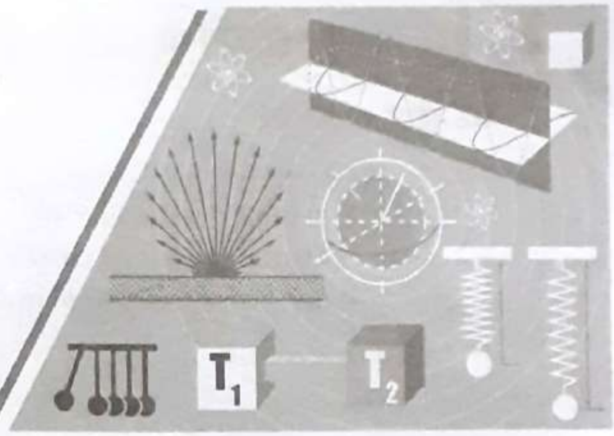
Chapter 1

# দুটি একরেখীয় দোলগতির উপরিপাত

**Superposition of Two Collinear Harmonic Oscillation**




## At A Glance

Superposition of Two Collinear Harmonic Oscillations : Linearity and Superposition Principle. (1) Oscillations having equal frequencies and (2) Oscillations having different frequencies (Beats).

### ■ ভূমিকা (Introduction) :

কোনো কণার ওপর দুটি বা তার চেয়ে বেশি সংখ্যক বল ক্রিয়া করলে কণার গতি ওর ওপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের ওপর নির্ভর করে। একইভাবে কোনো কণার ওপর দুটি বা তার চেয়ে বেশি সংখ্যক সরল দোলগতির উপরিপাত হতে পারে। এর ফলে একটি লব্ধিগতি সৃষ্টি হয় যা সরল দোলগতি হতে পারে বা আবার নাও হতে পারে।

লব্ধগতির প্রকৃতি গাণিতিকভাবে নির্ধারণের জন্য উপরিপাতের নীতিটি ব্যবহৃত হয়। নীতিটি হল, কোনো সময়ে আপতিত সরল দোলগতিগুলির সরণ যথাক্রমে $y_1$, $y_2$, $y_3$ ... ইত্যাদি হলে ওই সময়ে লব্ধগতির সরণ ($y$) ওই সরণগুলির বীজগাণিতিক যোগফলের সমান হবে। অর্থাৎ,

$$y = y_1 \pm y_2 \pm y_3 \pm \ldots$$

উপরিপাতিত সরল দোলগতিগুলির কম্পাঙ্ক, দশা পার্থক্য ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে লব্ধগতির প্রকৃতি সরল দোলগতি বা জটিল পর্যাবৃত্ত প্রকৃতির হয়। ওপরের ঘটনাটি সরল দোলগতির উপরিপাত নামে পরিচিত।

পরবর্তী কয়েকটি অনুচ্ছেদে দুটি সরল দোলগতির উপরিপাতের ফলাফল নিয়ে আমরা আলোচনা করব।

## 1.1 সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তার ও দশাসম্পন্ন দুটি একরেখীয় সরল দোলগতির উপরিপাত (Superposition of Two Collinear SHMS of same Frequency but Different Amplitudes and Phases)

ধরি, দুটি একরেখীয় সরল দোলগতির বিস্তার যথাক্রমে $a$ এবং $b$ ($a > b$)। দশাপার্থক্য $\phi$ এবং কৌণিক কম্পাঙ্ক $\omega$। যে-কোনো সময় $t$-তে $x$-অক্ষ বরাবর সরল দোলগতি দুটির সরণ হবে

$$x_1 = a \sin \omega t$$

এবং $$x_2 = b \sin(\omega t + \phi)$$



Scanned with CamScanner

ওই মুহূর্তে লব্ধি সরণ

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2 \\ &= a\sin\omega t + b\sin(\omega t + \phi) \\ &= a\sin\omega t + b(\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi) \\ &= (a + b\cos\phi)\sin\omega t + b\sin\phi\cos\omega t \end{aligned}$$

ধরি, $a + b\cos\phi = A\cos\theta$

এবং, $b\sin\phi = A\sin\theta$

$\therefore\ x = A\sin\omega t\cos\theta + A\cos\omega t\sin\theta = A\sin(\omega t + \theta)$

অতএব লব্ধি গতিও সরল দোলগতি। এটি একই সরলরেখা বরাবর একই কম্পাঙ্ক নিয়ে ক্রিয়া করে। কিন্তু এর বিস্তার হয় $A$ এবং প্রথম দোলগতির সঙ্গে দশা পার্থক্য হয় $\theta$।

এখন, $(a + b\sin\phi)^2 + (b\sin\phi)^2 = A^2\cos^2\theta + A^2\sin^2\theta$

বা, $a^2 + b^2 + 2ab\cos\phi = A^2$

বা, $A^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos\phi$

এবং $\dfrac{A\sin\theta}{A\cos\theta} = \dfrac{b\sin\phi}{a + b\cos\phi}$ বা, $\tan\theta = \dfrac{b\sin\phi}{a + b\cos\phi}$

## বিশেষ ক্ষেত্রসমূহ (Special cases) :

**❶ যদি সরল দোলগতি দুটি পরস্পর সমদশায় থাকে,**

$\therefore\ \phi = 0$

সেক্ষেত্রে, $A^2 = a^2 + b^2 + 2ab = (a + b)^2$ বা, $A = a + b$

এবং $\tan\theta = \dfrac{b\sin 0}{a + b\cos 0} = 0$

$\therefore\ \theta = 0$

সুতরাং, লব্ধিগতির সমীকরণ $x = A\sin(\omega t + \theta)$ বা, $x = (a + b)\sin\omega t$।

**সিদ্ধান্ত :**

(i) লব্ধি সরল দোলগতির বিস্তার উপাংশ দোলগতি দুটির বিস্তারের সমষ্টির সমান।

(ii) লব্ধি দোলগতির কম্পাঙ্ক উপাংশ দোলগতি দুটির সঙ্গে সমান হয়।

(iii) লব্ধি দোলগতি উপাংশ দোলগতি দুটির সঙ্গে সমদশাসম্পন্ন হয়।

**❷ যদি সরল দোলগতি দুটি পরস্পর বিপরীত দশায় থাকে,**

$\therefore\ \phi = \pi$ বা $180°$

সেক্ষেত্রে, $A^2 = a^2 + b^2 - 2ab = (a - b)^2$ বা, $A = a - b$

এবং $\tan\theta = \dfrac{b\sin 180°}{a + b\cos 180°} = 0$

$\therefore\ \theta = 0$

সুতরাং, লব্ধিগতির সমীকরণ $x = (a - b)\sin\omega t$।

**সিদ্ধান্ত :**

(i) লব্ধি সরল দোলগতির বিস্তার উপাংশ দোলগতি দুটির বিস্তারের বিয়োগফলের সমান।

(ii) লব্ধি দোলগতির কম্পাঙ্ক উপাংশ দোলগতি দুটির সঙ্গে সমান হয়।

Scanned with CamScanner

(iii) লব্ধি দোলগতিটি বেশি বিস্তারের দোলগতিটির সঙ্গে সমদশায় থাকে।

(iv) উপাংশ দোলগতি দুটির বিস্তার যদি সমান হয়, অর্থাৎ যদি $a = b$ হয় তবে $A = 0$ এবং $x = 0$ হয়। অতএব কোনো লব্ধি গতি থাকে না। অর্থাৎ, কণাটি স্থির থাকে।

## 1.2 কাছাকাছি কম্পাঙ্কের দুটি একরেখীয় সরল দোলগতির উপরিপাত ঃ স্বরকম্প (Superposition of Two Collinear SHMS of Slightly Different Frequencies : Beats)

ধরি, কাছাকাছি কম্পাঙ্কের দুটি সরল দোলগতি একই দিকে অগ্রসর হয়ে মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে উপরিপাতিত হল। ওদের কম্পাঙ্ক হল $n$ এবং $n + \Delta n$। সুতরাং, ওদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য $\Delta n$। মূলবিন্দুতে $(x = 0)$ দোলগতি দুটির সমীকরণ হবে

$$y_1 = a\sin 2\pi nt$$

এবং $$y_2 = b\sin 2\pi(n + \Delta n)t$$

যেখানে $a$ ও $b$ হল দোলগতি দুটির বিস্তার। উপরিপাতের নীতি অনুযায়ী, লব্ধি গতির সমীকরণ হবে

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 \\ &= a\sin 2\pi nt + b\sin 2\pi(n + \Delta n)t \\ &= a\sin 2\pi nt + b\sin 2\pi nt\cos 2\pi\,\Delta n\cdot t + b\cos 2\pi nt\sin 2\pi\,\Delta n\cdot t \\ &= \sin 2\pi nt(a + b\cos 2\pi\,\Delta n\cdot t) + \cos 2\pi nt\cdot b\sin 2\pi\,\Delta n\cdot t \end{aligned}$$

ধরি, $a + b\cos 2\pi\cdot\Delta n\cdot t = A\cos\phi$ ... (i)

এবং $b\sin 2\pi\cdot\Delta n\cdot t = A\sin\phi$ ... (ii)

$\therefore\ y = A\sin 2\pi nt\cos\phi + A\cos 2\pi nt\sin\phi = A\sin(2\pi nt + \phi)$ ... (iii)

(iii)নং সমীকরণ অনুযায়ী লব্ধি গতি সরল দোলগতিজাতীয়, যার বিস্তার $A$।

(i) ও (ii) সমীকরণ দুটির বর্গের সমষ্টি করে পাই,

$$A^2\cos^2\phi + A^2\sin^2\phi = (a + b\cos 2\pi\cdot\Delta n\cdot t)^2 + (b\sin 2\pi\cdot\Delta n\cdot t)^2$$

বা, $A^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos 2\pi\,\Delta n\cdot t$

স্পষ্টতই লব্ধিগতির বিস্তার $A$ ধ্রুবক হয়, এটি সময়ের সাপেক্ষে পর্যাবৃত্তভাবে পরিবর্তিত হয়।

### বিশেষ ক্ষেত্রসমূহ (Special cases) ঃ

**1 যদি $\cos 2\pi\cdot\Delta n\cdot t = 1$ হয়।**

সেক্ষেত্রে, $A^2 = a^2 + b^2 + 2ab = (a + b)^2$

বা, $A = a + b =$ সর্বোচ্চ বিস্তার

$\therefore \cos 2\pi\cdot\Delta n\cdot t = 1 = \cos 2k\pi$, যেখানে $k = 0, 1, 2, \ldots$

$\therefore 2\pi\cdot\Delta n\cdot t = 2k\pi$

$\therefore t = \dfrac{k}{\Delta n}$

$k$-র বিভিন্ন মানের জন্য পাই,

$t = 0, \dfrac{1}{\Delta n}, \dfrac{2}{\Delta n}, \dfrac{3}{\Delta n}, \ldots$

সুতরাং, এইসব মুহূর্তে লব্ধি বিস্তার সর্বোচ্চ হবে।

পরপর দুটি সর্বোচ্চ বিস্তারের মধ্যে সময়ের ব্যবধান $= \dfrac{1}{\Delta n}$। সুতরাং, 1 সেকেন্ডে সর্বোচ্চ বিস্তারের সংখ্যা $= \Delta n$

Scanned with CamScanner

❷ যদি $\cos 2\pi \cdot \Delta n \cdot t = -1$ হয়।

সেক্ষেত্রে, $A^2 = a^2 + b^2 - 2ab = (a - b)^2$

বা, $A = a - b$ = সর্বনিম্ন বিস্তার

$\therefore \cos 2\pi \cdot \Delta n \cdot t = -1 = \cos(2k + 1)\pi$, যেখানে $k = 0, 1, 2, \ldots$

$\therefore 2\pi \cdot \Delta n \cdot t = (2k + 1)\pi$

$$\therefore t = \frac{(2k+1)}{2 \cdot \Delta n}$$

$k$-র বিভিন্ন মানের জন্য পাই,

$$t = \frac{1}{2 \cdot \Delta n}, \frac{3}{2 \cdot \Delta n}, \frac{5}{2 \cdot \Delta n}, \ldots$$

সুতরাং, এইসব মুহূর্তে লব্ধি বিস্তার সর্বনিম্ন হবে।

পরপর দুটি সর্বনিম্ন বিস্তারের মধ্যে সময়ের ব্যবধান = $\frac{1}{\Delta n}$। সুতরাং, 1 সেকেন্ডে সর্বনিম্ন বিস্তারের সংখ্যা = $\Delta n$।

এখন উপরিপাতিত দোলগতি দুটির বিস্তার সমান হলে অর্থাৎ $a = b$ হলে সর্বনিম্ন বিস্তার $A = 0$।

## আলোচনা (Discussions) :

(i) সময়ের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে লব্ধিগতির বিস্তার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন হয়।

(ii) কাছাকাছি কম্পাঙ্কের দুটি দোলগতি উপরিপাতিত হলে লব্ধিগতির বিস্তার সময়ের সঙ্গে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মানের মধ্যে পর্যায়ক্রমে বৃদ্ধি ও হ্রাস পায়। লব্ধিতরঙ্গের বিস্তারের এই হ্রাস-বৃদ্ধিকে **স্বরকম্প** (Beats) বলে।

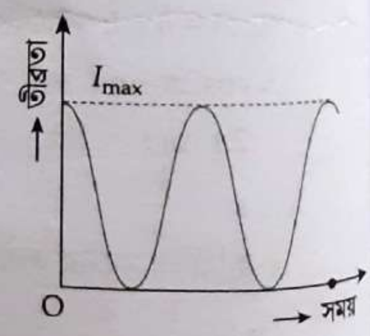
(iii) বিস্তারের একবার বৃদ্ধি ও একবার হ্রাস নিয়ে একটি স্বরকম্প গঠিত হয়, অর্থাৎ পরপর দুটি সর্বোচ্চ বিস্তার বা পরপর দুটি সর্বনিম্ন বিস্তার নিয়ে একটি স্বরকম্প গঠিত হয়।

(iv) স্বরকম্পাঙ্ক = প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন স্বরকম্পের সংখ্যা
= প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন বিস্তারের সংখ্যা
= $\Delta n$
= উপরিপাতিত দোলগতি দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য।

## 1.3 স্বরকম্প (Beats)

▶ **স্বরকম্পের সংজ্ঞা :** *কাছাকাছি কম্পাঙ্কের এবং সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের দুটি সরল দোলগতি উপরিপাতিত হলে লব্ধিগতির বিস্তার সময়ের সঙ্গে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মানের মধ্যে পর্যায়ক্রমে বৃদ্ধি ও হ্রাস পায়। লব্ধিগতির বিস্তারের এই বৃদ্ধি-হ্রাসকে স্বরকম্প বলে।*

সাধারণত শব্দের ক্ষেত্রেই স্বরকম্পের ঘটনা বিশেষভাবে আলোচিত হয়। পরবর্তী কয়েকটি অনুচ্ছেদে আমরা শব্দের ক্ষেত্রে স্বরকম্পের ঘটনা আলোচনা করব।



চিত্র-1.1

● **তীব্রতার পরিবর্তন :** শব্দের তীব্রতা বা প্রাবল্য ওর বিস্তারের বর্গের সঙ্গে সমানুপাতিক হয়। যেহেতু লব্ধিগতির বিস্তার সময়ের সঙ্গে পর্যাবৃত্তভাবে পরিবর্তিত হয়, তাই শব্দের তীব্রতা বা প্রাবল্যও সময়ের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়।

সর্বোচ্চ তীব্রতা $I_{max} = (a + b)^2$

সর্বনিম্ন তীব্রতা, $I_{min} = (a - b)^2$ ; যখন $a = b$, $I_{min} = 0$।

সময়ের সঙ্গে শব্দের তীব্রতার এই পরিবর্তন চিত্রে (1.1) দেখানো হয়েছে। সুতরাং, শব্দের ক্ষেত্রে স্বরকম্প সৃষ্টি হলে শব্দের প্রাবল্য পর্যায়ক্রমে বাড়তে কমতে থাকে। ফলে পর্যায়ক্রমে জোরে ও আস্তে শব্দ শোনা যায়।

■ **স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হবার শর্ত** (Conditions for perception of beats) :

① উপরিপাতিত শব্দ তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz-এর কম হলে স্বরকম্প স্পষ্ট শোনা যায়।

$\therefore \Delta n \leq 10\,\text{Hz}$

- **ব্যাখ্যা :** শ্রুতি নির্বন্ধের জন্য (persistence of hearing) আমরা $\frac{1}{10}$ s-এর কম ব্যবধানে আসা দুটি শব্দকে পৃথকভাবে শুনতে পাই না। কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz-র বেশি হলে পরপর দুটি সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন তীব্রতার মধ্যে সময়ের ব্যবধান $\frac{1}{10}$ s-এর থেকে কম হয়, ফলে স্বরকম্প সৃষ্টি হলেও তা আলাদাভাবে বোঝা যায় না। তখন একটি একটানা শব্দ শোনা যায়। একে **বিস্পন্দী স্বর** (beat note) বলে।

② উপরিপাতিত শব্দ তরঙ্গ দুটির বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।

- **ব্যাখ্যা :** বিস্তারের পার্থক্য খুব বেশি হলে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন বিস্তারের মধ্যে পার্থক্য খুব কম হয় অর্থাৎ শব্দের প্রাবল্যের হ্রাস-বৃদ্ধি কম হয় এবং কানে শুনে স্বরকম্প উপলব্ধি করা যায় না।

ধরি, $a = 1000$ এবং $b = 1$

সেক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বিস্তার $A_{max} = a + b = 1001$

এবং সর্বনিম্ন বিস্তার $A_{min} = a - b = 999$

স্পষ্টতই সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন বিস্তারের মধ্যে পার্থক্য খুব কম। এর ফলে শব্দের প্রাবল্যের পরিবর্তন কমে যায় এবং স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হয় না।

■ **স্বরকম্পের প্রয়োগ** (Applications of beats) :

① **অজ্ঞাত কম্পাঙ্ক নির্ণয় :**

ধরি, $n_1$ = জানা সুরশলাকা A-র কম্পাঙ্ক

$n_2$ = অজানা সুরশলাকা B-র কম্পাঙ্ক

দুটি সুরশলাকাকে একসঙ্গে বাজালে, ধরি, প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন স্বরকম্পের সংখ্যা $x$।

সেক্ষেত্রে, $n_2 = n_1 + x$ বা, $n_2 = n_1 - x$

$n_2$-র সঠিক মান নির্ণয়ের জন্য অজানা সুরশলাকা B-র একটি বাহুতে মোম লাগিয়ে ভারী করা হয়। এতে সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক সামান্য হ্রাস পাবে। আবার সুরশলাকা দুটিকে একসঙ্গে বাজানো হল এবং স্বরকম্প শোনা হল।

যদি প্রতি সেকেন্ডে স্বরকম্পের সংখ্যা হ্রাস পায়, স্পষ্টত $n_1$ অপেক্ষা $n_2$ বড়ো।

$\therefore n_2 = n_1 + x$

অপরপক্ষে যদি প্রতি সেকেন্ডে স্বরকম্পের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, স্পষ্টত $n_2$ অপেক্ষা $n_1$ বড়ো।

$\therefore n_1 = n_1 - x$ ।

② **খনিতে বিপজ্জনক গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় :** খনিতে বিষাক্ত গ্যাস আছে কিনা তা স্বরকম্পের সাহায্যে জানা যায়। দুটি অভিন্ন অর্গান নল নিয়ে একটিতে বিশুদ্ধ বাতাস ও অপরটিতে খনির বাতাস নেওয়া হল। খনির বায়ু বিশুদ্ধ না হলে তার ঘনত্ব ও বিশুদ্ধ বায়ুর ঘনত্ব এক হয় না। ফলে ওদের মধ্যে শব্দের বেগও আলাদা হয়। তখন নল দুটির বায়ুস্তম্ভকে একসঙ্গে কম্পিত করলে নল দুটি থেকে নিঃসৃত মূলসুরের কম্পাঙ্ক সামান্য আলাদা হবে, ফলে স্বরকম্পের সৃষ্টি হবে। যদি খনিতে কোনো বিষাক্ত গ্যাস না থাকে, তবে স্বরকম্পের সৃষ্টি হবে না।

Scanned with CamScanner

③ **বাদ্যযন্ত্রের সুর বাঁধা ঃ** কোনো বাদ্যযন্ত্রকে নির্দিষ্ট সুরে বাঁধার জন্য স্বরকম্পের সাহায্য নেওয়া হয়। অন্য কোনো সুরের সঙ্গে সমসুর করার জন্য তারের বাদ্যযন্ত্রে তারের টান বা দৈর্ঘ্য কমানো-বাড়ানো হয়। দুটি সুরের কম্পাঙ্ক কাছাকাছি এলেই স্বরকম্প শোনা যায়। তারপর একইভাবে তারের টান বা দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন করে। দুটি সুরের কম্পাঙ্ক মিলিয়ে দেওয়া হয়। তখন আর স্বরকম্প শোনা যায় না। তখন বলা যায় বাদ্যযন্ত্রটি নির্দিষ্ট সুরে বাঁধা হয়েছে।

## গাণিতিক উদাহরণ (Numerical Examples)

**1. 24 টি সুরশলাকাকে ক্রমবর্ধমান কম্পাঙ্ক অনুযায়ী সাজানো হল। শেষ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক প্রথমটির কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ এবং পরপর যে-কোনো দুটি সুরশলাকা প্রতি সেকেন্ডে 6 টি স্বরকম্প উৎপন্ন করে। প্রথম সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।**

» ধরি, প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $n$

$\therefore$ শেষ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $2n$

শলাকাগুলিকে ক্রমবর্ধমান কম্পাঙ্ক অনুযায়ী সাজালে, কম্পাঙ্কগুলি একটি সমান্তর প্রগতি গঠন করে, যার প্রথম পদ $n$, সাধারণ অন্তর 6 এবং শেষ পদ $2n$।

$t_n = a + (n-1)d$

$\therefore \quad 2n = n + (24-1)6$

বা, $n = 138$ Hz।

**2. A ও B দুটি সুরশলাকা একসঙ্গে কম্পিত করলে সেকেন্ডে 5টি স্বরকম্প সৃষ্টি হয়। যদি A ও B উভয়েই একটি একমুখ বন্ধ নলের যথাক্রমে 36 cm এবং 37 cm বায়ুস্তম্ভের সঙ্গে অনুনাদ সৃষ্টি করে। তাহলে সুরশলাকা দুটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।**

» ধরি, $n_A = A$ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক

$n_B = B$ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক

আমরা জানি, $l$ দৈর্ঘ্যের নলের বায়ুস্তম্ভের কম্পাঙ্ক

$$n = \frac{k}{l}, \text{ যেখানে } k = \text{ধ্রুবক}$$

সেক্ষেত্রে, $n_A = \frac{k}{36}$ এবং $n_B = \frac{k}{37}$

$\therefore \frac{n_A}{n_B} = \frac{37}{36} \quad \therefore n_A > n_B$

প্রশ্নানুযায়ী, $n_A - n_B = 5$

বা, $n_A - \frac{36n_A}{37} = 5 \quad \left[\because \frac{n_A}{n_B} = \frac{37}{36}\right]$

বা, $n_A = 185$ Hz

$\therefore n_B = n_A - 5 = 180$ Hz।

**3. একটি সুরশলাকা একই টানে রাখা 95 cm এবং 100 cm দৈর্ঘ্যের একটি সনোমিটার তারের সঙ্গে সেকেন্ডে 10 টি স্বরকম্পের সৃষ্টি করে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।**

» ধরি, সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $n$ Hz

95 cm দীর্ঘ তারের কম্পাঙ্ক $n_1 = \frac{k}{95}$, $k$ = ধ্রুবক

100 cm দীর্ঘ তারের কম্পাঙ্ক $n_2 = \frac{k}{100}$, $k$ = ধ্রুবক

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{100}{95} = \frac{20}{19} \quad \therefore n_1 > n_2$

স্পষ্টতই, $n_1 > n > n_2$ ... (i)

$\therefore n_1 - n = 10$ ... (ii)

এবং $n - n_2 = 10$

(i) এবং (ii) যোগ করে পাই, $n_1 - n_2 = 20$

বা, $n_1 - \frac{19n_1}{20} = 20 \left[\because \frac{n_1}{n_2} = \frac{20}{19}\right]$

বা, $n_1 = 400$ Hz

$\therefore n = n_1 - 10 = 390$ Hz।

**4. একটি সুরশলাকা 75 cm দৈর্ঘ্যের একটি টান করা তারের সঙ্গে সমসুর। তারের দৈর্ঘ্য 3 cm কমালে এটি সুরশলাকার সঙ্গে সেকেন্ডে 6টি স্বরকম্প উৎপন্ন করে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।**

ধরি, সুরশলাকার কম্পাঙ্ক $n$

75 cm দীর্ঘ তারের কম্পাঙ্ক $n = \frac{k}{75}$

72 cm দীর্ঘ তারের কম্পাঙ্ক $n_1 = \frac{k}{72}$

$\frac{n}{n_1} = \frac{72}{75} = \frac{24}{25} \quad \therefore n < n_1$

প্রশ্নানুযায়ী, $n_1 - n = 6$

বা, $\frac{25n}{24} - n = 6$ বা, $n = 144$ Hz

**5. একটি সনোমিটারের ভ্রাম্যমান সেতু তারটিকে দুটি অংশে ভাগ করেছে। ওই দুই অংশের দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 1 cm। উভয় অংশকে একসঙ্গে কম্পিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প গঠিত হয়। তারটির মোট দৈর্ঘ্য 50 cm হলে, প্রতি অংশের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।**

ধরি, তারের দুটি অংশের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $l_1$ ও $l_2$ $(l_1 > l_2)$

প্রশ্নানুযায়ী, $l_1 - l_2 = 1$ এবং $l_1 + l_2 = 50$

সমাধান করে পাই, $l_1 = 25.5$ cm এবং $l_2 = 24.5$ cm

25.5 cm দৈর্ঘ্যের তারের কম্পাঙ্ক $n_1 = \frac{k}{25.5}$

24.5 cm দৈর্ঘ্যের তারের কম্পাঙ্ক $n_2 = \frac{k}{24.5}$

$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{24.5}{25.5} = \frac{49}{51} \quad \therefore n_2 > n_1$

প্রশ্নানুযায়ী, $n_2 - n_1 = 4$ বা, $\frac{51n_1}{49} - n_1 = 4$

বা, $n_1 = 98$ Hz $\quad \therefore n_2 = n_1 + 4 = 102$ Hz।

**6. দুটি সুরশলাকা একসঙ্গে ধ্বনিত করলে 5টি স্বরকম্প শোনা গেল। ওদের একটির কম্পাঙ্ক 295 Hz। অপর সুরশলাকার ওপর একটু মোম লাগিয়ে উভয়কে আবার একই সঙ্গে ধ্বনিত করলে 3টি স্বরকম্প শোনা গেল। দ্বিতীয় সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক কত?**

Scanned with CamScanner

ধরি, সুরশলাকা দুটির কম্পাঙ্ক $n_1$ ও $n_2$

দেওয়া আছে, $n_1 = 295$ Hz

প্রশ্নানুযায়ী, $n_1 \sim n_2 = 5$ ... (1)

মোম লাগানোর পর দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কমে হয় $n'_2$

প্রশ্নানুযায়ী, $n_1 \sim n'_2 = 3$ ... (ii)

$\because n'_2 < n_2$

সুতরাং, (i) ও (ii)-র পরিবর্তিত রূপ হবে $n_2 - n_1 = 5$

এবং $n'_2 - n_1 = 3$ ... (iii)

সমীকরণ (iii) থেকে পাই, $n_2 = n_1 + 5 = 300$ Hz।

**7. তিনটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 400, 401 এবং 402 Hz। এদের একই সঙ্গে কম্পিত করা হল। ওদের বিস্তার সমান ধরে প্রতি সেকেন্ডে স্বরকম্পের সংখ্যা নির্ণয় করো।**

সুরশলাকাগুলি থেকে উৎপন্ন সরল দোলতরঙ্গের সমীকরণগুলি হবে

$$y_1 = a\sin 2\pi \times 400t = a\sin 800\pi t$$
$$y_2 = a\sin 2\pi \times 401t = a\sin 802\pi t$$
$$y_3 = a\sin 2\pi \times 402t = a\sin 804\pi t$$

লব্ধিতরঙ্গের সমীকরণ
$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 + y_3 \\ &= a[\sin 800\pi t + \sin 802\pi t + \sin 804\pi t] \\ &= a[\sin 804\pi t + \sin 800\pi t + \sin 802\pi t] \\ &= a[2\sin 802\pi t\cos 2\pi t + \sin 802\pi t] \\ &= a(1 + 2\cos 2\pi t)\sin 802\pi t \\ &= A\sin 802\pi t \end{aligned}$$

যেখানে $A$ = লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার = $a(1 + 2\cos 2\pi t)$

যখন $\cos 2\pi t = 1$ তখন A-র মান সর্বোচ্চ হবে।

$\therefore \cos 2\pi t = 1 = \cos 2k\pi$ , যেখানে $k = 0, 1, 2, ...$

বা, $t = k$

$k$ -র বিভিন্ন মানের জন্য, $t = 0, 1, 2, ...$

অতএব প্রতি সেকেন্ডে স্বরকম্পের সংখ্যা = 1।

আবার, যখন $1 + 2\cos 2\pi t = 0$ তখন $A$-র মান সর্বনিম্ন হবে।

$\therefore \cos 2\pi t = -\frac{1}{2} = \cos\left(2k\pi + \frac{2\pi}{3}\right)$, যেখানে $k = 0, 1, 2, ...$

$\therefore 2\pi t = 2k\pi + \frac{2\pi}{3}$

বা, $t = k + \frac{1}{3}$

$k$-র বিভিন্ন মানের জন্য, $t = \frac{1}{3}, \frac{4}{3}, \frac{5}{3}, ...$

অতএব প্রতি সেকেন্ডে স্বরকম্পের সংখ্যা = 1 ।

Scanned with CamScanner

## দুটি একরেখীয় দোলগতির উপরিপাত সম্পর্কিত প্রশ্নোত্তর

**1. একই বিস্তারের $\omega$ এবং $2\omega$ কৌণিক কম্পাঙ্ক সহ দুটি সরল দোলগতি একসঙ্গে একটি কণার ওপর পরস্পর লম্ব দিকে ক্রিয়া করলে যদি কম্পন দুটির মধ্যে প্রাথমিক দশার পার্থক্য $\frac{\pi}{2}$ হয় তবে কণার লব্ধি গতিপথের সমীকরণ কি হবে?**

■ উপরিপাতিত দোলগতিদুটির সমীকরণ হল

$$x = a\sin\omega t$$

এবং $y = a\sin(2\omega t + \frac{\pi}{2}) = a\cos 2\omega t$

$$= a(1 - 2\sin^2\omega t)$$

$$\therefore y = a(1 - \frac{2x^2}{a^2}) \quad (\because \sin\omega t = \frac{x}{a})$$

বা, $y = a - \frac{2x^2}{a}$

এটিই কণার লব্ধি গতিপথের সমীকরণ।

**2. দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য 12 Hz। আমরা স্বরকম্প বুঝতে পারব কি?**

■ স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হবার জন্য উপরিপাতিত দোলগতি দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz-র কম হতে হয়। তাই এক্ষেত্রে স্বরকম্প বোঝা যাবে না।

**3. $(n + x)$, $n$ এবং $(n - x)$ এই তিনটি কম্পাঙ্কযুক্ত তিনটি সুরশলাকাকে একসঙ্গে কম্পিত করা হল। এদের বিস্তার সমান হলে প্রমাণ করো যে, এরা প্রতি সেকেন্ডে $x$-সংখ্যক স্বরকম্প উৎপন্ন করবে।**

■ তিনটি সরল দোলগতির সমীকরণ হবে

$$y_1 = a\sin 2\pi(n + x)t$$

$$y_2 = a\sin 2\pi nt$$

$$y_3 = a\sin 2\pi(n - x)t$$

লব্ধি গতির সমীকরণ

$$y = y_1 + y_2 + y_3$$

$$= a[\sin 2\pi(n + x)t + \sin 2\pi nt + \sin 2\pi(n - x)t]$$

$$= a[\sin 2\pi(n + x)t + \sin 2\pi(n - x)t + \sin 2\pi nt]$$

$$= a\left[2\sin 2\pi\left(\frac{n+x+n-x}{2}\right)t\cos 2\pi\left(\frac{n+x-n+x}{2}\right)t + \sin 2\pi nt\right]$$

$$= a[2\sin 2\pi nt\cos 2\pi xt + \sin 2\pi nt]$$

$$= a[1 + 2\cos 2\pi xt]\sin 2\pi nt$$

$$= A\sin 2\pi nt$$

এটি একটি সরল দোলগতির সমীকরণ। যার বিস্তার

$$A = a(1 + 2\cos 2\pi xt)$$

স্পষ্টতই লব্ধি বিস্তার $A$ সময়ের সঙ্গে পর্যাবৃত্তভাবে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ স্বরকম্পের সৃষ্টি হয়।

যখন $\cos 2\pi xt = 1$ হয় তখন $A = 3a$ সর্বোচ্চ বিস্তার

$\cos 2\pi xt = 1 = \cos 2k\pi$, যেখানে $k = 0, 1, 2, \ldots$ ইত্যাদি

বা, $t = \frac{k}{x}$ ইত্যাদি

$\therefore t = 0, \frac{1}{x}, \frac{2}{x}, \ldots$ ইত্যাদি সময়ে বিস্তার সর্বোচ্চ হয়।

আবার, যখন $1 + 2\cos 2\pi xt = 0$ হয় তখন

$A = 0 =$ সর্বনিম্ন বিস্তার

$$1 + 2\cos 2\pi xt = 0$$

বা, $\cos 2\pi xt = -\frac{1}{2} = \cos\left(2k\pi + \frac{2\pi}{3}\right)$,

যেখানে $k = 0, 1, 2, \ldots$ ইত্যাদি।

বা, $2\pi xt = 2k\pi + \frac{2\pi}{3} = 2\pi\left(k + \frac{1}{3}\right)$

বা, $t = \frac{1}{x}\left(k + \frac{1}{3}\right)$

$\therefore t = \frac{1}{3x}, \frac{4}{3x}, \frac{7}{3x} \ldots$ ইত্যাদি সময়ে বিস্তার সর্বনিম্ন হবে।

সুতরাং, পরপর দুটি সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন বিস্তারের মধ্যে সময়ের ব্যবধান $\frac{1}{x}$ সেকেন্ড।

$\therefore$ স্বরকম্পের সংখ্যা সেকেন্ডে $x$ বার।

**4. অজানা কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকাকে এবং 256 Hz কম্পাঙ্কের অপর একটি সুরশলাকাকে একসঙ্গে কম্পিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প উৎপন্ন হয়। অজানা সুরশলাকাটিতে কিছু পরিমাণ মোম লাগালেও প্রতি সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প উৎপন্ন হয়। কীভাবে এটি সম্ভব হয়?**

■ অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে $256 - 4 = 252$ Hz বা $256 + 4 = 260$ Hz।

Scanned with CamScanner

এখন অজানা সুরশলাকাতে মোম লাগালে ওর কম্পাঙ্ক হ্রাস পাবে। অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 252 Hz হলে স্বরকম্পের সংখ্যা বৃদ্ধি পেত। যেহেতু স্বরকম্পের সংখ্যা একই থাকছে, তাই অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে 260 Hz। কারণ মোম লাগালে কম্পাঙ্ক 260 Hz থেকে কমে হবে 252 Hz। ফলে স্বরকম্পের সংখ্যা হবে 256 − 252 = 4।

**5. একটি টান করা তার কম্পনরত অবস্থায় একটি কম্পমান সুরশলাকার সঙ্গে অনুনাদ সৃষ্টি করে। তারের দৈর্ঘ্য সামান্য বাড়ালে স্বরকম্প শোনা যায়। এবার তারের টান সামান্য বাড়ালে স্বরকম্পের সংখ্যার কী পরিবর্তন হবে?**

■ প্রথম ক্ষেত্রে, যেহেতু অনুনাদ হয়েছে তাই তারের কম্পাঙ্ক ও সুরশলাকার কম্পাঙ্ক সমান। আমরা জানি তারের কম্পাঙ্ক তারের দৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক। তাই দৈর্ঘ্য বাড়ালে তারের কম্পাঙ্ক হ্রাস পাবে এবং স্বরকম্প শোনা যাবে। এবার তারের টান সামান্য বাড়ালে তারের কম্পাঙ্কও সামান্য বাড়বে, কারণ, আমরা জানি, কম্পাঙ্ক $\propto \sqrt{\text{টান}}$ । ফলে উৎপন্ন স্বরকম্পের সংখ্যা সমান কমবে।

**6. একটি সেতার এবং একটি তবলা একসঙ্গে বাজালে সেকেন্ডে 5টি স্বরকম্প সৃষ্টি হয়। তবলার পর্দা সামান্য শক্ত করলে স্বরকম্পের সংখ্যা বাড়বে না কমবে?**

■ ধরি, $n_1$ = সেতারের তারের কম্পাঙ্ক

$n_2$ = তবলার কম্পাঙ্ক

এখানে, $n_1 \sim n_2 = 5$

তবলার পর্দা সামান্য শক্ত করলে টান বৃদ্ধি পায়। ফলে $n_2$-র মান বৃদ্ধি পায়।

যদি প্রথমে $n_1 > n_2$ হয়, তবে স্বরকম্পের সংখ্যা হ্রাস পাবে কিন্তু যদি প্রথমে $n_1 < n_2$ হয়, তবে স্বরকম্পের সংখ্যা বাড়বে।

# অনুশীলনী

## A. অতিসংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি (VSAQ)

1. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তারের দুটি একরেখীয় সরল দোলগতি পরস্পর সমদশায় মিলিত হলে লব্ধি বিস্তার কত হয়?
2. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তারের দুটি একরেখীয় সরল দোলগতি পরস্পর বিপরীত দশায় মিলিত হলে লব্ধি বিস্তার কত হবে?
3. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তারের দুটি একরেখীয় সরল দোলগতি পরস্পর উপরিপাতিত হলে লব্ধি বিস্তারের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান কত হয়?
4. স্বরকম্পাঙ্ক কী?
5. স্বরকম্প কাকে বলে?
6. দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 252 Hz ও 256 Hz। প্রতি সেকেন্ডে ক-টি স্বরকম্প সৃষ্টি হবে?
7. দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 256 Hz ও 312 Hz। স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হবে কি?

## B. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি (SAQ)

1. সরল দোলগতির উপরিপাতের নীতিটি কী?
2. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তারের দুটি একরেখীয় সরল দোলগতি পরস্পর সমদশায় মিলিত হলে লব্ধি গতির বৈশিষ্ট্যগুলি কী হয়?
3. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তারের দুটি একরেখীয় সরলদোলগতি পরস্পর বিপরীত দশায় মিলিত হলে লব্ধিগতির বৈশিষ্ট্যগুলি লেখো।
4. শব্দতরঙ্গের স্বরকম্পের ক্ষেত্রে তীব্রতার পরিবর্তন কীরকম হয়?
5. স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হবার শর্তগুলি লেখো।
6. স্বরকম্পের সাহায্যে একটি অজ্ঞাত সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কীভাবে নির্ণয় করা যায়?
7. স্বরকম্পের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব কীভাবে নির্ণয় করা যায়?
8. স্বরকম্পের সাহায্যে কীভাবে বাদ্যযন্ত্রের সুর বাঁধা হয়?
9. স্বরকম্পের ক্ষেত্রে পরপর দুটি সর্বোচ্চ বিস্তার বা পরপর দুটি সর্বনিম্ন বিস্তারের মধ্যে সময়ের ব্যবধান কত হয়?
10. স্বরকম্প সৃষ্টিকারী দোলগতি দুটির বিস্তারের পার্থক্য খুব বেশি হলে কী হবে?

Scanned with CamScanner

## C. রচনাধর্মী প্রশ্নাবলি (LAQ)

1. স্বরকম্প কাকে বলে? স্বরকম্প কীভাবে সৃষ্টি হয়?
2. গাণিতিক পদ্ধতিতে স্বরকম্পের উৎপত্তি ব্যাখ্যা করো।
3. স্বরকম্পের সাহায্যে কীভাবে অজ্ঞাত সুরশালাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়?
4. দেখাও যে, বিভিন্ন বিস্তারের এবং $n_1$ ও $n_2$ $(n_1 > n_2)$ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট দুটি সরল দোলগতি একই অভিমুখে গতিশীল হয়ে উপরিপাতিত হলে স্বরকম্পের সংখ্যা $= n_1 - n_2$।
5. স্বরকম্পের ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্পর্কে আলোচনা করো।
6. সমকম্পাঙ্ক কিন্তু পৃথক বিস্তার ও দশাসম্পন্ন দুটি একরেখীয় সরল দোলগতি উপরিপাতিত হলে লব্ধিগতির বিস্তার ও দশাকোণ নির্ণয় করো। দোলগতি দুটি পরস্পর সমদশায় মিলিত হলে লব্ধি গতির বিস্তার ও দশা কত হবে? দোলগতি দুটি পরস্পর বিপরীত দশায় মিলিত হলে লব্ধি গতির বিস্তার ও দশা কত হবে?

## D. গাণিতিক প্রশ্নাবলি (Numerical Problems)

1. দুটি একরেখীয় সরল দোলগতির সমীকরণ যথাক্রমে $x_1 = a\cos\omega t$ ও $x_2 = b\cos\omega t$। ওরা পরস্পর সমদশায় মিলিত হলে লব্ধিগতির বিস্তার ও দশা নির্ণয় করো। [Ans. $(a + b)$, $\omega t$]
2. দুটি একরেখীয় সরল দোলগতির সমীকরণ যথাক্রমে $x_1 = a\cos\omega t$ ও $x_2 = b\cos\omega t$। ওরা পরস্পর বিপরীত দশায় মিলিত হলে লব্ধি গতির বিস্তার ও দশা নির্ণয় করো। [Ans. $(a - b)$, $\omega t$]
3. দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত 15 : 16 এবং উচ্চ কম্পাঙ্কটি 64 Hz। স্বরকম্পের সংখ্যা নির্ণয় করো। [Ans. 4]
4. 60টি সুরশলাকাকে ক্রমবর্ধমান কম্পাঙ্ক অনুসারে সাজানো হল। শেষ সুরশলাকার কম্পাঙ্ক প্রথমটির দ্বিগুণ এবং পরপর দুটি শলাকা একসঙ্গে বাজালে সেকেন্ডে 6টি স্বরকম্প সৃষ্টি হয়। প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। [Ans. 354 Hz]
5. দুটি শব্দতরঙ্গের সমীকরণ হল
$y_1 = 15\sin\frac{\pi}{150}(33000t - x)$ cm এবং
$y_2 = 15\sin\frac{\pi}{165}(33000t - x)$ cm। এদের উপরিপাতের ফলে সেকেন্ডে ক-টি স্বরকম্প তৈরি হবে? [Ans. 10 টি]
6. দুটি শব্দতরঙ্গের সমীকরণ হল
$y_1 = 0.2\sin\frac{2\pi}{3}(330t - x)$ m এবং
$y_2 = 0.2\sin\frac{2\pi}{3+k}(330t - x)$ m। এদের উপরিপাতের ফলে সেকেন্ডে 10 টি স্বরকম্প তৈরি হলে, $k$-র মান নির্ণয় করো। [Ans. 0.3 m]
7. দুটি সুরশলাকাকে একসঙ্গে বাজালে সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প শোনা যায়, দ্বিতীয় শলাকার ওপর একটু মোম লাগিয়ে দিলে স্বরকম্পের সংখ্যা বেড়ে হয় 6। প্রথম শলাকার কম্পাঙ্ক 510 Hz হলে দ্বিতীয় শলাকার কম্পাঙ্ক কত? [Ans. 506 Hz]
8. একটি সুরশলাকা একই টানে রাখা 78 cm এবং 80 cm দৈর্ঘ্যের একটি সনোমিটার তারের সঙ্গে সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প সৃষ্টি করে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। [Ans. 316 Hz]
9. দুটি সুরশলাকা $A$ ও $B$-কে একযোগে ধ্বনিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি স্বরকম্প গঠিত হয়। $A$ ও $B$ যথাক্রমে 40 cm এবং 40.5 cm দীর্ঘ বদ্ধনলের বায়ুস্তম্ভের সঙ্গে অনুনাদ সৃষ্টি করলে ওদের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। [Ans. 405 Hz, 400 Hz]
10. দুটি সুরশালাকাকে একসঙ্গে কম্পিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 4টি স্বরকম্প উৎপন্ন হয়। নির্দিষ্ট টানবিশিষ্ট একটি তারের যথাক্রমে 128 cm এবং 130 cm দৈর্ঘ্যের সঙ্গে সুরশলাকা দুটির অনুনাদ ঘটে। সুরশলাকা দুটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। [Ans. 256 Hz, 260 Hz]

## E. সঠিক উত্তরটি নির্বাচন করো (MCQ)

1. দুটি সুরশলাকা A ও B-কে একযোগে কম্পিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি স্বরকম্প গঠিত হয়। B-র কম্পাঙ্ক 256 Hz। A-র একটি বাহুর ওপর সামান্য মোম লাগালে স্বরকম্পের সংখ্যা বাড়ে। A-র কম্পাঙ্ক
   a. 261 Hz  b. 251 Hz
   c. 266 Hz  d. 246 Hz
2. দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাত 15 : 16 এবং উচ্চ কম্পাঙ্ক 64 Hz। স্বরকম্পের সংখ্যা হল
   a. 6  b. 8
   c. 4  d. 2

Scanned with CamScanner

3. $y_1 = 5\sin 200\pi t$ ও $y_2 = 5\sin 206\pi t$ সরল দোলগতি দুটির উপরিপাতের ফলে স্বরকম্পের সংখ্যা হয়
a. 6 b. 3 c. 4 d. 1

4. A, B, C এবং D চারটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 240 Hz, 260 Hz, 256 Hz এবং 268 Hz। নীচের কোন্ জোড়া সুরশলাকার কম্পনে স্বরকম্পন উৎপন্ন হবে?
a. A ও B b. B ও C
c. C ও D d. A ও D

5. ক্রমহ্রাসমান কম্পাঙ্কের 26 টি সুরশলাকাকে পরপর রাখা হল। প্রতিটি সুরশলাকাই পরেরটির সঙ্গে 3টি স্বরকম্প উৎপন্ন করে। প্রথমটির সুর শেষটির সুরের অষ্টক। 18নং সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে
a. 100 Hz b. 99 Hz
c. 96 Hz d. 103 Hz

6. দুটি কম্পনশীল সুরশলাকা যে দুটি সরল দোলগতি তৈরি করে তাদের সমীকরণ $y_1 = 4\sin 500\pi t$ ও $y_2 = 2\sin 506\pi t$। প্রতি মিনিটে উৎপন্ন স্বরকম্পের সংখ্যা হল
a. 360 b. 180
c. 60 d. 3

7. 460 Hz এবং 454 Hz -এর দুটি সুরশলাকাকে একই মুহূর্তে স্পন্দিত করলে দুটি পরপর সর্বোচ্চ প্রাবল্য পাবার সময়ের অবকাশ
a. $\frac{1}{6}$ s b. $\frac{1}{2}$ s
c. 1 s d. 4 s

8. $n_1$ ও $n_2$ কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা সেকেন্ডে $n$-সংখ্যক স্বরকম্প তৈরি করে। যদি $n_2$ ও $n$-র মান জানা হয়, তবে অজানা $n_1$-র মান হবে
a. $\frac{n_2}{n} + n_2$ b. $n_2 n$
c. $n_2 \pm n$ d. $\frac{n_2}{n} - n_2$

9. 20 cm দীর্ঘ একটি সনোমিটার তারের সঙ্গে একটি সুরশলাকাকে একসঙ্গে বাজালে সেকেন্ডে 6টি স্বরকম্প তৈরি হয়। টান অপরিবর্তিত রেখে তারের দৈর্ঘ্য 21 cm করলে স্বরকম্পের সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হবে
a. 200 Hz b. 210 Hz
c. 205 Hz d. 215 Hz

10. স্বরকম্প শ্রুতিবোধ্য হবার প্রধান শর্তটি হল
a. দুটি তরঙ্গের বিস্তার সমান হতেই হবে
b. দশার পার্থক্য থাকতে হবে
c. কম্পাঙ্কের পার্থক্য < 10 Hz হবে
d. কম্পাঙ্কের পার্থক্য > 10 Hz হবে

## Answers

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. b | 2. c | 3. b | 4. b | 5. b | 6. b | 7. a | 8. c | 9. c | 10. c |

Scanned with CamScanner