

প্রশ্ন ১১ নাহিয়ান হোটেলের দেয়ালে হেলান দিয়ে বসে বাঁশি বাজাচ্ছে। বাঁশিতে উৎপন্ন শব্দের তরঙ্গ প্রকাশক সমীকরণ $Y = 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right)$ m. তরঙ্গটি 85m দূরে অবস্থিত কলেজের দেয়ালের সাথে বাধা পেয়ে সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তার নিয়ে ফিরে আসে। সীমা ও রীতা হোস্টেল থেকে কলেজের দিকে যাচ্ছে। নাহিয়ানের অবস্থান কত সীমা ও রীতার দূরত্ব যথাক্রমে 13.6m ও 18.7m।

[ভিকারনিসা নুন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. অনুবাদ কাকে বলে? ১
- খ. কলের নিচে রাখা বালতিতে পানি পড়ার শব্দের তীব্রতার পরিবর্তন দ্বারা বুঝা যায় বালতিটি পানিপূর্ণ হয়ে গেছে—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. নাহিয়ানের অবস্থান কলেজের দেয়ালের দূরত্ব 34m হলে নাহিয়ান কত সময় পড়ে প্রতিধ্বনি শুনতে পারে? ৩
- ঘ. রীতা ও সীমার মধ্যে কে বাঁশির সুর শুনতে পাবে এবং কে শুনতে পাবে না—গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বাহ্যিক বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হওয়ার ঘটনাকে অনুবাদ বলে।

খ কলের নীচে বালতিতে পানি পড়ার শব্দের কম্পাঙ্ক পানির ওপরের বায়ুস্তরের দৈর্ঘ্যের ওপর নির্ভর করে কারণ এটি অনেকটা একমুখ বন্ধ নলের মত কাজ করবে। পানির অনবরত পতনের ফলে বায়ুস্তরের দৈর্ঘ্য যত কমতে থাকে, উৎপন্ন শব্দের কম্পাঙ্ক তত বাড়তে থাকে। বেশ কিছু সময় ধরে পানি পতনের পর শব্দের কম্পাঙ্ক যখন সর্বোচ্চ মানে উপনীত হয়, তখন অভিজ্ঞতার মাধ্যমে আমরা বুঝতে পারি যে, বালতিটি পানিপূর্ণ হয়ে গেছে।

গ দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গের সমীকরণ: } Y &= 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right) \text{ m} \\ &= 0.5 \sin \frac{\pi}{3.4} (340t - x) \text{ m} \\ &= 0.5 \sin \frac{2\pi}{6.8} (340t - x) \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore t = \frac{2d}{v} = \frac{2 \times 34\text{m}}{340\text{ms}^{-1}} = 0.2 \text{ sec (Ans.)}$$

ঘ মূল শব্দ তরঙ্গ এবং উপরিপাতিত শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন হবে।

এক্ষেত্রে শব্দের উৎস (নাহিয়ান) হতে $\frac{\lambda}{4}$ (λ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য) এর বিজোড় গুণিতক দূরত্বে নিস্পন্দ বিন্দু এবং জোড় গুণিতক দূরত্বে সুস্পন্দ বিন্দু গঠিত হবে।

$$\text{'গ' অংশে প্রাপ্ত মান ব্যবহার করে, } \frac{\lambda}{4} = \frac{6.8\text{m}}{4} = 1.7 \text{ m}$$

নাহিয়ান (শব্দের উৎস) হতে রীতার দূরত্ব = 13.6 m

$$= 8 \times 1.7\text{m} = 8 \times \frac{\lambda}{4}$$

$$= \frac{\lambda}{4} \text{ এর জোড় গুণিতক।}$$

সুতরাং রীতা সুস্পন্দ বিন্দুতে থাকায় বাঁশির সুর শুনতে পাবে।

$$\begin{aligned} \text{নাহিয়ান হতে সীমার দূরত্ব} &= 18.7\text{m} = 11 \times 1.7\text{m} = 11 \times \frac{\lambda}{4} \\ &= \frac{\lambda}{4} \text{ এর বিজোড় গুণিতক} \end{aligned}$$

সুতরাং সীমা নিস্পন্দ বিন্দুতে থাকায় বাঁশির সুর শুনতে পাবে না।

প্রশ্ন ১২ বুলবুল লেকের শান্ড পানিতে ঢিল ছুঁড়ে মারায় পানিতে ঢেউয়ের সৃষ্টি হল যার সমীকরণ, $Y = 0.1 \sin 2\pi \left(\frac{t}{2} - \frac{x}{15} \right)$ m।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- ক. অষ্টক কী? ১
- খ. শব্দের তীব্রতা লেভেল 45 dB বলতে কি বুঝে? ২
- গ. পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক কত? ৩
- ঘ. ঢিলটির পানিতে পড়ার স্থান হতে 1.5m দূরে 2s পর কম্পমান পানির কণার তাৎক্ষণিক বেগের সাথে তরঙ্গ বেগের তুলনা কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্বরে উপস্থিত কোনো উপসুরের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হলে ঐ উপসুরকে অষ্টক বলে।

$$\text{খ } 45 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB বা, } \log \frac{I}{I_0} = 4.5$$

$$\text{বা, } \frac{I}{I_0} = 10^{4.5}$$

$\therefore I = I_0 \times 10^{4.5} = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2} \times 10^{4.5} = 3.162 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$
সুতরাং 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।

$$\text{গ } \text{প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ : } Y = 0.1 \sin 2\pi \left(\frac{t}{2} - \frac{x}{15} \right) \text{ m}$$

$$\text{একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ : } Y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

এর সাথে তুলনা করে পাই, পর্যায়কাল, $T = 2 \text{ sec}$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \text{ sec}} = 0.5 \text{ Hz (Ans.)}$$

$$\text{ঘ } \text{তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 15 \text{ m}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গবেগ, } v = f\lambda = 0.5 \text{ Hz} \times 15 \text{ m} = 7.5 \text{ ms}^{-1}$$

তরঙ্গের ওপরস্থিত যেকোনো কণার তাৎক্ষণিক বেগের সমীকরণ,

$$\therefore \text{ঢিলটির পানিতে পড়ার স্থান হতে } x = 1.5\text{m} \text{ দূরে } t = 2 \text{ sec} \text{ পর}$$

$$\text{কম্পমান পানির কণার তাৎক্ষণিক বেগ, } v = 0.31416 \cos 2\pi \left(\frac{2}{2} - \frac{1.5}{15} \right) \text{ ms}^{-1} [\text{কোনো রেডিয়ান এককে পরিমাপ}] = 0.254 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{তাৎক্ষণিক বেগ ও তরঙ্গবেগের অনুপাত} = \frac{0.254 \text{ ms}^{-1}}{7.5 \text{ ms}^{-1}}$$

$$= 0.03387 = 0.03387 \%$$

দুটি সুর শলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 490 Hz এবং 350 Hz। প্রথম সুর শলাকাটি যে সময়ে বাতাসে 100 বার কম্পন দেয় সে সময় ঐটি দ্বারা সৃষ্ট তরঙ্গ বাতাসে 70 m দূরত্ব অতিক্রম করে। অন্য মাধ্যমে সুর শলাকা দুটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 8m।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. সরল ছন্দিত স্পন্দন কাকে বলে? ১
- খ. হাটবিট ও গ্রহের আবর্তন কালিক পর্যাক্রম ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বাতাসে প্রথম সুর শলাকার থেকে উৎপন্ন শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. গাণিতিক বিশেষ-ষণের সাহায্যে মাধ্যমদ্বয়ে শব্দের বেগ দেখাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দন গতি সম্পন্ন কোনো বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, যেকোনো মুহূর্তে এর ত্বরণ সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক তবে বিপরীতমুখী হয় তবে এ বস্তুকণার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন বলে।

খ যখন কোনো কিছু পুনরাবৃত্তি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর ঘটে, তখন তাকে কালিক পর্যাক্রম বলে।

নির্দিষ্ট সময় পরপর হার্টবিট ঘটে। সূর্যের চারদিকে গ্রহের কক্ষপথের কোনো নির্দিষ্ট অবস্থানকে এ গ্রহ একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর অতিক্রম করে। পৃথিবীর ক্ষেত্রে এ সময়কাল 365 দিন 6 ঘণ্টা। সুতরাং হার্টবিট ও গ্রহের আবর্তন কালিক পর্যাক্রম।

গ দেওয়া আছে, প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f = 490 \text{ Hz}$
 $= 490 \text{ sec}^{-1}$

কম্পন সংখ্যা, $N = 100$

100 কম্পনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d = 70 \text{ m}$

বের করতে হবে, বাতাসে শব্দের বেগ, $v = ?$

১ম সুরশলাকা দ্বারা উৎপন্ন শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda = \frac{d}{N} = \frac{70\text{m}}{100} = 0.7\text{m}$$

∴ বাতাসে শব্দের বেগ, $v = f\lambda = 490 \text{ sec}^{-1} \times 0.7 \text{ m}$

$= 343 \text{ m/s (Ans.)}$

ঘ প্রদত্ত সুরশলাকাঙ্কের কম্পাঙ্ক $f_1 = 490 \text{ Hz} = 490 \text{ sec}^{-1}$

এবং $f_2 = 350 \text{ Hz} = 350 \text{ sec}^{-1}$

২য় মাধ্যমে যেকোনো সুরশলাকা হতে উৎপন্ন শব্দের গতিবেগ একই অর্থাৎ v প্রবমানের।

$$\therefore v = \frac{2m \times f_1 f_2}{f_1 - f_2} = \frac{2m \times 490 \text{ s}^{-1} \times 350 \text{ s}^{-1}}{490 \text{ s}^{-1} - 350 \text{ s}^{-1}} = 2450 \text{ ms}^{-1}$$

∴ ২য় মাধ্যমে শব্দের বেগ 2450 ms^{-1}

এবং ১ম মাধ্যমে শব্দের বেগ 343 ms^{-1} ('গ' অংশে নির্ণীত)

প্রশ্ন ৮ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 512 Hz এটাকে যখন অজানা সুরশলাকার সাথে শব্দায়িত করা হলো তখন প্রতি সেকেন্ডে 4টা বিট উৎপন্ন করে।

[ভিকারনিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. বিটের সংজ্ঞা দাও।

খ. শ্রুতি যন্ত্রের আরম্ভ এবং শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভ বলতে কি বুঝায়?

গ. যদি উদ্দীপকের অজানা শলাকায় মোম লাগানো হয় এবং 512 Hz এর সাথে শব্দায়িত করলে আবারও প্রতি সেকেন্ডে 4টি বিট উৎপন্ন করে, অজানা শলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক কত? ৩

ঘ. যদি দুইটা সুরশলাকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য (i) $n_1 - n_2 = 19 \text{ Hz}$ এবং (ii) $n_1 - n_2 = 0$ হয় তখন কি ঘটবে— যখন একত্রে শব্দায়িত করলে— ব্যাখ্যা কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই ধরনের এবং প্রায় সমান কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে তাকে বিট বলে।

খ 120 dB তীব্রতা লেভেলের শব্দ কানে প্রবেশের সাথে সাথে কানে যন্ত্রনা হতে শুরু করে। এ জন্য এ কে শ্রুতি যন্ত্রনার আরম্ভের তীব্রতা লেভেল বলে। আবার, যেকোনো প্রাপ্ত বয়স্ক স্বাভাবিক কানে ন্যূনতম 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতার শব্দ প্রবেশ করলে তা কোনো মতে শোনা যায়। এ জন্য এ তীব্রতাকে শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভ বলে। তবে 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতাও বলা হয়। সুতরাং শ্রবণ

অনুভূতির আরম্ভের তীব্রতা লেভেল, $\beta = 10 \log \frac{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}}{I_0} = 10 \log$

$$\frac{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} = 0 \text{ dB.}$$

গ দেওয়া আছে,

জানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 512 \text{ Hz}$

ধরি, অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_2

তাহলে প্রথমাবস্থায়, সুরশলাকাঙ্কের একত্রে শব্দায়নে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা $= f_1 - f_2 = 4 \text{ Hz}$

$= 516 \text{ Hz}$

কিন্তু f_2 এর আদি কম্পাঙ্ক 508 Hz হলে মোম লাগানোর ফলে এর কম্পাঙ্ক আরো কমে যাবে, তখন 1 m সুরশলাকার সাথে শব্দায়নে 4টির বেশি বিট উৎপন্ন হওয়ার কথা। সুতরাং $f_2 \neq 508 \text{ Hz}$

তাহলে $f_2 = 516 \text{ Hz}$, অজানা সুরশলাকার গায়ে মোম লাগানোর ফলে এর কম্পাঙ্ক কমে 508 Hz -এ উপনীত হবে।

∴ অজানা সুরশলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক $= 516 \text{ Hz}$ ।

ঘ আমরা জানি, n_1 ও n_2 কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ উৎসের যুগপৎ শব্দায়নে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা, $N = n_1 - n_2 =$ এদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য তবে দুটি শব্দ উৎসের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz এর বেশি হলে এদের একত্রে শব্দায়নে উৎপন্ন বিট শোনা যায় না।

(i) $n_1 - n_2 = 19 \text{ Hz}$ হলে সুরশলাকাঙ্কের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 19 Hz , যা 10 Hz হতে অনেক বেশি; তাই এই শব্দ উৎসদ্বয়ের একত্রে শব্দায়নে উৎপন্ন বিট মানব কর্ণের পক্ষে শোনা সম্ভব হবে না।

(ii) আবার, $n_1 - n_2 = 0$ বা, $n_1 = n_2$ হলে অর্থাৎ সুরশলাকাঙ্কের কম্পাঙ্ক সমান হলে এদের যুগপৎ শব্দায়নে কোনো বিট উৎপন্ন হবে না। তাই তখনও কোনো বিট শোনা যাবে না।

প্রশ্ন ৯ P ও Q দুটি সুর শলাকা একই সাথে গ্যাস শব্দায়িত করা হলো। এতে 0.80 m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্যের শব্দ উৎপন্ন হলো। সেই সাথে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বিট উৎপন্ন হলো। ভারী বাহুর সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক 47 Hz ।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. বিভব শক্তি কাকে বলে।

খ. কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক রবার না ইস্পাত? ব্যাখ্যা কর।

গ. গ্যাসটিতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উক্ত ক্ষেত্রে 8টি বিট উৎপন্ন হলে, সুর শলাকার দুটি কম্পাঙ্কের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুকে এর স্বাভাবিক অবস্থা বা অবস্থান হতে পরিবর্তিত অবস্থা অবস্থানে আনা হলে এটি কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে বিভব শক্তি বলে।

খ সম আকার ও আকৃতির একটি ইস্পাত খন্ড এবং একটি রাবার খন্ড নিয়ে উভয়ের দৈর্ঘ্য বরাবর সমান মানের বল প্রয়োগ করলে উভয় ক্ষেত্রে সমান পীড়ন সৃষ্টি হয়, কিন্তু রাবারের তুলনায় ইস্পাতের খন্ডের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হয় অতি সামান্য। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় ইস্পাতের দৈর্ঘ্য বিকৃতি অত্যন্ত কম। তাই ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $=$ দৈর্ঘ্য পীড়ন \div দৈর্ঘ্য বিকৃতি —এই সূত্র হতে পাই রাবারের তুলনায় ইস্পাতের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক অনেক বেশি। একারণে রবার ও ইস্পাতের মধ্যে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ যেহেতু শব্দ উৎসের ভর বাড়লে, কম্পাঙ্ক কমে

∴ ক্ষুদ্রতর কম্পাঙ্কের সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 47 \text{ Hz}$ যেহেতু প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা, $N = 6 \text{ sec}^{-1} = 6 \text{ Hz}$

∴ বৃহত্তর কম্পাঙ্কের সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f_2 হলে,

$$f_2 = f_1 + N = 47 \text{ Hz} + 6 \text{ Hz} = 53 \text{ Hz}$$

নির্দিষ্ট মাধ্যমে গ্যাসের বেগ, $v = f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2$

সূত্রানুসারে, $f_2 > f_1$ হওয়ায় $\lambda_1 < \lambda_2$

গ্যাসটিতে শব্দের বেগ v হলে $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.80 \text{ m}$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_1} - \frac{v}{f_2} = 0.80 \text{ m বা, } v \cdot \frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2} = 0.80 \text{ m}$$

$$\therefore v = \frac{0.80 \text{ m} \times f_1 f_2}{f_2 - f_1} = \frac{0.80 \text{ m} \times 47 \text{ Hz} \times 53 \text{ Hz}}{6 \text{ Hz}} = 332 \text{ ms}^{-1}$$

∴ গ্যাসটিতে শব্দের বেগ 332 ms^{-1} (Ans.)

ঘ উক্ত ক্ষেত্রে প্রতি সেকেন্ডে 8টি বিট উৎপন্ন হলে, সুরশলাকাঙ্কের যেকোনো একটির অথবা উভয়ের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন ঘটবে। ভারী বাহুর সুরশলাকার কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত ($f_1 = 47 \text{ Hz}$) থাকলে হালকা

বাহুর সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে, $f_2' = f_1 + 8\text{Hz} = 47\text{Hz} + 8\text{Hz} = 55\text{Hz}$; আর হালকা বাহুর সুরশলাকার কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত ($f_2 = 0.80\text{m}$) থাকবে না। এক্ষেত্রে (f_1, f_2) সেটটির বহু সংখ্যক সম্ভাব্য মান পাওয়া যাবে।

যেমন, ($f_1' f_2'$) = (43Hz, 51Hz), (44Hz, 52Hz), (46Hz, 54 Hz), ... ইত্যাদি।

প্রতি ক্ষেত্রে f_1' অপেক্ষা f_2' এর মান 8Hz বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ দুটি সুরশলাকা থেকে বায়ুতে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y_1 = 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right)$$

$$Y_2 = 0.5 \sin \pi \left(11.03t - \frac{x}{3.09} \right)$$

এখানে রাশিগুলো SI এককে প্রদত্ত। সুরশলাকা দুটি একই সময়ে বাজানো হয়েছে। [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

- ক. স্বরসঙ্গতি কাকে বলে? ১
- খ. সংগীতের শব্দ শ্রুতিমধুর কিন্তু হাট বাজারের শব্দকে কোলাহল মনে হয় কেন? ২
- গ. উদ্দীপকের আলোকে বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গ সৃষ্টিতে বীট সৃষ্টি হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন ত্রয়ীর সাথে অতিরিক্ত একটি শব্দ এমনভাবে মিলিত হয় যাতে অতিরিক্ত শব্দ ত্রয়ীর নিম্নতম শব্দের অষ্টক হয় অর্থাৎ এদের কম্পাঙ্কের অনুপাত যদি 4:5:6:8 হয় তাহলে এদের সমন্বয়ে শ্রুতিমধুর সুর উৎপাদন হয়। এ সমন্বয়কে স্বরসংগতি বলে।

খ সংগীতের শব্দে যে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে সেগুলো পর্যাবৃত্ত এবং এদের কম্পাঙ্কের অনুপাত সরল। তাই সংগীতের শব্দ শ্রুতিমধুর লাগে। কিন্তু হাট বাজারের শব্দে যে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে সেগুলো পর্যাবৃত্ত হয় না এবং এদের কম্পাঙ্কের মধ্যে সরল অনুপাত বজায় থাকে না, একারণে হাট বাজারের শব্দকে কোলাহল মনে হয়।

গ দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} 1\text{ম অগ্রগামী শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ, } Y_1 &= 0.5 \sin \pi \left(100t - \frac{x}{3.4} \right) \\ &= 0.5 \sin \left(100\pi t - \frac{\pi x}{3.4} \right) \end{aligned}$$

একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ $Y = A \sin \left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, $2\pi ft = 100\pi t$

$$\therefore f = \frac{100\pi t}{2\pi t} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{এবং, } \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi x}{3.4}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2\pi x \times 3.4}{\pi x} = 6.8\text{m}$$

$$\therefore \text{বায়ুতে শব্দের বেগ, } v = f\lambda = 50\text{Hz} \times 6.8\text{m} = 340\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের প্রথম তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক, $f_1 = 50 \text{ Hz}$ (গ-অংশ হতে পাই।)

$$\text{দ্বিতীয় তরঙ্গটির সমীকরণ } Y_2 = 0.5 \sin \pi \left(11.03t - \frac{x}{3.09} \right)$$

$$= 0.5 \sin \left(11.03\pi t - \frac{\pi x}{3.09} \right)$$

$$\therefore f_2 = \frac{11.03\pi}{2\pi t} = 5.515 \text{ Hz}$$

তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য $= f_1 - f_2$

$$= 50 - 5.515 = 44.48 \text{ Hz} > 10 \text{ Hz}$$

আমরা জানি, কোনো স্থানে দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে বীট সৃষ্টি হবে, যদি এদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10Hz এর বেশি না হয়। যেহেতু প্রদত্ত তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10Hz এর বেশি, তাই উদ্দীপকের তরঙ্গ দুটিতে বীট সৃষ্টি হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ দুটি সুর শলাকা থেকে বায়ু মাধ্যমে দুটি শব্দ তরঙ্গের

সমীকরণ যথাক্রমে $y_1 = 0.5 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{1.75} \right)$ এবং

$$y_2 = 0.5 \sin \pi \left(210t - \frac{x}{1.667} \right)$$

এখানে সকল একক S.I এককে প্রদত্ত। সুর শলাকাদ্বয়কে একই সময়ে বাজানো হয়েছিল। [আনন্দ মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. প্রত্যয়নী বল কী? ১
- খ. সরল ছন্দিত গতি সম্পন্ন কণার সাম্যাবস্থানে গতিশক্তি সর্বাধিক- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপক অনুসারে বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তথ্যানুসারে কোনো বিট উৎপন্ন হয়েছিল কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বল প্রয়োগে কোন স্প্রিং এর সরণ ঘটালে সরণের বিপরীতে সৃষ্ট স্প্রিং বলকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

এখানে, m = কণার ভর,

v = কণার বেগ।

ভর, m ধ্রুবক হওয়ায় $E_k \propto v^2$

অর্থাৎ, সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার সাম্যাবস্থানে বেগ সর্বোচ্চ হওয়ায় এর গতিশক্তিও সাম্যাবস্থানে সর্বাধিক হয়।

গ এখানে, শব্দ তরঙ্গের প্রথম সমীকরণ,

$$\begin{aligned} y_1 &= 0.5 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{1.75} \right) \\ &= 0.5 \sin 2\pi \left(100t - \frac{x}{3.5} \right) = 0.5 \sin \frac{2\pi}{3.5} (350t - x) \end{aligned}$$

সুতরাং, বায়ুতে শব্দের বেগ 350ms^{-1} ।

ঘ এখানে, প্রথম তরঙ্গের ক্ষেত্রে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 3.5\text{m}$ [গ-হতে পাই]

এবং বায়ুতে শব্দের বেগ, $v_1 = 350\text{ms}^{-1}$

$$\therefore \text{প্রথম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f_1 = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{350}{3.5} = 100 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{দ্বিতীয় তরঙ্গের ক্ষেত্রে, } y_2 &= 0.5 \sin \pi \left(210t - \frac{x}{1.667} \right) \\ &= 0.5 \sin 2\pi \left(105t - \frac{x}{3.334} \right) \end{aligned}$$

দ্বিতীয় তরঙ্গের সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ

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

দ্বিতীয় তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 3.334\text{m}$

এবং বেগ, $v_2 = 350.07\text{ms}^{-1}$

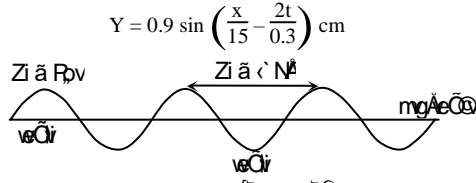
$$\therefore \text{দ্বিতীয় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, } f_2 = \frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{350.07}{3.334} = 105\text{Hz} > f_1$$

∴ $f_1 \neq f_2$ এবং f_1 ও f_2 এর মধ্যে পার্থক্য কম।

সুতরাং বীট উৎপন্ন হয়েছিল।

প্রতিসেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা = $f_2 - f_1 = (105 - 100) \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$

প্রশ্ন ▶ চ



[ইবনে তাইমিয়া স্কুল এন্ড কলেজ, কুমিল-৷]

- ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১
খ. সকল হারমোনিক উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়-ব্যাখ্যা কর। ২
গ. তরঙ্গটির কৌণিক কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল ও বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উপরোক্ত সমীকরণ হতে 100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব কিনা-গাণিতিক ব্যাখ্যা দ্বারা উপস্থাপন কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর গতিপথ বা তলকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে 'মূল সুর' বলে। অন্য সকল সুর যার কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি তাদের 'উপসুর' বলে আবার উপসুর গুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সব উপসুরকে 'হারমোনিক' বলে। কাজেই সকল হারমোনিক উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গটির সমীকরণ হলো –

$$y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right) \text{ cm}$$

$$\text{বা, } y = 0.9 \sin\left(-\frac{2t}{0.3} + \frac{x}{15}\right) \text{ cm}$$

$$\text{বা, } y = -0.9 \sin\left(\frac{2t}{0.3} - \frac{x}{15}\right) \text{ cm} \dots\dots\dots(i)$$

এটি একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ।

অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ হলো–

$$\text{বা, } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.1416}{6.67} = 0.942 \text{ sec}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{1}{15}$$

$$\text{বা, } \lambda = 15 \times 2\pi$$

$$\therefore \lambda = 94.248 \text{ cm}$$

$$\text{আবার তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক } f \text{ হলে } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.942 \text{ sec}} = 1.06 \text{ s}^{-1} = 1.06 \text{ Hz}$$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\text{বা, } v = 1.06 \times 94.248$$

$$\therefore v = 99.90 \text{ cms}^{-1}$$

ঘ দেওয়া আছে,

কম্পন সংখ্যা, $N = 100$

'গ' অংশ হতে পাই, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 94.248 \text{ cm}$

অর্থাৎ, তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সংজ্ঞানুসারে একবার কম্পনে তরঙ্গটির অতিক্রান্ত দূরত্ব, $\lambda = 94.248 \text{ cm}$

∴ 100 কম্পনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S = N\lambda$

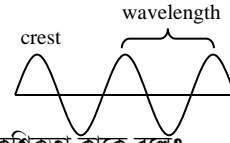
$$\text{বা, } S = 100 \times 94.248 \text{ cm}$$

$$\therefore S = 9424.8 \text{ cm}$$

অতএব উপরোক্ত সমীকরণ হতে,

100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৯ $y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right)$



- ক. কৈশিকতা কাকে বলে? ১
খ. দশা পার্থক্য ও পথ পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২
গ. তরঙ্গটির কৌণিক কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল ও বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উপরোক্ত সমীকরণ থেকে 100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় সম্ভব কিনা- গাণিতিক ব্যাখ্যা দ্বারা উপস্থাপন কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সরল নলের মধ্য দিয়ে, তরঙ্গের উত্থান বা অবনমনের ধর্মকে কৈশিকতা বলে।

খ মনে করি, কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের দশা পার্থক্য, σ এবং পথ পার্থক্য, δ এর মধ্যকার সম্পর্ক নির্ণয় করতে হবে।

আমরা জানি,

$$2\pi \text{ দশা পার্থক্যে সংশ্লিষ্ট পথ পার্থক্য} = \lambda$$

$$\therefore 1 \text{ দশা পার্থক্যে সংশ্লিষ্ট পথ পার্থক্য} = \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$\therefore \sigma \text{ দশা পার্থক্যে সংশ্লিষ্ট পথ পার্থক্য} = \frac{\lambda}{2\pi} \sigma$$

$$\text{শর্তমতে, } \delta = \frac{\lambda}{2\pi} \sigma$$

$$\text{বা, } \frac{\sigma}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda}$$

ইহাই দশা পার্থক্য (σ) এবং পথ পার্থক্য (δ) এর মধ্যকার সম্পর্ক।

গ উদ্দীপকে প্রদত্ত সমীকরণ হলো, $y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right)$

$$= -0.9 \sin\left(\frac{2t}{0.3} - \frac{x}{15}\right)$$

একে তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ $y = A \sin\left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ এর সাথে

$$\text{তুলনা করে পাই, } 2\pi ft = \frac{2t}{0.3}$$

$$\therefore f = \frac{2t}{0.3 \times 2\pi t} = \frac{1}{0.3 \times \pi} = 1.061 \text{ Hz}$$

কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 2\pi f$

$$= 2 \times 3.1416 \times 1.061 \text{ Hz}$$

$$= 6.67 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.061 \text{ Hz}} = 0.942 \text{ sec}$$

ঘ উদ্দীপকের প্রদত্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 94.25 \text{ m}$$

অর্থাৎ,

তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সংজ্ঞানুসারে একবার কম্পনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $\lambda = 94.25 \text{ m}$

$$\therefore N = 100 \text{ বার কম্পনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, } d = N\lambda$$

$$= 100 \times 94.25 \text{ m} = 9425 \text{ m}$$

অতএব, উপরোক্ত সমীকরণ হতে 100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ১০ $y = 0.5 \sin 2\pi(50t - 0.75x)$ একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ। [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১
খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরঙ্গের সান্দ্রতা কমে কিন্তু গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কেন? ২
গ. তরঙ্গটি 5 সেং এ কত দূরত্ব অতিক্রম করে। ৩

ঘ. যদি এরূপ দুটি তরঙ্গ বিপরীত দিক হতে পরস্পরের উপর আপতিত হয় তবে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গটি স্থির অথবা অগ্রগামী তরঙ্গ-যৌক্তিক মতামত দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরল রেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

খ তরলের আন্ডজ আণবিক বল প্রবল, গ্যাসের ক্ষেত্রে আন্ডজ আণবিক বল খুবই দুর্বল। উভয় ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অণুসমূহের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। তবে তরলের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে আন্ডজ আণবিক বল অনেক হ্রাস পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে মোটের ওপর তরলের সান্দ্রতা হ্রাস পায়। এমনিতে গ্যাস অণুসমূহের মধ্যকার আন্ডজ আণবিক বল অত্যন্ত দুর্বল, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে উক্ত বল খুব সামান্যই হ্রাস পায়, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তি বহুলাংশে বৃদ্ধি পায়, তখন অণুসমূহের মধ্যকার সংঘর্ষ বহুলাংশে বৃদ্ধি পায়। একারণে তাপমাত্রা বাড়লে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে।

গ দেওয়া আছে,

অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ: $y = 0.5 \sin 2\pi (50t - 0.75x)$

বা, $y = 0.5 \sin (100\pi t - 1.5\pi x)$

একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ, $y = a \sin \left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$

এর সাথে তুলনা করে পাই, $2\pi ft = 100\pi$

\therefore কম্পাঙ্ক, $f = \frac{100\pi}{2\pi t} = 50 \text{ Hz}$

এবং $\frac{2\pi x}{\lambda} = 1.5\pi x$ বা, $\frac{2}{\lambda} = 1.5$

$\therefore \lambda = \frac{2}{1.5} = 1.333 \text{ m}$

\therefore তরঙ্গবেগ, $v = f\lambda = 50 \text{ Hz} \times 1.333 \text{ m} = 66.67 \text{ ms}^{-1}$

\therefore তরঙ্গটি $t = 5 \text{ sec}$ -এ দূরত্ব অতিক্রম করে, $s = vt = 66.67 \text{ ms}^{-1} \times 5 \text{ sec} = 333.33 \text{ m}$ (Ans.)

ঘ অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y_1 = 0.5 \sin (100\pi t - 1.5\pi x)$

বিপরীতমুখী তরঙ্গের সমীকরণ:

$y_2 = 0.5 \sin (100\pi t + 1.5\pi x)$

তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ,

$y = y_1 + y_2$

$= 0.5 \sin (100\pi t - 1.5\pi x) + 0.5 \sin (100\pi t + 1.5\pi x)$

$= 0.5 \{ \sin (100\pi t - 1.5\pi x) + \sin (100\pi t + 1.5\pi x) \}$

$= 0.5 \times 2 \sin (100\pi t) \cos (1.5\pi x)$

$= \sin (100\pi t) \cos (1.5\pi x)$

$= [\cos (1.5\pi x)] \sin (100\pi t) = A \sin (100\pi t)$

এখানে, $A = \cos (1.5\pi x)$ হলো সৃষ্ট তরঙ্গের স্থানভেদে পরিবর্তনশীল বিস্তার। তবে তরঙ্গের সমীকরণের মূল অংশে $[\sin (100\pi t)]$ যা

$\sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ বা, $\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ বা,

$\sin \left(2\pi t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$ এর ন্যায় কোনো x জাতীয় রাশি না থাকায় ইহা স্পষ্ট যে, তরঙ্গটি যে স্থানে উৎপন্ন হয় সে স্থানেই পর্যায়ক্রমে বিলুপ্ত ও উৎপন্ন হতে থাকে, অর্থাৎ এটি সম্মুখদিকে অগ্রসর হয় না। তাই এটি অগ্রগামী তরঙ্গ নয়, বরং এটি স্থির তরঙ্গ।

প্রশ্ন ১১ দুটি একই রকম টানা তার আড়া কম্পনে কম্পিত হয়। প্রথম তারের দৈর্ঘ্য ও টান যথাক্রমে 0.5 m ও 32 N । প্রতিটি তারের ভর 0.01 kg । দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য ও টান যথাক্রমে প্রথম তারের দ্বিগুণ ও চারগুণ। [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া]

ক. তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি কী?

খ. সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন?

গ. প্রথম তারের কম্পাঙ্ক বের কর।

ঘ. তার দুটিকে একত্রে আঘাত করলে তা থেকে কোন বিট উৎপন্ন হয় কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোনো স্বরের কম্পাঙ্কের যে সুরসমূহ উপস্থিত থাকে, তার মধ্যে ন্যূনতম কম্পাঙ্কের সুরকে মূল সুর বলে এবং বাকি সুরগুলোকে উপসুর বলে। যে সমস্ত উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক, তাদেরকে হারমোনিক বলে। কিন্তু সকল উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় না। একারণে সকল হারমোনিক উপসুর হলেও সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ দেওয়া আছে, প্রথমে তারের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$

এবং টান, $T = 32 \text{ N}$

তারের ভর, $m = 0.01 \text{ kg}$

\therefore একক দৈর্ঘ্যের ভর, $\mu = \frac{m}{l} = \frac{0.01 \text{ kg}}{0.5 \text{ m}} = 0.02 \text{ kg/m}$

বের করতে হবে, প্রথম তারের কম্পাঙ্ক, $f = ?$

আমরা জানি, $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 0.5 \text{ m}} \times \sqrt{\frac{32 \text{ N}}{0.02 \text{ kgm}^{-1}}}$
 $= 40 \text{ Hz}$ (Ans.)

ঘ উদ্দীপক মতে,

দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য, $l' = 2 \times 1 \text{ m}$ তারের দৈর্ঘ্য $= 2 \times 0.5 \text{ m} = 1 \text{ m}$

এবং দ্বিতীয় তারের টান, $T' = 4 \times 1 \text{ m}$ তারের টান

$= 4T = 4 \times 32 \text{ N} = 128 \text{ N}$

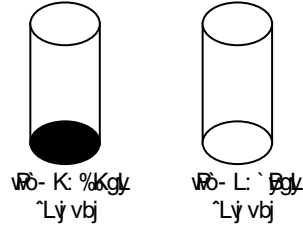
$= \frac{1}{2 \times 1 \text{ m}} \times \sqrt{\frac{128 \text{ N}}{0.01 \text{ kgm}^{-1}}} = 56.57 \text{ Hz}$

\therefore তারদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য $= f_2 - f_1 = 56.57 \text{ Hz} - 40 \text{ Hz}$

$= 16.57 \text{ Hz} > 10 \text{ Hz}$

আমরা জানি, অনধিক 10 Hz হলে এদের যুগপৎ ও সমস্থানিক উপরিপাতনে বিট উৎপন্ন হতে পারে। কিন্তু উদ্দীপকে বর্ণিত শব্দ উৎসদ্বয়ের (তারদ্বয়) কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz অপেক্ষা বেশি। তাই তার দুটিকে একত্রে আঘাত করলে এদের থেকে কোনো বিট উৎপন্ন হবে না।

প্রশ্ন ১২



বাতাসের শব্দের বেগ 350 ms^{-1} এবং প্রতিটি নলের দৈর্ঘ্য l ।

[এসওএস হারম্যান মেইনার কলেজ, ঢাকা]

ক. তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

খ. “দুটি শব্দ উৎসের ক্রিয়ায় প্রতি সেকেন্ডে ৪টি বিট উৎপন্ন হয়”- বলতে কী বুঝ?

গ. খ-চিহ্নে 1 m হারমোনিকের কম্পাঙ্ক 450 Hz হলে নলের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের নল দুটি কী একই কম্পাঙ্কের মূল সুর উৎপন্ন করবে? যদি না করে তবে কী করলে একই কম্পাঙ্কের মূল সুর উৎপন্ন করা সম্ভব? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত প্রদর্শন কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণা প্রতি সেকেন্ডে যে কয়টি পূর্ণকম্পন সম্পন্ন করে সেই সংখ্যাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে।

খ দুটি শব্দ উৎসের ক্রিয়ায় প্রতি সেকেন্ডে ৪টি বিট উৎপন্ন হয়। এর মানে হলো শব্দ উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 4 Hz এবং মাধ্যমের কোনো স্থানের মধ্যদিয়ে যখন উভয় শব্দতরঙ্গ যুগপৎ অতিক্রম করে তখন প্রতি সেকেন্ডে চারটি প্রবল শব্দ এবং চারটি নিঃশব্দ উৎপন্ন হয়।

গ ১ম হারমোনিক বলতে মূল সুর বুঝায়।

‘খ’ চিত্রে বা দুই মুখ খোলা নলে নিম্নোক্ত উপায়ে ১ম হারমোনিক বা মূল সুর গঠিত হয়।

এখানে,

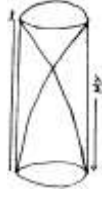
$$\text{বাতাসে শব্দের বেগ, } V = 350 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{১ম হারমোনিকের কম্পাঙ্ক, } f = 450 \text{ Hz}$$

$$\text{এক্ষেত্রে নলের দৈর্ঘ্য, } l = \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } l = \frac{v}{2f}$$

$$= \frac{350 \text{ ms}^{-1}}{2 \times 450 \text{ Hz}} = 0.39 \text{ m (Ans.)}$$



ঘ উদ্দীপকের একমুখ খোলা এবং দুই মুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্য l

$$\text{একমুখ খোলা নলে মূল সুরের কম্পাঙ্ক, } f_1 = \frac{v}{4l}$$

$$\text{দুই মুখ খোলা নলে মূল সুরের কম্পাঙ্ক } f_2 = \frac{v}{2l}$$

এখানে, v হলো বাতাসে শব্দের গতিবেগ,

$$v \text{ এবং } l \text{ এর একই মানের জন্য, } \frac{v}{4l} \neq \frac{v}{2l}$$

$$\therefore f_1 \neq f_2$$

অর্থাৎ উদ্দীপকের নল দুটি একই কম্পাঙ্কের মূল সুর উৎপন্ন করবে অর্থাৎ দুই মুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্য একমুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হলে, উভয় নলে সমান কম্পাঙ্কের মূল সুর উৎপন্ন হওয়া সম্ভব। এ উদ্দেশ্যে উদ্দীপকের খোলা নলের দৈর্ঘ্য কেটে বা অন্য কোনো ভৌত উপায়ে কমিয়ে দুই মুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্যের অর্ধেকের সমান করতে হবে।

প্রশ্ন ১৩ বুসরা পরীক্ষাগারে একটি সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ১.১ম পরিমাপ করলো। পরবর্তীতে সে ৩১২ Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট অপর একটি সুরশলাকা নিয়ে বীট সৃষ্টির চেষ্টা করল। পরীক্ষাগারে বায়ুর তাপমাত্রায় শব্দের বেগ 340 ms^{-1} ।

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

- ক. অনুবাদ কী? ১
- খ. সকল হারমোনিক উপসুর কিন্তু সব উপসুর হারমোনিক নয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. সুর শলাকাধর্য হতে নিঃসৃত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. বুসরা প্রকৃত পক্ষে কোন বীট শুনতে পাবে কি-না বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরবশ কম্পনের ক্ষেত্রে আরোপিত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কাঁপতে থাকে। এ ঘটনাকে অনুবাদ বলে।

খ একটি স্বরের মধ্যে যে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে তার মধ্যে ন্যূনতম কম্পাঙ্কের সুরকে মূলসুর বলে এবং বাকি সুরগুলোকে উপসুর বলে। যে বা যেসকল উপসুরের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাদেরকে হারমোনিক বলে। তবে সকল উপসুরের কম্পাঙ্ক সাধারণত মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় না। তাই সকল হারমোনিক উপসুর হলেও সব উপসুর হারমোনিক নয়।

গ দেওয়া আছে, ১ম সুরশলাকা হতে নিঃসৃত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 1.1 \text{ m}$ বাতাসে শব্দের বেগ, $v = 340 \text{ ms}^{-1}$

দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = 312 \text{ Hz}$

বের করতে হবে, সুরশলাকাধর্য হতে নিঃসৃত শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত, $\lambda_1 : \lambda_2 = ?$

$$\therefore \text{নির্ণেয় অনুপাত} = \lambda_1 : \lambda_2 = 1.1 \text{ m} : 1.09 \text{ m} = 1.009 : 1 \text{ (Ans.)}$$

$$\text{ঘ} \text{ ১ম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, } f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{340 \text{ ms}^{-1}}{1.1 \text{ m}} = 309 \text{ Hz} \neq 312 \text{ Hz}$$

সুতরাং সুরশলাকাধর্যের কম্পাঙ্ক সমান নয়, তাই শব্দ তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনে বীট সৃষ্টি হবে।

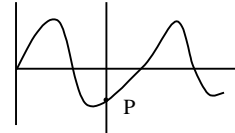
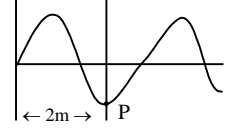
$$\text{প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা, } N = f_1 \sim f_2 = f_2 - f_1$$

$$= 312 \text{ Hz} - 309 \text{ Hz}$$

$$= 3 \text{ s}^{-1} < 10 \text{ s}^{-1}$$

সুতরাং বুসরা প্রকৃতপক্ষে বীট শুনতে পাবে।

প্রশ্ন ১৪ কোন মাধ্যমে দুটি সুর শলাকাকে শব্দায়িত করলে ০.৫০ m এবং ০.৫০৫ m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ তৈরি হয়। [পানিতে শব্দের বেগ = 1600 ms^{-1}]



[শহীদ বীর উত্তম লে: আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা]

- ক. প্রমাণ তীব্রতা কাকে বলে? ১
- খ. কখন একটি শব্দ কানে শ্রুতিমধুর ও শ্রুতিকটু শোনায়— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বীট উৎপন্ন হয়। বাতাসে শব্দের বেগ বের কর। ৩
- ঘ. যদি শলাকা দুটিকে পানিতে শব্দায়িত করা যায় তবে চিত্রে দেখানো P বিন্দুতে দশা পার্থক্যের কিরূপ পরিবর্তন হবে। গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ১০০০ Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট 10^{-12} Wm^{-2} তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

খ একটি শব্দ পর্যাবৃত্ত হলে তা কানে শ্রুতিমধুর শোনায়। অপরপক্ষে, শব্দ অপার্যাবৃত্ত বা অনিয়মিত হলে তা কানে শ্রুতিকটু শোনায়। শ্রুতি মধুর শোনার আরেকটি কারণ হলো, শব্দের বা স্বরের মধ্যে মূল সুরের এক বা একাধিক হারমোনিক থাকা। স্বর বা শব্দের মধ্যে উপস্থিত উপসুরগুলোর কোনোটিই যদি মূল সুরের হারমোনিক না হয়, তবে ঐ শব্দ বেশ শ্রুতিকটু শোনায়।

গ দেওয়া আছে, বাতাসে সৃষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যদ্বয় $\lambda_1 = 0.50 \text{ m}$, $\lambda_2 = 0.505 \text{ m}$ এবং প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা, $N = 6 \text{ s}^{-1} = 6 \text{ Hz}$

$$\text{বা, } f_1 \sim f_2 = 6 \text{ Hz} \dots\dots\dots (i)$$

এখানে, $v = f\lambda$ সূত্রানুসারে বাতাসে শব্দের বেগ ধ্রুব থাকায়,

$$f_1\lambda_1 = f_2\lambda_2$$

$$\text{যেহেতু } \lambda_2 > \lambda_1, \therefore f_1 > f_2$$

$$\therefore (i) \text{ নং হতে পাই, } f_1 - f_2 = 6 \text{ Hz}$$

$$\text{বা, } \frac{v_a}{\lambda_1} - \frac{v_a}{\lambda_2} = 6 \text{ Hz} \quad [v_a = \text{বাতাসে শব্দের বেগ}]$$

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

$$\text{বা, } v_a \frac{0.505 \text{ m} - 0.50 \text{ m}}{0.505 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}} = 6 \text{ s}^{-1}$$

$$\therefore v_a = \frac{6 \text{ s}^{-1} \times 0.50 \text{ m} \times 0.505 \text{ m}}{0.505 \text{ m} - 0.50 \text{ m}} = 303 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. বায়ুতে P বিন্দুতে দশা পার্থক্য = $\sigma_1 - \sigma_2$

$$= \frac{2\pi}{\lambda_1} x - \frac{2\pi}{\lambda_2} x = 2\pi x \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) [x = \text{পথ পার্থক্য}]$$

$$= 2\pi \times 2\text{m} \times \frac{5 \times 10^{-3} \text{m}}{0.50 \text{m} \times 0.505 \text{m}} = 0.0792\pi \text{ radian}$$

পানিতে ১ম তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1' = \frac{v_w}{v_a} \lambda_1$

$$= \frac{1600 \text{ms}^{-1}}{303 \text{ms}^{-1}} \times 0.50 \text{m}$$

$$= 2.6403 \text{m}$$

এবং ২য় তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2' = \frac{v_w}{v_a} \lambda_2 = \frac{1600 \text{ms}^{-1}}{303 \text{ms}^{-1}} \times 0.505 \text{m}$

$$= 2.6667 \text{m}$$

∴ পানিতে P বিন্দুতে দশা পার্থক্য = $\sigma_1' - \sigma_2' = \frac{2\pi}{\lambda_1'} x - \frac{2\pi}{\lambda_2'} x$

$$= 2\pi x \left(\frac{1}{\lambda_1'} - \frac{1}{\lambda_2'} \right) = 2\pi \times 2\text{m} \times \left(\frac{1}{2.6403\text{m}} - \frac{1}{2.6667\text{m}} \right)$$

$$= 0.015\pi \text{ radian}$$

সুতরাং যদি শলাকা দুটিকে পানিতে শব্দায়িত করা হয় তবে চিত্রে দেখানো P বিন্দুতে দশা পার্থক্যের পরিবর্তন

$$= (0.0792\pi - 0.015\pi) \text{ radian}$$

$$= 0.0642\pi \text{ radian}$$

প্রশ্ন ▶ ১৫ তানিয়া 320 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা নিয়ে বায়ুতে ও পানিতে শব্দ উৎপন্ন করল। সে উৎপন্ন তরঙ্গদ্বয়ের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য মাপল 3.9 m। [হলিক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. অনুবাদ কাকে বলে? ১

খ. একমুখ বন্ধ নলের মধ্যবর্তী বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে মূলসুরের কম্পাঙ্কের কিরূপ পরিবর্তন হবে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বায়ুতে শব্দের বেগ 345ms^{-1} হলে পানিতে শব্দের বেগ কত? ৩

ঘ. তানিয়া আরও একটি সুরশলাকা নিয়ে দুটোই পানি মাধ্যমে রেখে কম্পিত করল এবং বীট শোনার চেষ্টা করল। ৪

উৎসদ্বয় দ্বারা সৃষ্ট বীট তানিয়া শুনতে পারবে কি? — গাণিতিক ব্যাখ্যাসহ তোমার মতামত দাও।

[পানিতে ২য় শলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য ১ম শলাকার চেয়ে 1m বেশি।]

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ একমুখ বন্ধ নলের মূল সুরের কম্পাঙ্ক, $f = \frac{v}{4l}$

এখানে, l হলো নলের দৈর্ঘ্য, যা অপরিবর্তিত। সুতরাং তাপমাত্রার বৃদ্ধির কারণে বাতাসে শব্দের বেগ v বৃদ্ধি পেলে মূলসুরের কম্পাঙ্ক f সমানুপাতে বৃদ্ধি পাবে, কারণ l ধ্রুব থাকায় $f \propto v$ ।

গ দেওয়া আছে, বায়ুতে শব্দের বেগ, $v_a = 345 \text{ms}^{-1}$

বায়ুতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_a হলে পানিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_w = \lambda_a + 3.9 \text{m} \text{ বা, } f\lambda_w = f\lambda_a + 3.9\text{m} \times f$$

$$\therefore v_w = v_a + f \times 3.9\text{m} = 345 \text{ms}^{-1} + 320 \text{Hz} \times 3.9\text{m}$$

$$= 1593 \text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ▶ ১৬ 50cm দৈর্ঘ্যের একটি সনোমিটারের তার 200Hz কম্পাঙ্কের সুর শলাকার সাথে একতানে আছে।

[বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা]

ক. স্থির তরঙ্গ কাকে বলে? ১

খ. একমুখ খোলা নল অপেক্ষা দুই মুখ খোলা নলে সৃষ্ট শব্দ শ্রুতিমধুর কেন? ২

গ. টান 4 গুণ করলে একতানে আনতে দৈর্ঘ্য কত বাড়তে হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে তারের টান স্থির রেখে দৈর্ঘ্য 2% বাড়ালে কোন বীট শোনা যাবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে পরস্পর বিপরীতমুখী সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একে অপরের ওপর আপতিত হলে যে নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

খ একমুখ খোলা নলে শুধুমাত্র মূল সুরের বিজোড় সমমেল পাওয়া যায়। কিন্তু দুই মুখ খোলা নলে মূল সুরের জোড় ও বিজোড় সকল প্রকার সমমেল পাওয়া যায়। সেজন্য একমুখ খোলা নল অপেক্ষা দুই মুখ খোলা নলে সৃষ্ট শব্দ শ্রুতিমধুর হয়।

গ দেওয়া আছে, তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 50 \text{cm} = 0.5 \text{m}$
টানের পূর্ববর্তী ও পরবর্তী মানের অনুপাত = $T_1 : T_2 = 1 : 4$
পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য l_2 হলে বের করতে হবে, তারের দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন = $l_2 - l_1$

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ সূত্র হতে আমরা জানি,}$$

$$f \text{ এবং } \mu \text{ অপরিবর্তিত থাকলে, } \sqrt{\frac{T}{\ell}} = \text{ধ্রুবক।}$$

$$\text{বা, } \frac{\sqrt{T_1}}{l_1} = \frac{\sqrt{T_2}}{l_2}$$

$$\therefore l_2 = l_1 \times \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 0.5\text{m} \times \sqrt{\frac{4}{1}} = 1\text{m}$$

$$\therefore \text{তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি} = l_2 - l_1 = 1\text{m} - 0.5\text{m} = 0.5\text{m} \text{ (Ans.)}$$

ঘ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 200 \text{Hz}$ (অপরিবর্তিত)

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ সূত্র হতে পাই, } T \text{ এবং } \mu \text{ অপরিবর্তিত থাকলে,}$$

$$f \propto \frac{1}{l} \text{ অর্থাৎ } \frac{f_2}{f_1} = \frac{l_1}{l_2}$$

সুতরাং দৈর্ঘ্য 2% বাড়ালে সনোমিটারের তারের কম্পাঙ্ক,

$$f_2 = f_1 \frac{l_1}{l_2} = 200 \text{Hz} \times \frac{l_1}{l_1 + l_1 \times 2\%} = \frac{200 \text{Hz}}{1.02}$$

$$= 196 \text{Hz} \neq 200 \text{Hz} (f_1)$$

সুতরাং উদ্দীপকে তারের টান স্থির রেখে দৈর্ঘ্য 2% বাড়ালে বীট শোনা যাবে এবং প্রতি সেকেন্ডে শ্রুত বীট সংখ্যা = $f_1 - f_2$

$$= 200\text{Hz} - 196 \text{Hz} = 4$$

প্রশ্ন ▶ ১৮ বায়ু মাধ্যমের মধ্য দিয়ে $y = 0.5 \sin \left(210\pi t - \frac{\pi x}{1.57} \right)$ তরঙ্গটি সামনের দিকে অগ্রসর হচ্ছে। একই মানের অপর একটি তরঙ্গ ঐ মাধ্যমে বিপরীত দিক থেকে এসে উপরিপাতনের ফলে একটি নতুন তরঙ্গ উৎপন্ন করে। [মিরপুর গার্লস ল্যাব আইডিয়াল ইনস্টিটিউট, ঢাকা]

ক. তরঙ্গ মুখ কি? ১

খ. 'অনুবাদ একটি আরোপিত কম্পন'— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তরঙ্গের বেগ কত? ৩

ঘ. উৎপন্ন তরঙ্গটি স্থির তরঙ্গ নির্দেশ করে এবং 3.14m দূরে তরঙ্গটির বিস্তার সর্বাধিক হবে, প্রমাণ কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেকোন সময়ে সমস্ত মাধ্যমে তরঙ্গস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর সমগ্র পথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ কোনো বস্তুর ওপর বাইরে থেকে একটি পর্যাবৃত্ত বল আরোপ করলে এটি প্রথমে অনিয়মিতভাবে এবং পরবর্তীতে ঐ বলের কম্পাঙ্কে কাঁপতে বাধ্য হয়। এরূপ কম্পনকে আরোপিত কম্পন বলে।

আরোপিত কম্পনের ক্ষেত্রে বাহ্যিক পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কাঁপতে থাকে। এ ঘটনাকে অনুনাদ বলে। সুতরাং অনুনাদ এক প্রকার আরোপিত কম্পন।

গ প্রদত্ত সমীকরণ হলো: $y = 0.5 \sin \left(210\pi t - \frac{\pi x}{1.57} \right)$; একে প্রমিত সমীকরণ $y = a \sin \left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$2\pi f = 201\pi \text{ বা, } f = \frac{201\pi}{2\pi} = 105 \text{ Hz} = 105 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{এবং } \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi x}{1.57} \text{ বা, } \lambda = \frac{2\pi \times 1.57}{\pi} = 3.14 \text{ m}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গের বেগ, } v = f\lambda = 105 \text{ s}^{-1} \times 3.14 \text{ m} = 329.7 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ বিপরীত তরঙ্গের সমীকরণ: $y_2 = 0.5 \sin \left(210\pi t + \frac{\pi x}{1.57} \right)$ উৎপন্ন লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ; $y = y_1 + y_2$

$$\begin{aligned} &= 0.5 \sin \left(210\pi t - \frac{\pi x}{1.57} \right) + 0.5 \sin \left(210\pi t + \frac{\pi x}{1.57} \right) \\ &= 0.5 \left\{ \sin \left(210\pi t - \frac{\pi x}{1.57} \right) + \sin \left(210\pi t + \frac{\pi x}{1.57} \right) \right\} \\ &= 0.5 \times 2 \sin(210\pi t) \cos \left(\frac{\pi x}{1.57} \right) \end{aligned}$$

$$\text{বা, } y = \cos \frac{\pi x}{1.57} \sin(210\pi t) \dots \dots \dots (i)$$

$$= A \sin(210\pi t) [A = \cos \frac{\pi x}{1.57} = \text{লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার}]$$

যেহেতু (i) নং সমীকরণে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণের ন্যায় দশা কোণের ভেতর (vt - x) জাতীয় কোনো রাশি অন্তর্ভুক্ত নেই তাই এটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নয়। এটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ।

$$x = 3.14 \text{ m দূরে তরঙ্গটি বিস্তার} = \cos \frac{\pi \times 3.14}{1.57} = \cos 2\pi = 1,$$

যা বিস্তারের সর্বোচ্চ মান।

সুতরাং 3.14 m দূরে তরঙ্গটির বিস্তার সর্বাধিক হবে।

প্রশ্ন ১৯ দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য 118 Hz। বাতাসে শলাকা দুটি থেকে যে তরঙ্গ উৎপন্ন হয় তাদের একটির 5টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপরটির 3টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান।

[বাতাসে শব্দের বেগ 350 ms^{-1}] উইলস লিটল ফ্লাওয়ার স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা।

ক. আড় তরঙ্গ কাকে বলে? ১

খ. একটি আড় তরঙ্গের চিত্র অঙ্কন করে তাতে $\frac{19\lambda}{8}$ চিহ্নিত কর। ২

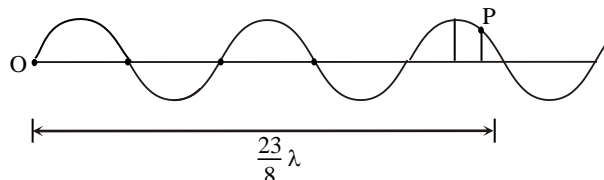
গ. শলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বড় কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শলাকাটি থেকে নির্গত শব্দের বাতাসে ও পানিতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য পার্থক্য 2m হলে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তরঙ্গ যদি এর উপরস্থ কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয় তাহলে সেই তরঙ্গকে আড় তরঙ্গ বলে।

খ λ যদি কোন আড় তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য হয় $\frac{19\lambda}{8} = 2\frac{3}{8}\lambda$



সুতরাং P বিন্দুই নির্ণেয় বিন্দু।

গ মনে করি, শলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক f_1 ও f_2 যেখানে $f_1 > f_2$ এবং বাতাসে তাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_1 ও λ_2 .

প্রশ্নমতে, $f_1 - f_2 = 118 \dots \dots \dots (i)$

এবং $5\lambda_1 = 3\lambda_2 [\because f_1 > f_2 \therefore \lambda_2 > \lambda_1]$

বা, $\lambda_2 = \frac{5}{3}\lambda_1 \dots \dots \dots (ii)$

বাতাসে শব্দের বেগ $v = 350 \text{ ms}^{-1}$

আমরা জানি, $v = f_1\lambda_1$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \dots \dots \dots (iii)$$

আবার, $v = f_2\lambda_2$

বা, $v = f_2 \times \frac{5}{3}\lambda_1$ [সমী: (ii) হতে মান বসিয়ে]

$$\text{বা, } \frac{3v}{5\lambda_1} = f_2$$

$$\text{বা, } f_2 = \frac{3v}{5\lambda_1} \dots \dots \dots (iv)$$

(iii) - (iv) থেকে পাই,

$$f_1 - f_2 = \frac{v}{\lambda_1} - \frac{3v}{5\lambda_1}$$

$$\text{বা, } 118 = \frac{5v - 3v}{5\lambda_1}$$

$$\text{বা, } 118 = \frac{2v}{5\lambda_1}$$

$$\text{বা, } \lambda_1 = \frac{2 \times 350}{5 \times 118}$$

$$\therefore \lambda_1 = 1.18644 \text{ m}$$

$$\therefore f_1 = \frac{350}{1.18644} \text{ Hz} = 295 \text{ Hz}$$

$$\text{ও } f_2 = \frac{3 \times 350}{5 \times 1.18644}$$

$$\therefore f_2 = 177 \text{ Hz}$$

সুতরাং শলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক 295 Hz ও 177 Hz.

ঘ এখানে, (গ) নং হতে পাই,

বড় কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শলাকার কম্পাঙ্ক $f = 295 \text{ Hz}$

$$\text{” ” ” ” বাতাসে তরঙ্গদৈর্ঘ্য } \lambda_a = \frac{350}{295} = 1.18644 \text{ m}$$

$$\text{” ” ” ” ” বেগ } v_a = 350 \text{ ms}^{-1}$$

মনে করি, শলাকাটির পানিতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_w ও পানিতে শব্দের বেগ v_w

প্রশ্নমতে, $\lambda_w - \lambda_a = 2$

$$\text{বা, } \lambda_w = 2 + 1.18644$$

$$\therefore \lambda_w = 3.18644 \text{ m}$$

আবার, $v_w = f\lambda_w$

$$\text{বা, } v_w = 295 \times 3.18644$$

$$\therefore v_w \approx 940 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{পানিতে শব্দের বেগ } 940 \text{ ms}^{-1}.$$

প্রশ্ন ২০ একটি রশ্মির মধ্য দিয়ে অগ্রসর হওয়া একটি আড় তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.1 \sin (2\pi t - \pi x)$ এখানে x এবং y মিটারে এবং t সেকেন্ডে প্রকাশিত। [কদমতলা পূর্ব বাসাবো স্কুল ও কলেজ, ঢাকা]

ক. তীব্রতা লেভেল কী? ১

খ. অনুনাদ একটি বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক, বেগ ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তরঙ্গের উপরিস্থিত কণার সর্বোচ্চ বেগ এবং সর্বোচ্চ ত্বরণ কত হবে? ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে তীব্রতা লেভেল বলে।

খ কোন বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারসহ স্পন্দিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

সুতরাং অনুনাদ একটি বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন।

গ দেওয়া আছে, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\begin{aligned} y &= 0.1 \sin(2\pi t - \pi x) \\ &= 0.1 \sin\{2\pi(t - 0.5x)\} \\ &= 0.1 \sin\{2\pi \times 0.5(2t - x)\} \\ y &= 0.1 \sin\left\{\frac{2\pi}{2}(2t - x)\right\} \dots\dots\dots (i) \end{aligned}$$

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

পাই, তরঙ্গের বেগ, $v = 2 \text{ ms}^{-1}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 2\text{m}$

$$\text{কম্পাঙ্ক } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2}{2} = 1 \text{ Hz}$$

Ans. 1 Hz, 2 ms⁻¹, 2m.

ঘ দেওয়া আছে, তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.1 \sin(2\pi t - \pi x)$

তরঙ্গের সমীকরণটিকে $y = a \sin(\omega t - \delta)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, বিস্তার $a = 0.1 \text{ m}$

$$\text{কৌণিক কম্পাঙ্ক } \omega = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

সর্বোচ্চ বেগ $v_{\text{max}} = ?$

সর্বোচ্চ ত্বরণ $a_{\text{max}} = ?$

আমরা জানি, $v_{\text{max}} = \omega a = 2\pi \times 0.1$

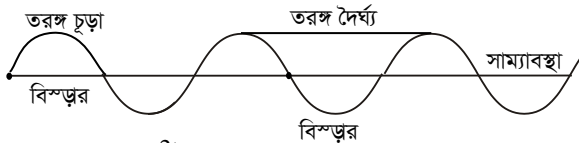
$$\therefore v_{\text{max}} = 0.628 \text{ ms}^{-1}$$

ও $a_{\text{max}} = -\omega^2 a = -(2\pi)^2 \times 0.1$

$$a_{\text{max}} = -3.94 \text{ ms}^{-2}$$

Ans. 0.628ms⁻¹ ও -3.94 ms⁻²।

প্রশ্ন ২১



$$y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right) \text{ cm}$$

[ইউনিভার্সিটি ল্যাবরেটরি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. কৈশিকতা কাকে বলে? ১
- খ. দশা পার্থক্য ও পথ পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২
- গ. তরঙ্গটির কৌণিক কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল ও বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উপরোক্ত সমীকরণ থেকে 100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব কিনা— গাণিতিক ব্যাখ্যা দ্বারা উপস্থাপন কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৈশিক নলে তরলের অধিক্ষেপ বা অবক্ষেপকে কৈশিকতা বলে।

খ একই বিস্তার a এবং একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ বিশিষ্ট দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ যথাক্রমে s_1 ও s_2 বিন্দু থেকে একই বেগ v নিয়ে একই দিকে চলতে চলতে p বিন্দুতে মিলিত হল। t সময় পরে তাদের সরণ

$$\text{যথাক্রমে } y_1 \text{ ও } y_2 \text{ হলে; } y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_1)$$

$$y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_2)$$

এখানে, x_1 ও x_2 যথাক্রমে কণা দুটির একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে যেতে অতিক্রান্ত পথ।

$$\text{অতএব, তরঙ্গদ্বয়ের দশাপার্থক্য, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_1) - \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_2)$$

$$\text{বা, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)$$

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

$$\text{গ} \text{ প্রদত্ত সমীকরণ } y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right) \text{ cm}$$

$$\text{বা, } y = 0.9 \sin\left[-\left(\frac{2t}{0.3} - \frac{x}{15}\right)\right] \text{ cm}$$

$$\text{বা, } y = -0.9 \sin\left(\frac{2t}{0.3} - \frac{x}{15}\right) \text{ cm}$$

প্রদত্ত সমীকরণকে $y = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$ এর

সাথে তুলনা করে পাই, কৌণিক কম্পাঙ্ক ω হলে,

$$\omega t = \frac{2t}{0.3}$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{2}{0.3} = 6.67 \text{ rads}^{-1}$$

$$\therefore \text{পর্যায়কাল, } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.1416 \text{ rad}}{6.67 \text{ rad s}^{-1}} = 0.9425 \text{ s}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = (2\pi \times 15) \text{ cm}$$

$$= (2 \times 3.1416 \times 15) \text{ cm} = 94.248 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গ বেগ, } v = f\lambda = \frac{1}{T} \lambda = \frac{94.248 \text{ cm}}{0.9425} = 100.05 \text{ cms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ প্রদত্ত সমীকরণ থেকে 100 কম্পনের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

$$\text{প্রদত্ত সমীকরণ, } y = 0.9 \sin\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.3}\right) \text{ cm}$$

এখানে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 94.248 \text{ cm}$ [‘গ’ নং প্রশ্নোত্তর হতে]

আমরা জানি, তরঙ্গ একটি পূর্ণ কম্পনে এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান দূরত্ব অতিক্রম করে।

$$\begin{aligned} \text{অতএব, 100 কম্পনের জন্য অতিক্রান্ত দূরত্ব, হবে, } &= 100 \times \lambda \\ &= (100 \times 94.248) \\ &= 9424.8 \text{ cm} \\ &= 9.4248 \text{ m} \end{aligned}$$

\therefore উদ্দীপকে প্রদত্ত সমীকরণ হতে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ২২ একটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ—

$$y = 0.9 \sin\pi\left(\frac{x}{15} - \frac{2t}{0.1}\right) \text{ যেখানে রাশিগুলো C.G.S. এককে প্রদত্ত।}$$

[শহীদ রমিজউদ্দীন ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]

- ক. পর্যায়বৃত্ত গতি কী? ১
- খ. সেকেন্ড দোলক মানেই সরল দোলক কিন্তু সরল দোলক মানেই সেকেন্ড দোলক নয়—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত সমীকরণ থেকে তরঙ্গস্থিত কণার সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় সম্ভব কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ মতামত দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ একটি ভারী আয়তনহীন বস্তুকণাকে ওজনহীন, নমনীয় ও অপ্রসারণশীল সূতা দিয়ে ঝুলিয়ে দিলে যদি এটি ঘর্ষণ এড়িয়ে স্বাধীনভাবে একটি উল্লম্ব তলে দুলতে পারে তবে তাকে সরল দোলক বলে। সরলদোলকের দোলনকাল বিভিন্ন হতে পারে। তবে যদি

দোলনকাল $2s$ হয় তাকে সেকেন্ড দোলক বলে। অর্থাৎ সেকেন্ড দোলক একটি বিশেষ ধরনের সরল দোলক। অর্থাৎ সব সেকেন্ড দোলক সরল দোলক কিন্তু সরল দোলক মানেই সেকেন্ড দোলক নয়।

গ প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 0.9 \sin \pi \left(\frac{x}{15} + \frac{2t}{0.1} \right)$

$$= 0.9 \sin 2\pi \left(\frac{x}{30} + \frac{t}{0.1} \right)$$

একে $y = a \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T} \right)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

পর্যায়কাল, $T = 0.1 \text{ sec}$

এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

আবার, কম্পাঙ্ক f হলে, আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{T} \lambda \\ &= \frac{0.3 \text{ m}}{0.1 \text{ s}} \\ &= 3 \text{ ms}^{-1} \\ &= 300 \text{ cms}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ এখানে, প্রদত্ত সমীকরণ, $y = 0.9 \sin 2\pi \left(\frac{x}{30} + \frac{t}{0.1} \right)$

$$= 0.9 \sin \left(\frac{2\pi}{0.1} t + \frac{2\pi}{30} x \right)$$

$$= 0.9 \sin \left(20\pi t + \frac{2\pi}{30} x \right)$$

উক্ত সমীকরণকে $y = a \sin (\omega t + kx)$

সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই, $a = 0.9 \text{ cm}$

$$\omega = 20\pi \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{এবং } k = \frac{2\pi}{30}$$

আবার, বেগ, $v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} [a \sin (\omega t + kx)]$

$$= a \omega \cos(\omega t + kx)$$

এখন বেগ সর্বোচ্চ হবে যদি, $\cos(\omega t + kx) = 1$ হয়

$$\begin{aligned} \therefore \text{সর্বোচ্চ বেগ, } v_{\max} &= a\omega \times 1 \\ &= 0.9 \text{ cm} \times 20\pi \times 1 \\ &= 56.52 \text{ cms}^{-1} \end{aligned}$$

\therefore উদ্দীপকে উল্লেখিত সমীকরণ থেকে তরঙ্গস্থিত কণার সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ২৩ মিথিলা A ও B দুটি সুরশলাকাকে একত্রে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বিট পেল। A শলাকার গায়ে একটু মোমের প্রলেপ লাগিয়ে পুনরায় শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বিট পেল।

[গুলশান ডিগ্রি কলেজ, ঢাকা]

- ক. অনুবাদ কাকে বলে? ১
- খ. সুর ও স্বরের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের A এর কম্পাঙ্ক 520Hz হলে B এর কম্পাঙ্ক কত পাওয়া যাবে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের B এর কম্পাঙ্ক 520Hz হলে A এর কম্পাঙ্ক কত পাওয়া যাবে? ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোন উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দ যদি একটি মাত্র কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে সুর (Tone) বলে। আর কোন শব্দের মধ্যে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে স্বর (Note) বলে। অর্থাৎ সুর ও স্বরের মধ্যে মৌলিক পার্থক্য হচ্ছে কম্পাঙ্কের সংখ্যা।

গ এখানে, A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_A = 520 \text{ Hz}$

মোম লাগানোর পূর্বে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা, $N = 5$

B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_B = ?$

$$\therefore f_B = f_A \pm N$$

$$= 520 \text{ Hz} \pm 5$$

$$= 525 \text{ Hz বা, } 515 \text{ Hz}$$

যেহেতু A সুরশলাকার মোম লাগানোর পর ৬টি বিট উৎপন্ন হয় অর্থাৎ বিট সংখ্যা বেড়ে যায়, সেহেতু B সুর শলাকার কম্পাঙ্ক A সুর শলাকা অপেক্ষা বেশি হবে।

অতএব, B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে 525 Hz (Ans.)

ঘ এখানে, B সুর শলাকার কম্পাঙ্ক, $f_B = 520 \text{ Hz}$

মোম লাগানোর পূর্বে প্রতি সেকেন্ডে বিট সংখ্যা, $N = 5$

A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_A = ?$

$$\therefore f_A = f_B \pm N$$

$$= 520 \text{ Hz} \pm 5$$

$$= 525 \text{ Hz বা, } 515 \text{ Hz}$$

যেহেতু A সুরশলাকার মোম লাগানোর পর বিট সংখ্যা ৬টি হয় অর্থাৎ বিট সংখ্যা বেড়ে যায়, সেহেতু A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক B সুরশলাকা অপেক্ষা কম হবে।

অতএব, A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে 515 Hz

প্রশ্ন ২৪ বায়ু মাধ্যমে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 5 \sin (200\pi t - 1.57x)$ তরঙ্গটিকে পানিতে নিয়ে গেলে উভয় ক্ষেত্রে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য হয় 4.18 m। [খিলগাও গভ: উচ্চ বিদ্যালয়]

- ক. তরঙ্গমুখ কী? ১
- খ. উপরিপাতন নীতি ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গটির বিস্তার, কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. কোন মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ বেশি হবে? গাণিতিক যুক্তিসহকারে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন সময়ে সমস্ত মাধ্যমে তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণার সম্ভাব্যপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

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

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

$$\text{বা, } y = y_1 \pm y_2$$

গ এখানে, প্রদত্ত সমীকরণ, $y = 5 \sin(200\pi t - 1.57x)$

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

বিস্তার, $a = 5 \text{ m}$

$$\omega = 200\pi$$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} x = 1.57x$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{2\pi}{1.57} = \frac{2 \times 3.1416}{1.57}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 4.002 \text{ m}$$

$$\approx 4 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ ধরি, বায়ুতে তরঙ্গের বেগ v_a এবং পানিতে তরঙ্গের বেগ, v_w

যেহেতু, আমরা জানি, $\therefore \lambda_w > \lambda_a$

অর্থাৎ $\lambda_w - \lambda_a = 4.18 \text{ m}$

কিন্তু $\lambda_a = 4.002 \text{ m}$ [‘গ’ নং প্রশ্নোত্তর হতে]

$$\begin{aligned}\therefore \lambda_w &= \lambda_a + 4.18 \text{ m} \\ &= 4.002 \text{ m} + 4.18 \text{ m} \\ &= 8.182 \text{ m}\end{aligned}$$

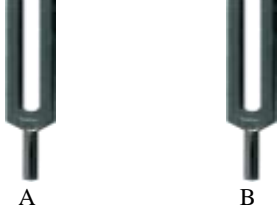
$$\begin{aligned}\text{অর্থাৎ, পানিতে তরঙ্গের বেগ, } v_w &= f\lambda_w \\ &= 100 \text{ Hz} \times 8.182 \text{ m} \\ &= 818.2 \text{ ms}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{বায়ুতে তরঙ্গের বেগ, } v_a &= f\lambda_a \\ &= 100 \text{ Hz} \times 4.002 \text{ m} \\ &= 400.2 \text{ ms}^{-1}\end{aligned}$$

$$\therefore v_w > v_a$$

অর্থাৎ পানিতে তরঙ্গের বেগ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৫



অনন্যা A ও B দুটি সুরশলাকাকে একত্রে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট পেল। A শলাকার গায়ে একটু মোম লাগিয়ে পুনরায় শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বীট পেল। [পুলিশ লাইন্স স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া]

- ক. তরঙ্গ কাকে বলে? ১
- খ. “সকল হারমোনিক উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়”— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকে A এর কম্পাঙ্ক 520 Hz হলে B এর কম্পাঙ্ক কত পাওয়া যাবে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের B এর কম্পাঙ্ক যদি 520 Hz হতো তবে A এর কম্পাঙ্ক কত পাওয়া যেত? ব্যাখ্যা কর। ৪

২৫ 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 একটি স্বরের মধ্যে যে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের সুর থাকে তার মধ্যে ন্যূনতম কম্পাঙ্কের সুরকে মূল সুর বলে, আর অন্য সুরগুলোকে উপসুর বলে। যে সকল উপসুরের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক তাদেরকে হারমোনিক বলে। কিন্তু সকল উপসুরের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক নয়। তাই সকল হারমোনিক উপসুর হলেও সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ A শলাকার গায়ে মোম লাগালে এর ভর বৃদ্ধি পাবে এবং কম্পাঙ্ক কমে যাবে। এমতাবস্থায় বেশি বিট (6 > 5) পাওয়ার অর্থ হলো,

A শলাকার কম্পাঙ্ক < B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক।

$$\therefore f_B - f_A = 5 \text{ s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$

$$\text{এখন, } f_A = 520 \text{ Hz হলে, } f_B = f_A + 5 \text{ Hz}$$

$$= 520 \text{ Hz} + 5 \text{ Hz} = 525 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ প্রথমাবস্থায়, শলাকাঘর্ষের যুগপৎ শব্দায়নে প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট পাওয়া যায়। পরবর্তীতে A সুরশলাকার গায়ে মোম লাগিয়ে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বীট পাওয়া যায় অর্থাৎ বীটসংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

যেহেতু মোম লাগানোর ফলে A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হ্রাস পায়, তাই A শলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক < B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক

$$\text{অর্থাৎ } f_A < f_B \text{ এবং } f_B - f_A = 5 \text{ s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$

$$\text{এখন, B এর কম্পাঙ্ক যদি 520 Hz অর্থাৎ যদি } f_B = 520 \text{ Hz হতো}$$

$$\text{তাহলে, } f_A = f_B - 5 \text{ Hz} = 520 \text{ Hz} - 5 \text{ Hz} = 515 \text{ Hz}$$

সুতরাং উদ্দীপকের B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যদি 520 Hz হতো তবে A সুরশলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক পাওয়া যেতো 515 Hz।

প্রশ্ন ▶ ২৬ একটি ভ্যাকুয়াম ক্রিনার ও টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতার লেভেল যথাক্রমে 80dB এবং 50dB। তারা একই সাথে চালু থাকলে তীব্রতার লেভেল বৃদ্ধি পায়। মানুষের কানের তীব্রতার মাত্রায় সহনীয় মান হলো 120dB। [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ক. অনুবাদ কী? ১
- খ. সূর্যের চারদিকে গ্রহ সমূহের বেগ সুসম নয় ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. ভ্যাকুয়াম ক্রিনারটির শব্দের তীব্রতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ভ্যাকুয়াম ক্রিনার এবং টেলিভিশন একই সময়ে চালু থাকলে উৎপন্ন শব্দ মানুষের কানের সহনীয় তীব্রতা লেভেলের মাত্রা অতিক্রম করবে কীনা গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোন গ্রহের ভর m এবং সূর্য থেকে ঐ গ্রহের দূরত্ব, r হলে,

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, } \frac{GMm}{r^2} &= \frac{Mv^2}{r} \quad \left| \begin{array}{l} M = \text{সূর্যের ভর} \\ v = \text{সূর্যের চারদিকে গ্রহের বেগ} \\ G = \text{মহাকর্ষীয় ধ্রুবক} \end{array} \right. \\ \text{বা, } \frac{GM}{r} &= v^2 \\ \text{বা, } v &= \sqrt{\frac{GM}{r}}\end{aligned}$$

এখানে, সূর্যের ভর এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক সবসময় ধ্রুব থাকে। তাই গ্রহের বেগ সূর্য থেকে গ্রহের দূরত্বের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ সূর্যের কেন্দ্র থেকে গ্রহসমূহের দূরত্ব সুসম নয় বলে গ্রহসমূহের বেগ সুসম নয়।

গ দেওয়া আছে,

ভ্যাকুয়াম ক্রিনারের শব্দের তীব্রতা লেভেল, $\beta = 80 \text{ dB}$

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

ভ্যাকুয়াম ক্রিনারের শব্দের তীব্রতা, $I = ?$

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

$$\text{বা, } 80 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\text{বা, } \log \frac{I}{I_0} = 8$$

$$\text{বা, } \frac{I}{I_0} = 10^8$$

$$\text{বা, } I = I_0 \times 10^8$$

$$\text{বা, } I = 10^{-12} \times 10^8$$

$$\therefore I = 1 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে, ভ্যাকুয়াম ক্রিনারটির তীব্রতা লেভেল, $\beta_1 = 80 \text{ dB}$

টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা লেভেল, $\beta_2 = 50 \text{ dB}$

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

\therefore ভ্যাকুয়াম ক্রিনারটির তীব্রতা, $I_1 = 1 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ [গ) নং হতে]
টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা I_2 হলে,

$$\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } \frac{I_2}{I_0} = 10^{\frac{\beta_2}{10}}$$

$$\text{বা, } I_2 = I_0 10^{\frac{\beta_2}{10}}$$

$$\begin{aligned}
 &= (10^{-12} \text{Wm}^{-2}) \times 10^{10} \\
 &= 1 \times 10^{-7} \text{Wm}^{-2} \\
 \therefore \text{লব্ধি তীব্রতা, } I &= I_1 + I_2 \\
 &= (1 \times 10^{-4} + 1 \times 10^{-7}) \text{Wm}^{-2} \\
 &= 100.1 \times 10^{-6} \text{Wm}^{-2} \\
 \therefore \text{লব্ধি তীব্রতা লেভেল, } \beta &= 10 \log \frac{I}{I_0} \\
 &= 10 \log \frac{100.1 \times 10^{-6} \text{Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{Wm}^{-2}} \\
 &= 80.004 \text{ dB} \\
 \therefore \beta &< 120 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

অর্থাৎ গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, ভ্যাকুয়াম ক্রিনার এবং টেলিভিশন একই সময়ে চালু থাকলে উৎপন্ন শব্দ মানুষের কানের সহনীয় তীব্রতা লেভেলের মাত্রা অতিক্রম করবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৭ দুটি সুরশলাকা 'A' ও 'B' কে কম্পিত করলে 4টি বীট উৎপন্ন হয়। B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 246Hz। 'A' সুরশলাকায় কিছুটা মোম লাগানো হল। [সরকারি হাজী মুহাম্মদ মুহসীন কলেজ, খুলনা]

- তরঙ্গের উপরিপাতন কাকে বলে? ১
- স্থির তরঙ্গ ও বীটের সংজ্ঞা দাও। ২
- যদি বীট সংখ্যা কমে যায় তবে 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত? ৩
- 'A' সুরশলাকার ভর হ্রাস করা হলে যদি বীট সংখ্যা বৃদ্ধি পেত তবে ভর হ্রাসের পরে ও ভর বৃদ্ধির পরে যে কম্পাঙ্ক পাওয়া যেত তার তুলনা কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুই বা ততোধিক তরঙ্গ একই সঙ্গে একই মাধ্যমের মধ্যদিয়ে সঞ্চালিত হতে থাকলে মাধ্যমের যেকোনো অংশে সৃষ্ট পরিবর্তন প্রতিটি তরঙ্গের জন্য আলাদাভাবে সৃষ্ট পরিবর্তনসমূহের ভেক্টর যোগফলের সমান হয়। এ ঘটনাকে তরঙ্গের উপরিপাতন বলে।

খ কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে পরস্পর বিপরীতমুখী সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একে অপরের ওপর আপতিত হলে যে নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে। সমান বা প্রায় সমান তীব্রতা এবং প্রায় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের লব্ধি প্রাবল্যের হ্রাস-বৃদ্ধির ঘটনাকে বীট বলে।

গ A সুরশলাকায় কিছুটা মোম লাগালে এর কম্পাঙ্ক কমে যায়। তখন সুরশলাকায় একত্রে শব্দায়িত করা হলে পূর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক বীট উৎপন্ন হওয়ার মানে হলো, A সুরশলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক > B সুর শলাকার কম্পাঙ্ক বা, $f_A > f_B$

মোম লাগানোর পূর্বে, সুরশলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করায় প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট সংখ্যা = 4

$$\therefore f_A - f_B = 4 \text{ s}^{-1} = 4 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_A = f_B + 4 = 246 \text{ Hz} + 4 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$$

ঘ A সুরশলাকার ভর হ্রাস করা হলে এর কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পাবে। তখন A ও B সুরশলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করার ফলে যদি বীট সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তবে ধরে নিতে হবে $f_A > f_B$

$$\text{সুতরাং এক্ষেত্রেও } f_A = f_B + 4 \text{ Hz} = 246 \text{ Hz} + 4 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, A সুরশলাকার ভর হ্রাসের ফলে বীটসংখ্যা বৃদ্ধি পেলে A সুরশলাকার আদি কম্পাঙ্ক = 250 Hz

আবার, A সুরশলাকার ভর বৃদ্ধির ফলে বীট সংখ্যা হ্রাস পেলে A সুরশলাকার আদি কম্পাঙ্ক = 250 Hz

$$\text{সুতরাং উভয় ক্ষেত্রে প্রাপ্ত কম্পাঙ্কদ্বয়ের অনুপাত} = 250 \text{ Hz} : 250 \text{ Hz} = 1 : 1$$

অর্থাৎ প্রাপ্ত কম্পাঙ্কদ্বয় সমান।

প্রশ্ন ▶ ২৮ P ও Q দুটি সুরশলাকা বায়ুতে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট উৎপন্ন হয়। শলাকাদ্বয় বাতাসে 50cm এবং 50.5 cm দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ উৎপন্ন করে। Q সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 510Hz।

[খুলনা কলেজিয়েট গার্লস স্কুল এন্ড কেসিসি উইমেন্স কলেজ]

- তরঙ্গের উপরিপাতন কাকে বলে? ১
- পানির গভীরতা বৃদ্ধির সাথে পানিতে শব্দের দ্রুতির কিরূপ পরিবর্তন হয়? ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপক অনুসারে বাতাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- P কে একটু ঘষে পুনরায় ধ্বনিত করলে যদি একই সংখ্যক বীট উৎপন্ন হবে কি?— ব্যাখ্যা কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ আমরা জানি, একই মাধ্যমে শব্দের বেগ এক বা নির্দিষ্ট এবং ভিন্ন ভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ ভিন্ন। পানি মাধ্যমে শব্দের বেগ পানির গভীরতার উপর নির্ভরশীল নয়। অতএব, পানির গভীরতা বৃদ্ধির সাথে পানিতে শব্দের দ্রুতি পরিবর্তন হয় না।

গ

আমরা জানি, $\lambda_Q > \lambda_P$ হলে

$$f_P > f_Q \text{ হয়}$$

প্রশ্নমতে, $f_P - f_Q = 5$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda_P} - \frac{v}{\lambda_Q} = 5$$

$$\text{বা, } v \left(\frac{1}{.50\text{m}} - \frac{1}{.505\text{m}} \right) = 5$$

$$\text{বা, } v = 252.5 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore এ মাধ্যমে শব্দের বেগ = 252.5 ms^{-1} (Ans.)

ঘ মনে করি, P ও Q সুর শলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে f_P ও f_Q এখানে, f_P অজানা কম্পাঙ্ক, $f_Q = 510 \text{ Hz}$ এবং বীট সংখ্যা, $N = 5$

$$\therefore f_P = f_Q + N$$

$$\text{ঘষার পূর্বে P এর কম্পাঙ্ক, } f_P = f_Q + 5 = 510 \text{ Hz} + 5$$

$$\therefore f_P = 515 \text{ Hz}$$

যেহেতু P সুর শলাকাকে ঘষা হয়েছে তাই ঘষার পর এর কম্পাঙ্ক পূর্বের তুলনায় বেড়ে যাবে। কাজেই ঘষার পূর্বে P এর কম্পাঙ্ক $f_P = 515 \text{ Hz}$ বিবেচনা করলে ঘষার পর বীট সংখ্যা একই হবার সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ▶ ২৯ রিনা P ও Q দুটি গ্যাসীয় মাধ্যমে একটি সুরশলাকাকে কাঁপিয়ে তা হতে সৃষ্ট শব্দের দ্রুতি নিয়ে পরীক্ষা করছিল। সে দেখলো মাধ্যম দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.1m এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত যথাক্রমে 0.1 : 0.11। সে আরো দেখলো যে সর্বনিম্ন x দূরত্বে Q মাধ্যমে তরঙ্গটির n সংখ্যক পূর্ণ তরঙ্গ থাকলে P মাধ্যমে এ একই দূরত্বে (n + 1) সংখ্যক পূর্ণ তরঙ্গ থাকবে। [সরকারি পাইওনিয়ার মহিলা কলেজ]

- ব্যাসার্ধ ভেক্টর কাকে বলে? ১
- কেন ঘর্ষণ বল সংরক্ষণশীল নয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- সুরশলাকার 50 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কত দূরত্ব অতিক্রম করে? ৩
- গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে রিনার পরিমাপকৃত x ও n এর মান কিভাবে নির্ণয় করবে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে অন্য কোন বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করার জন্য যে ভেক্টর বিবেচনা করা হয় তাকে ব্যাসার্ধ ভেক্টর বলে।

খ দুটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণের জন্য যে তাপ সৃষ্টি হয় তা একটি অপ্রত্যগামী প্রক্রিয়া। কারণ ঘর্ষণের বিরুদ্ধে যে কাজ হয় তাই তাপে পরিণত হয় এবং ঐ তাপকে কোনোভাবেই কাজে রূপান্তরিত করা যায় না। তাই ঘর্ষণ বল সংরক্ষণশীল নয়।

গ

প্রশ্নমতে, $\lambda_Q > \lambda_P = 0.1$
 বা, $\lambda_Q - \frac{0.1}{0.11} \lambda_Q = 0.1$
 বা, $\lambda_Q \left(1 - \frac{0.1}{0.11}\right) = 0.1$
 বা, $\lambda_Q = \frac{0.1}{0.09}$
 $\therefore \lambda_Q = 1.1 \text{ m}$

আমরা জানি, $S_Q = N\lambda_Q$
 $= 50 \times 1.1 \text{ m}$
 $= 55 \text{ m (Ans.)}$

ঘ প্রশ্নমতে, Q মাধ্যমে, $x = n\lambda_Q$
 $\therefore x = 1.1n \dots\dots\dots (i)$

আবার, $\lambda_P = \frac{0.1}{0.11} \lambda_Q$
 $= \frac{0.1}{0.11} \times 1.1$
 $= 1$

P মাধ্যমে, $x = (n+1)\lambda_P$
 বা, $x = (n+1) \times 1$
 বা, $1.1n = n+1$ [(i) হতে]
 বা, $1.1n - n = 1$
 $\therefore n = 10$

এবং $x = 1.1 \times 10$
 $x = 11$
 $x = 11$ এবং $n = 10$ (Ans.)

প্রশ্ন ▶ ৩০ সরলছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনরত একটি কণার অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $Y = \sin\left(200\pi t + \frac{20\pi x}{17}\right)$, যেখানে x ও y মিটারে এবং t সেকেন্ডে।

- [খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা]
- ক. অনুবাদ কাকে বলে? ১
 খ. বীটের সাহায্যে কিভাবে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়? ২
 গ. উদ্দীপকের তরঙ্গটির বিস্তার, কৌণিক কম্পাঙ্ক ও বেগ নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণের সমাধান কিনা তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কাঁপতে থাকে। এ ঘটনাকে অনুবাদ বলে।

খ বীটের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়। যে খনির বায়ু দূষিত বলে সন্দেহ করা হয় তার কিছু পরিমাণ বায়ু একটি অর্গান নলে নেওয়া হয়। অপর একটি অর্গান নলে বিশুদ্ধ বায়ু নেওয়া হয়। এখন নল দুটিকে একত্রে বাজালে যদি বীটের সৃষ্টি হয় তাহলে বুঝতে হবে বায়ু দূষিত। কারণ বায়ু দূষিত থাকলে তার ঘনত্ব বিশুদ্ধ বায়ুর ঘনত্বের চেয়ে আলাদা হবে। ফলে নলদ্বয় থেকে সৃষ্ট শব্দের কম্পাঙ্কের পার্থক্য থাকবে। কম্পাঙ্কের পার্থক্য থাকায় বীট সৃষ্টি হবে। আর যদি খনির বায়ু বিশুদ্ধ হয় তবে কম্পাঙ্ক একই থাকবে। ফলে বীট সৃষ্টি হবে না।

সুতরাং বীটের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়।

গ দেওয়া আছে, $Y = \sin\left(200\pi t + \frac{20\pi x}{17}\right)$

একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমাণ সমীকরণ $Y = A \sin\left(2\pi ft + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

এর সাথে তুলনা করে পাই, তরঙ্গটির বিস্তার, $A = 1$ মিটার
 কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 2\pi f = 200\pi \text{ rads}^{-1} = 628.32 \text{ rads}^{-1}$

\therefore কম্পাঙ্ক, $f = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ Hz}$ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

$\frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{20\pi x}{17}$ বা, $\lambda = \frac{2\pi x \times 17}{20\pi x} = 1.7 \text{ m}$

\therefore তরঙ্গবেগ, $v = f\lambda = 100 \text{ Hz} \times 1.7 \text{ m} = 170 \text{ ms}^{-1}$

Ans. 1m, 628.32 rads⁻¹, 170 ms⁻¹

ঘ উদ্দীপকের তরঙ্গে কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 200\pi$

$\therefore Y = \sin\left(\omega t + \frac{20\pi x}{17}\right) \dots\dots\dots (i)$

একে t এর সাপেক্ষে পরপর দুইবার ব্যবকলন করি।

$\frac{dY}{dt} = \omega \cos\left(\omega t + \frac{20\pi x}{17}\right)$

বা, $\frac{d^2Y}{dt^2} = -\omega^2 \sin\left(\omega t + \frac{20\pi x}{17}\right) = -\omega^2 Y$ [(i) নং হতে]

$\therefore \frac{d^2Y}{dt^2} + \omega^2 Y = 0$

এটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণ, যেখানে Y দ্বারা সাম্যাবস্থান হতে সরণ বুঝায়।

সুতরাং উদ্দীপকের তরঙ্গটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণের সমাধান।

প্রশ্ন ▶ ৩১ $y_1 = 0.5 \sin \frac{2\pi}{7} (350t - x_1)$

$y_2 = 0.5 \sin \frac{2\pi}{7} (350t - x_2)$

তরঙ্গের রাশিগুলো SI এককে প্রদত্ত।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, জাহানাবাদ, খুলনা]

- ক. দশা কাকে বলে? ১
 খ. কম্পাঙ্ক ও তীক্ষ্ণতার মধ্যে পার্থক্য কী? ২
 গ. যদি $x_1 = -x_2 = 7 \text{ m}$ হয় তবে লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. যদি $x_1 = x_2 = 0$ এবং প্রথম তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5m হয় তবে শব্দ বিজ্ঞানের কোন ঘটনাটি সৃষ্টি হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার বা সরল ছন্দিত স্পন্দন গতিসম্পন্ন কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) যে রাশি দ্বারা প্রকাশ পায় তাকে দশা বলে।

খ কম্পনশীল বা তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণা প্রতি সেকেন্ডে যত সংখ্যক পূর্ণকম্পন বা পূর্ণদোলন সম্পন্ন করে, সেই সংখ্যাকে কম্পাঙ্ক বলে। অপরদিকে, সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রাবল্যের খাদের সুর এবং চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বা পীচ বলে। তীক্ষ্ণতা উৎসের কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভর করে। কম্পাঙ্ক যত বেশি হয়, সুর তত চড়া হয় এবং তীক্ষ্ণতা বা পীচ ততো বেশি হয়।

গ দেওয়া আছে, $y_1 = 0.5 \sin \frac{2\pi}{7} (350t - x_1)$ এবং

$y_2 = 0.5 \sin \frac{2\pi}{7} (350t - x_2)$

লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ: $y = y_1 + y_2$

$x_1 = -x_2 = 7 \text{ m}$ বসিয়ে পাই, উক্ত বিস্তার

$= \cos \frac{2\pi}{7} (-7 - 7) = \cos (-4\pi) = 1 \text{ m (Ans.)}$

ঘ $x_1 = x_2 = 0$ এবং প্রথম তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5 m হলে লব্ধিতরঙ্গের সমীকরণ: $y = y_1 + y_2$

$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{5} (350t) + 0.5 \sin \frac{2\pi}{7} (350t)$

$$\begin{aligned}
&= 0.5 \sin 2\pi (70t) + 0.5 \sin 2\pi (50t) \\
&= 0.5 [\sin 2\pi (70t) + \sin 2\pi (50t)] \\
&= 0.5 \times 2 \sin 2\pi \frac{70+50}{2} t \cos 2\pi \frac{70-50}{2} t \\
&= \sin 2\pi (60t) \cos 2\pi (10t) = \cos 2\pi (10t) \sin 2\pi (60t)
\end{aligned}$$

এখানে, $\cos 2\pi (10t)$ হলো লব্ধিতরঙ্গের বিস্তার (A)

∴ লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ, $y = A \sin 2\pi (60t)$

ইহা একটি বীটের সমীকরণ,

বীটের প্রমিত সমীকরণ,

$$y = 2a \cos \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right\} \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 + f_2}{2} \right) t \right\}$$

এর সাথে প্রাপ্ত লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$$\frac{f_1 - f_2}{2} = 10$$

$$\text{বা, } f_1 - f_2 = 20$$

∴ প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্ট বীট সংখ্যা হবে 20।

সূত্রাং উল্লিখিত ঘটনাটি শব্দ বিজ্ঞানের বীট সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ একটি সুরশলাকা 1.32m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি শব্দ উৎপন্ন করে যা বাতাসে 3 সেকেন্ডে 996 m দূরত্ব অতিক্রম করে। অপর একটি সুরশলাকা 1.34m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। প্রথম শলাকাকে মোমযুক্ত করার পূর্বে ও পরে শলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করলে উদ্ভূত পরিস্থিতি অপরিবর্তিত থেকে যায়।

[ডা: আব্দুর রাজ্জাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর]

ক. বলের ঘাত কী? ১

খ. আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. প্রথম শলাকার কম্পাঙ্ক বের কর। ৩

ঘ. মোমযুক্ত করার পূর্বে ও পরে উদ্ভূত পরিস্থিতি অপরিবর্তিত থাকে কেন, ব্যাখ্যা কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব কম সময়ের জন্য বড় বল ক্রিয়া করলে। বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় আবদ্ধ স্থানের বাষ্পচাপ ধারণ ক্ষমতা নির্দিষ্ট থাকে কিন্তু আবদ্ধ স্থানে যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তবে একই আয়তনে পূর্বের তুলনায় ঐ জায়গায় বেশি পরিমাণে জলীয়বাষ্প থাকতে পারে। ফলে ঐ স্থানের সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ বৃদ্ধি পায়। এজন্যই আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ বৃদ্ধি পায়।

গ

আমরা জানি, $v = f_1 \lambda_1$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$$

$$= \frac{s}{\lambda_1}$$

$$= \frac{996\text{m}}{3\text{sec}}$$

$$= \frac{1.32\text{m}}{1.32\text{m}}$$

$$= 251.51 \text{ Hz (Ans.)}$$

ঘ ২য় শলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = \frac{v}{\lambda_2}$

$$= \frac{996\text{m}}{3\text{ sec}}$$

$$= \frac{1.34\text{m}}{1.34\text{m}}$$

$$= 247.76 \text{ Hz}$$

মোম লাগানোর আগে একত্রে শব্দায়িত করলে বীট উৎপন্ন হয়

$$= 251.51 - 247.76 = 3.74 \approx 4$$

প্রথম শলাকাকে মোমযুক্ত করার ফলে এর ভর বাড়ে ফলে কম্পাঙ্ক কমে যায়। কিন্তু উদ্দীপক অনুসারে উদ্ভূত পরিস্থিতি অপরিবর্তিত থাকে, অর্থাৎ বীট সংখ্যা একই থাকে।

∴ মোমযুক্ত করার পর প্রথম শলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = f_1 - (N \times 2)$

$$= 251.51 - (4 \times 2)$$

$$= 243.76 \text{ Hz}$$

প্রথম শলাকাকে মোমযুক্ত করার পূর্বে ও পরে শলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রথম শলাকার কম্পাঙ্ক কমলেও কম্পাঙ্কের পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ উদ্ভূত পরিস্থিতি অপরিবর্তিত থাকে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ জেবিন পরীক্ষাগারে 660Hz ও 680Hz কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকাকে পৃথকভাবে আঘাত করলে সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.0152m পরিমাপ করল। কিন্তু একই সাথে আঘাত করায় সে কোন বীট শুনতে পেল না। [সিলেট সরকারি মহিলা কলেজ, সিলেট]

ক. স্বর কী? ১

খ. শব্দোচ্চতা তীব্রতার উপর নির্ভরশীল কিন্তু সমানুপাতিক নয়— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পরীক্ষাগারে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সুরশলাকাদ্বয় দ্বারা সৃষ্ট বীট শুনতে না পাওয়ার কারণ এবং বীট শুনতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? বিশেষ-ষণ পূর্বক মতামত ব্যক্ত কর। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দ যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে স্বর বলে।

খ শব্দোচ্চতা বলতে শব্দ কত জোরে হচ্ছে তা বোঝায় আর শব্দের তীব্রতা বলতে আমরা বুঝি শব্দ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তির পরিমাণ। এটি শব্দের তীব্রতার উপর নির্ভরশীল হলেও সমানুপাতিক নয় কেননা তীব্রতা শক্তির দ্বারা প্রকাশ করা হয় বলে এটি একটি পরিমেয় ভৌত রাশি। কিন্তু শব্দোচ্চতাকে নিখুঁতভাবে কোন ভৌত রাশির সাথে সম্পর্কযুক্ত করা সম্ভব নয়। তীব্রতা শ্রোতার কানে যে অনুভূতি সৃষ্টি করে তাই শব্দোচ্চতা কিন্তু তা ব্যক্তি নির্ভর। নির্দিষ্ট তীব্রতার শব্দ ভিন্ন ভিন্ন ব্যক্তির কাছে ভিন্ন ভিন্ন শব্দোচ্চতার মনে হতে পারে।

গ

আমরা জানি, $f_2 > f_1$ হলে

$$\lambda_1 > \lambda_2 \text{ হয়}$$

প্রশ্নমতে, $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.0152$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_1} - \frac{v}{f_2} = 0.0152$$

$$\text{বা, } v \left(\frac{1}{660} - \frac{1}{680} \right) = 0.0152$$

$$\therefore v = 341.09 \text{ ms}^{-1}$$

পরীক্ষাগারে শব্দের বেগ = 341.09 ms⁻¹ (Ans.)

ঘ এখানে, ১ম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 660 \text{ Hz}$

২য় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = 680 \text{ Hz}$

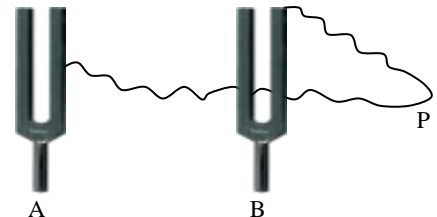
∴ উৎপন্ন বীট সংখ্যা, $N = f_2 - f_1$

$$= 680 - 660$$

$$= 20 \text{ Hz}$$

কিন্তু আমরা জানি, বীটসংখ্যা যদি 10টি এর বেশি হয় তাহলে কোন বীটসংখ্যা শুনতে পাওয়া যায় না। অতএব বীটসংখ্যা কমালে বা তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য বাড়ালে বীট শুনতে পাওয়া যাবে। অর্থাৎ সুরশলাকার দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য কম হলে বীট শুনতে পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪



চিত্রে A এবং B সুর শলাকা হতে উৎপন্ন লম্বিক তরঙ্গ P বিন্দুতে দর্শকের কানে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট উৎপন্ন করে। কিন্তু B কে মোমের প্রলেপ দিলে প্রতি সেকেন্ডে 4টি বীট উৎপন্ন হয়। তা হলে নিম্নের প্রশ্নের উত্তর দাও:

[হিম্মাহানি পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. বীট কি? ১
- খ. তরঙ্গের উপরিপাতন নীতিটি ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A এর কম্পাঙ্ক 512 Hz হলে B এর কম্পাঙ্ক কত? ৩
- ঘ. উভয়কে মোমের প্রলেপ দিলে উৎপন্ন বীটসংখ্যার কি পরিবর্তন হতে পারে— তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান তীব্রতা এবং প্রায় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের লব্ধি প্রাবল্যের হ্রাস-বৃদ্ধির ঘটনাকে বীট বলে।

খ যখন দুটি বা তার বেশি তরঙ্গ একই সঙ্গে একই মাধ্যমের ভেতর দিয়ে এগোতে থাকে তখন এরা একটি অপরটির সাপেক্ষে স্বাধীনভাবে সঞ্চালিত হয়। মাধ্যমের যে অংশে তরঙ্গগুলো উপরিপতিত হয়, সেই অংশে যেকোনো কণার লব্ধিসরণ প্রতিটি তরঙ্গ পৃথকভাবে ঐ কণার যে সরণ সৃষ্টি করে তাদের ভেক্টর যোগফল সমান হয়। এই নীতিকে তরঙ্গের উপরিপাতনের নীতি বলে।

গ B কে মোমের প্রলেপ দিলে এর ভর বাড়ে এবং কম্পাঙ্ক কমে যায় এমতাবস্থায় সুরশলাকাদ্বয়কে একত্রে শব্দায়িত করা হলে যদি প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা কমে যায়, তাহলে বুঝতে হবে, B এর প্রকৃত কম্পাঙ্ক, $f_B > A$ এর কম্পাঙ্ক, f_A

$$\therefore f_B - f_A = \text{প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা } 5\text{s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_B = f_A + 5\text{Hz} = 512 \text{ Hz} + 5\text{Hz} = 517 \text{ Hz} \text{ (Ans.)}$$

ঘ সুরশলাকাদ্বারা উৎপন্ন কম্পাঙ্ক, বাহুর ভরের ব্যস্তত্বনুপাতিক। অর্থাৎ বাহুর ভর বেশি হলে কম্পাঙ্ক কম হয়।

সুরশলাকাদ্বয়ের প্রকৃত কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 512 Hz এবং 517 Hz যা মোটামুটি উচ্চমানের এবং মানে কাছাকাছি। সুতরাং এদের বাহুতে সমপরিমাণ মোম লাগানো হলে এদের প্রত্যেকের কম্পাঙ্ক প্রায় সমান পরিমাণে কমবে। তখন এদেরকে একসাথে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা পূর্বের (5s^{-1}) ন্যায় হবে।

কিন্তু A এর তুলনায় B এর বাহুতে বেশি মোম লাগালে A এর তুলনায় B এর কম্পাঙ্ক বেশি হ্রাস পাবে। যেহেতু B-এর আদি কম্পাঙ্ক A-এর আদি কম্পাঙ্কের তুলনায় বেশি, তাই তখন প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা 5 এর চেয়ে কম হবে, যদি B এর পরিবর্তিত কম্পাঙ্ক $> A$ এর পরিবর্তিত কম্পাঙ্ক হয়।

আবার, A এর তুলনায় B এর বাহুতে কম মোম লাগালে A এর তুলনায় B এর কম্পাঙ্ক কম হ্রাস পাবে। তাই তখন প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীটসংখ্যা 5-এর চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ৩৫ অয়ন পুকুরে ঢিল ছুঁড়ে ঢেউ তৈরি করে লক্ষ্য করল ঢেউগুলো 5m/s বেগে পাড়ের দিকে ছুটে যাচ্ছে এবং ঢেউগুলো পানির স্থির তল হতে 5cm উপরে নিচে উঠানামা করছে। অয়ন আরও লক্ষ্য করল ঢেউগুলোর এক চুড়া হতে অপর চুড়ার দূরত্ব 20 cm।

[বেপজা পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. ডায়াটোনিক স্বরগ্রাম কাকে বলে? ১
- খ. সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের আলোকে সৃষ্ট তরঙ্গটির সাধারণ সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ৩
- ঘ. ঢিলটি পানিতে পড়ার স্থান থেকে 5m দূরে 10s পর কম্পমান কণার তাৎক্ষণিক বেগ এবং তরঙ্গবেগ তুলনা কর। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি বিশেষ সুর ও এর দ্বিগুণ কম্পাঙ্কের অপর একটি সুর নির্বাচিত করে, দুই সুরের মধ্যবর্তী ব্যবধানকে আরো ছয়টি সুরে বিভক্ত করে, মোট আট সুরের যে স্বরগ্রাম প্রস্তুত করা হয়, তাকে ডায়াটোনিক স্বরগ্রাম বলে।

খ আমরা জানি, কোনো স্বরে যেসব বিভিন্ন সুর থাকে, তাদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম, তাকে মূল সুর বলে। অন্যান্য সুর, যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি, তাদের উপসুর বলে। আবার, উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে হারমোনিক বলে। তাই সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

গ দেওয়া আছে, তরঙ্গ বেগ, $v = 5\text{ms}^{-1}$

$$\text{বিস্তার, } A = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ সৃষ্ট তরঙ্গটির সাধারণ সমীকরণ : } y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

$$\text{বা, } y = (0.05 \text{ m}) \sin \frac{2\pi}{0.2 \text{ m}} \{ (5 \text{ ms}^{-1}) t - x \} \text{ (Ans.)}$$

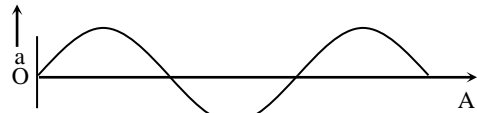
ঘ তাৎক্ষণিক বেগের সমীকরণ: $v' = \frac{dy}{dt}$

$$= (0.05 \text{ m}) \frac{2\pi}{0.2 \text{ m}} (5 \text{ ms}^{-1}) \times \cos \frac{2\pi}{0.2 \text{ m}} \{ (5 \text{ ms}^{-1}) t - x \}$$

\therefore ঢিল পড়ার স্থান হতে 5m দূরে 10s পর কম্পমান কণার তাৎক্ষণিক

$$\begin{aligned} \text{বেগ, } v' &= (0.05 \text{ m}) \frac{2 \times 3.1416}{0.2 \text{ m}} (5 \text{ ms}^{-1}) \times \cos \frac{2 \times 3.1416}{0.2 \text{ m}} \{ (5 \text{ ms}^{-1}) 10\text{s} - 5\text{m} \} \\ &= 7.854 \text{ ms}^{-1} \cos(1413.72 \text{ rad}) \\ &= 7.854 \text{ ms}^{-1} \times 0.9999945 \\ &\approx 7.854 \text{ ms}^{-1}, \text{ যা তরঙ্গবেগের তুলনায় বেশি।} \end{aligned}$$

প্রশ্ন ৩৬



উপরের তরঙ্গ নির্দেশক সমীকরণটি হলো $Y = 10 \sin(10t - 2\pi x)$

[আছাবাদ মহিলা কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১
- খ. দশা পার্থক্য ও পথ পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক কী? ২
- গ. উপরের সমীকরণ থেকে তরঙ্গের বিস্তার, কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গবেগ কত বের কর। ৩
- ঘ. উপরের তরঙ্গের ঠিক বিপরীত একই ধরনের একটি তরঙ্গ উপরিপাতিত হলে OA অংশে কীরূপ তরঙ্গের সৃষ্টি হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের উপরস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সাধারণ সঞ্চারণপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ দশা পার্থক্য (σ) ও পথ পার্থক্যের (δ) মধ্যে সম্পর্ক হলো:

$$\frac{\sigma}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda} \therefore \text{ দশা পার্থক্য} = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ পথপার্থক্য}$$

গ প্রদত্ত সমীকরণ $Y = 10 \sin(10t - 2\pi x)$

$$\text{একে অগ্রগামী তরঙ্গের প্রমিত সমীকরণ } Y = A \sin \left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

এর সাথে তুলনা করে পাই, তরঙ্গের বিস্তার, $A = 10 \text{ m}$

$$2\pi ft = 10t \therefore f = \frac{10t}{2\pi t} = 1.59 \text{ Hz}$$

$$2\pi x = \frac{2\pi x}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{2\pi x}{2\pi x} = 1\text{m}$$

তাহলে তরঙ্গবেগ, $v = f\lambda = 1.59 \text{ Hz} \times 1\text{m} = 1.59 \text{ ms}^{-1}$

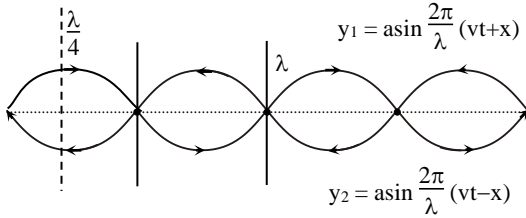
10m, 1.59 Hz, 1.59 ms^{-1} (Ans.)

ঘ. বিপরীত তরঙ্গের সমীকরণ : $Y_2 = 10 \sin(10t + 2\pi x)$

লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ: $Y = Y_1 + Y_2$

$$\begin{aligned} &= 10 \sin(10t - 2\pi x) + 10 \sin(10t + 2\pi x) \\ &= 10[\sin(10t - 2\pi x) + \sin(10t + 2\pi x)] \\ &= 10(2) \sin(10t) \cos(2\pi x) \\ &= (20 \cos 2\pi x) \sin(10t) \end{aligned}$$

প্রশ্ন ৩৭



[কুমিল-১ সরকারি কলেজ, কুমিল-১]

ক. ডেসিবেল কী? ১

খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে g এর মান কেমন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয়ের সাথে $y = 0.8 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$ তরঙ্গ তুলনা করে তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের $\frac{\lambda}{4}$ ও λ দূরত্বে তরঙ্গদ্বয়ের লব্ধি বিস্তারের মান কেমন হবে গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. শব্দের তীব্রতা যখন $10^{0.1}$ গুণ বৃদ্ধি পায় তখন শব্দোচ্চতা যে পরিমাণ বাড়ে তাকে 1 ডেসিবেল বলে।

খ. ভূপৃষ্ঠ হতে d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান,

$$g' = g \left(1 - \frac{d}{R} \right); \text{ এখানে } g \text{ হলো ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ।}$$

পৃথিবীর কেন্দ্রে $d = R$

$$\text{সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্রে } g' = g \left(1 - \frac{R}{R} \right) = 0 \text{ ms}^{-2}$$

\therefore পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য।

গ. প্রদত্ত তরঙ্গ $y = 0.8 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$

$$= 0.8 \sin \frac{2\pi}{30} (30t - x)$$

$$= 0.8 \sin \frac{2\pi}{30} (100t - x)$$

একে উদ্দীপকের তরঙ্গ $y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

তরঙ্গবেগ, $v = 100 \text{ ms}^{-1}$ (Ans.)

ঘ. লব্ধি তরঙ্গ, $y = y_1 + y_2 = a \left\{ \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) + \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \right\}$

$$= a.2 \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x \right)$$

$$= 2a \sin(2\pi ft) \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

$$= 2a \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \sin(2\pi ft)$$

$A = 2a \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right)$ রাশিটি দ্বারা লব্ধি বিস্তার বুঝায়।

প্রশ্ন ৩৮ অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$

উক্ত সমীকরণে ব্যবহৃত সকল রাশি এস.আই. এককে প্রদত্ত।

[সরকারি বরিশাল কলেজ]

ক. উপরিপাতন নীতিটি লিখ। ১

খ. শব্দের বেগ v , কম্পাঙ্ক n হলে তরঙ্গের দৈর্ঘ্যের সাথে শব্দের বেগের সম্পর্কের সমীকরণ বের কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের বেগ, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও বিস্তার নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একটি সীমাবদ্ধ মাধ্যমে উপরোক্ত সমীকরণের ন্যায় তরঙ্গ সৃষ্টি করে, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ প্রতিপাদন করে শর্তের মান নির্ণয় কর। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কোন কম্পনশীল কণার একটি পূর্ণ কম্পন হতে যে সময় লাগে, সেই সময়ে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ বলে। পর্যায়কাল T হলে, T সময়ে তরঙ্গ অতিক্রম করে λ দূরত্ব

\therefore একক সময়ে তরঙ্গ অতিক্রম করে $\frac{\lambda}{T}$ দূরত্ব

কিন্তু তরঙ্গ একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ বেগ v বলে।

$$\therefore v = \frac{\lambda}{T}$$

আবার কম্পনশীল বস্তু একক সময়ে যতগুলো পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে তাকে কম্পাঙ্ক n বলে।

$$\therefore n = \frac{1}{T}$$

$$\text{সুতরাং } \therefore v = \frac{\lambda}{T} = n\lambda \dots \dots (17.2)$$

অর্থাৎ তরঙ্গ বেগ = কম্পাঙ্ক \times তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

গ. দেওয়া আছে, $y = 0.5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$

$$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{30} (100t - x) \text{ সমীকরণটিকে } y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \text{ এর সাথে}$$

তুলনা করে পাই, বেগ, $v = 100 \text{ m/s}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 30 \text{ m}$

বিস্তার, $a = 0.5 \text{ m}$

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y_1 = 0.5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$$

উক্ত তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে স্থির তরঙ্গের সৃষ্টি হয়।

\therefore লব্ধি সরণ, $y = y_1 + y_2$

$$\text{বা, } y = 0.5 \sin \frac{2\pi}{30} (100t - x) + 0.5 \sin \frac{2\pi}{30} (100t + x)$$

$$\text{বা, } y = 0.5 \left[\sin \frac{2\pi}{30} (100t - x) + \sin \frac{2\pi}{30} (100t + x) \right]$$

$$\text{বা, } y = 0.5 \times 2 \sin \frac{2\pi}{30} \frac{100t - x + 100t + x}{2} \cdot \cos \frac{2\pi}{30} \frac{100t - x - 100t - x}{2}$$

$$\text{বা, } y = \sin \frac{2\pi}{30} \cdot 100t \cos \frac{2\pi}{30} x$$

$$\text{বা, } y = A \sin \frac{2\pi}{30} (100t) \dots \dots \dots (i)$$

এখানে, $\cos \frac{2\pi}{30} x = A =$ লব্ধি বিস্তার

(i) নং সমীকরণটি একটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ। তরঙ্গটির উপর যেসকল বিন্দুতে বিস্তার সর্বাধিক অর্থাৎ $\pm 2 \times 0.5 = \pm 1$ সেসকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

∴ সুস্পন্দ বিন্দুর শর্ত হল,

$$A = \pm 1$$

$$\text{বা, } \cos \frac{2\pi}{30} x = \pm 1$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi x}{30} = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

$$\text{বা, } x = 0, 15, 30, 45 \dots$$

অর্থাৎ, স্থির তরঙ্গের 0m, 15m, 30m, 45m ইত্যাদি দূরে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

নিষ্পন্দ বিন্দুর শর্ত হল, $A = 0$

$$\text{বা, } \cos \frac{2\pi}{30} x = 0$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi x}{30} = \frac{\pi}{2}, 3\frac{\pi}{2}, 5\frac{\pi}{2}, \dots$$

$$\therefore x = 7.5, 22.5, 37.5 \dots$$

অর্থাৎ, স্থির তরঙ্গের 7.5 m, 22.5 m, 37.5 m ইত্যাদি দূরে নিষ্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ $Y = 100 \sin \pi(100t - 5x)$ তরঙ্গটি সামনে বাধা পেয়ে ফিরে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় একই পথে বিপরীত দিকে ফিরে এসে একটি স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে। [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি কাকে বলে? ১

খ. তীব্রতার লেভেল 45dB বলতে কি বুঝে? ২

গ. তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ কত? ৩

ঘ. সুস্পন্দ ও নিষ্পন্দ বিন্দুর অবস্থান একই দূরত্বে হবে কি? উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোন মাধ্যমের কোন বিন্দুতে একই সাথে দুটি তরঙ্গ আপতিত হয় তখন প্রত্যেক তরঙ্গের প্রভাবে সাম্যাবস্থা হতে মাধ্যমে কণার সরণ হয়। এই কণার লব্ধি সরণ প্রত্যেক তরঙ্গের জন্য কণার সরণের ভেক্টর সমষ্টির সমান। একে তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি বলে।

খ তীব্রতা লেভেল 45 dB বা 4.5 B বলতে বোঝায় যে, উক্ত শব্দের তীব্রতা (log স্কেলে) প্রমাণ তীব্রতার 4.5 গুণ।

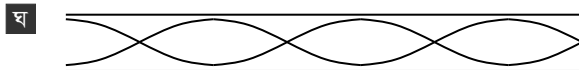
অর্থাৎ উক্ত শব্দের তীব্রতা I' হলে,

$$45 = 10 \log \frac{I'}{10^{-12}} \text{ হয়।}$$

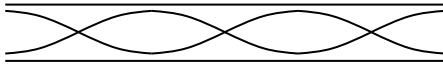
গ প্রদত্ত সমীকরণ, $y = 100 \sin \pi(100t - 5x)$ m

$$\text{বা, } y = 100 \sin 5\pi(20t - x)$$

একে তরঙ্গের প্রমিত সমীকরণ $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, তরঙ্গ বেগ, $v = 20 \text{ ms}^{-1}$



চিত্র-ক (শক্ত বাধায় প্রতিফলিত হয়ে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গ)



চিত্র-খ (মুক্ত প্রান্তে প্রতিফলিত হয়ে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গ)

উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের সমীকরণ;

$$y_1 = 100 \sin \pi(100t - 5x) \text{ m}$$

প্রতিফলিত তরঙ্গের সমীকরণ;

$$y_2 = 100 \sin \pi(100t + 5x) \text{ m}$$

∴ লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ;

$$y = y_1 + y_2$$

$$\text{বা, } y = 100 \{ \sin \pi(100t - 5x) + \sin \pi(100t + 5x) \}$$

$$\text{বা, } y = 100 \times 2 \sin \frac{100t - 5x - 100t - 5x}{2} \cos \pi \frac{100t - 5x - 100t + 5x}{2}$$

$$\text{বা, } y = 200 \sin 100\pi t \cos 5\pi x$$

$$\therefore y = A \sin 100\pi t \dots\dots\dots (i)$$

$$\therefore 200 \cos 5\pi x = 0$$

$$\text{বা, } x = \frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \frac{5}{10}, \dots\dots\dots$$

অর্থাৎ, 0.1 m, 0.3 m, 0.5 m ইত্যাদি দূরে নিষ্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

সুতরাং, সুস্পন্দ ও নিষ্পন্দ বিন্দুর অবস্থান একই দূরত্বে হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪০ আদিব ও সুনান দুই বন্ধু পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে দুটি সুর শলাকা নিয়ে তরঙ্গ সৃষ্টি করল। আদিবের সৃষ্ট তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 20m ও বিস্তার 2m এবং সুনানের সৃষ্ট তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 15m ও বিস্তার 2m। ঐ দিনের কক্ষ তাপমাত্রা ছিল 8°C।

[বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ, বরিশাল]

ক. দশা কী? ১

খ. সমবেগে চললিফটে সরল দোলকের দোলনকালের কীরূপ পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. আদিবের সৃষ্ট তরঙ্গটিকে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণরূপে প্রকাশ কর। ৩

ঘ. আদিব ও সুনানের তরঙ্গ দুটির উপরিপাতন ঘটালে বিস্তার সময়ের উপর নির্ভর করবে কি-না? গাণিতিক যুক্তি উপস্থাপন কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের উপরিস্থিতি কোন কণার গতির সম্যক অবস্থাকে দশা বলে।

খ সমবেগে চললিফটে অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান ত্বরণ কাজ করে। সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ হলো $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ । সুতরাং সমবেগে চললিফটে ত্বরণ অপরিবর্তিত থাকায় সরল দোলকের দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকে।

গ এখানে, আদিবের সৃষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 20\text{m}$

আদিবের সৃষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিস্তার, $a = 2\text{m}$

$$28^\circ\text{C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, } v = (332 + 0.6 \times 28) \text{ ms}^{-1} \\ = 348.8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, } y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$$

সমীকরণ (i) এ প্রদত্ত মানগুলো বসিয়ে পাই,

$$y = 2 \sin \frac{2\pi}{20}(348.8t - x)$$

$$\therefore y = 2 \sin(109.523t - 0.314x) \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, আদিবের তরঙ্গের বিস্তার, $a_1 = 2\text{m}$

আদিবের তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 20\text{m}$

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

সুনানের তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 15\text{m}$

28°C তাপমাত্রায় শব্দের বেগ, $v = (332 + 0.6 \times 28) = 348.8 \text{ ms}^{-1}$ মনে করি, আদিবের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক n_1 ও সুনানের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক n_2 ।

আদিবের তরঙ্গের সমীকরণ, $y_1 = a_1 \sin 2\pi n_1 t$

সুনানের তরঙ্গের সমীকরণ, $y_2 = a_2 \sin 2\pi n_2 t$

এই তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গের সরণ y হলে,

$$y = y_1 + y_2$$

$$\text{বা, } y = a_1 \sin 2\pi n_1 t + a_2 \sin 2\pi n_2 t$$

$$\text{বা, } y = \left\{ 4 \cos 2\pi \left(\frac{n_2 - n_1}{2} \right) t \right\} \sin 2\pi \left(\frac{n_1 + n_2}{2} \right) t$$

$$\text{লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার, } A = 4 \cos 2\pi \left(\frac{n_2 - n_1}{2} \right) t$$

∴ সুরশলাকাদ্বয়ের n_1 ও n_2 নির্দিষ্ট।

সুতরাং, দেখা যায় যে, তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতন ঘটলে লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার সময়ের উপর নির্ভরশীল।

অধ্যায়টির গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর
(নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্ন বিশেষ-ষণে প্রাপ্ত)

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. যান্ত্রিক তরঙ্গ কী?

উত্তর: তরল বা গ্যাসীয় এবং কঠিন মাধ্যমে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে যান্ত্রিক তরঙ্গ বলে।

প্রশ্ন-২. সরল দোল তরঙ্গ কী?

উত্তর: মাধ্যমের কণাগুলো সরল দোল গতিতে কম্পিত হলে যে তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তাকে সরল দোল তরঙ্গ বলে।

প্রশ্ন-৩. পূর্ণ কম্পন কী?

উত্তর: কম্পমান বস্তু একটি বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে আবার একই দিক হতে সে বিন্দুতে ফিরে এলে একে পূর্ণ কম্পন বলে।

প্রশ্ন-৪. তরঙ্গের দশা কাকে বলে?

উত্তর: তরঙ্গস্থিত কোনো একটি কণার কোনো মুহূর্তের অবস্থান এবং তার গতির অবস্থার ও দিক যার দ্বারা নির্দেশ করা হয় তাকে দশা বলে।

প্রশ্ন-৫. আদি দশা কী?

উত্তর: কোনো একটি কম্পমান বস্তু যে দশা নিয়ে কম্পন শুরু করে তাকে আদি দশা বলে।

প্রশ্ন-৬. তরঙ্গ শীর্ষ কাকে বলে?

উত্তর: আড় তরঙ্গের ক্ষেত্রে এর ধনমুখ দিকে এক তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বাধিক সরণের বিন্দুকে তরঙ্গ শীর্ষ বলে।

প্রশ্ন-৭. তরঙ্গ পাদ কী?

উত্তর: আড় তরঙ্গের ক্ষেত্রে এর ঋণ্মুখ দিকে এক তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সর্বাধিক সরণের বিন্দুকে তরঙ্গ পাদ বলে।

প্রশ্ন-৮. তরঙ্গের লুপ কী?

উত্তর: পরপর নিঃস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী অংশকে লুপ বলে।

প্রশ্ন-৯. অনুনাদ কী?

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

প্রশ্ন-১০. স্বর কম্পন কাকে বলে?

উত্তর: সমান বা প্রায় সমান তীব্রতা এবং প্রায় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের লব্ধি প্রাবল্যের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটনাকে বিট বা স্বরকম্প বলে।

প্রশ্ন-১১. টোনিক কাকে বলে?

উত্তর: সর্বাপেক্ষা কম কম্পাঙ্কের সূচনা সুরকে টোনিক বলে।

প্রশ্ন-১২. ত্রয়ী কী?

উত্তর: তিনটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত ৫ : ৪ : ৫ : ৬ হলে তাদের সমন্বয়ে যে সুরযুক্ত শব্দের উৎপত্তি হয় তাকে ত্রয়ী বলে।

প্রশ্ন-১৩. সলো কী?

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

প্রশ্ন-১৪. অর্কেস্ট্রা কী?

উত্তর: যখন একাধিক বাদ্যযন্ত্র একত্রে বাজিয়ে একটি সমতান অথবা মেলোডি অথবা সনাতন মেলোডি উভয়ই উৎপন্ন করে তখন তাকে অর্কেস্ট্রা বলে।

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

প্রশ্ন-১. অগ্রগামী তরঙ্গের ৪টি বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর: অগ্রগামী তরঙ্গের ৪টি বৈশিষ্ট্য:

- অগ্রগামী তরঙ্গ মাধ্যমের ঘনত্ব ও স্থিতিস্থাপকতার উপর নির্ভর করে। এক বিশেষ গতিবেগে ইহা মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়।
- মাধ্যমের কণাগুলো সাম্যাবস্থানের সাপেক্ষে একই কম্পাঙ্ক ও বিস্তারে কম্পিত হয়। তরঙ্গ গতির অভিমুখের সাপেক্ষে এ কম্পন আড় অথবা অনুদৈর্ঘ্য হতে পারে।
- অগ্রগামী তরঙ্গের প্রবাহে মাধ্যমের চাপ ও ঘনত্বের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

iv. কণার কম্পনের দশা, তরঙ্গের বিস্তার রেখা বরাবর পরবর্তী কণাতে স্থানান্তরিত হয় এবং এ রেখা বরাবর দুইটি কণার দশা পার্থক্য তাদের দূরত্বের সমানুপাতিক।

প্রশ্ন-২. তরঙ্গের ব্যতিচার বলতে কী বুঝ?

উত্তর: দুটি বা ততোধিক তরঙ্গ একই দিকে চলতে থাকলে এদের উপরিপাতনের ফলে কখনো তীব্রতা খুব বেড়ে যায় অথবা কখনো তীব্রতা কমে যায় বা একেবারে শূন্য হয়ে যায়। এ ঘটনাকে তরঙ্গের ব্যতিচার বলে। ব্যতিচারের ক্ষেত্রে শব্দ তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্ক ও বিস্তার প্রায় সমান হয়। একই দিকে চলমান দুটি শব্দ তরঙ্গ যে স্থানে উপরিপাতনের ফলে একই দশায় মিলিত হয় সেখানে শব্দের তীব্রতা বেশি হয় যেখানে তরঙ্গ দুটি বিপরীত দশায় মিলিত হয় সেখানে শব্দের তীব্রতা সর্বনিম্ন হয়।

প্রশ্ন-৩. তরঙ্গের তীব্রতা কী- ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: কোনো তরঙ্গের সমকোণে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে এক সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে ঐ তরঙ্গের তীব্রতা বলে। একে I দ্বারা সূচিত করা হয়।

তরঙ্গের তীব্রতা, $I = \text{শক্তি ঘনত্ব} \times \text{তরঙ্গ বেগ}$

গাণিতিকভাবে দেখানো যায় যে, $I = 2\rho\pi^2a^2n^2v$

এখানে, ρ মাধ্যমের ঘনত্ব

n তরঙ্গের কম্পাঙ্ক

a তরঙ্গের বিস্তার এবং

v তরঙ্গের বেগ।

প্রশ্ন-৪. কোন তরঙ্গের ক্ষেত্রে কণাগুলোর বিস্তার অসমান ব্যাখ্যা কর?

উত্তর: স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে কণাগুলোর বিস্তার অসমান হয়।

স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে কোনো কোনো বিন্দুতে বস্তুকণার বিস্তার শূন্য এবং কোনো কোনো বিন্দুতে বিস্তার সর্বাধিক। যে বিন্দুগুলোতে বিস্তার সর্বাধিক তাদেরকে সুস্পন্দ বিন্দু এবং যে সকল বিন্দুতে বিস্তার শূন্য তাদেরকে নিঃস্পন্দ বিন্দু বলে।

প্রশ্ন-৫. ‘শব্দ একটি অগ্রগামী লম্বিক তরঙ্গ’ - ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: আমরা জানি, বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ উৎপন্ন হয়। আবার বস্তুকণার কম্পনের ফলে তরঙ্গের উদ্ভব ঘটে। সুতরাং উৎস অনুসারে শব্দ ও তরঙ্গ একই অর্থাৎ, শব্দকে তরঙ্গ বলা যায়। শব্দ অগ্রগামী তরঙ্গের ন্যায় জড় ও স্থিতিস্থাপক মাধ্যমে ক্রমাগত অগ্রসর হয়। আবার শব্দ তরঙ্গ বায়বীয় মাধ্যমের স্ফীতসঙ্কোচের পর্যায়ক্রমিক সংকোচন ও প্রসারণ দ্বারা সঞ্চালিত হয়। একই পদ্ধতিতে লম্বিক তরঙ্গও সঞ্চালিত 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।

প্রশ্ন-৬. সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।

উত্তর: সুরযুক্ত শব্দের তিনটি বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান। যথা-

- তীব্রতা বা প্রাবল্য
- তীক্ষ্ণতা এবং
- গুণ বা জাতি।

প্রশ্ন-৭. স্বরকম্পের কয়েকটি প্রয়োগ উল্লেখ কর।

উত্তর: বিট বা স্বরকম্পের তিনটি বহুল প্রচলিত প্রয়োগ আছে। এগুলো নিচে দেওয়া হলো-

- স্বরকম্পের সাহায্যে সুরশলাকার অজ্ঞাত কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।
 - স্বরকম্পের সাহায্যে খনিতে দূষিত বাতাসের অসিদ্ধ নির্ণয় করা যায়।
 - বাদ্যযন্ত্রাদির সুর নির্ণয় করা যায়।
- প্রশ্ন-৮. আরোপিত কম্পন বলতে কী বোঝায়?

উত্তর: নির্দিষ্ট সময় অন্দ্র যদি কোনো পরিবর্তনশীল বলের মান এবং দিক একই থাকে তাহলে এ বলকে পর্যাবৃত্ত বল বলে। এ পর্যাবৃত্ত বল কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত হলে বস্তুটি প্রথমে তার নিজস্ব স্বাভাবিক কম্পাঙ্কে কম্পিত হওয়ার চেষ্টা করে। কিন্তু কিছুক্ষণ অনিয়মিতভাবে

কম্পিত হওয়ার পর বস্তুটি প্রযুক্ত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্কে স্পন্দিত হতে থাকে। পর্যাবৃত্ত বল যতক্ষণ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল থাকে বস্তুটি ততক্ষণ প্রযুক্ত বলের কম্পাঙ্কে স্পন্দিত হতে থাকে। এই ধরনের কম্পনকে পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন বলে।