তরঙ্গ

নবম অধ্যায়

পদার্থবিজ্ঞান - প্রথম পত্র

সৃজনশীল নমুনা প্রশ্ন ও উত্তর

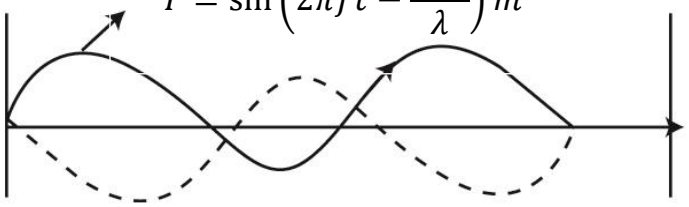
বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ

চট্টগ্রাম ইপিজেড

প্রিয় শিক্ষার্থীরা, এই অধ্যায়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। প্রতি বছরই এই অধ্যায় থেকে বোর্ড পরীক্ষায় রচনামূলক প্রশ্ন থাকে। তাই অধ্যায়টি অত্যন্ত যত্নসহকারে অধ্যয়ন করবে।

অধ্যায় : তরঙ্গ

১। $Y = \sin\left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) m$



উদ্দীপকের তরঙ্গটি বাধা পেয়ে প্রতিফলিত হয়ে একই পথে বিপরীত দিকে ফিরে এসে একটি নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হলো।

[সব কয়টি রাশি SI এককে প্রকাশিত]

ক) দশা কী ? ১

খ) শব্দের তীব্রতা লেবেল 20dB বলতে কী বুঝ ? ২

গ) উদ্দীপকের তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ? ৩

ঘ) উদ্দীপকে সৃষ্ট নতুন তরঙ্গটিতে সর্বোচ্চ বিস্তারের অবস্থানগুলো নির্ণয় করা সম্ভব কিনা – গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর : ক) দশা হলো কোনো একটি কম্পমান বস্তুর যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা।

খ) কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার শব্দের শব্দোচ্চতার পার্থক্যকে তীব্রতা লেভেল বলে। কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেল 20 dB বলতে বুঝায়:

১. দুটি নির্দিষ্ট কম্পাংকের শব্দোচ্চতার পার্থক্য 20 dB যেখানে একটি প্রমাণ তীব্রতার শব্দের শব্দোচ্চতা।

২. কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমের দশ গুণ 20 dB এর সমান।

গ) উদ্দীপকের তরঙ্গের সমীকরণ,

$Y_1 = 100 \sin \pi (100t - 5x)$

$= 100 \sin (100 \pi t - 5\pi x)$ ..... (i)

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $Y = \sin\left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$

i) নং ও (ii) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$5\pi = \frac{2\pi}{\lambda}$

বা $5\lambda = 2$

$\therefore \lambda = \frac{2}{5}$ m = 0.4 m

অতএব, উদ্দীপকের তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.4 m।

ঘ) উদ্দীপকের তরঙ্গের সমীকরণ,

$Y_1 = 100 \sin \pi (100t - 5x)$

নতুন তরঙ্গের সমীকরণ হবে,

$Y_2 = - 100 \sin \pi (100t + 5x)$,

লব্দি সরণ, $Y = Y1 + Y2$

$= 100 \sin \pi (100t - 5x) - 100 \sin \pi (100t + 5x)$

$= 100 [\sin \pi (100T - 5x) - \sin \pi (100t + 5x)]$

$= 100 [2 \cos \pi (100t) \sin \pi (5x)]$

$= 200 \cos (100 \pi t) \sin (5\pi x)$

$Y = A \cos (100\pi t)$; যেখানে $A = 200 \sin (5\pi x)$

২। একটি উৎসের অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 0.3sin\left(100\pi t - \frac{\pi x}{20}\right) cm$ এবং এটি উৎস থেকে 20 m দূরের একটি দেওয়ালের দিকে চলমান ছিল যেখান থেকে প্রতিফলিত হবে।

ক) মূল সূর কাকে বলে ? ১

খ) অল্প ভর সংযুক্ত করে কিভাবে অজানা শুর শলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়? ২

গ) উদ্দীপকের অগ্রগামী তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ) উৎস ও দেওয়ালের মধ্যবিন্দুতে কী ঘটবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও। ৪

উত্তর : ক) কোনো স্বরে উপস্থিত সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট সুরটিই মূল সূর।

খ) একটি সুতার এক প্রান্তকে সুরশলাকার এক বাহুতে বেঁধে অপর প্রান্তকে একটি কপিকলের উপর দিয়ে নিয়ে কোনো ভর ঝুলিয়ে দিয়ে সুতাটিকে টানটান রেখে সুরশলাকে কম্পিত করলে এর কম্পনের দিকের উপর নির্ভর করে সুতায় দুই ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হতে পারে। যদি সুরশলাকার কম্পনের দিক সুতার দৈর্ঘ্যের সমান্তরাল হয় তখন সুতায় লম্বিক তরঙ্গের সৃষ্টি হয় এবং সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, N সুতার কম্পাঙ্ক, n এর দ্বিগুণ হয়। যদি সুরশলকার কম্পনের দিক সুতার দৈঘ্যের লম্বদিকে হয় তখন সুতায় আড় তরঙ্গের সৃষ্টি হয় এবং সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, N সুতার কম্পাঙ্ক, n এর সমান হয়। এভাবে ভর যুক্ত করে অজানা সুর শলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

গ) এখানে $y = 0.3sin\left(100\pi t - \frac{\pi x}{20}\right) cm$

এই সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ $y = asin\left(\frac{2\pi}{\lambda}vt - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

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

বা $\lambda = 40\text{cm}$

আবার, $\frac{2\pi}{\lambda}v = 100\pi$

বা $\frac{2\pi}{40}v = 100\pi$

বা, $v = \frac{100\pi \text{ x } 40}{2\pi} = 2000 \text{ c m s}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}$

অতএব, উদ্দীপকের তরঙ্গের বেগ 20 m s^{-1}

ঘ) এখানে, তরঙ্গের বেগ $v = 20 \text{ m s}^{-1}$

তরঙ্গ দৈঘ্য, $\lambda = 0.4\text{m}$

$\therefore$ কম্পাঙ্ক, $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{20 \text{ m s}^{-1}}{0.4 \text{ m}} = 50 \text{ Hz}$

এখানে, $20 < f < 20000$

আবার, উৎস থেকে দেয়ালের দূরত্ব, $d = 20\text{m}$

এখন, উৎস ও দেয়ালের মধ্যবিন্দু M

দেয়াল থেকে $d_1 = \frac{d}{2} = \frac{20 \text{ m}}{2} = 10 \text{ m}$ দূরে অবস্থিত। M বিন্দুতে শব্দের প্রতিধ্বনি শোনার সময় t হলে,

$t = \frac{2 d_1}{v} = \frac{2 \text{ x } 10 \text{ m}}{20 \text{ m s}^{-1}} = 1 \text{ s}$

শব্দটি উৎস থেকে গিয়ে দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে M বিন্দুতে ফিরে আসতে মোট সময় লাগে = $(\frac{10}{20} + 1)$ s =1.5s

অতএব, শব্দটি সৃষ্টি হওয়ার 1.5 s পর উৎস ও দেয়ালের মধ্যবিন্দুতে প্রতিধ্বনি শোনা যাবে।

৩। একদিন আবির দুটি 640 Hz ও 480 Hz এর সুরশলাকা দিয়ে বায়ুতে শব্দ উৎপন্ন করে। যে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.18 m পেল। একই সময়ে প্রবীর 320 Hz এর একটি সুর শলাকা দিয়ে পানিতে ও বায়ুতে শব্দ তৈরি করল। সে 4.32 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য পেল। এটি দিয়ে সে বায়ুতে ও পানিতে শব্দের বেগ পরিমাণ করল।

ক) তীব্রতা লেভেল কী ? ১

খ) 'সকল অনুনাদই পরবশ কম্পন, কিন্তু সকল পরবশ কম্পন অনুনাদ নয়।" ব্যাখ্যা কর। ২

গ) আবিরের কর্মকাণ্ড থেকে বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ) প্রবীরের পরীক্ষায় দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগের অনুপাত কি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর : ক) কোনো শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমই হলো ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল।

খ) কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পক্ষম বস্তুর নিকট আনলে দ্বিতীয় বস্তুটিতে কম্পন শুরু হয়। একে পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন বলে। কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে। অনুনাদ হলো পরবশত কম্পনের একটি বিশেষ রূপ। কাজেই সব অনুনাদই পরবশ কম্পন, কিন্তু সব পরবশ কম্পন অনুনাদ নয়।

গ) এখানে, সুরশলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক,

$f_1 = 640$ Hz, $f_2 = 480$ Hz

শলাকাদ্বয় দ্বারা P মাধ্যমে সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য

$\lambda_2 - \lambda_1 = 0.18$ m .....(1)

P মাধ্যমে শব্দের বেগ, v?

P মাধ্যমে উভয় শব্দ তরঙ্গের বেগ একই এবং মনে করি, তা ---

$\therefore v = f_1\lambda_1 = f_2\lambda_2$ .....(2)

এখন 640 Hz > 480 Hz অর্থাৎ $f_1 > _2$ হওয়ায় (2) নং হতে পাই, $f_2 > \lambda_1$

$\therefore$ নং হতে পাই , $f_2 - \lambda_1 = 0.18$

বা, $\frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 0.18m$

বা, $v\frac{f_1 - f_2}{f_1 f_2} = 0.18$m

বা, $v \times \frac{640\text{Hz} - 480\text{ Hz}}{640\text{Hz x } 480\text{ Hz}} = 0.18$m

বা, $v \times \frac{160\text{ Hz}}{640\text{ Hz x } 480\text{ Hz}} = 0.18$ m

$\therefore v = 345.6$ m s^{-1}

অতএব, বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ, 345.6 m s^{-1}

ঘ) ধরি, পানি মাধ্যমে শব্দের বেগ, Vw

উদ্দীপক থেকে পাই, শব্দের কম্পাঙ্ক, f = 320 Hz

বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_a = 345.6$ m s^{-1}

বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ_a

পানি মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ_w

এখানে, $\lambda_w - \lambda_a = 4.32$m

বা, $\frac{Vw}{f} - \frac{Va}{f} = 4.32$ m

বা, $\frac{1}{f}(V_w - V_a) = 4.32$ m

বা, $V_w - V_a = 4.32\text{ m} \times f$

বা, $V_w = V_a = 4.32\ m \times f$

$= 345.6\ m\ s^{-1} + 4.32\ m \times 320\ Hz$

$= 1728\ m\ s^{-1}$

অতএব, উদ্দীপক অনুসারে পানিতে শব্দের বেগ $1728\ m\ s^{-1}$সুতরাং শব্দের বেগের অনুপাত-পানি : বায়ু = 1728:320 = 27 : 5

৪। দুটি একই রকম টানা তার সম কম্পাঙ্কের আড় তরঙ্গে কম্পিত হচ্ছে। ওথেলো ২য় তারের টান 2% বৃদ্ধি করায় 20 sec এ 3টি বিট উৎপন্ন হয়। অতঃপর মিথিলা ২য় তারটির টান 2% হ্রাস করলো।

ক) 1 dB কী ? ১

খ) $y = a \sin \omega t \cos kx$ সমীকরণটির প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ২

গ) তরঙ্গ দুটির প্রারম্ভিক কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ) মিথিলার সৃষ্ট বিট ওথেলোর সৃষ্ট বিটের সমান হবে কি না গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

উত্তর : ক) 1 বেল (B) এর এক দশমাংশকে 1 dB বলা হয়।

খ) $y = a \sin \omega t \cos t\ kx$ সমীকরণটি একটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ নির্দেশ করে, যার বিস্তার $\cos kx$।

সমীকরণটি হতে এটিই প্রতীয়মান হয় যে, মাধ্যমের প্রতিটি কণা A বিস্তার নিয়ে সরলদোল গতিতে কম্পিত হয়, যার

কম্পাঙ্ক $n = \frac{v}{\lambda}$ (প্রতিটি চল তরঙ্গের কম্পাঙ্কের সমান)।

এই বিস্তার $A = \cos kx$ সময়ের ওপর নির্ভর করে না, অর্থাৎ নির্দিষ্ট বিন্দুতে অবস্থিত কর্ণার বিস্তার ধ্রুবক হয়। কিন্তু x এর মানের ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন বিন্দুতে বিস্তার বিভিন্ন হয়।

গ) ধরি, প্রাথমিক অবস্থায় কম্পাঙ্কদ্বয় f_A ও f_B যেখানে $f_A = f_B$

2% টান বৃদ্ধি করলে, 20 s এ 3টি বিট দেয়

$\therefore$ বিটের হার $\frac{3}{20}$

টান বৃদ্ধি করলে কম্পাঙ্ক f_B^1 হলে,

$$f_B^1 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T+T\text{এর}2\%}{\mu}}$$

বা, $f_B^1 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{1.02T}{\mu}}$.....(ii)

প্রাথমিক অবস্থায় কম্পাঙ্ক $f_B = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$.....(ii)

আবার, প্রতি সেকেন্ডে বিট সংখ্যা $f_B^1 - f_B = \frac{3}{20}$

(i) ÷ (ii) হতে পাই, $\frac{f_B^1}{f_B} = \sqrt{1.02}$

বা, $\frac{f_B^1 - f_B}{f_B} = \frac{\sqrt{1.02}-1}{1}$

বা, $\frac{\frac{3}{20}}{f_B} = \sqrt{1.02} - 1$

বা, $f_B = \frac{3}{20(\ 1.02 - 1)} = 15.074\ Hz$

প্রারম্ভিক কম্পাঙ্ক $f_A = f_B = 15.074\ Hz.$

ঘ) 'গ' হতে পাই, বিট সংখ্যা f_B^1 - $f_B = \frac{3}{20} = 0.15$

বা, $f_B = 15.074 - \frac{3}{20} = 14.924Hz$

২% টান হ্রাস করলে ২য় তারটির কম্পাঙ্ক,

$f_B^2 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T-T\text{এর}2\%}{\mu\ \mu}}$

$= f_B^2 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{0.98T}{\mu}}$..... (i)

প্রাথমিক অবস্থায় কম্পাঙ্ক, $f_B = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$..... (ii)

(i) ÷ (ii) হতে পাই, $\frac{f_B^2}{f_B} = \sqrt{0.98}$

বা, $\frac{f_B^2 - f_B}{f_B} = \frac{\sqrt{0.98}-1}{1}$

বা, $\frac{f_B^2 - f_B}{14.924} = \frac{\sqrt{0.98}-1}{1}$

বা, $f_B - f_B^2 = -0.14999$

বা, $f_B - f_B^2 < f_B^1 - f_B$

সুতরাং, বিটের সামান্য পরিবর্তন ঘটবে।

৫। রনি সমবেগে মোটরসাইকেল চালিয়ে যাওয়ার সময় সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 5 \sin (60 \pi t - 0.5x)$ এর তীব্রতা 60 dB। এ সময় বিপরীত দিক থেকে আসা একটি বাস এর হর্ণের তীব্রতা লেভেল 100 dB। শব্দের তীব্রতা লেভেল 120 dB এর সমান হলে কানে যন্ত্রণার সৃষ্টি করে।

ক) অষ্টক কী ? ১

খ) শব্দের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায় – ব্যাখ্যা কর। ২

গ) মোটর সাইকেল দ্বারা সৃষ্ট শব্দের বেগ কত ? ৩

ঘ) বাসটি হর্ণ বাজালে রনির কানে যন্ত্রণা সৃষ্টি হবে কি-না – গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

উত্তর : ক) যে বিশেষ উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ তাকে দ্বিতীয় সমমেল বা মূল সূরের অস্টক বলে।

খ) শব্দের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে একই মাপের দুটি ফাঁপা নলে বিশুদ্ধে বায়ু ও খনির বায়ু দিয়ে পূর্ণ করা হয়। খনির বায়ু বিশুদ্ধ না হলে এর ঘনত্ব ভিন্ন হবে এবং শব্দের বেগও ভিন্ন হবে। ফলে নল দুটিতে উৎপন্ন শব্দের কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য হবে। কম্পাঙ্কের এ পার্থক্যের জন্য নল দুটিকে একই সাথে বাজালে বিট উৎপন্ন হবে। যদি বিট উৎপন্ন না হয় তবে বুঝতে হবে খনির বায়ু বিশুদ্ধ। আর যদি বিট উৎপন্ন না হয় তবে বুঝতে হবে খনির বায়ু বিশুদ্ধ। আর যদি বিট উৎপন্ন হয় তবে বুঝতে খনির বায়ু দূষিত।

গ) মোটর সাইকেল দ্বারা সৃষ্ট শব্দের সমীকরণ,

$y = 5 \sin (60\pi t - 0.5x)$

এ সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,

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

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

বা, $\lambda = \frac{2\pi}{0.5} = \frac{2\times3.1416}{0.5} m = 12.57m$

আবার, $2\pi\frac{v}{\pi} = 60\pi$

বা, $v = 30 \times \lambda$

বা, $v = 30 \times 12.57 \text{ m s}^{-1} = 376.99 \text{ ms}^{-1}$

অতএব, মোট সাইকেল দ্বারা সৃষ্ট শব্দের বেগ 376.99m s^{-1}।

ঘ) মটর সাইকেলের শব্দের তীব্রতা লেভেল $\beta_1 = 60$ dB

বাসের হর্ণের তীব্রতা লেভেল $\beta_2 = 60$ dB

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

এখন, মোটর সাইকেলের শব্দ বা বাসের হর্ণের শব্দের তীব্রতা যথাক্রমে I_1 ও I_2 হলে,

$$\beta_1 = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$$

বা, $60 = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$

বা, $I_1 = 10^6 \text{ x } I_0 = 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$

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

বা, $100 = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I}$

বা, $I_2 = 10^{10} \text{ x } I_0 = 10^{-2}$

$\therefore$ দুটি শব্দের মোট তীব্রতা, $I = I_1 + I_2$

$= (10^{-6} + 10^{-2}) \text{ W m}^{-2}$

$= 0.010001 \text{ W m}^{-2}$

$\therefore$ দুটি শব্দের উপস্থিতিতে তীব্রতা লেভেল, $\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$

$$= 10 \log_{10} \frac{0.010001}{10^{-12}}$$

$= 100.0004$ dB

যেহেতু $\beta < 120$ d B, অর্থাৎ দুটি শব্দের উপস্থিতিতে তীব্রতা লেভেল যন্ত্রণা সৃষ্টিকারী তীব্রতা লেভেল অপেক্ষা কম। অতএব, বাসটি হর্ণ বাজালে রনির কাণে যন্ত্রণা সৃষ্টি হবে না।