$

\therefore প্রথমাবস্থায় সুরশলাকা দুটি হতে নির্গত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য

$$= \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{v}{f_1} - \frac{v}{f_2} = v \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2} \right)$$

পরবর্তীতে, বাতাসে শব্দের বেগ, $v' = 340 \text{ ms}^{-1}$

\therefore পরবর্তীতে সুরশলাকা দুটি হতে নির্গত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য

$$= \lambda_1' - \lambda_2' = \frac{v'}{f_1} - \frac{v'}{f_2} = v' \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2} \right)$$

$$\text{এখানে, } \frac{\lambda_1' - \lambda_2'}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{v' \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2} \right)}{v \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2} \right)} = \frac{v'}{v} = \frac{340 \text{ ms}^{-1}}{330 \text{ ms}^{-1}} = 1.03$$

সুতরাং কোনো কারণে ঐ দিন শব্দের বেগ 330 ms^{-1} হতে বৃদ্ধি পেয়ে 340 ms^{-1} হলে সুরশলাকা দুটি হতে নির্গত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য পূর্বের তুলনায় 1.03 গুণ হবে।

প্রশ্ন ৪৭ 2টি তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে 1টি স্থির তরঙ্গ তৈরি করে যার সমীকরণ $Y = 5(\cos \pi x/3) \sin(40\pi t)$

[এস ও এস হারমান মেইনার কলেজ, ঢাকা]

ক. মূলসুর কাকে বলে? ১

খ. কোন ধর্মের জন্য সেতার ও বেহালার শব্দের পার্থক্য কানে ধরা পরে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গটির x এর কোন কোন মানের জন্য সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে, গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি স্বরের মধ্যে যে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে তার মধ্যে সবচেয়ে কম কম্পাঙ্কের সুরকে মূলসুর বলে।

খ সেতার ও বেহালা যখন একসাথে বাজানো হয়, তখন উৎপন্ন শব্দের জাতি বা গুণ বৈশিষ্ট্য দ্বারা শব্দগুলোর উৎস পৃথক করা যায়।

একটি শব্দের জাতির বা গুণের পরিচয় পাওয়া যায়—

- শব্দে উপস্থিত উপসুরগুলোর সংখ্যা
- মূল সুরের কম্পাঙ্ক ও উপসুরগুলোর কম্পাঙ্কের অনুপাত (অর্থাৎ, এরা কীভাবে সজ্জিত) এবং
- মূল সুরের তীব্রতা ও উপসুরগুলোর তীব্রতার অনুপাত (অর্থাৎ, এদের আপেক্ষিক শক্তি) দ্বারা।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{স্থির তরঙ্গের সমীকরণ, } Y = 5 \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right) \sin(40\pi t)$$

$$\text{স্থির তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ, } y = 2A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x \right) \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} vt \right)$$

এর সাথে প্রদত্ত সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$$\frac{2\pi v}{\lambda} = 40\pi$$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda} = 20$$

$$\therefore f = 20\text{Hz (Ans.)}$$

ঘ প্রদত্ত স্থির তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y = 5 \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right) \sin(40\pi t)$$

$$\therefore \text{স্থির তরঙ্গের বিস্তার, } A = 5 \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right)$$

এখন, সুস্পন্দ বিন্দুতে বিস্তার সর্বোচ্চ।

অর্থাৎ,

$$A = \pm 5$$

$$\text{বা, } 5 \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right) = \pm 5$$

$$\text{বা, } \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right) = \pm 1$$

$$\text{বা, } \frac{\pi x}{3} = \cos^{-1}(\pm 1) = 0, \pi, 2\pi, \dots$$

$$\therefore x = 0, 3, 6, \dots, 3n$$

$\therefore x = 3n$ একক দূরত্বে উক্ত স্থির তরঙ্গের সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে যেখানে, $n = 0, 1, 2$ ইত্যাদি।

আবার, নিস্পন্দ বিন্দুতে বিস্তার সর্বনিম্ন।

অর্থাৎ,

$$A = 0$$

$$\text{বা, } 5 \cos \left(\frac{\pi x}{3} \right) = 0$$

$$\text{বা, } \cos \frac{\pi x}{3} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{\pi x}{3} = \cos^{-1}(0) = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots, (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\therefore x = \frac{3}{2}, \frac{9}{2}, \dots, (2n+1)\frac{3}{2}$$

$\therefore x = (2n+1)\frac{3}{2}$ একক দূরত্বে উক্ত স্থির তরঙ্গের নিস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে যেখানে, $n = 0, 1, 2, \dots$ ইত্যাদি।

প্রশ্ন ৪৮ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.8 \sin 2\pi(100t - 0.25x)$ । একক S.I পদ্ধতিতে। তরঙ্গটি $1.2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্যদিয়ে চলমান।

ক. হারমোনিক কাকে বলে?

- খ. আজুল কাঁপালে শব্দ শোনা যায় না কিন্তু মাছি উড়লে শব্দ শোনা যায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
 গ. তরঙ্গের বেগ নির্ণয় করো। ৩
 ঘ. উদ্দীপকের সমীকরণটির দ্বারা তরঙ্গের তীব্রতা নির্ণয় করো যা মানুষের জন্য সহনশীল কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সূরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে হারমোনিক বলে।

খ মানুষের শ্রবণসীমা হল 20 Hz থেকে 20,000 Hz। অর্থাৎ, 20 Hz এর কম ও 20,000 Hz এর বেশি কম্পাঙ্কের শব্দ মানুষ শুনতে পায় না। আজুল কাঁপালে বাতাসে যে কম্পন সৃষ্টি হয় তার কম্পাঙ্ক 20 Hz অপেক্ষা অনেক কম, ফলে তা শ্রুতিগোচর হয় না। কিন্তু মাছি উড়লে তার পাখা কাঁপার কারণে বাতাসে যে কম্পন সৃষ্টি হয় তা শ্রবণসীমার মধ্যে থাকে। তাই মানুষ সে শব্দ শুনতে পায়।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 400 ms^{-1} ।

ঘ ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $6.06 \times 10^7 \text{ Wm}^{-2}$, তীব্রতা লেভেল $197.82 \text{ dB} \gg 120 \text{ dB}$ ।

অতএব, শব্দটি মানুষের জন্য সহনশীল নয়।

প্রশ্ন ৪৯ 'ক' বাসায় টেলিভিশন দেখছিল। টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা ছিল 10^{-8} Wm^{-2} । টেলিভিশন চালু অবস্থায় রুম পরিষ্কারের জন্য ভ্যাকুয়াম ক্লিনার চালু করা হলো, যার শব্দের তীব্রতা লেভেল ছিল 70dB।

/বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ/

- ক. মেলডি কাকে বলে? ১
 খ. "ঝুলন্ত ব্রিজের উপর দিয়ে সৈন্যদেরকে মার্চ করে যেতে দেয়া হয় না" কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
 গ. টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় করো। ৩
 ঘ. টেলিভিশন এবং ভ্যাকুয়াম ক্লিনার একত্রে চালু অবস্থায় সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা সহনীয় ছিল কী? ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি কয়েকটি শব্দ একের পর এক উচ্চারিত হয়ে একটি শ্রুতিমধুর শব্দের সৃষ্টি করে তবে তাকে মেলডি বলে।

খ সৈন্যরা ব্রিজের উপর দিয়ে মার্চ করে গেলে ব্রিজের ওপর প্রযুক্ত বল অত্যধিক মানের হয়। এ বলের কম্পাঙ্ক ব্রিজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান বা কাছাকাছি হলে ব্রিজটিতে অনুনাদ সৃষ্টি হবে এবং এটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হবে। তখন ব্রিজটি ভেঙে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ কারণে এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ব্রিজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয়।

গ ২১(গ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 40 dB।

ঘ ১৪(ঘ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $70.004 \text{ dB} < 120 \text{ dB}$ । অর্থাৎ সহনীয় পর্যায়ে থাকবে।

প্রশ্ন ৫০ T_1 ও T_2 দুটি সুরশলাকার যথাক্রমে 480 Hz ও 320 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ সৃষ্টি করে। তাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 2m। তারা উভয়ে 45dB শব্দ সৃষ্টি করে।

/আব্দুস উদ্দিন শাহ শিশু নিকেতন স্কুল ও কলেজ, গাইবান্ধা/

- ক. পয়সনের অনুপাত কী? ১
 খ. দুই বন্ধুর কৃত কাজ একই হলেও কি ক্ষমতা ভিন্ন হতে পারে— ব্যাখ্যা করো। ২
 গ. উদ্দীপকের শব্দের তীব্রতা কত? ৩
 ঘ. উদ্দীপকের মাধ্যমটির ঘনত্ব কি বায়ুর চেয়ে বেশি— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও অনৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

খ ক্ষমতার সংজ্ঞা হতে দেখা যায় যে, কোনো বস্তুর একক সময়ে কৃতকাজের পরিমাণই হল ঐ বস্তুটির ক্ষমতা।

সুতরাং বস্তুর ক্ষমতা সময়ের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু কৃতকাজ সময়ের উপর নির্ভরশীল নয়।

এখন যদি দুই বন্ধু একই পরিমাণ কাজ করার জন্য ভিন্ন ভিন্ন সময় প্রয়োজন হয়, তাহলে কৃতকাজ একই হওয়া সত্ত্বেও ক্ষমতা ভিন্ন হবে।

গ এখানে,

$$\text{প্রমাণ তীব্রতা, } I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = 45 \text{ dB}$$

$$\text{শব্দের তীব্রতা, } I = ?$$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 45 = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$$

$$\text{বা, } \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 4.5$$

$$\text{বা, } \frac{I}{10^{-12}} = 3.16 \times 10^4$$

$$\text{বা, } I = 3.16 \times 10^4 \times 10^{-12}$$

$$\therefore I = 3.16 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$$

\therefore উদ্দীপকের শব্দের তীব্রতা $3.16 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$ (Ans.)

ঘ কোনো একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে শব্দের বেগ ধ্রুব থাকে।

উদ্দীপকে,

$$T_1 \text{ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, } f_1 = 480 \text{ Hz}$$

$$T_2 \text{ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, } f_2 = 320 \text{ Hz}$$

T_1 ও T_2 সুরশলাকা দুটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_1 ও λ_2 হলে,

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 2 \text{ m; } [\because f_2 < f_1]$$

এখন, আমরা জানি, শব্দের বেগ,

$$v = f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2$$

$$\therefore \frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 2$$

$$\text{বা, } v\left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1}\right) = 2$$

$$\text{বা, } v\left(\frac{1}{320} - \frac{1}{480}\right) = 2$$

$$\text{বা, } v\left(\frac{6-4}{1920}\right) = 2$$

$$\text{বা, } v \times \frac{2}{1920} = 2$$

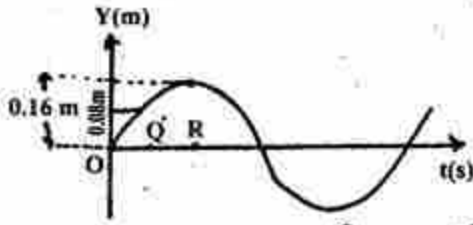
$$\text{বা, } v = \frac{2 \times 1920}{2}$$

$$\therefore v = 1920 \text{ ms}^{-1}$$

আবার বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ 320 ms^{-1}

আমরা জানি, সাধারণভাবে গ্যাসীয় মাধ্যম অপেক্ষা তরল মাধ্যমে শব্দের বেগ বেশি, আবার তরল অপেক্ষা কঠিনে শব্দের বেগ আরো বেশি। এ অভিজ্ঞতা কাজে লাগিয়ে বলা যায়, উদ্দীপকের মাধ্যমটির ঘনত্ব বায়ুর চেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ৫১ একটি শব্দতরঙ্গের সরণ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



[বি.এ.এফ. শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. সরল ছন্দিত গতি কী? ১
খ. পড়ন্ত বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ ধনাত্মক—
ব্যাখ্যা করো। ২
গ. R বিন্দুতে কণাটির সরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির তুলনামূলক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

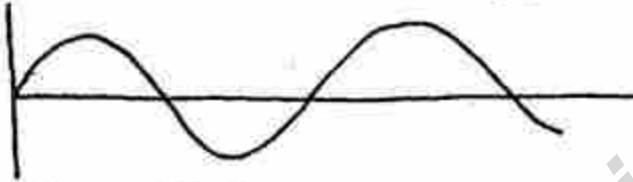
ক. স্পন্দনরত কোনো বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এর যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ, সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী হয়, তবে ঐ বস্তুকণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ. আমরা জানি, অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজকে ধনাত্মক কাজ এবং অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজকে ঋণাত্মক কাজ বলে। এখন কোনো বস্তুকে ওপর থেকে নিচে ফেলে দেওয়া হলে বস্তুটি অভিকর্ষ বলের প্রভাবে নিচে পড়বে। তাই এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের দিক এবং সরণের দিক একই ($\theta = 0^\circ$)। অর্থাৎ, $W = FS \cos\theta$ সূত্রানুসারে এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল দ্বারা ধনাত্মক কাজ সম্পাদিত হবে।

গ. ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫২ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ—



$$y = 0.1 \sin\left(200\pi x - \frac{20\pi}{17} x\right)$$

এখানে, y mm এককে, t sec এককে এবং x m এককে।

[বি.এ.এফ. শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. শব্দের তীব্রতা লেভেল কাকে বলে? ১
খ. রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. O বিন্দু হতে 0.25m ও 1.0m দূরের দুটি বিন্দুর মধ্যকার দশা পার্থক্য কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকে বিস্তার ও কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ এবং একই মাধ্যমে বিপরীতমুখী হলে তরঙ্গটির সমীকরণ কীভাবে হবে? ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেল, $\beta = \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$ ।

খ. রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাঁকের কেন্দ্রের দিকে ঢালু রাখা হয়। এরূপ করার উদ্দেশ্য হলো— গাড়ির বৃত্তাকার পথ অতিক্রমে যে কেন্দ্রমুখী বল প্রয়োজন হয় তার যোগান দেয়া। এক্ষেত্রে গাড়িটি সর্বোচ্চ v বেগে মোড় ঘুরলে এবং বাঁকের ব্যাসার্ধ r হলে ঢালুতা বা ব্যাংকিং কোণ, $\theta = \tan^{-1} \frac{v^2}{rg}$ তবে ঘর্ষণের দরুন কিছুটা কেন্দ্রমুখী বল পাওয়া যায় বলে θ -এর মান কিছুটা কম হলেও চলে।

গ. ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৩ একটি গিটারের তিনটি সদৃশ এবং সমদৈর্ঘ্যের তার A, B, C কে যথাক্রমে 100N, 200N ও 250N মানের বল দ্বারা টানা আছে। A তারটি 50 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে। রিপন অবাক হয়ে লক্ষ করল B ও C একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যাচ্ছে কিন্তু A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যাচ্ছে না।

[ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

- ক. পরবশ কম্পন কী? ১
খ. সকল সময়ে উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সময়ে নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যায় না কেন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

১৮ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৪ দুটি সুরশলাকা থেকে বায়ুতে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ—

$$y_1 = 0.5 \sin\left(100\pi t - \frac{\pi x}{3.4}\right)$$

$$y_2 = 0.5 \sin\left(110.03\pi t - \frac{\pi x}{3.09}\right)$$

এখানে সবগুলো রাশি S.I এককে প্রকাশিত। সুরশলাকা দুটি একই সময়ে শব্দায়িত করা হলো। [বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এন্ড কলেজ, কুলনা]

- ক. প্রমাণ তীব্রতা কাকে বলে? ১
খ. বুলন্ত ব্রীজ অতিক্রম করার সময় সেনাবাহিনী লং মার্চ করে না কেন? ২
গ. উদ্দীপকের ১ম তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয় দ্বারা সৃষ্ট বীট শ্রাব্য কি না গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. 1000 Hz কম্পাঙ্কের 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতার শব্দকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

খ. সৈন্যরা ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে গেলে ব্রীজের ওপর প্রযুক্ত বল অত্যধিক মানের হয়। এ বলের কম্পাঙ্ক ব্রীজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান বা কাছাকাছি হলে ব্রীজটিতে অনুনাদ সৃষ্টি হবে এবং এটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হবে। তখন ব্রীজটি ভেঙে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ কারণে এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$1\text{ম অগ্রগামী শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ, } Y_1 = 0.5 \sin\left(100\pi t - \frac{\pi x}{3.4}\right)$$

$$\text{এক অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ } Y = A \sin\left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$2\pi f t = 100\pi$$

$$\therefore f = \frac{100\pi}{2\pi} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{এবং } \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi x}{3.4}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2\pi x \times 3.4}{\pi x} = 6.8 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপকের প্রথম তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক, $f_1 = 50\text{Hz}$ [‘গ’ হতে]

দ্বিতীয় তরঙ্গটির সমীকরণ, $Y_2 = 0.5 \sin \left(110.03\pi t - \frac{\pi x}{3.09} \right)$

একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ, $Y = A \sin \left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$

এর সাথে তুলনা করে পাই, $2\pi f_2 t = 110.03\pi$

[$f_2 = 2$ য় তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক]

$$\therefore f_2 = \frac{110.03\pi}{2\pi} = 55.015\text{Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য} &= f_2 - f_1 \\ &= 55.015\text{Hz} - 50\text{Hz} \\ &= 5.015\text{Hz} \\ &= 5\text{Hz} \end{aligned}$$

তাহলে,

৫টি বীট শোনা যায় ১ সেকেন্ডে

\therefore ১টি বীট শোনা যায় $\frac{1}{5}$ বা, ০.২ সেকেন্ডে

এখানে, ১টি বীট শুনতে সময় (০.২ sec) > শব্দানুভূতির স্থায়ীত্বকাল (০.১ sec)

অতএব, উদ্দীপকের তরঙ্গ দুটিতে বীট সৃষ্টি হবে এবং তরঙ্গদ্বয় দ্বারা সৃষ্টি বীট শ্রাব্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ দুইটি তরঙ্গের সমীকরণ যথাক্রমে—

$$y_1 = 0.75 \sin \frac{2\pi}{30} (300t + 50x)$$

$$y_2 = 0.75 \sin \left(62.8t - \frac{314}{30}x \right)$$

সবগুলো মান এস. আই. এককে ব্যবহৃত।

[চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. পিছট ত্রুটি কাকে বলে? ১
- খ. তত্ত্ব ও সূত্রের মধ্যে পার্থক্য কী? ২
- গ. দ্বিতীয় তরঙ্গের বেগ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. যদি তরঙ্গ উপরিপাতিত হয় তবে কোন ধরনের তরঙ্গের সৃষ্টি হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. নাট স্ক্রু নীতির ওপর ভিত্তি করে যে সকল যন্ত্র তৈরি সেসব যন্ত্র পুরনো হয়ে গেলে স্ক্রুকে উভয় দিকে ঘুরালে সমান সরণ হয় না। তখন পরিমাপে যে ত্রুটি দেখা দেয় তাকে পিছট ত্রুটি বলে।

খ. বিজ্ঞানীদের দ্বারা প্রস্তাবিত, পরীক্ষাগারে পরীক্ষিত এবং গাণিতিকভাবে প্রমাণিত একটি ঘটনাকে যখন সুচিহ্নিত বৈজ্ঞানিক আকারে প্রকাশ হয়, তখন তাকে সূত্র বলে। আর যথোপযুক্ত যুক্তি প্রমাণ উপস্থাপন, পরীক্ষণ, পর্যবেক্ষণ, ফলাফল বিশ্লেষণের আলোকে যখন একটি ঘটনাকে বিজ্ঞানীদের সামনে উপস্থাপনের উপযোগী করে প্রকাশ করা হয় তখন তাকে তত্ত্ব বলে। তাই বলা যায় সূত্র আর তত্ত্ব পদার্থবিজ্ঞানে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধারণা।

গ. ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 6ms^{-1}

ঘ. ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ একদিন লাবনী পড়ছে। তখন তার মা রেক্ডারে জুস তৈরি করছেন, যার তীব্রতার লেভেল ৬৫ dB; বাবা TV দেখছেন, যার লেভেল ৭০dB। একই সময় কাজের মেয়ে ফোন পরিষ্কার করার জন্য ৬৮dB এর ভ্যাকুয়াম ক্লিনার চালু করল তখন লাবনী চিৎকার করে অজ্ঞান হয়ে গেল।

[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

- ক. শব্দের তীব্রতা লেভেল কাকে বলে? ১
- খ. সকল সম্মেল উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সম্মেল নয় ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. লাবণীর বাবা যদি TV এর ভলিউম দ্বিগুণ করে তবে TV এর তীব্রতা লেভেলের কী পরিবর্তন হবে? ৩
- ঘ. অতিরিক্ত শব্দের কারণে লাবনী অজ্ঞান হয়ে গিয়েছিল কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেল, $\beta = \log_{10} \frac{I}{I_0}$ ।

খ. কোনো স্বরে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যেটির কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বা মৌলিক সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের থেকে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার কোনো কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাকে ঐ মূল সুরের সম্মেল বলে। কাজেই সকল সম্মেল উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সম্মেল নয়।

গ. প্রাথমিক অবস্থায় টিভির শব্দের তীব্রতা I_1 হলে,

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } 70 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{I_0} = 10^7$$

$$\text{বা, } I_1 = 10^7 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$$

$$\therefore I_1 = 1 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{টিভির ভলিউম দ্বিগুণ করলে } I_2 = 2I_1 = 2 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$$

$$\therefore \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{2 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-12}}$$

$$\therefore \beta_2 = 73.01 \text{ dB.}$$

$$\text{সুতরাং তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন, } \Delta\beta = (\beta_2 - \beta_1)$$

$$= (73.01 - 70) \text{ dB}$$

$$\therefore \Delta\beta = 3.01 \text{ dB (Ans.)}$$

ঘ. ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: এক্ষেত্রে সম্মিলিত তীব্রতা লেভেলের মান ৭২.৮৯৪ dB। তীব্রতা লেভেল ১২০ dB এর বেশি হলে কানে শ্রুতি যন্ত্রনার শুরু হয়। অতএব, লাবনী অতিরিক্ত শব্দের কারণে অজ্ঞান হয় নি।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ বায়ু মাধ্যমে C সুরশলাকাটি A ও B দুটি সুরশলাকার সাথে ৫টি করে বিট উৎপন্ন করে। A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ৩৮৫ Hz। B সুরশলাকা হতে বায়ু মাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ হলো $y = 0.9$

$$\sin 10\pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8} \right)$$

[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

- ক. তরঙ্গ মুখ কী? ১
- খ. রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. B সুরশলাকা হতে নির্গত তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কীভাবে নিশ্চিত হওয়া যায় তা গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সংস্কারণ পথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ. রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাইরের দিকে উঁচু বা ভেতরের দিকে ঢালু রাখা হয় যাতে করে গাড়ি বাঁক নেওয়ার সময় প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে।

বাকের ব্যাসার্ধ r , গাড়ির বেগ v এবং ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\text{আমরা পাই, } \tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$$

অর্থাৎ রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশে বাইরের দিক থেকে ভেতরের দিকে $\tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$ কোণে ঢালু রাখা হয়।

গ. ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৮ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 10 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.02} - \frac{x}{15} \right)$ m শ্রেণিকক্ষ, স্বাভাবিক কথোপকথন ও ব্যস্ত সড়কে শব্দের তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে 50 dB, 60 dB এবং 70 dB কিন্তু দুটি উৎসের শব্দের তীব্রতা লেভেল 63 dB এবং 69 dB.

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

- ক. স্থির তরঙ্গ কাকে বলে? ১
খ. গিটার বাদ্যে স্প্যানিশ ও হাওয়াইয়ান বাদনরীতির মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত অগ্রগামী তরঙ্গের তরঙ্গাবেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত উৎস দুটির সম্মিলিত তীব্রতা লেভেলের প্রকৃতি কীরূপ হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একইমানের বেগে বিপরীত দিক থেকে অগ্রসর হয়ে একে অপরের উপর আপতিত হলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

খ গিটার বাদ্যের স্প্যানিশ ও হাওয়াইয়ান, দুই প্রকার বাদনরীতি লক্ষ করা যায়। এ পদ্ধতিতে বাদনকালে বাহককে একটি চেয়ার বা টুলে বসে দুপায়ের উরুর উপর গিটারটিকে বসানো হয়। ডান হাতের মধ্যমা, তর্জনী ও বৃন্দাজালে তিনটি পিক বা প্লাস্টিক ও লৌহনির্মিত মিজরাব লাগিয়ে তারে টোকা দিতে হয়। একই সংগে বাঁ হাতের আজুলে ধৃত প্রায় ৭ সেন্টিমিটার লম্বা এবং ক্ষুদ্র গোলাকৃতি লৌহদণ্ড তারের বিভিন্ন স্থানে স্থাপন করে তারের কম্পন দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন করে ভিন্ন ভিন্ন সুর নির্গত করা হয়। গলা অংশের অনড় পর্দাগুলো বাদককে নির্দিষ্ট স্বরের ধ্বনি উৎসরণে সাহায্য করে কিন্তু হাওয়াইয়ান গিটার বাদনকালে তারগুলো কখনোই পর্দা বা ঘাটগুলোকে স্পর্শ করে না।

স্প্যানিশ পদ্ধতিতে কোনো লৌহ বা মিজরাব ব্যবহার করা হয় না। এ রীতিতে গিটারকে বুকের সাথে লাগিয়ে ডান হাতের আজুলের সাহায্যে তারে আঘাত করা হয় এবং একই সাথে বাঁ হাতের আজুল দ্বারা গিটারের তারকে অচল লৌহদণ্ডগুলোর উপর চাপ দিয়ে বিভিন্ন সুর নির্গত করা হয়।

হাওয়াইয়ান ও স্প্যানিশ গিটার বাদনরীতির প্রধান পার্থক্য হলো এই যে, হাওয়াইয়ান রীতিতে সুরে খুব প্রখর ও জোরালো মিডের প্রয়োগ করা চলে কিন্তু স্প্যানিশ রীতিতে মিড প্রয়োগ নিষিদ্ধ।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : 750 ms⁻¹।

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : 70 dB।

প্রশ্ন ৫৯ দুটি তরঙ্গ $Y_1 = \sin 400\pi t$ এবং $Y_2 = \sin 600\pi t$ একসাথে কোনো মাধ্যমে সম্বলিত করা হলো। তরঙ্গদ্বয়ের ক্ষেত্রে লক্ষ করা গেল যে, নির্দিষ্ট সময় অন্তর অন্তর কোনো শব্দ শোনা যাচ্ছে না।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

- ক. অনুবাদ কী? ১
খ. সকল হারমোনিক উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয়ের পর্যায়কালের তুলনা করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উদ্দীপকের ঘটনা কেন হচ্ছে এবং কিভাবে হচ্ছে— ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়।

এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

খ কোনো স্বরে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে। এদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের

কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে বলে সমমেল বা হারমোনিক। সুতরাং বলা যায়, সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক না।

গ $Y = A \sin(\omega t)$ এর সাথে তুলনা করে,

প্রথম তরঙ্গের কৌণিক কম্পাঙ্ক,

দেওয়া আছে,

$$\omega_1 = 400\pi$$

প্রথম তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\frac{2\pi}{T_1} = 400\pi$$

$$Y_1 = \sin 400\pi t$$

দ্বিতীয় তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\therefore T_1 = \frac{1}{200} \text{ s}$$

$$Y_2 = \sin 600\pi t$$

দ্বিতীয় তরঙ্গের কৌণিক কম্পাঙ্ক,

$$\omega_2 = 600\pi$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{T_2} = 600\pi$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{1}{300} \text{ s}$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$\text{বা, } T_1 = 1.5 \times T_2$$

অতএব, প্রথম তরঙ্গের পর্যায়কাল দ্বিতীয় তরঙ্গের 1.5 গুন।

ঘ দুইটি তরঙ্গ পরস্পর উপরিপাতনের ফলে নতুন তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y = Y_1 + Y_2$$

$$= \sin 400\pi t + \sin 600\pi t$$

$$= 2 \sin \frac{(400+600)\pi t}{2} \cos \frac{(400-600)\pi t}{2}$$

$$= 2 \sin 500\pi t \cos 100\pi t$$

এটি বীট গঠনের সমীকরণ।

ফলে, এই দুটি তরঙ্গ উপরিপাতিত হলে বীট তৈরি হয়, যার কম্পাঙ্ক

$$= f_1 - f_2$$

$$= (600 - 400) \text{ Hz}$$

$$= 200 \text{ Hz}$$

\therefore প্রতি সেকেন্ডে 200 টি বিট উৎপন্ন হয়,

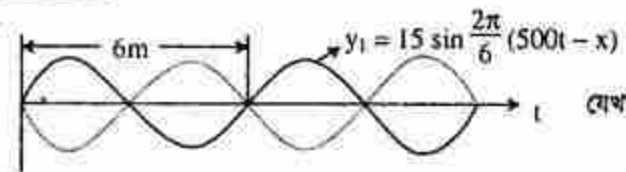
$$\text{আবার পরস্পর দুইটি বিটের মধ্যবর্তী সময়} = \frac{1}{200} \text{ s}$$

$$= 5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

যা মানুষের শ্রাব্যতার সীমা (0.1 sec) অপেক্ষা অনেক কম। অর্থাৎ দুটি তরঙ্গের উপরিপাতনে কোনো বিট উৎপন্ন হয় না।

উদ্দীপকে উল্লিখিত নির্দিষ্ট সময় অন্তর শব্দ না শুনতে পারাটা যৌক্তিক।

প্রশ্ন ৬০



উদ্দীপকের একটি অগ্রগামী তরঙ্গের মুক্ত প্রান্তের প্রতিফলন দেখানো হয়েছে।

[বান্দরবান সরকারি কলেজ]

ক. উপসুর কী? ১

খ. খনিতে দৃষিত গ্যাসের অস্তিত্ব কীভাবে নির্ণয় করা যায়? ২

গ. উদ্দীপকে অনুসারে তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর লম্বি তরঙ্গ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের $x = \frac{\lambda}{2}$ দূরত্বে তরঙ্গটির কোনো সরণ হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্বরের মধ্যে, মূল সুর বাদে অন্যসব সুর, যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি, তাদেরকে উপসুর বলে।

খ) বিটের সাহায্যে খনিতে দূষিত বায়ু আছে কিনা তা নির্ণয় করা যায়। যে খনির বায়ু দূষিত বলে সন্দেহ করা হয় তার খানিকটা বায়ু একটি অর্গান নলে নেওয়া হয়। অপর একটি অর্গান নলে বিশুদ্ধ বায়ু নেওয়া হয়। এখন নল দুটিকে একত্রে বাজালে যদি বিটের সৃষ্টি হয় তাহলে বুঝতে হবে বায়ু দূষিত। কারণ বায়ু দূষিত হলে তার ঘনত্ব বিশুদ্ধ বায়ুর ঘনত্বের চেয়ে আলাদা হবে ফলে নলদ্বয় থেকে সৃষ্টি শব্দের কম্পাঙ্কের পার্থক্য থাকবে। ফলে বিট সৃষ্টি হবে। আর যদি খনির বায়ু বিশুদ্ধ হয় তাহলে কম্পাঙ্কের কোনো প্রভেদ থাকবে না। ফলে বিটও শোনা যাবে না। এভাবে বিটের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়।

গ) ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $y = -30 \cos \frac{2\pi}{6} 500t \sin \frac{2\pi}{6} x$

ঘ) ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: কোনো সরণ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬১ A এবং B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে 0.7894 m এবং 0.801m তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট উৎপন্ন হয়। B এর কম্পাঙ্ক 341Hz। 'A' শলাকার বায়ুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় একত্রে শব্দায়িত করলে একই সংখ্যক বিট উৎপন্ন হয়।

[ডাঃ আব্দুর রাস্তাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর]

- ক. পরম ত্রুটি কী? ১
- খ. সূত্রের সাথে তত্ত্বের তফাৎ কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির পূর্বে না পরে 'B' এর চেয়ে বেশি ছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো একটি রাশির প্রকৃত মান ও পরিমাপকৃত মানের পার্থক্যকে পরম ত্রুটি বলে।

খ) বিজ্ঞানীদের দ্বারা প্রস্তাবিত, পরীক্ষাগারে পরীক্ষিত এবং গাণিতিকভাবে প্রমাণিত একটি ঘটনাকে যখন সুচিহ্নিত বৈজ্ঞানিক আকারে প্রকাশ হয়, তখন তাকে সূত্র বলে। আর যথোপযুক্ত যুক্তি প্রমাণ উপস্থাপন, পরীক্ষণ, পর্যবেক্ষণ, ফলাফল বিশ্লেষণের আলোকে যখন একটি ঘটনাকে বিজ্ঞানীদের সামনে উপস্থাপনের উপযোগী করে প্রকাশ করা হয় তখন তাকে তত্ত্ব বলে। তাই বলা যায় সূত্র আর তত্ত্ব পদার্থবিজ্ঞানে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধারণা।

গ)

$$\frac{v}{\lambda_A} - \frac{v}{\lambda_B} = f$$

$$\text{বা, } v \left(\frac{1}{0.7894} - \frac{1}{0.801} \right) = 5$$

$$\therefore v = 272.54 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
A এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_A = 0.7894 \text{ m}$
B এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_B = 0.801 \text{ m}$
বিটের কম্পাঙ্ক,
 $f = 5 \text{ Hz}$
 \therefore শব্দের বেগ, $v = ?$

ঘ) ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির পূর্বে B এর চেয়ে বেশি ছিলো।

প্রশ্ন ▶ ৬২ A ও B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে 50cm ও 51 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বিট শোনা যায়। A এর কম্পাঙ্ক 500 Hz।

[শীলফামারী সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. অনুবাদ কী? ১
- খ. সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন? ২
- গ. গ্যাসটিকে শব্দের বেগ কত হবে? ৩
- ঘ. B শলাকাটিতে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে বিট সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না— ব্যাখ্যা করো। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

৬ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দুটি সুরশলাকা থেকে বায়ুতে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ—

$$Y_1 = 0.5 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{3.24} \right)$$

$$Y_2 = 0.5 \sin \pi \left(210.03t - \frac{x}{3.09} \right)$$

সবকটি রাশি SI এককে প্রদত্ত। সুরশলাকা দুটি একই সময়ে বাজানো হলো।

[কলকাতার সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. অনুবাদ কী? ১
- খ. কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেল 45dB বলতে কী বুঝায়? ২
- গ. উদ্দীপক অনুসারে বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের শব্দ দুটি বিট তৈরি করেছিল কিনা বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুবাদ বলে।

$$45 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$45 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\therefore I = 10^{-12} \times 10^{4.5}$$

$$I = 3.16 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{অর্থাৎ, শব্দের তীব্রতা} = 3.16 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$$

কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেল 45dB বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে প্রতি বর্গমিটার এলাকার মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে $3.162 \times 10^{-8} \text{ J}$ পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হচ্ছে।

গ) ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 648 ms^{-1}

ঘ) ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট তৈরি হয়েছিল।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ দুটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$y_1 = 5 \sin \left(200\pi t - \frac{2\pi}{30} x \right)$$

$$y_2 = 5 \sin \left(200\pi t - \frac{2\pi}{30} x \right)$$

এখানে সবগুলো রাশি SI এককে প্রদত্ত।

[এম সি কলেজ, সিলেট]

- ক. শব্দের তীব্রতা কী? ১
- খ. তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর দূরত্ব যত বেশি দশা পার্থক্য তত বেশি—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. প্রথম তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. তরঙ্গদ্বয় একে অপরের উপর আপতিত হলে কীরূপ তরঙ্গের সৃষ্টি হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) শব্দের তীব্রতা বলতে শব্দ সঞ্চালনের অভিমুখের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে যে পরিমাণ শক্তি প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত হয় তাকে বোঝায়।

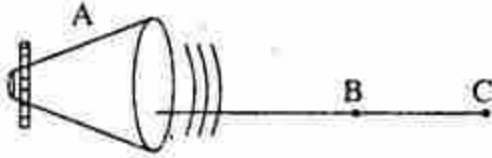
খ) তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানই হলো তাদের দশা পার্থক্য। একটি তরঙ্গ একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করলে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা হলো তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য ' λ '। আবার জানা আছে, λ দূরত্বে অবস্থিত তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর দশা পার্থক্য 2π । এখন তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব x হলে বিন্দু দুটির দশা পার্থক্য হবে $\frac{2\pi}{\lambda} x$ । অর্থাৎ তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর দশা পার্থক্য $\propto x$ সুতরাং তরঙ্গস্থিতি দুটি বিন্দুর দূরত্ব যত বেশি হবে তাদের দশা পার্থক্য তত বেশি হবে।

গ. ১২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 100 Hz।

ঘ. ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ৬৫



চিত্রে 40W ক্ষমতার একটি স্পীকার A হতে 1.5km ও 2km দূরে যথাক্রমে B ও C দুটি অবস্থান $(I_0 = 10^{-12} \text{Wm}^{-2})$

[বিজ্ঞান মডেল স্কুল ও কলেজ, বাগুড়া]

- ক. শিশিরাংক কাকে বলে? ১
- খ. গরমের দিনে কুকুর জিহ্বা বের করে দৌড়ায় কেন? ২
- গ. স্পীকার A হতে C অবস্থানে শব্দের তীব্রতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. B ও C অবস্থানে শব্দের তীব্রতা লেভেলের তারতম্য গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাংক বলে।

খ. গরমের দিনে কুকুরের শরীর উত্তপ্ত থাকে এবং কুকুর অস্বস্তিবোধ করে। কিন্তু কুকুরের জিহ্বার উপর এক প্রকার লাল থাকে। সেই লাল কুকুরের শরীর থেকে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ শোষণ করে ক্রমাগত বাষ্পীভূত হয় এবং কুকুরের শরীর ঠাণ্ডা হয়। কুকুর স্বস্তি অনুভব করে। সেজন্য কুকুর জিহ্বা বের করে দৌড়ায়।

গ. C বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা I_C হলে,

$$I_C = \frac{P}{4\pi r_C^2}$$

$$= \frac{40}{4\pi \times (2 \times 10^3)^2}$$

$$= 7.96 \times 10^{-7} \text{Wm}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
শব্দোৎসর্গের ক্ষমতা, $P = 40\text{W}$
উৎস হতে দূরত্ব, $r_C = 2\text{km}$
 $= 2 \times 10^3\text{m}$

ঘ. 'গ' হতে পাই, C বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা, $I_C = 7.96 \times 10^{-7} \text{Wm}^{-2}$
B বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা I_B হলে,

$$I_B = \frac{P}{4\pi r_B^2}$$

$$= \frac{40}{4\pi \times (1.5 \times 10^3)^2}$$

$$= 1.41 \times 10^{-6} \text{Wm}^{-2}$$

B ও C অবস্থানে তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে β_B ও β_C হলে তীব্রতা লেভেলের পার্থক্য,

$$\Delta\beta = \beta_B - \beta_C$$

$$= 10 \log \frac{I_B}{I_0} - 10 \log \frac{I_C}{I_0}$$

$$= 10 \log \left(\frac{I_B}{I_C} \times \frac{I_0}{I_0} \right)$$

$$= 10 \log \left(\frac{I_B}{I_C} \right)$$

$$= 10 \log \left(\frac{1.41 \times 10^{-6}}{7.96 \times 10^{-7}} \right)$$

$$= 2.48 \text{ dB}$$

অতএব, B ও C অবস্থানের শব্দের তীব্রতা লেভেলের তারতম্য 2.48 dB.

প্রশ্ন ৬৬ দুটি খুঁটির সাথে 2m দীর্ঘ একটি তার টান করে বাধা আছে। তারটির মাঝখানে টান দিয়ে ছেড়ে দিলে 4টি লুপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 2Hz।

[নীলফামারী সরকারি কলেজ]

- ক. অনুবাদ কাকে বলে? ১
- খ. একটি দোলক ঘড়ি গ্রীষ্মকালে ধীরে এবং শীতকালে দ্রুত চলে কেন? ২

গ. উদ্দীপকে সৃষ্ট তরঙ্গের বেগ কত নির্ণয় কর। ৩

ঘ. এ ধরনের তরঙ্গের কোনো বিন্দুতে স্পন্দন সর্বোচ্চ এবং কোনো বিন্দুতে স্পন্দন সর্বনিম্ন হওয়ার কারণ চিত্রসহ গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখাও। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ. আমরা জানি, দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর মান ধ্রুব। তাই L এর মান পরিবর্তনে T এর মান পরিবর্তিত হয়। গ্রীষ্মকালে দোলকের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় দোলনকাল বেড়ে যায়। একারণে গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে। আবার শীতকালে দোলকের দৈর্ঘ্য হ্রাস পাওয়ায় দোলনকাল হ্রাস পায়। ফলে শীতকালে দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে।

গ. উদ্দীপকে 2m দৈর্ঘ্যের তারে চারটি লুপ সৃষ্টি হয় বলে,

$$4 \times \frac{\lambda}{2} = 2$$

$$\text{বা, } 2\lambda = 2$$

$$\therefore \lambda = 1\text{m}$$

\therefore তরঙ্গের বেগ v হলে,

$$v = f\lambda$$

$$= 2 \times 1$$

$$= 2\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, $f = 2\text{Hz}$

ঘ. উদ্দীপকে সৃষ্ট তরঙ্গ হলো স্থির তরঙ্গ। স্থির তরঙ্গের প্রমাণ

$$\text{সমীকরণ নিম্নরূপ: } y = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt$$

$$\text{এখানে, } A = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x. \text{ বা, } A = 2a \cos kx$$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, সমপাতিত তরঙ্গ দুটি সরল ছন্দিত স্পন্দন উৎপন্ন করে যার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ এবং বিস্তার $A = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x$.

সরল ছন্দিত স্পন্দনটি অগ্রগামী তরঙ্গ নয়। কারণ এতে দশার কোনো পার্থক্য নেই। অর্থাৎ এই সমীকরণে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণের ন্যায় দশা কোণের ভেতর $(vt - x)$ জাতীয় কোন রাশি অন্তর্ভুক্ত নেই। এই তরঙ্গের উপরস্থ প্রতিটি কণা A বিস্তার নিয়ে সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন করেছে। নির্দিষ্ট বিন্দুতে এই বিস্তার ধ্রুবক, কিন্তু বিভিন্ন বিন্দুতে x এর মানের ওপর নির্ভর করে বিস্তারের মানও বিভিন্ন হবে।

যে সকল বিন্দুতে স্পন্দন সর্বাধিক তথা লব্ধি বিস্তার সর্বোচ্চ অর্থাৎ $A = \pm 2a$ হবে, সেখানে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে। অর্থাৎ যে সকল বিন্দুতে

$$\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1 \text{ হবে সে সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।}$$

সুতরাং যে সকল বিন্দুতে,

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi, \text{ হবে (} n = 0, 1, 2, 3, \dots \text{)}$$

$$\text{বা, } x = 0, \frac{\lambda}{2}, \frac{2\lambda}{2}, \dots, \frac{n\lambda}{2}, \text{ হবে (} n = 0, 1, 2, 3, \dots \text{)}$$

$$\text{বা, } x = 0, \frac{2\lambda}{4}, \frac{4\lambda}{4}, \frac{6\lambda}{4}, \dots, \frac{2n\lambda}{4} \text{ হবে (} n = 0, 1, 2, 3, \dots \text{)}$$

সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

সুতরাং স্থির তরঙ্গের ওপর যে সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর জোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু হবে।

যে সকল বিন্দুতে স্পন্দন নেই তথা বিস্তার $A = 0$ সে সকল বিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে। অর্থাৎ যে সকল বিন্দুতে $\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = 0$ হবে সে সকল বিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

সুতরাং যে সকল বিন্দুতে,

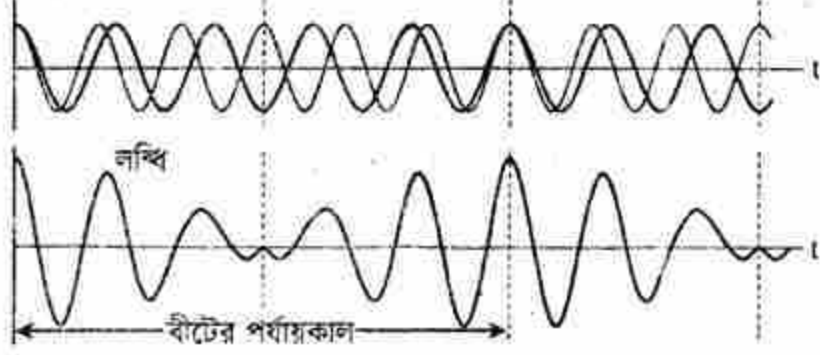
$$\frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots (2n+1)\frac{\pi}{2}, \text{ হবে } (n=0, 1, 2, 3 \dots)$$

$$\text{বা, } x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots (2n+1)\frac{\lambda}{4} \text{ হবে।}$$

সেই সকল বিন্দুতে নিম্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

সুতরাং স্থির তরঙ্গের ওপর যে সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর বিজোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে নিম্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

এভাবে স্থির তরঙ্গের কোনো বিন্দুতে সর্বোচ্চ স্পন্দন এবং কোনো বিন্দুতে সর্বনিম্ন স্পন্দন হয়।



প্রশ্ন ৬৭ A এবং B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে 1m এবং 1.01m তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট উৎপন্ন হয়। B-এর কম্পাঙ্ক 512Hz। 'A' শলাকার বায়ুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় একত্রে শব্দায়িত করলে একই সংখ্যক বীট উৎপন্ন হয়।

(লালবাখ সরকারি মডেল স্কুল এন্ড কলেজ)

- অনুনাদ কাকে বলে? ১
- ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কী বুঝ? ২
- গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির পূর্বে না পরে 'B' এর চেয়ে বেশি ছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

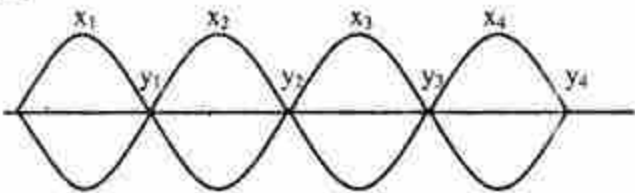
ক কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে বোঝায় কোনো নির্দিষ্ট সময়ে ঢাকার বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ সময় তার শতকরা 70 ভাগ জলীয় বাষ্প ঢাকার বায়ুতে উপস্থিত আছে।

গ ৪ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৪ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৬৮



চিত্রানুসারে, x_1, x_2, x_3 ও x_4 সুস্পন্দ বিন্দু এবং y_1, y_2, y_3 ও y_4 নিম্পন্দ বিন্দু এবং তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক 250 Hz।

(শেরপুর সরকারি কলেজ)

- বীট কী? ১
- সকল হারমোনিকই উপসুর বিন্দু সকল উপসুর হারমোনিক নয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- x_1 ও x_2 এর মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.06m হলে, তরঙ্গ বেগ কত? ৩
- উদ্দীপকের বিন্দুগুলো গঠিত হওয়ার শর্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের কিন্তু কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরলরেখায় একই দিকে সঞ্চালিত হলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বা স্বরকম্প বলে।

খ কোনো স্বরে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে। এদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাদেরকে উপসুর বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে বলে সমমেল বা হারমোনিক। সুতরাং বলা যায়, সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক না।

গ যেহেতু x_1 ও x_2 দুটি সুস্পন্দ বিন্দু,

$$\therefore x_2 - x_1 = \text{দুটি সুস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব}$$

$$\Rightarrow 0.06 = \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0.12$$

$$\Rightarrow \frac{v}{f} = 0.12$$

$$\Rightarrow \frac{v}{250} = 0.12$$

$$\therefore v = 30 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ ধরা যাক, উদ্দীপকের চিত্রের তরঙ্গ দুটির সমীকরণ,

$$z_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

$$z_2 = -a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x)$$

$$\therefore \text{লম্বি তরঙ্গ, } z = z_1 + z_2$$

$$= a \left[\sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) - \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \right]$$

$$= 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt) \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$$

$$= A \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt) \text{ যেখানে, } A = 2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x.$$

এখন, যে সকল বিন্দুতে $A = \pm 2a$, সে সকল বিন্দুতেই সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

$$\therefore A = \pm 2a$$

$$\Rightarrow 2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 2a$$

$$\Rightarrow \sin \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$$

$$\therefore x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots$$

অতএব, সুস্পন্দ বিন্দু তথা উদ্দীপকের x_1, x_2, x_3 ইত্যাদি বিন্দু তৈরি হতে হলে বিন্দুগুলোর অবস্থান হতে হবে $\frac{\lambda}{4}$ এর বিজোড় গুণিতকের সমান।

আবার, নিম্পন্দ বিন্দুর জন্য, $A = 0$

$$\Rightarrow 2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x = 0$$

$$\Rightarrow \sin \frac{2\pi}{\lambda} x = 0$$

$$\therefore \frac{2\pi}{\lambda} x = 0, \pi, 2\pi, \dots$$

$$\Rightarrow x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \dots$$

$$= 0, 2 \cdot \frac{\lambda}{4}, 4 \cdot \frac{\lambda}{4}, \dots$$

অতএব, নিস্পন্দ বিন্দু তথা উদ্দীপকের y_1, y_2, y_3, \dots ইত্যাদি বিন্দু তৈরি হবে যদি বিন্দুগুলোর দূরত্ব হয় $\frac{\lambda}{4}$ এর জোড় গুণিতকের সমান।

প্রশ্ন ৬৯ $Y = 100 \sin \pi (100t - 5x)$ তরঙ্গটি সামনে বাধা পেয়ে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় একই পথে বিপরীত দিকে ফিরে এসে একটি স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে।

[সরকারি আফিসুল হক কলেজ, বগুড়া]

- ডেসিবেলের সংজ্ঞা দাও। ১
- শব্দ একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ—ব্যাখ্যা কর। ২
- তরঙ্গটির পর্যায়কাল কত? ৩
- পরপর দুটি সুস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব এবং পরপর দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব একই হবে কিনা—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি শব্দের মধ্যে যদি একটির তীব্রতা অন্যটির $10^{0.1}$ গুণ বা 1.259 হয়, তখন এদের তীব্রতা লেভেল এর পার্থক্য হয় 0.1 বেল বা 1 ডেসিবেল।

খ শব্দ অগ্রগামী তরঙ্গের ন্যায় জড় ও স্থিতিস্থাপক মাধ্যমে ক্রমাগত অগ্রসর হয়। আবার শব্দ তরঙ্গ বায়বীয় মাধ্যমের স্তরসমূহের পর্যায়ক্রমিক সংকোচন ও প্রসারণ দ্বারা সঞ্চারিত হয়। একই পদ্ধতিতে লম্বিক তরঙ্গও সঞ্চারিত হয়। সুতরাং লম্বিক তরঙ্গের সকল বৈশিষ্ট্য শব্দ তরঙ্গ মেনে চলে। তাই শব্দ তরঙ্গকে লম্বিক তরঙ্গ বলা হয়। পুনরায়, আড় তরঙ্গের সমাবর্তন ঘটে। কিন্তু লম্বিক তরঙ্গের ক্ষেত্রে সমাবর্তন ঘটে না। শব্দ তরঙ্গের ক্ষেত্রে সমাবর্তনের কোনো পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নেই। অতএব বলা যায় যে, শব্দ একটা অগ্রগামী লম্বিক তরঙ্গ।

গ দেওয়া আছে,

$$Y = 100 \sin \pi (100t - 5x)$$

$$\text{বা, } Y = 100 \sin (100\pi t - 5\pi x)$$

প্রদত্ত সমীকরণটিকে $y = a \sin (\omega t - kx)$

এর সাথে তুলনা করে পাই।

$$\omega = 100\pi$$

$$\therefore \text{পর্যায়কাল, } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{100\pi}$$

$$\therefore T = 0.02 \text{ s (Ans.)}$$

ঘ প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ—

$$Y_1 = 100 \sin \pi (100t - 5x)$$

এবং বিপরীত দিকে ফিরে আসা অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $Y_2 = -$

$$100 \sin \pi (100t + 5x)$$

সুতরাং তরঙ্গটির লম্বি সরণ, y

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 \\ &= 100 \{ \sin \pi (100t - 5x) - \sin \pi (100t + 5x) \} \\ &= 100 \{ 2 \cos \pi (100t) \sin \pi (5x) \} \\ &= 200 \cos (100\pi t) \sin (5\pi x) \\ &= A \cos (100\pi t) \end{aligned}$$

সুস্পন্দ বিন্দুর জন্য,

$$A = \pm 200$$

$$\text{বা, } 200 \sin (5\pi x) = \pm 200$$

$$\text{বা, } \sin (5\pi x) = 1$$

$$5\pi x = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$$

$$x = (2n + 1) \frac{1}{10}$$

\therefore দুটি সুস্পন্দ বিন্দুর মধ্যে দূরত্ব,

$$\begin{aligned} x_{n+1} - x_n &= \{2(n+1) + 1 - 2n - 1\} \times \frac{1}{10} \\ &= \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \text{ একক} \end{aligned}$$

নিস্পন্দ বিন্দুর জন্য,

$$A = 0$$

$$\text{বা, } \sin (5\pi x) = 0$$

$$\text{বা, } 5\pi x = n\pi$$

$$\therefore x = \frac{n}{5}$$

$$\therefore \text{দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব, } x_n - x_{n-1} = \frac{n}{5} - \frac{n-1}{5} = \frac{1}{5} \text{ একক}$$

সুতরাং গাণিতিকভাবে বলা যায় যে, পরপর দুটি সুস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব ও পরপর দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব একই হবে।

প্রশ্ন ৭০ একদিন ববি পড়ছিল। তখন তার মা ব্রেভারে জুস তৈরি করছিলেন। শব্দের তীব্রতা লেভেল 65 dB। বাবা Radio শুনছিলেন যার তীব্রতার লেভেল 70 dB। একই সময়ে কাজের মেয়ে ফোম পরিষ্কার করার জন্য 60 dB এর ড্যাকুয়াম ক্লিনার ব্যবহার করল তখন ববি চিৎকার দিয়ে অজ্ঞান হয়ে গেল।

[হিনজিনিয়ারিং ইন্সটিটিউট স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক সেকেন্ড দোলক কী? ১

খ পৃথিবীর কেন্দ্রে সরল দোলকের দোলনকাল কীরূপ হবে—ব্যাখ্যা কর। ২

গ রবির বাবা যদি Radio ভলিউম দ্বিগুণ করে তবে Radio এর তরঙ্গ লেভেলের কী পরিবর্তন হবে? ৩

ঘ অতিরিক্ত শব্দের কারণে ববি অজ্ঞান হয়েছিল কিনা—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড, তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য। তাই পৃথিবীর কেন্দ্রে যেকোনো সরল দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{0}} = \infty$ দোলনকাল অসীম হওয়ায় পৃথিবীর কেন্দ্রে সরল দোলকটি কোনো দোল দিবে না এবং স্থির হয়ে থাকবে।

গ এখানে, রেডিওর তীব্রতা লেভেল, $\beta = 70 \text{ dB}$

প্রমাণ তীব্রতা, $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$

রেডিওর তীব্রতা, $I_1 = ?$

আমরা জানি,

$$\beta = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } 70 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_1 = 1 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$$

এখন তীব্রতা দ্বিগুণ করলে, নতুন তীব্রতা, $I_2 = 2 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$

$$\therefore \text{নতুন তীব্রতা লেভেল, } \beta_2 = 10 \log \frac{2 \times 10^{-5}}{10^{-12}}$$

$$= 73 \text{ dB}$$

$$\therefore \text{তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন} = (73 - 70) \text{ dB} = 3 \text{ dB (Ans.)}$$

ঘ এখানে, ব্রেভারের তীব্রতা লেভেল, $\beta_1 = 65 \text{ dB}$

রেডিওর তীব্রতা লেভেল, $\beta_2 = 70 \text{ dB}$

ড্যাকুয়াম ক্লিনারের তীব্রতা লেভেল, $\beta_3 = 60 \text{ dB}$

প্রমাণ তীব্রতা $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$

ব্রেভারের শব্দের তীব্রতা, $I_1 = ?$

রেডিওর শব্দের তীব্রতা, $I_2 = ?$

ড্যাকুয়াম ক্লিনারের শব্দের তীব্রতা, $I_3 = ?$

সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

$$\text{এখন, } \beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } 65 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_1 = 3.16 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } 70 = 10 \log \frac{I_2}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_2 = 1 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\beta_3 = 10 \log \frac{I_3}{I_0}$$

$$\text{বা, } 60 = 10 \log \frac{I_3}{10^{-12}}$$

$$\therefore I_3 = 1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\begin{aligned} \text{সম্মিলিত তীব্রতা, } I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ &= 3.16 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-5} + 1 \times 10^{-6} \\ &= 1.416 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল, } \beta &= 10 \log \frac{I}{I_0} \\ &= 10 \log \frac{1.416 \times 10^{-5}}{10^{-12}} \\ &= 71.5 \text{ dB} \end{aligned}$$

71.5 dB এর শব্দে মানবদেহে তেমন ক্ষতিকর প্রভাব ফেলেনা। তাই বলা যায়, অতিরিক্ত শব্দে ববি অজ্ঞান হয়নি।

প্রশ্ন ৭১ শফিক ও তুহিন পরস্পর হতে 100 m দূরত্বে অবস্থান করে যথাক্রমে 400 Hz ও 500 Hz এর সুরশলাকা দ্বারা দুটি শব্দ উৎপন্ন করল যাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.165 m

(ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি কলেজ, ব্রাহ্মণবাড়িয়া)

- বীট কাকে বলে? ১
- কেঁচো চলার সময় তার শারীরিক অবস্থা কোন তরঙ্গের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ— তা ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকের তথ্যানুসারে শব্দের বেগ নির্ণয় করো। ৩
- শফিক ও তুহিনের উৎপন্ন শব্দ একই সময়ে তুহিন ও শফিকের নিকট পৌছাতে পারবে কি-না গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের কিন্তু কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরলরেখায় একই দিকে সঞ্চারিত হলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বা স্বরকম্প বলে।

খ কেঁচো চলার সময় তার দেহকে একবার সংকুচিত করে, এরপর প্রসারিত করে এবং এভাবে সংকোচন প্রসারণের মাধ্যমে এগিয়ে যায়। যেহেতু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সংকোচন প্রসারণের মাধ্যমে সঞ্চারিত হয়। তাই কেঁচোর চলন অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ।

গ $f_1 = 400 \text{ Hz}$ ও $f_2 = 500 \text{ Hz}$ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শফিক ও তুহিনের শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_1 ও λ_2 হলে,

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 0.165$$

কিন্তু $f_1 < f_2$ এবং শব্দের বেগ, v সমান বলে, $f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2$ হতে, $\lambda_1 > \lambda_2$

$$\therefore \lambda_1 - \lambda_2 = 0.165$$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_1} - \frac{v}{f_2} = 0.165$$

$$\text{বা, } v = \frac{0.165}{\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}}$$

$$\text{বা, } v = \frac{0.165}{\frac{1}{400} - \frac{1}{500}}$$

$$\therefore v = 330 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ যেহেতু শফিক ও তুহিন একই মাধ্যমে শব্দ উৎপন্ন করছে। তাই দুজনের জন্য শব্দের বেগ একই এবং 'গ' থেকে পাই শব্দের বেগ, $v = 330 \text{ ms}^{-1}$ । শফিক ও তুহিনের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 100 \text{ m}$ ।

\therefore শফিকের শব্দ তুহিনের কাছে যেতে t_1 সময় লাগলে,

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{d}{v} \\ &= \frac{100}{330} \\ &= 0.303 \text{ s} \end{aligned}$$

আবার, তুহিনের শব্দ শফিকের কাছে যেতে t_2 সময় লাগলে,

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{d}{v} = \frac{100}{330} \\ &= 0.303 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\therefore t_1 = t_2$$

অর্থাৎ, শফিক ও তুহিনের উৎপন্ন শব্দ একই সময়ে পরস্পরের নিকট পৌছাবে যদি তারা একই মুহূর্তে শব্দ উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন ৭২ $Y = 0.025 \sin 2\pi (100t - 0.5x)$ তরঙ্গটি 1.29 kgm^{-3} ঘনত্বের বায়ু মাধ্যমে সঞ্চারিত হচ্ছে।

(কাঁদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট হ্যাণ্ডার কলেজ, নাটোর)

- বিস্তার কাকে বলে? ১
- কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কী বুঝ? ২
- তরঙ্গটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩
- ঐ তরঙ্গটি শব্দোচ্চতার সীমাকে অতিক্রম করবে কী-গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গস্থিতি কোনো কণা তার স্পন্দনকালে সাম্যাবস্থা থেকে সর্বোচ্চ যতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বিস্তার বলে।

খ কোনো স্থানের বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে বুঝায় কোনো নির্দিষ্ট সময় ওই স্থানের বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ সময় তার শতকরা 70 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে উপস্থিত আছে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : 2 SI Unit

ঘ

$$\begin{aligned} Y &= 0.025 \sin 2\pi (100t - 0.5x) \\ &= 0.025 \sin \frac{2\pi}{2} (200t - x) \end{aligned}$$

$$\text{উপরোক্ত সমীকরণকে } Y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \text{ এর সাথে তুলনা করে।}$$

$$\text{বিস্তার, } a = 0.025 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 2 \text{ m}$$

$$\text{বেগ, } v = 200 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{দেওয়া আছে, ঘনত্ব, } \rho = 1.29 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{জানা আছে, প্রমাণ তীব্রতা লেভেল, } I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{শব্দের তীব্রতা, } I &= 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v \\ &= 2\pi^2 \times (100)^2 \times (0.025)^2 \\ &\times 1.29 \times 200 \\ &= 31.829 \times 10^3 \text{ Wm}^{-2} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{31.829 \times 10^3}{10^{-12}}$$

$$= 165 \text{ dB}$$

যেহেতু, মানুষের শব্দোচ্চতার সীমা 120 dB, অতএব উদ্দীপকের শব্দটি শব্দোচ্চতার সীমা অতিক্রম করবে।

পদার্থবিজ্ঞান

নবম অধ্যায় : তরঙ্গ

৩১৯. বাতাসে সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গ কোন জাতীয় তরঙ্গ?
(জান)

- (ক) যান্ত্রিক তরঙ্গ (খ) বেতার-তরঙ্গ
(গ) আড় তরঙ্গ (ঘ) পানির তরঙ্গ

৩২০. পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গ কোন তরঙ্গ? (জান)

- (ক) লম্বিক তরঙ্গ (খ) পানীয় তরঙ্গ
(গ) আড় তরঙ্গ (ঘ) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ

৩২১. তরঙ্গ প্রবাহের দিকের সাথে তরঙ্গ মুখের
সম্পর্ক কীরূপ? (জান)

- (ক) 90° (খ) 85°
(গ) 60° (ঘ) 0°

৩২২. T পর্যায়কাল সম্পন্ন বস্তু। সময়ে N সংখ্যক কম্পন
সৃষ্টি করলে নিচের কোনটি সঠিক? (অনুদান)

- (ক) $T = \frac{1}{N}$ (খ) $T = \frac{N}{1}$
(গ) $t = \frac{N}{f}$ (ঘ) $T = Nt$

৩২৩. হার্স (Hz) কীসের একক? (জান)

- (ক) পর্যায়কাল (খ) কম্পাঙ্ক
(গ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য (ঘ) বেগ

৩২৪. একটি পূর্ণ কম্পনে T সময়ে দশার পরিবর্তন
 2π হলে কৌণিক কম্পাঙ্ক কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $\omega = 2\pi T$ (খ) $\omega = \frac{2\pi}{T}$
(গ) $\omega = \frac{2\pi}{f}$ (ঘ) $\omega = \frac{T}{2\pi}$

৩২৫. $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} x$ সম্পর্কটি কোনটির জন্যে সঠিক?
(জান)

- (ক) স্থির তরঙ্গ (খ) সুস্পন্দ বিন্দু
(গ) আড় তরঙ্গ (ঘ) অগ্রগামী তরঙ্গ

৩২৬. $y = 0.9 \sin\pi\left(\frac{x}{10} + \frac{2t}{0.3}\right)$ একটি অগ্রগামী
তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ। তরঙ্গটির
কৌণিক কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। সকল রাশি
C.G.S এককে প্রকাশিত। (উচ্চতর দক্ষতা)

- (ক) 20.91 rads^{-1} (খ) 0.209 rads^{-1}

- (গ) 21.09 rads^{-1} (ঘ) 20 rads^{-1}

৩২৭. তরঙ্গস্থিতি 0.297 m ব্যবধানে অবস্থিত দুটি
কণার মধ্যে দশা পার্থক্য 1.57 radian তরঙ্গ
উৎসের কম্পাঙ্ক 2.80 Hz হলে মাধ্যমে
তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর। (প্রয়োগ)

- (ক) 332.8 ms^{-1} (খ) 334.29 ms^{-1}
(গ) 402.6 ms^{-1} (ঘ) 339.33 ms^{-1}

৩২৮. কোনটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ? (অনুদান)

- (ক) $y = \sin kx$ (খ) $y = \cos \omega t$
(গ) $y = \tan(kx - \omega t)$ (ঘ) $y = \cos kt \sin \omega t$

৩২৯. উপরোক্ত তরঙ্গের পর্যায়কাল কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 0.08 sec (খ) 0.06 sec
(গ) 0.04 sec (ঘ) 0.02 sec

৩৩০. কোনো একটি সীমাবদ্ধ মাধ্যমে সৃষ্ট স্থি
তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 512 Hz । তরঙ্গের পরপর
দুটি নিঃস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব 0.50 m । মাধ্যমের
তরঙ্গ বেগ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 128 ms^{-1} (খ) 256 ms^{-1}
(গ) 512 ms^{-1} (ঘ) 1024 ms^{-1}

৩৩১. তরঙ্গের তীব্রতা একক কী? (জান)

- (ক) Watt m^2 (খ) Watt m^{-2}
(গ) Jm^{-2} (ঘ) J m^2

৩৩২. শব্দ তরঙ্গের তীব্রতা সম্পর্কে নিচের কোনটি
সত্য? এখানে প্রতীক সমূহ প্রচলিত অর্থ বহন
করে। (জান) /হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা/

- (ক) $I = 2\pi^2 f^2 \rho v A^2$ (খ) $I = 2\pi^2 f \rho v A^2$
(গ) $I = 2\pi^2 f \rho v A^2$ (ঘ) $I = 2\pi^2 f \rho v A$

৩৩৩. শব্দের তীব্রতা ও শব্দের বেগের মধ্যে সম্পর্ক
কীরূপ? (জান)

- (ক) সমানুপাতিক (খ) ব্যস্তানুপাতিক
(গ) বর্গমূলের সমানুপাতিক
(ঘ) বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক

৩৩৪. একটি স্থির তরঙ্গের পাশাপাশি দুটি সুস্পন্দ
বিন্দুর মধ্যে দূরত্ব কত? (জান)

- (ক) λ (খ) $\frac{\lambda}{2}$
(গ) $\frac{\lambda}{4}$ (ঘ) zero

৩৩৫. কুয়ার পানিতে পাথরের টুকরো কেলে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করা যায় যদি পাথর নিক্ষেপ করা হয়— (জান)

- (ক) উল্লম্বভাবে (খ) আনুভূমিকভাবে
(গ) কুয়ার যেকোনো এক পাশে
(ঘ) কুয়ার ঠিক মধ্যস্থলে

(ক)

৩৩৬. নিচের কোনটি 1 GHz ও 1 MHz এর অনুপাতের সমান? (প্রয়োগ)

- (ক) 10^9 (খ) 10^6
(গ) 10^3 (ঘ) 10^{-3}

(গ)

৩৩৭. কত দূরত্বের বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? (অনুধাবন) / ক্যান্টিনমেন্ট কলেজ, যশোর/

- (ক) $\frac{\lambda}{4}$ (খ) $2\frac{\lambda}{4}$
(গ) $3\frac{\lambda}{4}$ (ঘ) $4\frac{\lambda}{4}$

(ঘ)

৩৩৮. একটি তারের ভর 3 gm এবং দৈর্ঘ্য 60 cm; তারটিকে কত বল দ্বারা টানা দিলে, এর আড় কম্পনে স্ট্রিট প্রথম উপসুরের কম্পাঙ্ক হবে 200 Hz? (প্রয়োগ)

- (ক) 72 N (খ) 76 N
(গ) 80 N (ঘ) 84 N

(ক)

৩৩৯. একটি সাইরেনের চাকতি প্রতি সেকেন্ডে 10 বার ঘুরছে। চাকতিতে কতটি ছিদ্র থাকলে তা 480 কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকার সাথে ঐকতানিক হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 48টি (খ) 36টি
(গ) 18টি (ঘ) 16টি

(ক)

৩৪০. 1 bel সমান— (জান) / জেলা সরকারি কলেজ, জেলা/

- (ক) 10 dB (খ) $\frac{1}{10}$ dB
(গ) 11 dB (ঘ) 12 dB

(ক)

৩৪১. খনিতে দূষিত গ্যাসের অন্তিত্ব নির্ণয়ে কোনটি ব্যবহৃত হয়? (জান)

- (ক) অর্গান নল (খ) পিকল পাইপ
(গ) ফ্যাদোমিটার (ঘ) সনোমিটার

(ক)

৩৪২. অজানা কম্পাঙ্ক নির্ণয়ের ক্ষেত্রে কোন সূত্র ব্যবহৃত হয়? (অনুধাবন)

- (ক) $N = f_1 + f_2$ (খ) $N = f_1 - f_2$
(গ) $N = f_1 f_2$ (ঘ) $N = f_1 / f_2$

(ঘ)

৩৪৩. একটি সুরের কম্পাঙ্ক আরেকটি সুরের দ্বিগুণ

হলে, দ্বিতীয়টিকে প্রথমটির কী বলা হয়? (জান)

- (ক) অক্টব (খ) সুর
(গ) স্বর (ঘ) মেলোডি

(ক)

৩৪৪. শব্দের ব্যতিচার হবে— (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্ক ও বিস্তার সমান হলে
ii. তরঙ্গ দুটির আকৃতি ও দশা অপরিবর্তিত থাকলে
iii. তরঙ্গের উৎস দুটি সুসজ্জাত হলে
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(ঘ)

৩৪৫. স্থির-তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ হলো— (অনুধাবন)

- i. তরঙ্গের বিভিন্ন বিন্দুতে কম্পনের বিস্তার বিভিন্ন
ii. মাধ্যমের কতকগুলো বিন্দুতে কণার কোনো সরণ পরিলক্ষিত হয় না
iii. স্থির তরঙ্গের মাধ্যমের সুস্পন্দ ছাড়া অপর সব কণার গতি সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(ক)

৩৪৬. সৈন্যদল ব্রিজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়ার সময় পাল্লার কম্পাঙ্ক যদি ব্রিজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে— (অনুধাবন)

- i. অনুনাদ সৃষ্টি হয়
ii. ব্রিজটি অধিক বিস্তারে কাঁপতে থাকে
iii. ব্রিজটি ভেঙে যাওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(ঘ)

৩৪৭. অনুনাদের ক্ষেত্রে— (অনুধাবন)

- i. পরবশ কম্পনশীল বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্ক প্রযুক্ত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্কের সমান হয়
ii. বস্তু অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়
iii. কম্পন বেশিক্ষণ স্থায়ী হয়
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(ঘ)

৩৪৮. তীব্রতালেভেলের ক্ষেত্রে— (প্রয়োগ)

- যন্ত্রণাদায়ক শব্দের সূচনা সীমার তীব্রতা লেভেল 120 dB
- কামানের গর্জনের তীব্রতা লেভেল 110dB
- হাটবাজারের শব্দের তীব্রতা লেভেল 90 dB

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩৪৯. 1m দূরত্বে থেকে স্বাভাবিক বস্তুপক্বনের— (অনুধাবন)

- তীব্রতা 10^{-6} Wm^{-2}
- তীব্রতা লেভেল 60dB
- তীব্রতা 1 Wm^{-2}

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩৫০. যে বিন্দুতে দুটি তরঙ্গ বিপরীত দশায় মিলিত হবে সেখানে উপরিপাতনের ফলে— (অনুধাবন)

- লম্বি তরঙ্গের বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের বিয়োগফলের সমান হবে
- শব্দের তীব্রতা বেড়ে যাবে
- শব্দের তীব্রতা কমে যাবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩৫১. সুর হলো— (অনুধাবন)

- একটি মাত্র কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শব্দ
- একাধিক কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শব্দ
- একটি মাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩৫২. দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত একটি পূর্ণ বা অখণ্ড সংখ্যা হলে, এদের মিলিত প্রভাবে— (প্রয়োগ)

- সুরযুক্ত শব্দের সৃষ্টি হয়
- শ্রুতিমধুর শব্দের সৃষ্টি হয়
- শ্রুতিকটু শব্দের সৃষ্টি হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৫৩ ও ৩৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
0.325m ব্যবধানে অবস্থিত তরঙ্গের দুটি কণার মধ্যে দশা পার্থক্য 3.14 radian। তরঙ্গ উৎসের কম্পাঙ্ক 512Hz।

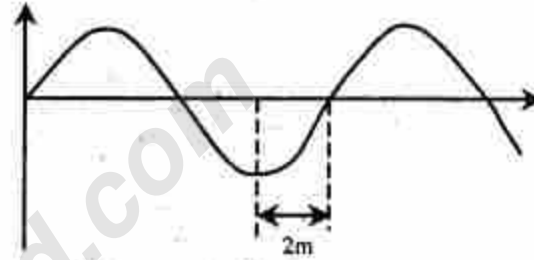
৩৫৩. তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? (প্রয়োগ)

- ক) 0.65 m ঘ) 0.60 m
গ) 1.20 m ঘ) 1.30 m

৩৫৪. তরঙ্গের বেগ কত? (প্রয়োগ)

- ক) 332 ms^{-1} ঘ) 332.8 ms^{-1}
গ) 350 ms^{-1} ঘ) 350.8 ms^{-1}

নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং ৩৫৫ ও ৩৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



চিত্রে প্রদর্শিত দূরত্ব অতিক্রমে তরঙ্গের 0.5s সময় লাগে।

৩৫৫. উদ্দীপকটি পড়ে তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য (λ) কত? (অনুধাবন)

- ক) 2 m ঘ) 4 m
গ) 6 m ঘ) 8 m

৩৫৬. তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক কত? (প্রয়োগ)

- ক) 0.5 Hz ঘ) 1 Hz
গ) 2 Hz ঘ) 4 Hz

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

$y = -10 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.04} - \frac{x}{30} \right)$ সমীকরণটি একটি তরঙ্গকে প্রকাশ করে। এখানে দৈর্ঘ্যকে cm এবং সময়কে sec এককে ধরা হয়েছে।

৩৫৭. উক্ত তরঙ্গটি — (উচ্চতর দক্ষতা)

- একটি অগ্রগামী তরঙ্গ
- একটি স্থির তরঙ্গ
- ঋণাত্মক x অক্ষ বরাবর গতিশীল

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii