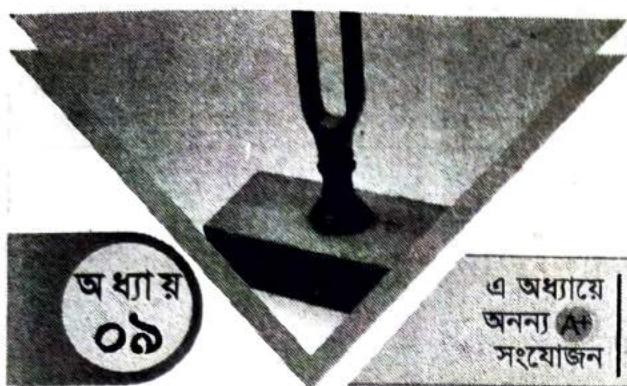


# তরঙ্গ Waves



এ অধ্যায়ে  
অনন্য  
সংযোজন

শিখনকলের  
ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

পাঠ্যবইয়ের সূচনা  
প্রশ্ন ও উত্তর

সমর্বিত অধ্যায়ের  
প্রশ্ন ও উত্তর

সেরা কলেজের  
প্রশ্ন বিষয়বল  
MCQ Exam

## চূ.মি.কা (Introduction)

আমরা বিভিন্ন প্রকার তরঙ্গের সাথে পরিচিত। যেমন— পানি তরঙ্গ, শব্দ তরঙ্গ, আলোক, বেতার তথা তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। এদের মধ্যে যে সকল তরঙ্গ যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় এবং সঞ্চালনের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয়, তাদের যান্ত্রিক তরঙ্গ বলে। যেমন— বায়ুতে সৃষ্টি শব্দ তরঙ্গ, পানির তরঙ্গ ইত্যাদি। যে সকল তরঙ্গ শূন্য মাধ্যমেও সঞ্চালিত হতে পারে তাদের তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বলে। যেমন— বেতার তরঙ্গ, আলোক তরঙ্গ, গামা রশ্মি ইত্যাদি। এমনকি আমাদের মনের মধ্যে তথা দেহের বেশ কিছু অঙ্গ-প্রত্যঙ্গে ও মহাবিশ্বের বিভিন্ন ক্ষেত্রে তরঙ্গ (দোলা) পরিলক্ষিত হয়। তাই বলা যায়, এই মহাবিশ্ব নানাবিধি পর্যাপ্ত গতি এবং তরঙ্গে পরিপূর্ণ যা পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় আলোচিত হয়।

## ► এক নজরে অধ্যায় বিন্যাস



শিক্ষার্থীদের সেরা প্রস্তুতির জন্য এ অধ্যায়টি পাঁচটি ধারাবাহিক  
পার্টে বিভক্ত করে উপস্থাপন করা হলো। সহজে খুঁজে বের করার  
জন্য প্রতিটি পার্টের সাথে পৃষ্ঠা নম্বর দেওয়া আছে। শিক্ষার্থীরা  
পার্টসমূহ অনুসরণে প্রস্তুতি গ্রহণ করলে পরীক্ষায় যেভাবেই প্রশ্ন  
আসুক না কেন, সহজেই ১০০% কমন নিশ্চিত করতে পারবে।



## অনুশীলন [Practice]

১০০% সঠিক ফরম্যাট অনুসরণে শিখনকলের ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর



মুজনশীল অংশ  
কমন উপযোগী প্রশ্ন ও উত্তর  
পৃষ্ঠা : ৬০৫-৬৫১



বহুনির্বাচনি অংশ  
১০০% নির্ভুল প্রশ্ন ও উত্তর  
পৃষ্ঠা : ৬৫২-৬৬৪



## যাচাই ও মূল্যায়ন [Assessment & Evaluation]

মডেল টেস্ট আকারে মুজনশীল ও বহুনির্বাচনি প্রশ্নব্যাংক পৃষ্ঠা ৬৬৫



## এক্সকুসিভ সাজেশন্স [Exclusive Suggestions]

কলেজ পরীক্ষা ও এইচএসসি পরীক্ষা উপযোগী সাজেশন্স পৃষ্ঠা ৬৬৭



## বিকল্প প্রস্তুতি [Alternative Preparation]

গতানুগতিক ধারার গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নের সমূহের বিশেষ পাঠ পৃষ্ঠা ৬৬৭



## এক্সকুসিভ টিপস [Exclusive Tips]

পূর্ণাঙ্গ প্রস্তুতি নিশ্চিতকরে অভিনব কৌশলভিত্তিক নির্দেশনা পৃষ্ঠা ৬৬৭



## ECLUSIVE ITEMS Admission Test After HSC

মেডিকেল, ইঞ্জিনিয়ারিং ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় আসা প্রয়োজন পৃষ্ঠা ৬৬৮

চিচার্স ম্যানুয়াল অনুসরণে  
তিনি ধারায় উপস্থাপন

শিখনকল  
শিখন যাচাই

শিখন যাচাই

উপকরণ

## অধ্যায় সংশ্লিষ্ট বিজ্ঞানীর পরিচিতি



**জেমস ক্লার্ক ম্যাক্সেল** পদার্থবিদ হেরিথ হার্টজ সর্বোচ্চ উচ্চ কলাকান্তের বেতার তরঙ্গ তৈরি ও শনাক্ত করেন এবং তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গের অভিন্ন প্রদান করেন। তার নামানুসারে কল্পকান্তের একক হার্টজ রাখা হয়।



**থমাস ইয়ং** হেরেজ পদার্থবিদ থমাস ইয়ং তরঙ্গ প্রক্রিয়ার সাথে শব্দের নিবিড় সম্পর্কভিত্তিক ব্যতিচারের নীতি প্রদান করেন। আলো, শক্তি, কঠিন বলবিদ্যা ইত্যাদি শাখায়ও তার অবদান পরিলক্ষিত হয়।



**আলবের্ট এইচিন** মেরিকান পদার্থবিদ ও গণিতবিদ ক্রিটিয়ান ডপলার শব্দের উৎস ও শ্রোতার মধ্যে আপেক্ষিক গতির তীব্রতার ওপর সম্পর্কভিত্তিক একটি সূত্র প্রদান করেন; যা ডপলারের ক্রিয়া নামে পরিচিত।



## ওয়েবসাইট তথ্য সংযোগ

অধ্যায়টিকে বিষয়বস্তুর ওপর শিখনকলের ধারাবাহিকতায় পৃষ্ঠা তৈরিতে এবং উত্তরকে তথ্যবহুল ও নির্ভুলতা নিশ্চিতকরণে বোর্ড বাইয়ের পাশাপাশি নিয়োজিত ওয়েব লিংকের সহায়তা নেওয়া হয়েছে—

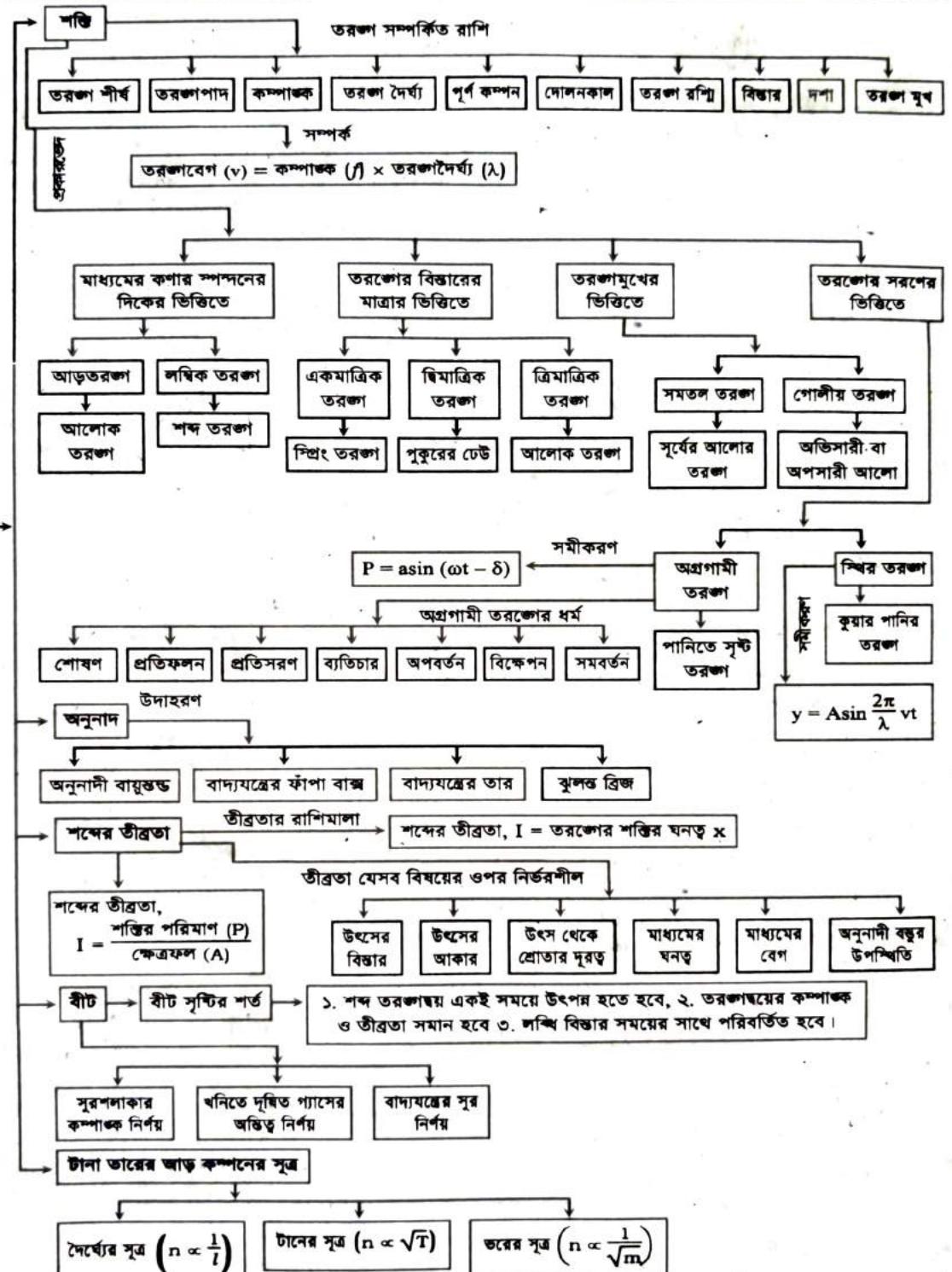
[en.wikipedia.org/wiki/wave](http://en.wikipedia.org/wiki/wave)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical_wave)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Surface\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_wave)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Transverse\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Transverse_wave)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Longitudinal\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Longitudinal_wave)  
[en.wikipedia.org/wiki/Intensity\\_\(physics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Intensity_(physics))  
[en.wikipedia.org/wiki/Standing\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Standing_wave)  
[en.wikipedia.org/wiki/Resonance](http://en.wikipedia.org/wiki/Resonance)



৭৪  
নজরে

## অধ্যায়ের প্রবাহ চিত্র

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা, কোনো অধ্যায়ের বিষয়বস্তুর বিন্যাস ও ধারাবাহিকতা সম্পর্কে পূর্ব হতে ধারণা ধাকলে প্রয় ও উত্তর আবশ্যিক করা সহজ হয়। নিম্নে এ অধ্যায়ের পুরুতপূর্ণ বিষয়বস্তু প্রবাহ চিত্র (Flow Chart) আকারে উপস্থাপন করা হলো, যা তোমাদের সহজেই এক নজরে অধ্যায়টি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পেতে সহায়তা করবে।



### অধ্যায় বিশ্লেষণ (Chapter Analysis)

- ১১০ টি সুজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৩১টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬৫টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ৯টি + কলেজ প্রশ্ন ৪টি + সমবিত্ত প্রশ্ন ১টি)
- ২৭৩ টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৬৮টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ৭২টি + কলেজ প্রশ্ন ৭৬টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫৭টি)

অনলাইনে প্রস্তুতি যাচাই

**INTERNET  
BASED**

সুজনশীল মডেল টেস্ট ০৫টি  
বহুনির্বাচনি মডেল টেস্ট ০৫টি



PART

01



অনুশীলন  
Practice

প্রিয় শিক্ষার্থী, Part 01 সম্পর্কগুণে অনুশীলন নির্ভর; যা মূলত দুটি অংশে বিভক্ত— সৃজনশীল অংশ ও বহুবিদ্যাচনি অংশ। তোমাদের অনুশীলনের সুবিধার্থে NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীয় প্রথা ও উভয়ের পাশাপাশি এইচএসসি পরীক্ষা, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল, শীর্ষস্থানীয় কলেজ ও সংযুক্ত অধ্যায়ের প্রয়োজন করা হয়েছে। প্রথা ও উভয়ের সর্বশেষ সংশোধিত ফরম্যাট অনুসৃত হয়েছে।



অধ্যায়ের শিখনকল

- অধ্যায়টি অনুশীলন করে আমি যা জানতে পারব—
- ১. তরঙ্গের উৎপত্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ২. তরঙ্গের মাধ্যমে শক্তির সঞ্চালন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৩. বিভিন্ন প্রকার তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৪. তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ৫. তরঙ্গের তীব্রতার গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ৬. উপরিপাতন নীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৭. স্থির তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা' প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ৮. ব্যবহারিক ১. মেলডিভি পরীক্ষার সাহায্যে সুরশলাকার কম্পাঙ্কে নির্ণয় করতে পারব।
- ৯. অনুনাদ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ১০. শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতার লেভেল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ১১. বীটের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ১২. ঘরণাম ও হারমোনিক্স ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ১৩. সংগীতগুণ বিশ্লেষণে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ১৪. দৈনন্দিন জীবনে সোরগোল ও সংগীতগুণের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।



শিখন অর্জন যাচাই

- ১. তরঙ্গের সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, বিভিন্ন রাশি ও এসের মধ্যে সম্পর্ক সম্বন্ধে ধারণা লাভ করতে পারব।
- ২. তরঙ্গের প্রকারভেদগুলো ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৩. আড় তরঙ্গ ও সর্বিক তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে পারব।
- ৪. অগ্রগামী তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ও এর সমীকরণ নির্ণয় পদ্ধতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।
- ৫. চল তরঙ্গ সমীকরণের কয়েকটি বিকল্পুণ সম্পর্কে জানতে পারব।
- ৬. অগ্রগামী তরঙ্গ ও স্থির তরঙ্গের পার্থক্য নির্ণয় করতে পারব।
- ৭. মুক্ত কম্পন ও পরবশ কম্পনের মধ্যে পার্থক্য অনুধাবন করতে পারব।
- ৮. শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতার লেভেল সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।



শিখন সহায়ক উপকরণ

- ১. মেলডিভি পরীক্ষার জন্য মেলডিভি যন্ত্র, সুতা, কাঠের ক্লাম্প, নিপ্পি, মিটার ক্ষেল ইত্যাদি।
- ২. পরীক্ষার ফল ও উপাত্ত উপস্থাপনের ছক।
- ৩. বিভিন্ন উৎসের তীব্রতা ও তীব্রতা লেভেলের বিবরণসহ চার্ট।
- ৪. একমুখী নল ও দুই খোলা নল এর ছবি ও সমীকরণ সহ ছক।
- ৫. এ অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলি, প্রতীক ও একক পরিচিতির চার্ট।

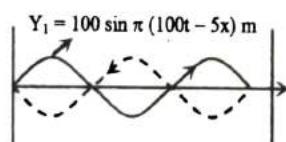


সকল বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষার সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, সারা দেশের ৮টি শিক্ষা বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯, ২০১৮, ২০১৭, ২০১৬ ও ২০১৫-এ আসা এ অধ্যায়ের সৃজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা এইচএসসি পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তরের ধরন সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯ এর প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১** উদ্ধীপকের তরঙ্গটি বাধা পেয়ে প্রতিফলিত হয়ে একই পথে বিপরীত দিকে ফিরে এসে একটি নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হলো। [সব কয়টি রাশি SI এককে প্রকাশিত]



১

ক. দশা কী?  
খ. শব্দের তীব্রতা লেভেল 20 dB বলতে কী বুঝা?

২

গ. উদ্ধীপকের তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত?  
ঘ. উদ্ধীপকে সৃষ্টি নতুন তরঙ্গটিতে সর্বোচ্চ বিস্তারের অবস্থানগুলো নির্ণয় করা সম্ভব কি-না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৩

[ঢ. বো. '১৯]

১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দশা হলো কোনো একটি কম্পমান বস্তুর যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা।

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

- দুটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের শব্দোচ্চতার পার্থক্য 20 dB যেখানে একটি প্রমাণ তীব্রতার শব্দের শব্দোচ্চতা।
- কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমের দশ গুণ 20 dB এর সমান।

২ উদ্ধীপকের তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y_1 = 100 \sin \pi (100t - 5x) \quad \dots \text{(i)}$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y = a \sin \left( 2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) \quad \dots \text{(ii)}$$

(i) নং ও (ii) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$$5\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ বা, } 5\lambda = 2$$

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

অতএব, উদ্ধীপকের তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.4 m।

৩ উদ্ধীপকের তরঙ্গের সমীকরণ,  $Y_1 = 100 \sin \pi (100t - 5x)$

নতুন তরঙ্গের সমীকরণ হবে,  $Y_2 = -100 \sin \pi (100t + 5x)$

লব্ধি সরণ,  $Y = Y_1 + Y_2$

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

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

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

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

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

সর্বোচ্চ বিস্তারের অবস্থানের ক্ষেত্রে,  $A = \pm 200$

$$\text{বা, } 200 \sin \pi (5x) = \pm 200$$

$$\text{বা, } \sin \pi (5x) = \pm 1$$

$$\text{বা, } \sin \pi (5x) = 1$$

$$\text{বা, } \sin \pi (5x) = (2n+1) \frac{\pi}{2} = (2n+1) \frac{1}{10}$$

যেখানে,  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

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

অর্থাৎ,  $\frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \frac{5}{10}, \dots$  হবে তরঙ্গটির সর্বোচ্চ বিস্তারের অবস্থান।

### ১. অংক ১। একটি তরঙ্গের সরণের সমীকরণ

$$y(x, t) = 3 \sin \left( 36t + 0.018x + \frac{\pi}{4} \right)$$

- ক. স্প্রিং ধ্রুক কাকে বলে? ১  
 খ. বড় বড় হলুমের দেয়ালে হার্ডবোর্ড কিংবা পার্টেজ জাতীয় বোর্ড লাগানো হয় কেন? ২  
 গ. তরঙ্গটির পর্যায়কাল ছিসাব কর। ৩  
 ঘ.  $x = 0$  ধরে  $v-t$  গ্রাফের প্রকৃতি ক্রিপ্ত হবে তোমার মতামত লিখ। ৪

[ৱ. বো. '১৯]

### ২নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রাণ্টের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুক বলে।

**খ.** বড় বড় হলুমের দেয়ালে হার্ডবোর্ড কিংবা পার্টেজ বোর্ড লাগানো হয় কারণ হার্ডবোর্ড বা পার্টেজের বোর্ড লাগানো না থাকলে কনক্রিটের দেয়ালে শব্দ তরঙ্গের স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হয় ফলে তা প্রায় সমান তীব্রতা ও বেগ নিয়ে ফিরে আসে এবং বস্তার মুখ নিঃসৃত পরবর্তী শব্দ তরঙ্গের উপর উপরিপাতিত হয়ে তাকে বিকৃত করে। ফলে বস্তার কথা স্পষ্ট হয় না।

**গ.** এখানে,  $y = 3 \sin \left( 36t + 0.018x + \frac{\pi}{4} \right)$

এই সমীকরণকে  $y = a \sin(\omega t + \delta)$ -এর সাথে তুলনা করে পাই,  
 $\omega = 36$

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{T} = 36$$

$$\text{বা, } T = \frac{2\pi}{36} = \frac{\pi}{18} \text{ s}$$

অতএব, উদ্দীপকের তরঙ্গটির পর্যায়কাল  $\frac{\pi}{18}$  সেকেন্ড।

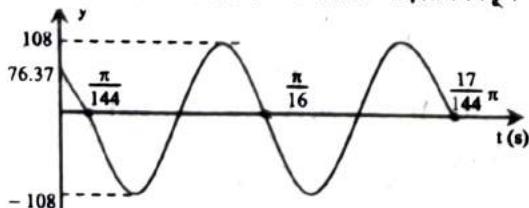
**ঘ.** উদ্দীপক অনুসারে,  $y(x, t) = 3 \sin \left( 36t + 0.018x + \frac{\pi}{4} \right)$

$$x = 0 \text{ হলে, সমীকরণটি দাঁড়ায়} - y(t) = 3 \sin \left( 36t + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$\text{এখন, } v = \frac{dy(t)}{dt} = 3 \frac{d}{dt} \sin \left( 36t + \frac{\pi}{4} \right) = 3 \times 36 \cos \left( 36t + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$\therefore v = 108 \cos \left( 36t + \frac{\pi}{4} \right)$$

বেগের প্রাণ্ট এই সমীকরণ থেকে  $v-t$  গ্রাফটি দাঁড়ায় নিম্নরূপ-



অতএব,  $x = 0$  ধরে  $v-t$  গ্রাফটি একটি cosine গ্রাফ হবে যা  $\frac{\pi}{4}$  আদি দশা থেকে যাত্রা শুরু করবে।

**A, B, C এবং D চারটি সুরশলাকা দেয়া আছে, যার মধ্যে A শলাকাটি  $1.3 \text{ kg m}^{-3}$  ঘনত্বের মধ্যে 0.5 m বিজ্ঞারের শব্দ তরঙ্গ সৃষ্টি করে। শলাকাটির কম্পাঙ্ক 250 Hz এবং মাধ্যমে শব্দের বেগ  $345 \text{ m s}^{-1}$ । A শলাকাটি B এবং D এর সাথে যথাক্রমে প্রতি সেকেন্ডে 2টি এবং 6টি বীট উৎপন্ন করে এবং B ও D পরস্পরের সাথে প্রতি সেকেন্ডে 4টি বীট উৎপন্ন করে এবং B, D, C এর সাথে দুটি বীট উৎপন্ন করে।**

ক. স্থির তরঙ্গ কী?

খ. অনুনাদী বস্তুর উপস্থিতি মাধ্যমের শব্দ তরঙ্গের তীব্রতার উপর কীভাবে প্রভাব বিস্তার করে ব্যাখ্যা কর।

গ. A সুরশলাকার সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা নির্ণয় কর।

ঘ. “বীট গণনা করে অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সহজ”-- C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করে উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর।

[ব. বো. '১৯]

### ৩নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** সীমাবদ্ধ মাধ্যমে দুটি পরস্পর বিপরীতমুখী অগ্রগামী তরঙ্গের বিস্তার ও পর্যায়কাল/কম্পাঙ্ক/তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান হলে এদের উপরিপাতনের ফলে যে নতুন তরঙ্গের উৎপত্তি হয় তাই স্থির তরঙ্গ।

**খ.** আমরা জানি, তীব্রতা তরঙ্গের বর্ণের বর্ণের সমানুপাতিক। অনুনাদী বস্তুর উপস্থিতির কারণে উপরিপাতন নীতি অনুসারে তরঙ্গ পরিবর্তিত বিস্তার নিয়ে কাঁপতে থাকে। ফলে শব্দের তীব্রতা তার বর্ণের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

**গ.** এখানে,

$$\text{মাধ্যমের ঘনত্ব, } \rho = 1.3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{বিস্তার, } a = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = 250 \text{ Hz}$$

$$\text{শব্দের বেগ, } v = 345 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{শব্দের তীব্রতা, } I = ?$$

আমরা জানি,

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

$$= 2 \times 3.1416^2 \times 250^2 \times 0.5^2 \times 1.3 \times 345 \text{ Wm}^{-2}$$

$$\therefore I = 138329321 \text{ Wm}^{-2}$$

অতএব, A সুরশলাকার সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা  $138329321 \text{ Wm}^{-2}$ ।

**ঘ.** এখানে,  $f_A = 250 \text{ Hz}$

উদ্দীপক অনুসারে,  $f_B - f_D = \pm 4$

$$f_A - f_B = \pm 2$$

$$f_A - f_D = \pm 6$$

$$f_B - f_C = \pm 2$$

$$f_C - f_D = \pm 2$$

$$(+) \text{ নিয়ে : } f_B = f_A - 2 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz} - 2 \text{ Hz} = 248 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_C = f_B - 2 \text{ Hz}$$

$$= (248 - 2) \text{ Hz}$$

$$= 246 \text{ Hz}$$

$$(-) \text{ নিয়ে : } f_B = f_A + 2 \text{ Hz}$$

$$= 250 \text{ Hz} + 2 \text{ Hz}$$

$$= 252 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_C = f_B + 2 \text{ Hz}$$

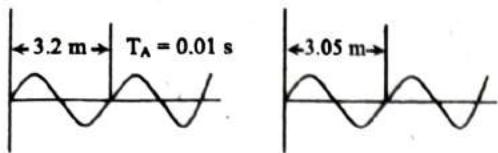
$$= (252 + 2) \text{ Hz}$$

$$= 254 \text{ Hz}$$

∴ C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $246 \text{ Hz}$  অথবা  $254 \text{ Hz}$

অতএব, “বীট গণনা করে অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সহজ”। উক্তিটি যথার্থ।

নিচের চিত্রে কোনো এক পরীক্ষাগারে দুটি সুরশলাকা A ও B কে শুনাইত করলে যে তরঙ্গ উৎপন্ন হয় তার লেখচিত্র দেখনো হলো :



চিত্র : A শলাকা নিঃসৃত তরঙ্গ চিত্র : B শলাকা নিঃসৃত তরঙ্গ

- ক. সংশ্লিষ্টি বল কী?
- খ. একটি মোটা ও একটি চিকন ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে কি-না ব্যাখ্যা কর।
- গ. পরীক্ষাগারে A শলাকার ছারা সৃষ্টি শব্দের বেগ কত নির্ণয় কর।
- ঘ. উকীপকের সুরশলাকা দুটি একত্রে বাজালে বীট উৎপন্ন করবে কি না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৯]

### ৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সংশ্লিষ্টি বল হলো একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বল।

খ. ইয়ং-এর গুণাঙ্ক বস্তুর উপাদানের বৈশিষ্ট্য বস্তুর বৈশিষ্ট্য নয়। যেহেতু একটি মোটা ও একটি চিকন ইস্পাতের তারের উভয়ের উপাদান একই (ইস্পাত), সেহেতু উভয়ের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে।

গ. চিত্র হতে, A শলাকার তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_A = 3.2 \text{ m}$   
A শলাকার তরঙ্গের পর্যায়কাল,  $T_A = 0.01 \text{ s}$

আমরা জানি,

$$v_A = f_A \lambda_A = \frac{1}{T_A} \lambda_A = \frac{3.2 \text{ m}}{0.01 \text{ s}}$$

$$\therefore v_A = 320 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, পরীক্ষাগারে A শলাকার ছারা সৃষ্টি শব্দের বেগ  $320 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ. এখানে, A শলাকায় সৃষ্টি শব্দের পর্যায়কাল,  $T_A = 0.01 \text{ s}$   
'g' হতে পাই, পরীক্ষাগারে শব্দের বেগ,  $v = v_A = 320 \text{ m s}^{-1}$

B শলাকা নিঃসৃত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_B = 3.05 \text{ m}$

A শলাকা নিঃসৃত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক,  $f_A = \frac{1}{T_A} = \frac{1}{0.01 \text{ s}} = 100 \text{ Hz}$

B শলাকা নিঃসৃত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক,

$$f_B = \frac{v}{\lambda_B} = \frac{320 \text{ m s}^{-1}}{3.05 \text{ m}} = 104.92 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_B - f_A = (104.92 - 100) \text{ Hz} = 4.92 \text{ Hz}$$

শলাকাছয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $4.92 \text{ Hz}$ । যা  $10 \text{ Hz}$  অপেক্ষা কম।

অতএব, উকীপকের সুরশলাকা দুটি একত্রে বাজালে বীট উৎপন্ন করবে।

ঘ. P, Q ও R তিনটি সুরশলাকা একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে রাখা হলো। P সুরশলাকা ৪টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্য Q-এর ৫টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান। তাদের মধ্যে কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $60 \text{ Hz}$ । কিন্তু R সুরশলাকা ছারা সৃষ্টি অঞ্গামী তরঙ্গের সমীকরণ  $Y = 0.2 \sin 2\pi (100t - \frac{x}{15}) \text{ m}$ ।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

খ. সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে নিরাপদে রাখে— ব্যাখ্যা কর।

গ. উকীপকের P ও Q সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

ঘ. কী পদক্ষেপ নিলে R সুরশলাকার তরঙ্গ ছারা স্থির তরঙ্গ পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[কু. বো. '১৯]

### ৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কক আর তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুমান করে।

খ. বেসরো শব্দ যেগুলোকে আমরা নয়েজ বলি মানুষের মনকে খিটাখিটে করে তোলে। এই ধরনের শব্দে দীর্ঘদিন অবস্থান করলে মানুষের রক্তচাপ বেড়ে যেতে পারে। অপরদিকে, সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে রক্তচাপ স্বাভাবিক রাখতে সাহায্য করে। যার ফলে মানুষ নিরাপদে থাকে। অতএব বলা যায়, সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে নিরাপদে রাখে।

ঘ. ধরি, P ও Q এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $\lambda_1$  ও  $\lambda_2$  এবং কম্পাঙ্ক যথাক্রমে  $f_1$  ও  $f_2$  উকীপক অনুমানে,

$$4\lambda_1 = 5\lambda_2$$

$$\text{বা, } \lambda_1 = \frac{5}{4}\lambda_2$$

$$\text{অর্থাৎ, } \lambda_1 > \lambda_2$$

$\therefore f_2 > f_1$  হবে

$$\therefore f_2 - f_1 = 60 \text{ Hz}$$

$$\text{বা, } f_2 = f_1 + 60$$

$$\text{আবার, } f_1\lambda_1 = f_2\lambda_2$$

$$\text{বা, } f_1 \times \frac{5}{4}\lambda_2 = f_2\lambda_2$$

$$\text{বা, } f_2 = \frac{5}{4}f_1$$

$$\text{বা, } f_1 + 60 = \frac{5}{4}f_1$$

$$\text{বা, } 4f_1 + 240 = 5f_1$$

$$\therefore f_1 = 240 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_2 = (240 + 60) \text{ Hz} = 300 \text{ Hz}$$

অতএব, P ও Q সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রম  $240 \text{ Hz}$  ও  $300 \text{ Hz}$ ।

ঘ. এখানে,  $Y = 0.2 \sin 2\pi (100t - \frac{x}{15}) \text{ m}$

Y-কে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ

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

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{15}$$

$$\therefore \lambda = 15 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } \frac{v}{\lambda} = 100$$

$$\text{বা, } f = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{বিস্তার, } a = 0.2 \text{ m}$$

দেখা যাচ্ছে যে, R সুরশলাকার তরঙ্গের বিস্তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্ক যথাক্রমে  $0.2 \text{ m}$ ,  $15 \text{ m}$  ও  $100 \text{ Hz}$  এবং তরঙ্গটি ধনাত্মক x অক্ষ বরাবর অগ্রসরমান।

আমরা জানি, সমান বিস্তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্কের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ বিপরীত দিক থেকে পরম্পরাগত উপরিপাতিত হলে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।

অতএব, যদি  $0.2 \text{ m}$  বিস্তার,  $15 \text{ m}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্য এবং  $100 \text{ Hz}$  কম্পাঙ্কের একটি অগ্রগামী তরঙ্গ অঙ্গাত্মক x অক্ষ বরাবর চালনা করা যায় তবে R সুরশলাকার তরঙ্গ ছারা স্থির তরঙ্গ পাওয়া যাবে।



**প্রয়োগ** | একটি পোন্টিফার্মে 400 মুরগি আছে। পোন্টিফার্মের বর্তমান শব্দের তীব্রতা  $3.2 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ । পোন্টিফার্মের মালিক মুরগির সংখ্যা বাড়িয়ে 2400টি করলেন। [শব্দের প্রমাণ তীব্রতা  $10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ ]

- ক. শব্দ কাকে বলে? ১
  - খ. তীক্ষ্ণতা ও কম্পাঙ্ক একই কি না? ব্যাখ্যা কর। ২
  - গ. উদ্বিপক্ষের পোন্টিফার্মের তীব্রতা লেভেল কত বেল হিল নির্ণয় কর। ৩
  - ঘ. মুরগির সংখ্যা বাড়ানোর ফলে উদ্বিপক্ষের ফার্মটিতে কী ধরনের সমস্যার সৃষ্টি হতে পারে? গণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪
- [নি. বো. '১৯]

### ৭নং প্রশ্নের উত্তর

**প্রয়োগ** | শব্দ এক প্রকার শক্তি যা কানে শ্বাশের অনুভূতি জাগায়।

**প্রয়োগ** | শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের ছারা কোন সুর চড়া কোন সুর মোটা সেটি বুঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বলে। অপর দিকে এক সেকেন্ডে শব্দ তরঙ্গ যতগুলো পূর্ণ দোলন দেয় তাকে উক্ত শব্দের কম্পাঙ্ক বলে। তীক্ষ্ণতা শব্দের কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে, কিন্তু তীক্ষ্ণতা ও কম্পাঙ্ক এক নয়।

**প্রয়োগ** | এখানে, পোন্টিফার্মের শব্দের তীব্রতা,  $I = 3.2 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$  শব্দের প্রমাণ তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$

তীব্রতা লেভেল,  $\beta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \beta = \log \frac{I}{I_0} B = \log \frac{3.2 \times 10^{-4}}{10^{-12}} B = 8.5 B$$

পোন্টিফার্মের তীব্রতা লেভেল 8.5 বেল।

**প্রয়োগ** | মুরগির সংখ্যা বাড়ানোর পর ফার্মের নতুন শব্দের তীব্রতা,

$$I' = \frac{2400}{400} \times 3.2 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2} = 1.92 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$$

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

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

$$= 10 \log \frac{1.92 \times 10^{-3}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 92.83 \text{ dB}$$

অতএব, মুরগির সংখ্যা বাড়ানোর ফলে উদ্বিপক্ষের ফার্মটিতে শব্দের তীব্রতা লেভেল বেড়ে গিয়ে 92.83 dB হয়েছিল যা রীতিমতো শব্দ দৃশ্যের পর্যায়ে পড়ে।

**প্রয়োগ** | A ও B তারকে কম্পিত করে নিম্নের তরঙ্গাবয় উৎপন্ন হয় :

$$Y_A = 0.1 \sin (200 \pi t - 10 \pi x) \text{ m}$$

$$Y_B = 0.1 \sin (208 \pi t - 16 \pi x) \text{ m}$$

তরঙ্গাবয় একইদিকে গমন করে পরম্পরাগত উপরিপাতিত হয়।

- ক. ঝগড়াক কাজ কী? ১
  - খ. গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে গড়মুক্ত পথ বেশি হয় কি? ব্যাখ্যা কর। ২
  - গ. A তারে সৃষ্টি তরঙ্গের তরঙ্গাবেগ নির্ণয় কর। ৩
  - ঘ. উদ্বিপক্ষের তারাবয়ের কম্পনে বীট সৃষ্টি স্তৰ কি না গণিতিক তত্ত্বসহ মতামত দাও। ৪
- [নি. বো. '১৯]

### ৮নং প্রশ্নের উত্তর

**প্রয়োগ** | বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়া রেখার বিপরীত দিকে সরে যায় বা বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে তবে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাই ঝগড়াক কাজ।

**প্রয়োগ** | আমরা জানি,  $\lambda \propto \frac{1}{\rho} \text{ অর্থাৎ গড় মুক্তপথ গ্যাসের ঘনত্বের ব্যাপ্তানুপাতিক যার অর্থ গ্যাসের ঘনত্ব গত বেশি হবে অগুলোর গড় মুক্তপথ তত কম হবে। অতএব, গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে গড় মুক্তপথ বেশি হয় না।$

**প্রয়োগ** | এখানে,  $Y_A = 0.1 \sin (200 \pi t - 10 \pi x) \text{ m}$  এখন,  $Y_A$  কে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ

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

$$\frac{2\pi}{\lambda_A} = 10 \pi$$

$$\text{বা, } \lambda_A = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda_A} v_A = 200 \pi$$

$$\text{বা, } v_A = 100 \lambda_A$$

$$\therefore v_A = 100 \times 0.2 \text{ m s}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, A তারে সৃষ্টি তরঙ্গের তরঙ্গাবেগ  $20 \text{ m s}^{-1}$ ।

**প্রয়োগ** | এখানে,  $Y_A = 0.1 \sin (200 \pi t - 10 \pi x) \text{ m}$

$$Y_B = 0.1 \sin (208 \pi t - 16 \pi x) \text{ m}$$

এখন, A ও B তারে সৃষ্টি তরঙ্গাবয়ের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে  $f_A$  ও  $f_B$  হলে—  $Y_A$  ও  $Y_B$  তরঙ্গাবয়কে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ

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

$$\frac{2\pi v_A}{\lambda_A} = 200 \pi$$

$$\text{বা, } 2\pi f_A = 200 \pi$$

$$\text{বা, } f_A = 100$$

$$\therefore f_A = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi v_B}{\lambda_B} = 208 \pi$$

$$\text{বা, } 2\pi f_B = 208 \pi$$

$$\text{বা, } f_B = 104$$

$$\therefore f_B = 104 \text{ Hz}$$

প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বীট =  $(104 - 100)$  টি = 4 টি

পরপর দুটি বিটের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান =  $\frac{1}{4} \text{ s} = 0.25 \text{ s}$

যা শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল  $0.1 \text{ s}$  অপেক্ষা বড়। অতএব উদ্বিপক্ষের তারাবয়ের কম্পনে বীট সৃষ্টি স্তৰ।

**প্রয়োগ** | A সুরশলাকা ছারা সৃষ্টি তরঙ্গের সমীকরণটি হলো  $y = 0.7 \sin \pi(500 t - 1.47 x)$ । সমীকরণটিতে উল্লিখিত সকল রাশি SI এককে প্রকাশ করা হয়েছে। অপর একটি B সুরশলাকা সমোষিটারের তারের  $0.25 \text{ m}$  দৈর্ঘ্যে সৃষ্টি মূল সুরের সাথে ঐক্তান সৃষ্টি করে। সমোষিটারের তারটি  $5 \text{ kg-wt}$  বল ছারা টানা এবং তারটির  $1 \text{ m}$  দৈর্ঘ্যের ভর  $3 \text{ gm}$ ।

**প্রয়োগ** | ক. পয়সনের অনুপাত কাকে বলে?

**প্রয়োগ** | খ. সরল দোল গতির সর্বোচ্চ অবস্থানে তুরণ সর্বোচ্চ কি না? ব্যাখ্যা কর।

**প্রয়োগ** | গ. A সুরশলাকা ছারা সৃষ্টি তরঙ্গের তরঙ্গাবেগ নির্ণয় কর।

**প্রয়োগ** | ঘ. A ও B কে একত্রে কাঁপানো হলে বীট শোনা যাবে কি না তা বিশ্লেষণ কর।

[নি. বো. '১৯]

### ৮নং প্রশ্নের উত্তর

**প্রয়োগ** | স্থিতিশ্বাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধূৰ রাশি। এই ধূৰ রাশিকে বস্তুর উপাদানের পরামর্শের অনুপাত বলে।

## নবম অধ্যায় (৪)) তরঙ্গ

৬০৯ ৫

১) আমরা জানি, সরল দোলণতির জন্য সাম্যাবস্থান থেকে  $x$  দূরত্বে  
তুরণ,  $a = -\omega^2 x$

উপরোক্ত সম্পর্ক থেকে এটি স্পষ্ট যে  $x$ -এর সর্বোচ্চ মানের জন্য  
তুরণের মান সর্বোচ্চ হয়। অতএব, সরল দোলণতির ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ  
অবস্থানে  $x$ -এর মান সর্বোচ্চ বলে সেখানে তুরণের মান সর্বোচ্চ।

২) এখানে, তরঙ্গের সমীকরণ,  $y = 0.7 \sin \pi (500t - 1.47x)$

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

$$\frac{2}{\lambda} = 1.47$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{2}{1.47} = 1.36 \text{ m}$$

অতএব, A সুরশলাকা দ্বারা সৃষ্টি শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 1.36 m।

৩) এখানে, তারের টান,  $T = 5 \text{ kg} \cdot \omega t = 5 \times 9.8 \text{ N} = 49 \text{ N}$   
তারের দৈর্ঘ্য,  $l = 0.25 \text{ m}$

$$\text{একক দৈর্ঘ্যের ভর, } \mu = \frac{3 \text{ gm}}{1 \text{ m}} = 3 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$$

উচ্চীপক অনুসারে,

$$B \text{ শলাকার কম্পাঙ্ক, } f_B = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 0.25} \times \sqrt{\frac{49}{3 \times 10^{-3}}} \text{ Hz}$$

$$\therefore f_B = 255.6 \text{ Hz}$$

এখন, A শলাকার ক্ষেত্রে,  $y = 0.7 \sin \pi (500t - 1.47x)$

সমীকরণটি অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ

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

$$\frac{2v}{\lambda} = 500$$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda} = \frac{500}{2}$$

$$\therefore f_A = 250 \text{ Hz}$$

$$\text{এখন, } f_B - f_A = (255.6 - 250) \text{ Hz} = 5.6 \text{ Hz}$$

$\therefore A$  ও  $B$  এর কম্পাঙ্কের পার্থক্য 5.6 Hz যা 10 Hz অপেক্ষা কম।

অতএব, A ও B কে একত্রে কাঁপানো হলে বীট শোনা যাবে।

### ২) ইচ্যুসি পরীক্ষা ২০১৮ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১) প্রতি সেকেন্ডে ৫টি বীট সৃষ্টি করার লক্ষ্যে দুটি সুরশলাকা A ও B নেওয়া হলো। A সুরশলাকা হতে সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা  $1.01 \times 10^5 \text{ Wm}^{-2}$  এবং বিস্তার  $0.02 \text{ m}$ । B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $161 \text{ Hz}$ । (মাধ্যমের ঘনত্ব  $1.25 \text{ kg m}^{-3}$  এবং শব্দের বেগ  $350 \text{ m s}^{-1}$ )।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

খ. আলোক তরঙ্গ ও শব্দ তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

গ. B সুরশলাকার 250 কম্পনে শব্দ করত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চীপকে উল্লিখিত বীট উৎপন্ন করতে হলে A সুরশলাকার কী পরিবর্তন আনা প্রয়োজন পাপিতক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

ক. সেট : ঢাকা, রাজশাহী, যশোর, সিলেট, চিনামপুর বোর্ড ২০১৮।

### ৩) ৯ম প্রশ্নের উত্তর

৪) কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যা঵ৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

১) আলোক তরঙ্গ ও শব্দ তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য নিম্নলিপি-

আলোক তরঙ্গ	শব্দ তরঙ্গ
১. আলোক তরঙ্গ একটি অনুদৈর্ঘ্য অনুপস্থি তরঙ্গ।	১. শব্দ তরঙ্গ একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।
২. তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় তরঙ্গ ছড়া ও তরঙ্গ থাদের সৃষ্টি হয়।	২. তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় সংকোচন ও প্রসারণ ঘটে।
৩. এতে সমবর্তন ঘটে।	৩. এতে সমবর্তন ঘটে না।
৪. একটি তরঙ্গ ছড়া ও একটি তরঙ্গ থাদ নিয়ে একটি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।	৪. একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে একটি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।

২) B সুরশলাকার শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$$\lambda_B = \frac{v}{f_B}$$

$$\text{বা, } \lambda_B = \frac{350}{161} \text{ m}$$

$$\therefore \lambda_B = 2.174 \text{ m}$$

$\therefore B$  সুর শলাকার 250 কম্পনে শব্দ কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$= 250 \times \lambda_B$$

$$= 250 \times 2.174 \text{ m}$$

$$= 543.5 \text{ m}$$

এখানে,

কম্পাঙ্ক,  $f_B = 161 \text{ Hz}$

শব্দের বেগ,  $v = 350 \text{ m s}^{-1}$

নির্ণয় অতিক্রান্ত দূরত্ব 543.5 m।

৩) এখানে,

A শলাকার শব্দের তীব্রতা,  $I = 1.01 \times 10^5 \text{ Wm}^{-2}$

বিস্তার,  $A = 0.02 \text{ m}$

মাধ্যমের ঘনত্ব,  $\rho = 1.25 \text{ kg m}^{-3}$

শব্দের বেগ,  $v = 350 \text{ m s}^{-1}$

শব্দের কম্পাঙ্ক,  $f_A = ?$

আমরা জানি,

$$I = 2\pi^2 f_A^2 A^2 \rho v$$

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

$$\text{বা, } f_A = \sqrt{\frac{1.01 \times 10^5}{2 \times 3.1416^2 \times 0.02^2 \times 1.25 \times 350}} = 171$$

$$\therefore f_A = 171 \text{ Hz}$$

বর্তমানে A ও B শলাকার মধ্যে কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $171 - 161 = 10 \text{ Hz}$  এবং  $f_A > f_B$ । সুতরাং উচ্চীপকে উল্লিখিত সংখ্যক বীট তথ্য 5টি বীট উৎপন্ন করতে হলে তাদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য কমাতে হবে অর্থাৎ, A সুর শলাকার কম্পাঙ্ক কমাতে হবে। অতএব, উচ্চীপকে উল্লিখিত বীট উৎপন্ন করতে হলে A সুরশলাকায় মোম লাগিয়ে এর ভর বাঢ়াতে হবে।

৫টি বীট উৎপন্ন করতে হলে A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $161 + 5 = 166 \text{ Hz}$  করতে হবে।

$$\frac{f_A'}{f_A} = \sqrt{\frac{m_A}{m_A'}}$$

$$\text{বা, } \frac{m_A}{m_A'} = \left(\frac{f_A}{f_A'}\right)^2$$

$$\text{বা, } m_A' = m_A \times \left(\frac{f_A}{f_A'}\right)^2 = m_A \times \left(\frac{171}{166}\right)^2$$

$$\therefore m_A' = 1.06 m_A$$

$$\therefore \Delta m_A = 0.06 m_A = 6\% m_A$$

অতএব, উচ্চীপকে উল্লিখিত বীট উৎপন্ন করতে A সুরশলাকায় মোম লাগিয়ে এর ভর 6% বাঢ়াতে হবে।

**বিষয় :** ব্যাডমিন্টন খেলার রেফারি বাঁশি বাজিয়ে  $Y_1 = 10 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{3.4}\right)$  তরঙ্গের শব্দ সৃষ্টি করে খেলোয়াড়দের মনোযোগ

আকর্ষণ করল। শব্দটি 40 m দূরের একটি দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে রেফারির কাছে ফিরে আসল। রেফারি থেকে দেয়ালের দিকে 13.6 m দূরে রীতা এবং 18.7 m দূরে মিতা নামের খেলোয়াড় দাঢ়িয়ে ছিল।

- ক. কালিক পর্যায়ক্রম কাকে বলে? ১  
 খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. রেফারির শব্দের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. প্রতিফলনের পর রীতা ও মিতা উভয়েই কি সমান জোরালো শব্দ শুনতে পাবেন? মিতা অধিক জোরালো শব্দ শুনতে পাবে।  
 গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

(খ স্টেট : কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, বরিশাল বোর্ড ২০১৮)

### ১০নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো রাশি বা ফাংশনের মান যদি এমন হয় যে নির্দিষ্ট সময় পরপর সেটি একই মান প্রাপ্ত করে তবে তাকে কালিক পর্যায়ক্রম বলে।

**খ** আমরা জানি, সরল দোলকের সমীকরণ,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ।  
 দোলনকাল  $T$  এর কার্যকর দৈর্ঘ্য  $L$  ও অভিকর্ষজ ত্বরণ  $g$ -এর উপর নির্ভর করে। কার্যকর দৈর্ঘ্য  $L$  বৃদ্ধি পেলে, দোলনকাল  $T$  বৃদ্ধি পায় এবং  $L$  ছাঁস পেলে  $T$  ছাঁস পায়। দোলক ঘড়ি সাধারণ সময়ে প্রতি ঘটায় 30টি দোলন দেয়। অর্থাৎ, দোলক ঘড়ির দোলনকাল  $T$  এর মান 2 সেকেন্ড।

গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বেশি ধোকার কারণে দোলক ঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য  $L$  বৃদ্ধি পায়। ফলে দোলনকাল  $T$  এর মানও বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ,  $T$  এর মান 2 সেকেন্ডের বেশি হয়। এজন্য গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

**গ** উদীপক অনুসারে রেফারির বাঁশি থেকে সৃষ্টি শব্দটি একটি অগ্রগামী তরঙ্গ।

এখন,  $Y_1 = 10 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{3.4}\right)$  কে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ

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

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

$$\text{বা, } \frac{2v}{\lambda} = 200$$

$$\text{বা, } \frac{2f}{\lambda} = 200$$

$$\text{বা, } f = \frac{200}{2}$$

$$\therefore f = 100 \text{ Hz}$$

অতএব, রেফারির শব্দের কম্পাঙ্ক 100 Hz।

**ঘ** উদীপক অনুসারে,

প্রতিফলক হতে রীতার দূরত্ব,  $r_1 = (40 - 13.6) \text{ m} = 26.4 \text{ m}$

প্রতিফলক হতে মিতার দূরত্ব,  $r_2 = (40 - 18.7) \text{ m} = 21.3 \text{ m}$

এখন, প্রতিফলনের পর রীতা ও মিতার শুত শব্দের তীব্রতা যথাক্রমে  $I_1$  ও  $I_2$  হলে,

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{21.3}{26.4}\right)^2$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{I_2} = 0.65$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{I_1}{I_2} < 1$$

$$\text{বা, } I_1 < I_2$$

অতএব, প্রতিফলনের পর রীতা ও মিতা উভয়েই সমান জোরালো শব্দ শুনতে পাবেন না— মিতা অধিক জোরালো শব্দ শুনতে পাবে।

### ঘ এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৭ এর প্রশ্ন ও উত্তর

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

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

**ক** কৌণিক ভৱবেগের সংজ্ঞা দাও। ১

**খ** রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

**গ** B সুরশলাকা হতে নির্গত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

**ঘ** C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কীভাবে নিশ্চিত হওয়া যায় তা গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

জ. বো. '১৭।

### ১১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** ঘূর্ণযামান কোনো বস্তুকণার অবস্থান ভেট্টের (ঘূর্ণন অক্ষ থেকে দূরত্ব) এবং বস্তুকণার বৈধিক ভৱবেগের ভেট্টের গুণফলকে কৌণিক ভৱবেগ বলে।

**খ** রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাইরের দিকে উচু বা ভেতরের দিকে ঢালু রাখা হয় যেন বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ি উল্টে না যায়।

ধরি, বাঁকের ব্যাসার্ধ r, রাস্তার ঢালের উচ্চতা h এবং ব্যাংকিং কোণ θ  
 অতএব,  $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{r^2}{hg}\right)$  হলো,

কেন্দ্রমুখী বল এবং কেন্দ্রবিমুখী বল পরম্পর সমান হলে গাড়ি দুর্ঘটনায় পতিত হবে না। তাই r ব্যাসার্ধের বাঁকে রাস্তার ভিতরের দিক বাইরের দিকের সাথে θ কোণে আনত বা ঢালু রাখা হয়।

**ঘ** উদীপক হতে পাই,

B সুরশলাকা থেকে বায়ু মাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = 0.9 \sin 19 \pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8}\right)$$

$$= 0.9 \sin \left(\frac{300 \pi t}{0.4} - \frac{10 \pi x}{4.8}\right) \dots \dots \dots \text{(i)}$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = a \sin \left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

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

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

নির্ণয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.96 m।

**ঘ** উদীপক হতে পাই,

B সুরশলাকা হতে বায়ু মাধ্যমে নির্গত তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = 0.9 \sin 10 \pi \left(\frac{30t}{0.4} - \frac{x}{4.8}\right) = 0.9 \sin \left(\frac{300 \pi t}{0.4} - \frac{10 \pi x}{4.8}\right)$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

$$y = a \sin \left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

$$2\pi f = \frac{300\pi}{0.4}$$

$$\text{বা, } f = \frac{300\pi}{2\pi \times 0.4} = 375 \text{ Hz}$$

মনে করি, C সুরশ্লাকারির কম্পাঙ্ক =  $f_C$

A সুরশ্লাকারির কম্পাঙ্ক,  $f_A = 385 \text{ Hz}$

$$\therefore f_A \pm f_C = 5 \quad \dots \dots \dots \text{(iii)}$$

$$\text{আবার, } f \pm f_C = 5 \quad \dots \dots \dots \text{(iv)}$$

সমীকরণ (i) নং হতে পাই,

$$f_C = 385 \text{ Hz} - 5 \text{ Hz} = 380 \text{ Hz}$$

অথবা,  $f_C = 385 \text{ Hz} + 5 \text{ Hz} = 390 \text{ Hz}$

আবার, সমীকরণ (ii) নং হতে পাই,

$$f_C = 375 \text{ Hz} - 5 \text{ Hz} = 370 \text{ Hz}$$

অথবা,  $f_C = 375 \text{ Hz} + 5 \text{ Hz} = 380 \text{ Hz}$

অতএব, C সুরশ্লাকারি A ও B উভয় সুরশ্লাকারির সাথেই 5 টি করে বিট উৎপন্ন করে,

$\therefore C$  সুরশ্লাকারির কম্পাঙ্ক 380 Hz।

**প্র৷ ১১**  $y = 0.5 \sin 2\pi (50t - 0.75x)$  একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ।

ক. বীট কী?

১

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

গ. তরঙ্গাটি 6 সে. এ কত দূরত অভিক্রম করে? ৩

ঘ. যদি এরূপ আর একটি তরঙ্গ বিপরীত দিক হতে

প্রস্থানের উপর আপত্তি হয় তবে সৃষ্টি তরঙ্গাটি কিরূপ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

[রা. বো. '১৭]

### ১২নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** প্রায় সমান কম্পাঙ্কের এবং সমান বিস্তারের দুটি শব্দ তরঙ্গ দুটি উৎস হতে একই সময়ে উৎপন্ন হয়ে একই দিকে অগ্রসর হলে এদের উপরিপাতনের ফলে সৃষ্টি শব্দ তরঙ্গের তীব্রতার পর্যায়ক্রমিক হাস-বৃন্দাই হলো বীট।

**খ** কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যায়বৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

আবার, কোনো কম্পনরূপ বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর নিকট আনলে বিচ্ছিন্ন বস্তুটিতে কম্পন শুরু হয়। একে আরোপিত কম্পন বলে। তাই অনুনাদ হলো এক বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন।

**গ** দেওয়া আছে,  $y = 0.5 \sin 2\pi (50t - 0.75x)$

$$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t - x) \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

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

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

তরঙ্গবেগ,  $v = 66.67 \text{ ms}^{-1}$

সময়,  $t = 6 \text{ s}$

৬ s-এ অভিক্রম দূরত,  $s = ?$

আমরা জানি,  $s = vt = 66.67 \text{ ms}^{-1} \times 6s = 400 \text{ m}$ ।

**ঘ** উচ্চীপক হতে পাই,  $y = 0.5 \sin 2\pi (50t - 0.75x)$

$$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t - x) \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

বিপরীত দিক থেকে আগত আর একটি তরঙ্গ,

$$y' = 0.5 \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t + x) \quad \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং এর তরঙ্গাবয় উপরিপাতনের ফলে সৃষ্টি তরঙ্গ Y হলে,

$$Y = y + y'$$

$$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t - x) + 0.5 \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t + x)$$

$$= 0.5 \left[ \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t - x) + \sin \frac{2\pi}{1.33} (66.67t + x) \right]$$

$$= \sin \left( \frac{2\pi}{1.33} \times 66.67t \right) \cos \left( \frac{2\pi x}{1.33} \right)$$

$$= A \sin (314.9 t) \quad \dots \dots \dots \text{(iii)}$$

$$\text{যেখানে, } A = \cos \left( \frac{2\pi t}{1.33} \right) = \cos (4.724 x)$$

উপরিউক্ত (iii) নং সমীকরণটিই হলো একটি শিখির তরঙ্গের সমীকরণ।

**১৩নং প্রশ্নের উত্তর**

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

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

এখানে, সব কয়টি রাশি SI এককে প্রকাশিত। বায়ুর ঘনত্ব  $1.29 \text{ kg m}^{-3}$ ।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

খ. ডায়াটোনিক ব্যৱহারের সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. তরঙ্গাবয় একই সময়ে শব্দায়িত করা হলে প্রতি সে. উৎপন্ন বীট নির্ণয় কর।

ঘ. ছিতীয় তরঙ্গের মাধ্যমে উৎপন্ন শব্দটি হাসপাতালের প্রিবেশের জন্য উপযুক্ত হবে কি-না— তীব্রতার লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে যাচাই কর।

[ঝ. বো. '১৭]

### ১৩নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যায়বৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

**খ** কোনো বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বলে। যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের চেয়ে বেশি তাকে উপসুর বলে। উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূলসুরের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সই সকল উপসুরকে হারমোনিক বলে। তাই বলা যায়, ডায়াটোনিক ব্যৱহারের সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

**গ** উচীপক হতে পাই,

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

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

সমীকরণ (i) ও (ii) নং কে  $Y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$  এর সাথে তুলনা করে পাই, প্রথম তরঙ্গের ক্ষেত্রে, বেগ,  $v_1 = 105 \pi = 330.18 \text{ ms}^{-1}$  তরঙ্গাদৈর্ঘ্য,  $\lambda_1 = 0.384 \text{ m}$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f_1 = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{330.18 \text{ ms}^{-1}}{0.384 \text{ m}} = 859.84 \text{ Hz}$$

ছিতীয় তরঙ্গের ক্ষেত্রে, বেগ,  $v_2 = 105.09 \pi = 330.15 \text{ ms}^{-1}$

কম্পাঙ্ক,  $f_2 = 868.81 \text{ Hz}$

$Y_1$  ও  $Y_2$  তরঙ্গাবয়কে একই সময়ে শব্দায়িত করা হলে, প্রতি সেকেতে উৎপন্ন বিট,  $N = f_2 - f_1 = (868.81 - 859.84) = 8.97 \approx 9$ .

নির্ণয়ের বীটের সংখ্যা 9।

**ঘ** উচীপক হতে পাই,

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

$$= 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 \times 0.15 (105.09 \pi - x) \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ,

$$Y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \quad \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda = \frac{2\pi}{110 \times 0.15} \text{ m} = 0.38 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গবেগ}, v = 105.09 \pi = 330.15 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক}, f = \frac{v}{\lambda} = \frac{330.15}{0.38 \text{ m}} = 868.81 \text{ Hz}$$

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

আমরা জানি, শব্দ তরঙ্গের তীব্রতা,

$$\begin{aligned} I &= 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v \\ &= 2\pi^2 \times (868.81)^2 \times (0.25 \times 10^{-2}) \times 1.29 \times 330.15 \\ &= 3.97 \times 10^4 \text{ Wm}^{-2} \end{aligned}$$

আবার, তীব্রতা লেভেল,

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

$$= 10 \log \left( \frac{3.97 \times 10^4}{10^{-12}} \right) [\because \text{প্রমাণ তীব্রতা}, I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}] \\ = 165.98 \text{ dB}$$

কানে বেদনা সৃষ্টিকারী শব্দসমূহ সাধারণত 120 dB এর উর্ধ্বে হয়। তাই বিভিন্ন তরঙ্গের মাধ্যমে উৎপন্ন শব্দটি হাসপাতালের পরিবেশের জন্য উপযুক্ত হবে না।

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

ক. তরঙ্গমুখ কী?

খ. ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অটক নেই— ব্যাখ্যা কর।

গ. অগ্রগামী তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্বিগ্নকে যে স্থির তরঙ্গটি সৃষ্টি হবে তার কম্পাঙ্ক এবং মূল তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের তুলনামূলক বিশ্লেষণ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[ক. বো. '১৭]

### ১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে কোনো মুহূর্তে কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চারপথই হলো তরঙ্গমুখ।

খ) কোনো একটি সুরের কম্পাঙ্ক যদি অপর একটি সুরের কম্পাঙ্কের ছিগুল হয় তাহলে প্রথমটির কম্পাঙ্ককে বিতরিতির অটক বলে।

আবার, যখন তিনটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত  $4 : 5 : 6$  হয় তখন তারা মিলে সুমধুর সুর উৎপাদন করে। শব্দের একুশে সমব্যয়কে ত্রয়ী বলে। এখানে দেখা যায় যে, ত্রয়ীর যেকোনো দুটি সুরের একটি কখনোই অপরটির ছিগুল হয় না। তাই ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অটক নেই।

$$\text{ঘ) উদ্বিগ্নকে হতে পাই, } Y = 0.5 \sin \left( 800 \pi t - \frac{2\pi}{0.5} x \right) \\ = 0.5 \sin \frac{2\pi}{0.5} (200 t - x) \quad \text{(i)}$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ,

$$Y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

$$vt = 200 t$$

$$\therefore v = 200 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, অগ্রগামী তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ  $200 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ) 'গ' নং প্রশ্নের থেকে পাই,

$$\text{মূল তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ, } v = 200 \text{ ms}^{-1}$$

এবং সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

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

$$\therefore \text{মূল তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200 \text{ ms}^{-1}}{0.5 \text{ m}} = 400 \text{ Hz}$$

$$\text{উদ্বিগ্নক হতে পাই, } Y = 0.5 \sin \left( 800 \pi t - \frac{2\pi}{0.5} x \right)$$

তরঙ্গটি যদি স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে তাহলে সৃষ্টি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ,

$$Y_1 = 0.5 \sin \left( 800 \pi t - \frac{2\pi}{0.5} x \right) + 0.5 \left( 800 \pi t + \frac{2\pi}{0.5} x \right)$$

$$= 0.5 \sin \frac{2\pi}{0.5} (200 t + x) + 0.5 \sin \frac{2\pi}{0.5} (200 t - x)$$

$$= 0.5 \times 2 \left[ \sin \frac{2\pi}{0.5} \left( \frac{200 t + x + 200 t - x}{2} \right) \cos \frac{2\pi}{0.5} \left( \frac{200 t + x - 200 t + x}{2} \right) \right]$$

$$= \cos \frac{2\pi x}{0.5} \sin \frac{400 \pi t}{0.5}$$

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

আমরা জানি, স্থির তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ

$$Y = A \sin 2\pi ft \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = 400 \text{ Hz}$$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় উদ্বিগ্নকে সৃষ্টি স্থির তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের মূল তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের সমান।

**বিপ্রয়োগ** একটি সনোমিটারের সদৃশ ও সমদৈর্ঘ্যের তিনটি তার A, B ও C-এ যথাক্রমে 200, 225 ও 250 N বল ঝুলিয়ে টানটান করা হলো। A তারটিকে শব্দায়িত করায় 100 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন হলো। দুটি করে তার একসাথে শব্দায়িত করলে বিট উৎপন্ন হয় কি-না পরীক্ষা করা হলো।

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে? ১

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

গ. উদ্বিগ্নকের বিভিন্ন তারটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩

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

[চ. বো. '১৭]

### ১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর এবং ঐ একই তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ) একটি স্প্রিং ধ্রুবক বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে সমান্তরাল সমব্যয়ে যুক্ত করলে সমব্যয়ের স্প্রিং ধ্রুবক পরিবর্তিত হবে।

ধরি, দুটি স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক K

$$\therefore \text{সমব্যয়টির স্প্রিং ধ্রুবক, } K' = K + K = 2K$$

অতএব, একই স্প্রিং ধ্রুবক বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে সমান্তরাল সমব্যয়ে যুক্ত করলে সমব্যয়টির স্প্রিং ধ্রুবক সংযুক্ত স্প্রিং-ধ্রুবকের প্রত্যেকটির স্প্রিং ধ্রুবকের ছিগুল হবে।

গ) দেওয়া আছে, A তারের টান,  $T_1 = 200 \text{ N}$

B তারের টান,  $T_2 = 225 \text{ N}$

A ও B তারের দৈর্ঘ্য = l

A ও B তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর = μ

A তারের কম্পাঙ্ক,  $f_1 = 100 \text{ Hz}$

B তারের কম্পাঙ্ক,  $f_2 = ?$

আমরা জানি,  $f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}}$  ..... (i)

এবং  $f_2 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$  ..... (ii)

সমীকরণ (ii) নং কে (i) নং হারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

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

$$= 100 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{225 \text{ N}}{200 \text{ N}}} = 106.06 \text{ Hz}$$

য) দেওয়া আছে, A তারের টান,  $T_1 = 200 \text{ N}$

C তারের টান,  $T_3 = 250 \text{ N}$

A তারের কম্পাঙ্ক,  $f_1 = 100 \text{ Hz}$

B তারের কম্পাঙ্ক,  $f_2 = 106.06 \text{ Hz}$  [গ থেকে প্রাপ্ত]

C তারের কম্পাঙ্ক,  $f_3 = ?$

আমরা জানি,  $f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}}$  ..... (i)

এবং  $f_3 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T_3}{\mu}}$  ..... (ii)

সমীকরণ (ii) নং কে (i) নং হারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{f_3}{f_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}}$$

$$\text{বা, } f_3 = f_1 \times \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 100 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{250 \text{ N}}{200 \text{ N}}} = 111.8 \text{ Hz}$$

A ও B তার একসাথে শৰ্কায়িত করলে উৎপন্ন বিট,

$$N_1 = f_2 - f_1 = 106.06 \text{ Hz} - 100 \text{ Hz} = 6.06 \text{ Hz}$$

A ও C তার একসাথে শৰ্কায়িত করলে উৎপন্ন বিট,

$$N_2 = f_3 - f_1 = 111.8 \text{ Hz} - 100 \text{ Hz} = 11.8 \text{ Hz}$$

B ও C তার একসাথে শৰ্কায়িত করলে উৎপন্ন বিট,

$$N_3 = f_3 - f_2 = 111.8 \text{ Hz} - 106.06 \text{ Hz} = 5.74 \text{ Hz}$$

আমরা জানি, মানব কর্ণ প্রতি সেকেন্ডে 10 টির বেশি বিট শুনতে পায় না।

এখনে,  $N_1 < 10$

$N_2 > 10$

$N_3 < 10$

তাই বলা যায়, A ও B তার এবং B ও C তার একসাথে শৰ্কায়িত করলে উৎপন্ন বিট শোনা যাবে এবং A ও C তার একসাথে শৰ্কায়িত করলে উৎপন্ন বিট শোনা যাবে না।

পদাৰ্থবিজ্ঞানের শিক্ষার্থী লিয়ানা দুটি সুরশলাকা নিয়ে দেখল যে, একটির গায়ে  $312 \text{ Hz}$  লেখা আছে। সে শলাকা দুটি একত্রে শৰ্কায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বীট শুনতে পেল। এবার সে অজানা সুরশলাকার গায়ে তার পেঁচিয়ে একইভাবে শৰ্কায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বীট শুনতে পেল। এখনে জানা সুরশলাকা থেকে সৃষ্টি শব্দের বেগ  $340 \text{ m s}^{-1}$ ।

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে?

১

খ. স্থির তরঙ্গের নিষ্পন্দ বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. কতটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার সৃষ্টি শব্দ  $130 \text{ m}$  দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩

ঘ. লিয়ানা ভৱ বাড়নোর পূর্বে ও পরে নিরীক্ষা অজানা কম্পাঙ্কের মধ্যে কোনো পার্শ্বক পেয়েছিল কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যতামত দাও।

৪

### ১৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যেকোনো মুহূর্তে কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমৃদ্ধশাস্ত্রের কণাগুলোর সঞ্চারপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ. স্থির তরঙ্গের যেসব বিন্দুতে কণার স্থিতি তরঙ্গের বিস্তার শূন্য হয় তাদেরকে নিষ্পন্দ বিন্দু বলে।

আমরা জানি,  $E = \frac{1}{2} KA^2$  ..... (i)

এখানে,  $A$  তরঙ্গের বিস্তার সমীকরণ (i) নং হতে পাই,  $E = 0$  অর্থাৎ নিষ্পন্দ বিন্দুতে বিস্তার শূন্য হওয়ায় শক্তি শূন্য হয়।

গ) আমরা জানি,  $v = f\lambda$ .

উদ্বীপক হতে পাই,

কম্পাঙ্ক,  $f = 312 \text{ Hz}$

শব্দের বেগ,  $v = 340 \text{ ms}^{-1}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য =  $\lambda$

১.০৯ m দূরত্ব অতিক্রম করে ১টি পূর্ণ কম্পনে

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

$$= 119.3 \text{ টি পূর্ণ কম্পনে}$$

$$= 119 \text{ টি পূর্ণ কম্পনে}$$

অতএব,  $130 \text{ m}$  দূরত্ব অতিক্রম করতে পূর্ণ কম্পন হয় 119 টি।

ঘ) ধরি, ভৱ বাড়নোর পূর্বে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক =  $f_1$

ভৱ বাড়নোর পরে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক,  $f = 312 \text{ Hz}$

আমরা জানি, ভৱ বৃক্ষ করলে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হ্রাস পায়, যেহেতু ভৱ বাড়নোর পূর্বে এবং পরে বিট সংখ্যা সমান তাই ভৱ বাড়নোর পূর্বে  $f_1 > f$  এবং ভৱ বাড়নোর পরে  $f > f_2$

এখন,  $f_1 - f = 6$

বা,  $f_1 = f + 6 = 312 + 6 = 318 \text{ Hz}$

আবার,  $f - f_2 = 6$

বা,  $f_2 = f - 6 = 312 - 6 = 306 \text{ Hz}$

∴ ভৱ বাড়নোর পূর্বে ও পরে অজানা কম্পাঙ্কের মধ্যে পার্শ্বক্য,

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

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, ভৱ বাড়নোর ফলে অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $12 \text{ Hz}$  হ্রাস পেয়েছে।

ঘ) ধরি, 16 m দীর্ঘ টান তারে আড় কম্পন সৃষ্টি করতে পর্যাপ্ত বল প্রয়োগ করা হলে সৃষ্টি অঞ্গামী তরঙ্গের সমীকরণ হবে  $y = 2 \sin \pi \left(30t - \frac{x}{4}\right)$ ; সকল রাশি S.I. এককে প্রকাশিত।

ক. সূর কী?

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

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

ঘ. উদ্বীপকে বর্ণিত তারটিতে আন্দোলনের ফলে জোড় সংখ্যক লুপ সৃষ্টি হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক যতামত দাও।

১  
২  
৩  
৪

[বি. বো. '১৭]

### ১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি একটিমাত্র কম্পাঙ্ক থাকে, তবে সেই শব্দই হলো সূর।

খ. আমরা জানি, কোনো বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করা হলে বস্তুটি যদি প্রযুক্ত বলের সাথে O কোণ উৎপন্ন করে S দূরত্ব অতিক্রম করে তবে সেক্ষেত্রে কৃতকাজ,  $W = FS \cos \theta$



বিকুল কোনো বরু বৃত্তাকার পথে সমন্বিতভাবে যুরতে থাকলে এই বরুয়ের উপর প্রযুক্ত বল অর্ধাংক কেন্দ্রমুখী বল এবং বলের অন্য বরুর সরণের দিক পরস্পরের সাথে লম্ব। অর্ধাংক  $\theta = 90^\circ$  হবে।

অতএব, কেন্দ্রমুখী বল আরা কৃতকাজ,  $W = FS \cos 90^\circ = 0$   
কাজেই বৃত্তাকার পথে সূজনশীল একটি বরুয়ের আরা কৃতকাজ শূন্য।

১) দেওয়া আছে, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\begin{aligned} y &= 2 \sin \pi \left( 30t - \frac{x}{4} \right) \\ &= 2 \sin 2\pi \left( 15t - \frac{x}{8} \right) = 2 \sin \frac{2\pi}{8} (120t - x) \end{aligned}$$

∴ টানা তারে সৃষ্টি হীরের তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = A \sin \frac{2\pi}{8} 120t \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

$$\text{যেখানে, } A = 4 \cos \frac{2\pi}{8} x$$

আমরা জানি, স্থির তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,

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

সমীকরণ (i) ও (ii) নং তুলনা করে পাই,

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

$$\text{তরঙ্গ বেগ, } v = 120 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{এবং } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{120 \text{ m s}^{-1}}{8 \text{ m}} = 5 \text{ Hz}$$

নির্ণেয় কম্পাঙ্ক 5 Hz।

২) দেওয়া আছে, টানা তারের দৈর্ঘ্য = 16 m

$$\text{লুপ সংখ্যা, } n = ?$$

'n' থেকে প্রাপ্ত, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 8 \text{ m}$

$\lambda$  দূরত্ব অতিক্রম করলে লুপসংখ্যা হয় 1 টি

$$\therefore 16 \text{ m} \text{ দূরত্ব অতিক্রম করলে লুপসংখ্যা হবে} = \frac{16}{\lambda} \text{ টি} = \frac{16}{8} \text{ টি} = 2 \text{ টি}$$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, উদ্বীপকে বর্ণিত তারটিতে আল্ডোলনের ফলে জোড় সংখ্যক লুপ অর্ধাংক 2 টি লুপ সৃষ্টি হবে।

৩) A ও B দুটি সূর শলাকা একটি গ্যাসে 50 cm ও 51 cm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বিট শোনা যায়। A-এর কম্পাঙ্ক 500 Hz।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

১

খ. সকল হারমোনিক উপসূর কিছু সকল উপসূর হারমোনিক

নয় কেন?

২

গ. গ্যাসটিতে শব্দের বেগ কত হবে হিসাব কর।

৩

ঘ. B শলাকাটিকে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে

বিট সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না—ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর। ৪

[পি. বো. '১৭]

### ৪) ১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো বরুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বরুটি যে অধিক বিত্তারে কম্পিত হয় সেই কম্পনই হলো অনুনাদ।

খ) বরু সৃষ্টিকারী সূরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সর্বনিম্ন তাকে মূলসূর এবং এর চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের সূরগুলোকে উপসূর বলে, উপসূরের কম্পাঙ্ক মূলসূরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক অর্ধাংক হিসুগুণ, তিনগুণ ইত্যাদি হলে তাদেরকে হারমোনিক বা সময়েল বলে।

যেহেন— 512 Hz হবে 256 Hz এর হারমোনিক। এখানে 256 Hz হবে প্রথম হারমোনিক এবং 512 Hz হবে দ্বিতীয় হারমোনিক, অনুরূপভাবে 768 Hz হবে তৃতীয় হারমোনিক। কোনো বাদ্যযন্ত্র থেকে

নিম্নলিখিত বরে যদি, 320 Hz, 480 Hz, 640 Hz, 800 Hz, 960 Hz ইত্যাদি সূর থাকে তবে 320 Hz কম্পাঙ্কের সূরকে মূলসূর বলে। অবশিষ্ট বেশি কম্পাঙ্কের সবগুলো সূরই উপসূর। এ উপসূরগুলোর মধ্যে 640 Hz ও 960 Hz যথাক্রমে দ্বিতীয় ও তৃতীয় হারমোনিক। কাজেই বলা যায় যে, সকল হারমোনিকই বা সময়েলই উপসূর কিছু সকল উপসূর হারমোনিক (সময়েল) নয়।

৩) উল্লিখিত গ্যাসে A সূরগুলাকা আরা সৃষ্টি তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda = 50 \text{ cm} = \frac{50}{100} \text{ m} = 0.5 \text{ m}$$

কম্পাঙ্ক,  $f = 500 \text{ Hz}$

শব্দের বেগ,  $v = ?$

আমরা জানি,  $v = f\lambda = 500 \times 0.5$

$$\therefore v = 250 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, গ্যাসটিতে শব্দের বেগ 250 m s<sup>-1</sup>।

৪) এখানে, A এর কম্পাঙ্ক,  $f_A = 500 \text{ Hz}$

B শলাকাটিকে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে বীটের হার,  $N = 6s^{-1}$

ঘষার পূর্বে, B এর কম্পাঙ্ক,  $f_B = f_A - N = (500 - 6) \text{ Hz} = 494 \text{ Hz}$

ঘষার পরে, B এর কম্পাঙ্ক,  $f_B = f_A + N = (500 + 6) \text{ Hz} = 506 \text{ Hz}$

এখানে ঘষার পূর্বে B এর কম্পাঙ্ক A এর কম্পাঙ্কের চেয়ে কম ছিল। এরপর B এর শলাকাটি ঘষার ফলে এর ভর হ্রাস পেয়েছে।

আবার আমরা জানি, ভর হ্রাস পেলে কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। ফলে B এর কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পেয়েছে এবং A এর কম্পাঙ্ক হ্রাস পেয়েছে।

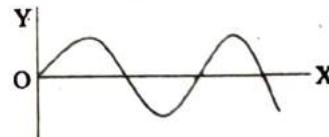
প্রথম ক্ষেত্রে B এর কম্পাঙ্কের চেয়ে A এর কম্পাঙ্ক যত বেশি হিল

এক্ষেত্রে B এর কম্পাঙ্কের চেয়ে A এর কম্পাঙ্ক ততটাই কম হয়।

অর্ধাংক উভয় ক্ষেত্রেই কম্পাঙ্কের পার্শ্বক্য সমান হয়। এই কারণে B শলাকাটিকে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে বীট সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না।

৫) এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৬ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১৯। নিম্নে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ দেওয়া হলো :



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

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

ক. পর্যায়কাল কাকে বলে?

১

খ. কোনো স্থানের শব্দের তীব্রতা  $10^{-3} \text{ watt m}^{-2}$  বলতে

২

কি বুঝায়? ব্যাখ্যা কর।

গ. O বিন্দু হতে  $0.25 \text{ m}$  ও  $1.0 \text{ m}$  দূরের দুটি বিন্দুর মধ্যকার দশা পার্শ্বক্য কত?

৩

ঘ. উদ্বীপকে, বিভাগ ও কম্পাঙ্ক হিসুগুণ এবং একই মাধ্যমে বিপরীতমুখী হলে তরঙ্গটির সমীকরণ কিরূপ

৪

হবে? বিশ্লেষণ কর।

[পি. বো. '১৬]

### ৬) ১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কম্পনশীল বরুর একটি পূর্ণ কম্পন সম্পর্ক করতে যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে।

খ) কোনো স্থানের শব্দের তীব্রতা  $10^{-3} \text{ watt m}^{-2}$  বলতে বুঝায় যে স্থানে শব্দ বিভাগের অতিমুখ্যে সরবরাহে রাখা একক ক্ষেত্রকলের মধ্যে দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে  $10^{-3} \text{ Joule}$  পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয়।

১) প্রদত্ত সমীকরণ,

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

$$\text{বা, } y = 0.1 \sin 2\pi (100t - \frac{10}{17}x)$$

$$\text{বা, } y = 0.1 \sin \frac{2\pi}{17} \left( \frac{100 \times 17}{10} t - x \right)$$

$$\text{বা, } y = 0.1 \sin \frac{2\pi}{1.7} (170t - x)$$

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

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

এখন,  $0.25 \text{ m}$  ও  $1.0 \text{ m}$  দূরের বিন্দুর পথ পার্শ্বকা

$$= (1 - 0.25) \text{ m}$$

$$= 0.75 \text{ m} = \frac{0.75 \lambda}{1.7} = \frac{15 \lambda}{34}$$

$$\therefore \text{বিন্দু দুটির মধ্যকার দশা পার্শ্বকা} = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{15 \lambda}{34} = \frac{15 \pi}{17}$$

২) প্রদত্ত তরঙ্গের সমীকরণ,

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

$$\text{বা, } y = 0.1 \sin \frac{2\pi}{1.7} (170t - x) \quad [\text{'গ' হতে প্রাপ্ত}]$$

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

বিত্তার  $a = 0.1 \text{ m}$

বেগ,  $v = 170 \text{ ms}^{-1}$

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

$$\text{কম্পাঙ্ক } f = \frac{170 \text{ ms}^{-1}}{1.7 \text{ m}} = 100 \text{ Hz}$$

এখন, বিত্তার ও কম্পাঙ্কক ছিপুণ হলে,

$$\text{বিত্তার, } a_1 = (0.1 \times 2) \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

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

$$\text{এক্ষেত্রে, তরঙ্গাদৈর্ঘ্য } \lambda_1 \text{ হলে, } \lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{170 \text{ m s}^{-1}}{200 \text{ Hz}} = 0.85 \text{ m}$$

$\therefore$  বিপরীতমুখী তরঙ্গাটির সমীকরণ,

$$y = 0.2 \sin \left( 2\pi \times 200t + \frac{2\pi x}{0.85} \right) = 0.2 \sin \left( 400\pi t + \frac{2\pi x}{0.85} \right)$$

A এবং B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে  $1 \text{ m}$  এবং  $1.01 \text{ m}$  তরঙ্গাদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শক্তিযুক্ত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বীট উৎপন্ন হয়। B এর কম্পাঙ্ক  $512 \text{ Hz}$ . 'A' শলাকার বাহুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় একত্রে শক্তিযুক্ত করলে একই সংখ্যক বীট উৎপন্ন হয়।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

১

খ. সূত্রের সাথে তত্ত্বের তফাত কী? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উচ্চীপকের 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্কক শব্দ বৃদ্ধির পূর্বে না পরে 'B' এর চেয়ে বেশি হিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[রা. বো. '১৬]

৩) ২০মং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কক আর তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কক সমান হলে বস্তুটি যে অধিক বিত্তারে কম্পিত হয় সেই কম্পনাই হলো অনুনাদ।

২) সাধারণভাবে কোনো নিশ্চিত শব্দ বা অবস্থায় সবসময় কী ঘটবে তার বর্ণনা হলো সূত্র। আর কোনো কিছু ব্যাখ্যার জন্য যে আনুষ্ঠানিক চিন্তাধারা, ভাব বা ধারণা তাকে তত্ত্ব বলে। অর্থাৎ পরীক্ষা-নিরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত তত্ত্বের মূল কথাগুলো যে বক্তব্যের মাধ্যমে প্রকাশিত করা হয় তাই সূত্র এবং প্রকল্প ও নিয়মের সমন্বয়ে তত্ত্ব প্রতিষ্ঠিত। সূত্রবাই আমরা বলতে পারি, সূত্র হলো প্রকৃতির মীমাংসা যা সর্বজননীয়। আর তত্ত্ব হলো সেই ধরনের বর্ণনা যার একাধিক সূত্র থাকে কিছু বিভিন্নের উর্ধ্বে উচ্চ সর্বজননীয় মান অর্জন করতে পারেন।

৩) উচ্চেষ্ঠিত গ্যাসে B সুরশলাকা থারা সূচী তরঙ্গের,

তরঙ্গাদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 1.01 \text{ m}$

কম্পাঙ্ক,  $f = 512 \text{ Hz}$

শব্দের বেগ,  $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, } v = f\lambda = (512 \times 1.01) \text{ ms}^{-1} = 517.12 \text{ ms}^{-1}$$

৪) ধরি, A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $f_1$ .

$$\text{বীটের হার } N = 68^{-1} = 6 \text{ Hz}$$

B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক  $f_2 = 512 \text{ Hz}$

যেহেতু মোম লাগিয়ে তর বৃদ্ধি করার পর সুরশলাকার কম্পাঙ্ক হ্রাস পেয়ে পুনরায় 6টি বীট উৎপন্ন হয়।

$$\therefore f_1 > f_2$$

$$\therefore N = f_1 - f_2$$

$$\text{বা, } f_1 = N + f_2 = 6 + 513 = 518 \text{ Hz}$$

অতএব, A সুরশলাকার কম্পাঙ্কক তর বৃদ্ধি করার পূর্বে B এর চেয়ে বেশি ছিল।

৫) অংশ ২১) শামীয় কোনো এক মাধ্যমে একটি অগ্রগামী তরঙ্গ দেখল যার সমীকরণ—  $Y = 0.5 \sin (200\pi t - 0.602\pi x)$

তখন সে উচ্চ তরঙ্গের সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট শব্দ অন্য এক মাধ্যমে করায় তরঙ্গবেগ বৃদ্ধি পেল এবং দেখতে পেল তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পার্শ্বকা  $0.2 \text{ m}$  হলো।

ক. সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে?

১

খ. সরল দোলকের গতি সরল ছন্দিত গতি— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উচীপকের তরঙ্গের তরঙ্গাদৈর্ঘ্য বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. বিত্তীয় মাধ্যমে তরঙ্গবেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে কত

বৃদ্ধি পাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বের কর।

৪

[য. বো. '১৬]

৪) ২১মং প্রশ্নের উত্তর

ক. যদি কোনো বস্তুর তরঙ্গ একটি নিশ্চিত বিন্দু থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদা এই বিন্দু অভিযুক্ত হয়, তাহলে বস্তুর এ গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

২) সরল দোলকের গতি সরলছন্দিত গতি। কারণ—

১. এটি একটি পর্যাপ্ত ও স্পন্দন গতি;

২. এটি একটি সরলরৈখিক গতি;

৩. এর স্পন্দনের সীমা মধ্যবস্থানের উভয় দিকে সমান দূরে অবস্থিত;

৪. যেকোনো সময়ে তুরন্তের মান সাম্যবস্থান থেকে সরণের মানের সমানুপাতিক এবং

৫. তরঙ্গ সর্বদা একটি নিশ্চিত বিন্দু অভিযুক্ত।

৩) প্রদত্ত সমীকরণ,

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

$$= 0.5 \sin 0.602\pi \left( \frac{200t}{0.602} - x \right) = 0.5 \sin \frac{2\pi}{3.32} (332.23t - x)$$

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

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য } \lambda = 3.32 \text{ m}; \text{ তরঙ্গবেগ, } v = 332.23 \text{ ms}^{-1}$$

য) 'গ' হতে পাই, উক্ত তরঙ্গের বেগ,  $v = 332.23 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য } \lambda = 3.32 \text{ m}$$

$$\therefore \text{কম্পাক্ষ } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{332.23 \text{ ms}^{-1}}{3.32 \text{ m}} = 100 \text{ Hz}$$

বিভিন্ন মাধ্যমে তরঙ্গের কম্পাক্ষ  $f = 100 \text{ Hz}$ .

এখন, বিভিন্ন মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $v'$  ও  $\lambda'$  হলে,

$$\lambda' - \lambda = 0.2$$

$$\text{বা, } \frac{v'}{f} - \frac{v}{f} = 0.2 \text{ বা, } \frac{1}{f}(v' - v) = 0.2$$

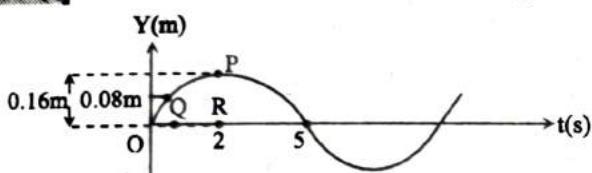
$$\text{বা, } v' - v = 0.2 \times f$$

$$\text{বা, } v' = v + 0.2 \cdot f = 332.23 + 0.2 \times 100 = 352.23 \text{ ms}^{-1}$$

বিভিন্ন মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ বৃদ্ধি পাবে

$$= (352.23 - 332.23) \text{ ms}^{-1} = 20 \text{ ms}^{-1}.$$

**প্রয়োগ ১৫** একটি শব্দতরঙ্গের সরণ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ :



ক. সূর বিরাম কাকে বলে?

খ. তবলায় আঘাত করলে জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয়, আবার দেয়ালে আঘাত করলে ততটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. R বিন্দুতে কণাটির সরণ নির্ণয় কর।

ঘ. Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

১

২

৩

৪

[কু. বো. '১৬]

### ২২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি সরে কম্পাক্ষের অনুপাতকে সূর বিরাম বলে।

খ. তবলা কাঠের বা মাটির তৈরি একমুখ খোলা একটি ফাঁপা পাত্র যার খোলামুখ ট্যানিং করা চামড়া দ্বারা বন্ধ থাকে। তাই তবলার চামড়া পর্যায় আঘাত করলে সুমধুর সূর উৎপন্ন হয়। কারণ তাতে কম্পাক্ষের মানও বেশি থাকে। অপরদিকে দেয়ালে আঘাত করলে তাতে কম্পাক্ষের মান অনেক কম হয়। ফলে এতে ততটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না।

গ) এখানে, বিস্তার,  $A = 0.16 \text{ m}$ ; পর্যায়কাল  $T = 10 \text{ s}$

$$\text{কৌণিক কম্পাক্ষ } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{10} = 0.2\pi \text{ rad/s}$$

সময়,  $t = 2 \text{ s}$ ; আবি দশা,  $\delta = 0^\circ$

ঘ. R বিন্দুতে কণাটির সরণ,  $y = A \sin(\omega t + \delta)$

$$= 0.16 \sin\left\{\frac{2\pi}{10} \times 2 + 0\right\} \\ = 0.15 \text{ m}$$

ঘ) এখানে, Q বিন্দুতে কণাটির সরণ  $y = 0.08 \text{ m}$

এবং তরঙ্গের বিস্তার  $A = 0.16 \text{ m}$

ঘোট স্থিতি শক্তি

$$E_p = \frac{1}{2} k y^2 = \frac{1}{2} k \times (0.08)^2 \\ = 3.2 \times 10^{-3} \text{ kJ}$$

$$\text{ঘোট গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} k(A^2 - y^2)$$

$$= \frac{1}{2} k(0.16^2 - 0.08^2) = 9.6 \times 10^{-3} \text{ kJ}$$

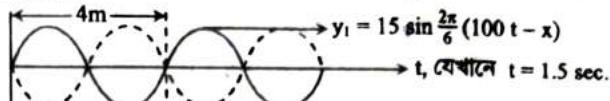
ঘ) Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির অনুপাত

$$\frac{E_p}{E_k} = \frac{3 \times 10^{-3} k}{9.6 \times 10^{-3} k} \text{ বা, } \frac{E_p}{E_k} = \frac{1}{3}$$

$$\therefore E_k = 3E_p$$

অতএব, Q বিন্দুতে গতিশক্তি স্থিতিশক্তির তিনগুণ।

**প্রয়োগ ১৬** নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



উদ্দীপকে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের যুক্ত প্রাতের প্রতিফলন দেখানো হয়েছে।

ক. সরল ছবিতে স্পন্দন কী?

খ. তরঙ্গের বিস্তারের সাথে তীব্রতার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপক অনুসারে তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর লক্ষ তরঙ্গ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে  $x = \frac{\lambda}{2}$  দূরত্বে  $y$ -এর জন্য একটি লেখচিত্র গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপস্থাপন কর।

(যেমন :  $t = 0, \frac{T}{4}, \frac{T}{2}, \frac{3T}{4}$  এবং  $T$ ).  
৪

[কু. বো. '১৬]

### ২৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যখন কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুকণা সরল রৈখিক পথে এমনভাবে স্পন্দিত হয় যে, কণার উপর ক্রিয়ালীল বল কণার সাম্যাবস্থানের অভিযুক্তি হয় এবং এ বলের মান সর্বদা সাম্যাবস্থান হতে কণার সরণের সমানুপাতিক হয় তখন কণার এ জাতীয় গতিকে সরল ছবিতে স্পন্দন বলে।

খ) তরঙ্গের তীব্রতা তরঙ্গ সৃষ্টিকারী উৎসের কম্পনের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। তীব্রতা I এবং বিস্তার a হলে,  $I \propto a^2$ . তরঙ্গের বিস্তার বাড়লে তীব্রতা বাড়ে এবং বিস্তার কমলে তীব্রতা কমে।

ঘ) দেওয়া আছে,  $y_1 = 15 \sin\frac{2\pi}{6}(100t - x)$

$y_1$  এর প্রতিফলনের ফলে প্রাপ্ত তরঙ্গটি হলো,

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

এখন, লক্ষ তরঙ্গ,

$$y = y_1 + y_2 \\ = 15 \sin\frac{2\pi}{6}(100t - x) + 15 \sin\frac{2\pi}{6} \{(100t + x) + \pi\} \\ = 15 \left[ \sin\frac{2\pi}{6}(100t - x) - 15 \sin\frac{2\pi}{6}(100t + x) \right] \\ = 15 \left[ 2 \cos\frac{\frac{2\pi}{6}(100t - x + 100t + x)}{2} \sin\frac{\frac{2\pi}{6}(100t + x - 100t - x)}{2} \right] \\ = 15 \times 2 \cos\frac{2\pi}{6} 100t \sin\frac{2\pi}{6} \cdot x \\ \Rightarrow y = 30 \sin\frac{2\pi}{6} x \cos\frac{2\pi}{6} 100t$$

$$\therefore y = A \cos\frac{2\pi}{6} 100t; \text{ যেখানে } A = 30 \sin\frac{2\pi}{6} x$$

$$\therefore \text{লক্ষ তরঙ্গটি হলো } A \cos\frac{2\pi}{6} 100t.$$

ঘ) এখানে,  $y$  হলো লক্ষ তরঙ্গ যার সমীকরণ,

$$y = 30 \sin\frac{2\pi}{6} x \cos\frac{2\pi}{6} 100t$$

এখানে,  $x = \lambda/2; \lambda = 4m$   
 $\therefore x = 2m$

$$y \text{ এর জন্য বিভাগ } A = 30 \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times 2\right) = 15\sqrt{3}$$

এখানে,  $t = 1.5 \text{ sec}$  এ-স্থির তরঙ্গটি 2 বার পূর্ণ পর্যায় সম্পন্ন করে।  
 অতএব, পর্যায়কাল,  $T = \frac{1.5}{2} \text{ sec} = 0.75 \text{ sec}$ .

$$\text{যথন, } t = 0 \text{ তখন } y = 15\sqrt{3} \cos\left\{\frac{2\pi}{6} 100 \times 0\right\} \\ = 15\sqrt{3}$$

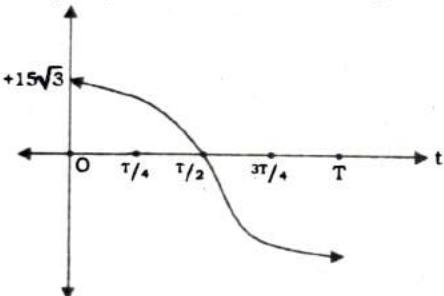
$$\text{যথন, } t = \frac{T}{4} \text{ তখন } y = 15\sqrt{3} \cos\left\{\frac{2\pi}{6} 100 \times \left(\frac{0.75}{4}\right)\right\} = \frac{15\sqrt{6}}{2}$$

$$\text{যথন, } t = \frac{T}{2} \text{ তখন } y = 15\sqrt{3} \cos\left\{\frac{2\pi}{6} 100 \times \left(\frac{0.75}{2}\right)\right\} = 0$$

$$\text{যথন, } t = \frac{3T}{4} \text{ তখন } y = 15\sqrt{3} \cos\left\{\frac{2\pi}{6} 100 \times \left(\frac{3 \times 0.75}{4}\right)\right\} \\ = -\frac{15\sqrt{6}}{2}$$

$$\text{যথন, } t = T \text{ তখন } y = 15\sqrt{3} \cos\left\{\frac{2\pi}{6} 100 \times 0.75\right\} = -15\sqrt{3}$$

সুতরাং  $x = \lambda/2$  দূরত্বে  $y$  এর জন্য লেখচিত্রটি হলো,



**প্রয়োগ ২৪** নাফিস তাদের টিভিতে T-20 বিশ্বকাপের বাংলাদেশ বনাম ভারতের খেলা দেখছিল। তখন টিভির শব্দের তীব্রতা  $1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$ । টান টান উভেজনার মুহূর্তে কাজের মেয়ে মিতৃ ব্রেডার মেশিন চালু করল যার তীব্রতা লেভেল 85 dB। এবার নাফিস টিভির সাউন্ড বাড়িয়ে দিল যার তীব্রতা লেভেল 78 dB.

ক. সব্ব একক কী?

১

খ.  $\vec{A}$  ও  $\vec{B}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $45^\circ$  হলে দেখাও যে,

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

২

গ. নাফিস তীব্রতা লেভেল কতটুকু বৃদ্ধি করেছিল?

৩

ঘ. উদ্বিপক্ষের ব্রেডার চালু অবস্থায় সমিলিত তীব্রতা লেভেল অবস্থিকর হবে কি-না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

৪

[সি. বো. '১৬]

### ২৪নং প্রয়োগের উত্তর

ক) যেসব তৌত রাশির একক স্বাধীন বা নিরপেক্ষ নয় অন্য কোনো মৌলিক রাশির এককের উপর নির্ভর করে এবং এক বা একাধিক মৌলিক রাশির এককের গুণফল বা ভাগফল থেকে উৎপন্ন হয় তাদেরকে সব্ব একক বলে।

খ) এখানে,  $\vec{A}$  ও  $\vec{B}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $\theta = 45^\circ$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta \\ = AB \cos 45^\circ = \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

$$\text{আবার, } |\vec{A} \times \vec{B}| = AB \sin \theta = AB \sin 45^\circ = \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

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

গ) এখানে, প্রথমে টিভির তীব্রতা,  $I = 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$

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

$$\therefore \text{প্রথমে টিভির তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{10^{-6}}{10^{-12}} \text{ dB} = 60 \text{ dB}$$

$\therefore$  শেষে টিভির তীব্রতা লেভেল, 78 dB

$\therefore$  নাফিস তীব্রতা লেভেল বৃদ্ধি করেছিল  $= (78 - 60)$  dB  
 বা, 18 dB.

ঘ) এখানে, টিভির তীব্রতা লেভেল,  $\beta = 78 \text{ dB}$

$\therefore$  টিভির তীব্রতা  $I_1$  হলে,

$$\beta = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

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

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

$$\text{বা, } I_1 = 10^{7.8} \times 10^{-12} \\ = 6.31 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{ব্রেডারের তীব্রতা, } I_2 \text{ হলে, } 85 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } I_2 = 10^{-12} \times 10^{8.5} = 3.16 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\therefore \text{সমিলিত তীব্রতা, } I = I_1 + I_2 \\ = 6.31 \times 10^{-5} + 3.16 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2} \\ = 3.79 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\text{সমিলিত তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{3.79 \times 10^{-4}}{10^{-12}}$$

$$\therefore \beta = 85.79 \text{ dB}$$

সমিলিত তীব্রতা লেভেল 85.79 dB বা 80 dB তুলনায় বেশি যা সার্বক্ষণিক শ্রবণে শুনির মারাত্মক ক্ষতি করতে পারে তবে শুনির যন্ত্রণা সৃষ্টি করে না।

**প্রয়োগ ২৫** নাফিস তাদের টিভিতে T-20 বিশ্বকাপের বাংলাদেশ বনাম ভারতের খেলা দেখছিল। তখন টিভির শব্দের তীব্রতা  $1 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$ । টান টান উভেজনার মুহূর্তে মিতৃ ব্রেডার মেশিন চালু করলেন যার তীব্রতা লেভেল 85 dB. এবার নাফিস টিভির সাউন্ড বাড়িয়ে দিল যার তীব্রতা লেভেল 78 dB.

ক. অবস্থান ভেট্টর কাকে বলে?

১

খ.  $\vec{A}$  ও  $\vec{B}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $45^\circ$  হলে দেখাও যে,

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

২

গ. নাফিস তীব্রতা লেভেল কতটুকু বৃদ্ধি করেছিল?

৩

ঘ. উদ্বিপক্ষের ব্রেডার চালু অবস্থায় সমিলিত তীব্রতা লেভেল অবস্থিকর হবে কি-না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

৪

[ব. বো. '১৬]

### ২৫নং প্রয়োগের উত্তর

ক) প্রস্তা কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে যে ভেট্টর দিয়ে কোনো বিন্দুর অবস্থান নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেট্টর বলে।

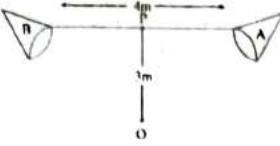
খ) সূজনশীল প্রয়োগ (খ) নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

গ) সূজনশীল প্রয়োগ (গ) নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ) সূজনশীল প্রয়োগ (ঘ) নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

### ৩) ইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫ এর প্রশ্ন ও উত্তর

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



- ক. বিট কী? ১  
 খ. স্থির তরঙ্গে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টির শর্ত ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. স্পীকার A এর জন্য O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা কত? ৩  
 ঘ. স্পীকার A ও স্পীকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা ছিগুণ হবে কি?— বিশ্লেষণ কর। ৪

[রা. বো. '১৫]

### ২৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক) প্রায় সমান তীব্রতা ও কম্পাঙ্কবিশিষ্ট দুটি উৎস হতে একই সময়ে শব্দ উৎপন্ন করলে এরা পরম্পরের সঙ্গে মিলে একটি লব্ধি শব্দ সৃষ্টি করে। এ লব্ধি শব্দের তীব্রতা পর্যায়ক্রমে হাস ও বৃদ্ধি পায়। শব্দের প্রাবল্যের এরূপ পর্যায়ক্রমিক হাস-বৃদ্ধি হলো বীট।

খ) স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে যে সকল বিন্দুতে লব্ধি বিস্তার, A সর্বাধিক অর্ধাং  $A = \pm 2a$  সেসকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দুর উত্তর হবে। সুতরাং সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টির শর্ত হলো :

$$\begin{aligned} 2a \cos \frac{2\pi x}{\lambda} &= \pm 2a \\ \text{বা, } \cos \frac{2\pi x}{\lambda} &= \pm 1 \\ \text{বা, } \frac{2\pi x}{\lambda} &= 0, \pi, 2\pi \dots \text{ ইত্যাদি} \\ \text{বা, } x &= 0, \frac{\lambda}{2}, \frac{2\lambda}{2} \dots \frac{n\lambda}{2} (n = 0, 1, 2, 3 \dots) \\ &= 0, 2, \frac{\lambda}{4}, 4, \frac{\lambda}{4}, \dots \end{aligned}$$

অর্ধাং পথ পার্থক্য যেসকল বিন্দুতে 0 বা  $\frac{\lambda}{4}$  এর জোড় গুণিতক সেসকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হয়।

গ) উদ্বিগ্ন থেকে পাই,  
 স্পিকার A এর ক্ষমতা,  $P = 1 \text{ mW} = 1 \times 10^{-3} \text{ W}$   
 A থেকে O বিন্দুর দূরত্ব,  $r = \sqrt{AP^2 + OP^2}$   
 $= \sqrt{\left(\frac{1}{10^3}\right)^2 + 3^2} \text{ m} = \sqrt{13} \text{ m}$

O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা I হলে,

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

অতএব, O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা  $6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$ ।

ঘ) আমরা জানি, প্রায় তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$   
 'গ' থেকে প্রাপ্ত পূর্বের তীব্রতা,  $I = 6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$   
 এক্ষেত্রে শব্দের তীব্রতা লেভেল

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{6.12 \times 10^{-6}}{10^{-12}} \text{ dB}$$
 $= 10 \log 6.12 \times 10^6 \text{ dB} = 67.86 \text{ dB}$ 

এখন, B স্পিকারটির ক্ষমতা A স্পিকারের ক্ষমতার সমান এবং O বিন্দু থেকে দূরত্ব ও সমান।

B স্পিকারের জন্য O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা,

$$I' = 6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$$

A ও B এর জন্য মোট তীব্রতা,

$$I_1 = I + I' = 6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2} + 6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$$
 $= 1.224 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2}$

এখন উভয় স্পিকারের সুইচ অন থাকলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা লেভেল,

$$\beta_1 = 10 \log \frac{1.224 \times 10^{-5}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 10 \log 1.224 \times 10^7 \text{ dB} = 70.88 \text{ dB}$$

এখন, পূর্বের তীব্রতা লেভেল এর ছিগুণ,  $\beta_2 = 2 \times 67.86 \text{ dB}$   
 $= 135.72 \text{ dB}$

এখানে,  $\beta_1 \neq \beta_2$

অতএব, স্পিকার A ও স্পিকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা ছিগুণ হবে না।

১৭নং প্রশ্নের উত্তর

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

- ক. পরবশ কম্পন কী? ১  
 খ. সকল সমমেলই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সমমেল নয়— ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. B তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বীট শোনা যায় না কেন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

[ব. বো. '১৫]

### ২৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর নিকট আনলে বিতীয় বস্তুটিতে কম্পন শুনু হয়। এটিই পরবশ কম্পন।

খ) বর সৃষ্টিকারী সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সর্বনিম্ন তাকে মূলসুর এবং এর চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের সুরগুলোকে উপসুর বলে, উপসুরের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক অর্ধাং ছিগুণ, তিনগুণ ইত্যাদি হলে তাদেরকে হারমোনিক বা সমমেল বলে।

যেমন— 512 Hz হবে 256 Hz এর হারমোনিক। এখানে 256 Hz হবে প্রথম হারমোনিক এবং 512 Hz হবে বিতীয় হারমোনিক, অনুবৃপ্তভাবে 768 Hz হবে তৃতীয় হারমোনিক। কোনো বাদ্যযন্ত্র থেকে নিঃস্ত ঘরে যদি, 320 Hz, 480 Hz, 640 Hz, 800 Hz, 960 Hz ইত্যাদি সুর থাকে তবে 320 Hz কম্পাঙ্কের সুরকে মূলসুর বলে। অবশিষ্ট বেশি কম্পাঙ্কের সুরগুলো সুরই উপসুর। এই উপসুরগুলোর মধ্যে 640 Hz ও 960 Hz যথাক্রমে বিতীয় ও তৃতীয় হারমোনিক। কাজেই বলা যায় যে, সকল হারমোনিকই বা সমমেলই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক (সমমেল) নয়।

গ) ধরি, B তারের কম্পাঙ্ক,  $f_B = ?$

উভয়ের দৈর্ঘ্য ও ভর যথাক্রমে ১ ও ৩ m হলে,

$$\text{আমরা জানি, } f_A = \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{T_A}{m}}$$

$$\text{এবং } f_B = \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{T_B}{m}}$$

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

$$\text{বা, } f_B = f_A \sqrt{\frac{T_B}{T_A}} = 50 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{200}{100}} = 70.71 \text{ Hz}$$

অতএব, B তারের কম্পাঙ্ক 70.71 Hz।

উদ্বিগ্ন থেকে পাই,

A তারের টান,  $T_A = 100 \text{ N}$

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

B তারের টান,  $T_B = 200 \text{ N}$



ধরি, পানি মাধ্যমে শব্দের বেগ,  $v_w$   
উচ্চীপক থেকে পাই, শব্দের কম্পাঙ্ক,  $f = 300 \text{ Hz}$   
বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ,  $v_a = 352 \text{ m s}^{-1}$   
বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $= \lambda_a$   
পানি মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য =  $\lambda_w$   
এখনে,  $\lambda_w - \lambda_a = 4.16 \text{ m}$

$$\text{বা, } \frac{v_w}{f} - \frac{v_a}{f} = 4.16 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f}(v_w - v_a) = 4.16 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v_w - v_a = 4.16 \text{ m} \times f$$

$$\text{বা, } v_w = v_a + 4.16 \text{ m} \times f$$

$$= 352 \text{ m s}^{-1} + 4.16 \text{ m} \times 300 \text{ Hz} = 1600 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, উচ্চীপক অনুসারে পানিতে শব্দের বেগ  $1600 \text{ m s}^{-1}$

৩. উচ্চীপক থেকে পাই,

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

$$\text{পানি মাধ্যমে শব্দের বেগ, } v_w = 1600 \text{ m s}^{-1} [\text{গ থেকে}]$$

$$\text{এখনে, } v_w > v_a$$

$$\text{আবার, বায়ুর ঘনত্ব, } p_a = 1.293 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব, } p_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{শব্দের কম্পাঙ্ক, } a = 0.25 \text{ cm} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{শব্দের কম্পাঙ্ক, } f = 300 \text{ Hz} = 300 \text{ s}^{-1}$$

এখন বায়ু ও পানি মাধ্যমে শব্দের তীব্রতা যথাক্রমে  $I_a$  ও  $I_w$  হলে,

$$I_a = 2\pi^2 f^2 a^2 v_a p_a \\ = 2 \times (3.1416)^2 \times (300 \text{ s}^{-1})^2 \times (2.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \\ \times 352 \text{ m s}^{-1} \times 1.293 \text{ kg m}^{-3} \\ = 5053.53 \text{ W m}^{-2}$$

আবার,

$$I_w = 2\pi^2 f^2 a^2 v_w f_w$$

$$= 2 \times (3.1416)^2 \times (300 \text{ s}^{-1})^2 \times (2.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \\ \times 1600 \text{ m s}^{-1} \times 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

$$= 17.76 \times 10^6 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{এখনে, } I_w > I_a$$

অতএব উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের আলোকে বলা যায় শব্দের বেগ ও তীব্রতার মান বায়ু মাধ্যম থেকে পানি মাধ্যমে বেশি। অর্থাৎ সামান্যের বক্তব্য সঠিক।

তিনটি সূর শলাকা যাদের প্রথমে দুটির গায়ে কম্পাঙ্ক  $450 \text{ Hz}$  লেখা আছে যার একটির বাতু কিছুটা ক্ষয়ে গেছে। তৃতীয় সূর শলাকার গায়ে কম্পাঙ্কের মান লিখা নেই। তৃতীয় সূর শলাকাটিকে পৃথকভাবে অপর দুটির সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বীট সৃষ্টি হয়। আবার প্রথম দুটি একই সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে চার বীট সৃষ্টি হয়। [১ম সূর শলাকা হতে সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা  $10^{-7} \text{ W m}^{-2}$ ]

ক. স্থির তরঙ্গ কাকে বলে?

১

খ. প্রেসিকক্রে শব্দের তীব্রতা  $10^{-6} \text{ W m}^{-2}$  বলতে কী বুঝ?

২

গ. ১ম সূর শলাকাটি হতে সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেল এককে নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উচ্চীপকের তথ্যসমূহ হতে তৃতীয় সূর শলাকাটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার মতামত লিখ।

৪

[ব. বো. '১৫]

### ৩০৮. প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে পরম্পর বিপরীতমুরী সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অপ্রাপ্যমী তরঙ্গ পরম্পরারের উপর আপত্তি হলে যে নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

খ. প্রেসিকক্রে শব্দের তীব্রতা  $10^{-6} \text{ W m}^{-2}$  বলতে বুঝায় প্রেসিকক্রে শব্দ সঞ্চালনের অভিযুক্তের সাথে লক্ষণাবলী অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্যে দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে  $10^{-6} \text{ J}$  শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয়।

গ. ধরি, তীব্রতা লেভেল,  $\beta$

উচ্চীপক থেকে পাই,

১ম সূর শলাকা হতে সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা,  $I = 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$

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

$$\text{আমরা জানি, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-7} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} = 50 \text{ dB}$$

অতএব, ১ম সূর শলাকা হতে সৃষ্টি শব্দের তীব্রতা লেভেল 50 dB।

ঘ. এখনে, ১ম সূর শলাকার কম্পাঙ্ক,  $f_1 = 450 \text{ Hz}$

২য় সূর শলাকার কম্পাঙ্ক =  $f_2$

ধরি, ২য় সূর শলাকাটির একটি বাতু সামান্য ক্ষয়ে গেছে, ফলে ২য় সূর শলাকাটির কম্পাঙ্ক বেশি হবে।

$$\therefore ২য় সূর শলাকার কম্পাঙ্ক,  $f_2 = f_1 + 6 = (450 + 6) \text{ Hz} = 456 \text{ Hz}$$$

ধরি, তৃতীয় সূর শলাকার কম্পাঙ্ক =  $f_3$

এখন ৩য় সূর শলাকাকে পৃথকভাবে ১ম দুটির সাথে স্পন্দিত করলে প্রাপ্ত বীটের সংখ্যা N হলে,  $f_3 = f_1 \pm N$

আবার,  $f_3 = f_2 \pm N$

এখনে, ১ম সূর শলাকার কম্পাঙ্ক ২য় সূর শলাকার কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি। আবার উভয়ই তৃতীয় সূর শলাকার সাথে সমান বীট উৎপন্ন করে।

$$\therefore f_3 = f_1 + N$$

$$\text{এবং } f_3 = f_2 - N$$

$$\therefore f_1 + N = f_2 - N$$

$$\text{বা, } 2N = f_2 - f_1 = (456 - 450) = 6$$

$$\therefore N = 3$$

$$\therefore f_3 = f_1 + N = (450 + 3) \text{ Hz} = 453 \text{ Hz}$$

অতএব, তৃতীয় সূর শলাকার কম্পাঙ্ক 453 Hz। অর্থাৎ, কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।

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

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



উচ্চীপকে x ও y মিটারে এবং সময় t সেকেন্ডে ধরে নিম্নলিখিত প্রয়োগের উত্তর দাও:

ক. দশা কাকে বলে?

১

খ. প্রতি সেকেন্ডে বীট 6 বলতে কী বুঝ?

২

গ. প্রথম তরঙ্গাটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উচ্চীপকে তরঙ্গাবয়ের মধ্যে উপরিলিপনের ফলে কোন ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামতের ব্যাখ্যা কর।

[পি. বো. '১৫]

### ৩০৯. প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো একটি কম্পমান বক্তুর যেকোনো মুহূর্তের পতির সম্যক অবস্থাকে দশা বলে।

খ. প্রতি সেকেন্ডে বীট 6 বলতে বুঝায়-

১. উৎসের ক্রিয়ার শব্দের তীব্রতা  $10^{-6} \text{ W m}^{-2}$  বলতে কী বুঝ?
২. উৎসবর কম্পাঙ্কের পার্দক্ষ্য  $6 \text{ Hz}$ ।
৩. উৎসবর হতে আগত শব্দ কোনো বিন্দুতে বা কানে প্রতি সেকেন্ডে 6 বার সমন্দশায় ও 6 বার বিপরীত দশার ঘিসিত হয়।

১) এখানে,

$$১ম তরঙ্গটির সমীকরণ, y_1 = 0.1 \sin\left(200\pi t - \frac{20\pi}{17}x\right) \dots\dots\dots (১)$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

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

$$= A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} vt - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) \dots\dots\dots (২)$$

(১) ও (২) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$$A = 0.1 \text{ m}$$

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

$$\text{বা, } 2\pi f = 200\pi \quad \left[ \because \frac{v}{\lambda} = f \right]$$

$$\therefore f = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{20\pi}{17}$$

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

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

অতএব, ১ম তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ 170 m s<sup>-1</sup>।

২) উচ্চিপক্ষের ১ম তরঙ্গটি হলো,

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

যা x অক্ষের অভিমুখে একটি অগ্রগামী তরঙ্গ,

আবার, ২য় তরঙ্গটি হলো,

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

এটি ধনাত্মক x-অক্ষ অভিমুখে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ। এখন, তরঙ্গ দুটি উপরিপাতিত হলে তাদের লব্ধি সরণ হবে,

$$y = y_1 + y_2$$

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

$$= 0.1 \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(100\lambda t - \frac{10\lambda}{17}x\right) + 0.1 \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(100\lambda t + \frac{10\lambda}{17}x\right)$$

$$= 2 \times 0.1 \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 100\lambda t \cdot \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{10\lambda}{17}x$$

$$= 0.2 \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 100\lambda t$$

$$\text{বা, } y = A \sin \omega t \quad [\text{এখানে, } A = 0.2, \omega = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 100\lambda]$$

এখানে, সমাপ্তিত তরঙ্গ দুটি একটি সরলচন্দিত গতি সম্পর্ক তরঙ্গ উৎপন্ন করে। এ সরলচন্দিত গতিটি অগ্রগামী তরঙ্গ নয়। কারণ এতে অগ্রগামী তরঙ্গের ন্যায় দশা কোনো পার্থক্য নেই। অর্থাৎ, অগ্রগামী তরঙ্গের ন্যায় দশা কোনের ভিতর (vt - x) জাতীয় কোনো রাশি অন্তর্ভুক্ত নেই। সুতরাং এ সমীকরণটি দুটি তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে সৃষ্টি স্থির তরঙ্গ প্রকাশ করে।



### NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রক্রিয়া ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের এ অধ্যায়ের অনুশীলনীর নমুনা সূজনশীল প্রক্রিয়া ও উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রয়োজন অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা কলেজ ও ইচ্ছেসন্ি পরীক্ষার প্রক্রিয়া ও উত্তরের ধরন ও আনন্দকে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

### ৩) এ টি এম শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া তৌহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রক্রিয়া ও উত্তর

খনির বায়ু দ্বারা একটি অর্গান নল পূর্ণ করা হলো। অনুরূপ আরেকটি অর্গান নল বিশুল্ব বায়ু দ্বারা পূর্ণ করে নল দুটিকে একত্রে শক্তাবিত করা হলো। খনির বায়ু দ্বারা উৎপন্ন শব্দের বেগ 350 m s<sup>-1</sup> এবং তরঙ্গের 0.7m ব্যাখ্যানে দুটি কণার দশা পার্থক্য 3.14 rad বিশুল্ব বায়ু দ্বারা উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ Y = 0.01 sin 2π (246t -  $\frac{x}{1.5}$ ) m, [বিশুল্ব বায়ুর ঘনত্ব = 1.29 kg m<sup>-3</sup>]।

১. অগ্রগামী তরঙ্গ কাকে বলে?

২. স্থির তরঙ্গের নিম্নলিখিত বিশুল্বতে প্রতি শূন্য হয় কেন?

ব্যাখ্যা কর।

৩. বিশুল্ব বায়ু থেকে উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর।

৪. খনির বায়ু দূর্বিত কি না যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৩২১ প্রশ্নের উত্তর

১) কোনো আড় বা দীর্ঘ তরঙ্গ কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের একত্রে হতে অন্যতরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে সেই তরঙ্গকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে।

২) স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিশুল্বতে বিভার শূন্য হয়। এতে তরঙ্গান্তির কণার কোনো সরণ হয় না। সরণ না হওয়ার কণাটির কোনো বিভবশক্তি বা পতিশক্তি পাওয়া যায় না।  $W = \frac{1}{2} kA^2$  সূত্রানুযায়ী কাজ বা প্রতি শূন্য হয়।

১) বিশুল্ব বায়ুর শব্দের তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = 0.01 \sin 2\pi \left(246t - \frac{x}{1.5}\right) \text{ m}$$

$$\text{বা, } y = 0.01 \sin \left(492\pi t - \frac{2\pi x}{1.5}\right) \text{ m}$$

এই সমীকরণকে  $y = a \sin \left(\cot - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$  সমীকরণে সাথে তুলনা করে পাই,

$$\text{এখানে, } \omega = 492\pi$$

$$\text{বা, } 2\pi f = 492\pi$$

$$\text{বা, } f = 246 \text{ Hz}$$

$$\text{বিভার, } a = 0.01 \text{ m}$$

$$\text{ঘনত্ব, } \rho = 1.29 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{বেগ, } v = f\lambda = (246 \times 1.5) \text{ m s}^{-1} = 369 \text{ m s}^{-1}$$

তীব্রতা, I হলো আমরা জানি,

$$I = 2\pi^2 a^2 f^2 v \rho = 2\pi^2 (0.01 \text{ m})^2 \times (246 \text{ Hz})^2 \times 369 \text{ m s}^{-1} \times 1.29 \text{ kg/m}^3$$

$$= 56861.2 \text{ W m}^{-2}$$

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

$$= 10 \log \frac{56861.2}{10^{-12}}$$

$$= 167.54 \text{ dB}$$

∴ বিশুল্ব বায়ু থেকে উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা লেভেল 167.54 dB।

১) 'গ' নং হতে পাই,

বিশুদ্ধ বায়ুতে তরঙ্গের কম্পাক্ষ,  $f = 246 \text{ Hz}$

এনিৰ বায়ুৰ কেতো, শব্দেৰ বেগ,  $v_1 = 350 \text{ m s}^{-1}$

দশাপৰ্যাক্ষ,  $\sigma = 3.14 \text{ rad}$

পথ পাৰ্থক্য,  $x = 0.7 \text{ m}$

আমৰা জানি,  $\sigma = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\text{বা, } \lambda_1 = \frac{2\pi x}{\sigma} = \frac{2\pi \times 0.7 \text{ m}}{3.14 \text{ rad}} = 1.4 \text{ m}$$

$$\therefore \text{এনিৰ বায়ুতে শব্দেৰ কম্পাক্ষ, } f_1 = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{350 \text{ m s}^{-1}}{1.4 \text{ m}} = 250 \text{ Hz}$$

$\therefore f \neq f_1$  সূতৰাং এনিৰ বায়ু বিশুদ্ধ নয়।

একটি সূতায় দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ মিলনেৰ ফলে যে স্থিৰ তরঙ্গেৰ সৃষ্টি হয় তাৰ সমীকৰণ হচ্ছে  $y = 5 \cos \frac{\pi}{3} x \sin 40 \pi t$

(যেখানে  $x$  ও  $y \text{ cm}$  এককে এবং সময় sec এককে)

ক. উপরিপাতন নীতিটি লিখ।

খ. বায়ু মাধ্যমে আড় তরঙ্গ সৃষ্টি হতে পাৰে কি?

গ. উজীপকে বৰ্ণিত স্থিৰ তরঙ্গেৰ বিস্তাৱ, তরঙ্গদৈৰ্ঘ্য, তরঙ্গাবেগ, কম্পাক্ষ ও পৰ্যায়কাল নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. যে দুটি তরঙ্গেৰ মিলনেৰ ফলে স্থিৰ তরঙ্গেৰ সৃষ্টি হয়েছে তাদেৱ সমীকৰণ নিৰ্ণয় কৰে তরঙ্গাবয়েৰ মধ্যে

দশা পাৰ্থক্য নিৰ্ণয় কৰা সম্ভব কি—গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

[অনুলিপনীৰ পৰা ২]

### ৩৩নং প্ৰেৰ উত্তৰ

ক. উপরিপাতন নীতিটি হলো— কোনো কণাৰ উপৰ একই সময় দুটি তরঙ্গ আপত্তি হলে সাম্যাবস্থান থেকে কণাটিৰ লক্ষ সৱণ হবে তরঙ্গ দুটিৰ জন্য কণাটিৰ সৱণছয়েৰ ভেষ্টিৰ সমষ্টিৰ সমান।

খ. আড় তরঙ্গে মাধ্যমেৰ কণাগুলো তরঙ্গ সঞ্চালনেৰ দিকেৰ সাথে সমকোপে কম্পিত হয়। বায়ু মাধ্যমে আড় তরঙ্গ সৃষ্টি হতে পাৰে না। কাৰণ বায়ু মাধ্যমে শব্দ সঞ্চালিত হয় সংকোচন ও প্ৰসাৱণেৰ মাধ্যমে। অৰ্থাৎ, একেতো মাধ্যমেৰ কণাগুলোৰ স্পন্দনেৰ দিক তরঙ্গ সঞ্চালনেৰ দিকেৰ সাথে সমান্তৰাল অৰ্থাৎ এটি অনুদৈৰ্ঘ্য তরঙ্গ।

গ. প্ৰদত্ত স্থিৰ তরঙ্গেৰ সমীকৰণ,  $y = 5 \cos \frac{\pi}{3} x \sin 40 \pi t$

স্থিৰ তরঙ্গেৰ বিস্তাৱ  $5 \cos \frac{\pi}{3} x \text{ cm}$ , এটি  $x$  এৰ ফাঁশন। অৰ্থাৎ,  $x$  এৰ মানেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে বিভিন্ন বিশ্বুতে এৰ বিস্তাৱ বিভিন্ন। সুলভ বিশ্বুতে বিস্তাৱ  $5 \text{ cm}$ .

প্ৰদত্ত সমীকৰণকে স্থিৰ তরঙ্গেৰ সমীকৰণ  $y = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt$

এৰ সাথে তুলনা কৰে পাই,

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{3}$$

$$\text{বা, } \lambda = 6 \text{ cm}$$

$$\text{আবাৱ, } \frac{2\pi}{\lambda} v = 40\pi$$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda} = 20$$

$$\text{বা, } v = 20 \times \lambda = 20 \times 6$$

$$\therefore v = 120 \text{ cm s}^{-1}$$

$$\text{বা, } f = \frac{v}{\lambda} = 20 \text{ Hz}$$

$$\text{পৰ্যায়কাল, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20 \text{ Hz}} = 0.05 \text{ s.}$$

অতএব, উজীপকে বৰ্ণিত স্থিৰ তরঙ্গেৰ বিস্তাৱ, তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য, তরঙ্গাবেগ, কম্পাক্ষ ও পৰ্যায়কাল যথাক্রমে  $5 \cos \frac{\pi}{3} x \text{ cm}$ ,  $6 \text{ cm}$ ,  $120 \text{ cm s}^{-1}$ ,  $20 \text{ Hz}$  ও  $0.05 \text{ s.}$

ঘ. 'গ' হতে পাই,

স্থিৰ তরঙ্গেৰ তরঙ্গদৈৰ্ঘ্য তথা স্থিৰ তরঙ্গ সৃষ্টি তরঙ্গাবয়েৰ তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য,  $\lambda = 6 \text{ cm}$

স্থিৰ তরঙ্গ সৃষ্টিকাৰী একটি তরঙ্গ,

$$y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

$$\text{অপৰ তরঙ্গটি, } y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x)$$

$$\text{যেখানে, } a = \frac{5}{2} \text{ cm} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গাবয়েৰ মধ্যে দশা পাৰ্থক্য, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x - vt + x)$$

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

$$= \frac{4\pi}{\lambda} \times x$$

$$= \frac{4\pi}{6} \times x = \frac{2\pi}{3} \times x$$

উপৰোক্ত সমীকৰণে সেচিমিটাৰে প্ৰকাশিত  $x$  এৰ মান বসিয়ে দশা পাৰ্থক্য নিৰ্ণয় কৰা সম্ভব।

ঘ. এটা একটি সুৱলাকাৰ যে সময়ে 200 বাৱ কম্পন দেয় সেই সময়ই এটি দ্বাৱা সৃষ্টি শব্দ তরঙ্গ বায়ুতে 140 m দূৰত্ব অভিভাৱ কৰে। অন্য একটি গ্যাসে এটি দ্বাৱা সৃষ্টি শব্দেৰ তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য 2.1 m এবং উপস্থিতি বায়ুৰ তাপমাত্ৰা  $20^{\circ}\text{C}$ ।

ক. আড়তৰঙ্গ কাকে বলে?

খ. কোনো স্থানেৰ শব্দেৰ তীব্ৰতা  $10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$  বলতে কী

বুৰায়? ব্যাখ্যা কৰ।

গ. সুৱলাকাৰ কম্পাক্ষ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. উভয় মাধ্যমে শব্দেৰ বেগ অভিভাৱ কৰি কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ মাধ্যমে উভয়ৰেৰ সত্যতা যাচাই কৰ।

[অনুলিপনীৰ পৰা ৩]

### ৩৪নং প্ৰেৰ উত্তৰ

ক. যদি কণাৰ স্পন্দনেৰ দিক এবং তরঙ্গ সঞ্চালনেৰ দিক পৱন্পৱন সমকোপে সংঘটিত হয় তাহলে ঐ কণা কৃতক সৃষ্টি তরঙ্গকে আড় তরঙ্গ বলে।

খ. কোনো স্থানেৰ শব্দেৰ তীব্ৰতা  $10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$  বলতে বুৰায় এ স্থানে শব্দ বিস্তাৱেৰ অভিস্থুতি লভভাৱে রাখা একক ক্ষেত্ৰকলেৰ মধ্য দিয়ে প্ৰতি সেকেন্ডে  $10^{-8} \text{ Joule}$  পৱিমাণ শব্দ শক্তি অবাহিত হয়।

ঘ. এখানে, তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য,  $\lambda = \frac{140}{200} \text{ m} = 0.7 \text{ m}$

বায়ুৰ তাপমাত্ৰা =  $20^{\circ}\text{C}$

$\therefore$  বায়ুতে শব্দেৰ বেগ,  $v = (332 + 0.6 \times 20) \text{ m s}^{-1} = 344 \text{ m s}^{-1}$

কম্পাক্ষ,  $f = ?$

আমৰা জানি,  $v = fx$

$$\text{বা, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{344 \text{ m s}^{-1}}{0.7 \text{ m}} = 491.43 \text{ Hz}$$

অতএব, সুৱলাকাৰ কম্পাক্ষ 491.43 Hz।

গ 'গ' থেকে পাই, বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ,  $v_g = 344 \text{ m s}^{-1}$   
আবার, বায়ুতে সূর শলাকা কর্তৃক সৃষ্টি শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য  
 $\lambda_g = \frac{140}{200} \text{ m} = 0.7 \text{ m}$

গ্যাসে সূরশলাকা কর্তৃক সৃষ্টি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_g = 2.1 \text{ m}$   
যদেকরি, কম্পাক্ষ  $f$  এবং গ্যাসে শব্দের বেগ  $v_g$   
এখন,  $v = f\lambda$  সমীকরণ থেকে পাই,

$$\text{বায়ু মাধ্যমে, } f = \frac{v_g}{\lambda_g}$$

$$\text{গ্যাসে, } f = \frac{v_g}{\lambda_g}$$

$$\therefore \frac{v_g}{\lambda_g} = \frac{v_g}{\lambda_g}$$

$$\text{বা, } v_g = \frac{v_g \times \lambda_g}{\lambda_g} = \frac{344 \text{ ms}^{-1} \times 2.1 \text{ m}}{0.7 \text{ m}} = 1032 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{এখনে, } v_g \neq v_g$$

অতএব, উভয় মাধ্যমে শব্দের বেগ অভিন্ন হবে না।

তরঙ্গটি দুটি সূরশলাকা একই সময়ে বাজানো হয়েছে। যাদের আরা বায়ুতে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ যথাক্রমে

$$y_1 = 0.5 \sin \pi \left( 200t - \frac{x}{3.4} \right) \text{ এবং } y_2 = 0.5 \sin \pi \left( 210.03t - \frac{x}{3.09} \right)$$

যেখানে সবকটি রাশি S.I. এককে প্রদত্ত।

ক. সুস্পন্দ বিন্দু কী?

খ. গরমকালে এবং শীতকালে বাতাসে শব্দের বেগের তারতম্যের কারণ ব্যাখ্যা কর।

গ. বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. শব্দ তরঙ্গ দুটি বীট তৈরি করেছিল কি না—বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

### ৩৫৩. প্রশ্নের উত্তর

ক. স্থির তরঙ্গের উপরস্থ যেসব বিন্দুতে বস্তুকণার বিস্তার সর্বাধিক তাদেরকে সুস্পন্দ বিন্দু বলে।

খ. আমরা জানি, শব্দের বেগ বায়ুর তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে, বায়ুর তাপমাত্রা বেশি হলে শব্দের বেগও বেশি হয় এবং বায়ুর তাপমাত্রা কম হলে শব্দের বেগ কম হয়। গরমকালে বায়ুর তাপমাত্রা বেশি থাকার কারণে শব্দের বেগ বেশি থাকে এবং শীতকালে বায়ুর তাপমাত্রা কম থাকার কারণে শব্দের বেগও কম হয়।

গ. সমীকরণটি,  $y_1 = 0.5 \sin \pi \left( 200t - \frac{x}{3.4} \right)$

$$\text{বা, } y_1 = 0.5 \sin \frac{1}{3.4} \pi (680t - x)$$

একে,  $y = \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$  এর সাথে তুলনা করে পাই,  
 $v = 680 \text{ m s}^{-1}$

∴ প্রথম তরঙ্গের বেগ  $680 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ. 'গ' থেকে পাই, প্রথম তরঙ্গের বেগ,  $v = 680 \text{ m s}^{-1}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 2 \times 3.4 = 6.8 \text{ m}$

$$\therefore \text{কম্পাক্ষ}, f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{680}{6.8} = 100 \text{ Hz}$$

ঘৃতীয় সমীকরণ,  $y_2 = 0.5 \sin \pi \left( 210.03t - \frac{x}{3.09} \right)$

$$= 0.5 \sin \frac{\pi}{3.09} (649 - x)$$

∴ বেগ,  $v_2 = 649 \text{ m s}^{-1}$

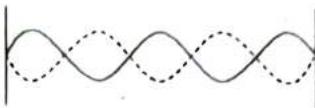
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda_2 = 2 \times 3.09 = 6.18 \text{ m}$

$$\therefore \text{কম্পাক্ষ}, f_2 = \frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{649}{6.18} \text{ Hz} = 105 \text{ Hz}$$

যেহেতু, উভয় তরঙ্গের বিস্তার সমান এবং কম্পাক্ষের পার্থক্য রয়েছে  $(105 - 100) \text{ Hz}$  বা  $5 \text{ Hz}$

∴ তরঙ্গ দুটি বীট উৎপন্ন করবে।

### ৩৫৪. প্রশ্ন



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

ক. সুরযুক্ত শব্দ কী?

খ. তরঙ্গের দশা পার্থক্য ও পথ পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

গ. উক্তিপক্ষের সমীকরণে পরপর একটি সুস্পন্দ ও একটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যে ন্যূনতম দূরত্ব নির্ণয় কর।

ঘ. মূল তরঙ্গ দুটির সমীকরণের রূপ কেমন হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

### ৩৬২. প্রশ্নের উত্তর

ক. বনকের নিয়মিত পর্যাবৃত্ত কম্পনের ফলে সৃষ্টি শব্দই সুরযুক্ত শব্দ।

খ. ধরি, একই বিস্তার  $a$  এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda$  বিশিষ্ট দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ যথাক্রমে  $S_1$  ও  $S_2$  বিন্দু থেকে একই বেগ  $v$  নিয়ে একই দিকে চলতে চলতে এক সময়  $P$  বিন্দুতে মিলিত হলো। তরঙ্গ দুটির জন্য ঐ বিন্দুতে অবস্থিত কোনো কণার  $t$  সময় পরে সরণ যথাক্রমে  $y_1$  ও  $y_2$  হলে,

$$y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_1) \text{ এবং } y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_2)$$

এখানে, প্রথম তরঙ্গটি ঐ বিন্দুতে যেতে  $S_1 P = x_1$  পথ এবং বিভীত তরঙ্গটি  $S_2 P = x_2$  পথ অতিক্রম করেছে।  $P$  বিন্দুতে  $S_1$  ও  $S_2$  থেকে আগত তরঙ্গের দশাকোণ যথাক্রমে,

$$\frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_1) \text{ এবং } \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_2)$$

অতএব  $P$  বিন্দুতে তরঙ্গজয়ের, দশা পার্থক্য,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_1) - \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x_2) = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)$$

অতএব, দশা পার্থক্য  $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$  পথ পার্থক্য।

গ. এখানে, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ,  $Y = -4 \sin \frac{\pi x}{15} \cos 96 \pi t$

আমরা জানি, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ,  $Y = 2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \frac{2\pi}{\lambda} vt$

উপরোক্ত সমীকরণকে তুলনা করে পাই,  $\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{15}$

বা,  $\lambda = 30$

বা,  $\frac{\lambda}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m}$

∴ একটি সুস্পন্দ ও একটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যে ন্যূনতম দূরত্ব,  $\frac{\lambda}{4} = 7.5 \text{ m}$ ।

ঘ. প্রদত্ত সমীকরণ

$$Y = -2.2 \sin \frac{\pi x}{15} \cos 96 \pi t$$

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

[ $\because 2 \sin A \sin B = \sin (A + B) + \sin (A - B)$ ]



$$= -2 \cdot \left\{ \sin\left(\frac{\pi x}{15} + 96\pi\right) - \sin\left(96\pi - \frac{\pi x}{15}\right) \right\}$$

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

১য় মূল অগ্রগামী তরঙ্গ,  $y_1 = 2 \sin\left(96\pi - \frac{\pi x}{15}\right)$

২য় মূল অগ্রগামী তরঙ্গ,  $y_2 = -2 \sin\left(96\pi + \frac{\pi x}{15}\right)$

**প্রয়োগ ৩।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৬ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৪।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৭ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৫।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৮ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৬।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৯ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৭।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১০ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৮।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১১ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৯।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১২ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১০।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১১।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৪ এর উত্তরের জন্য ৬৪৫ পৃষ্ঠার ৬ নং (জ্ঞানমূলক), ৬৪৭ পৃষ্ঠার ৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৬১০ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১১-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

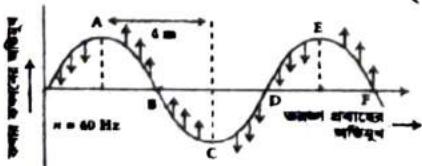
**প্রয়োগ ১২।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৫ এর উত্তরের জন্য ৬৪৫ পৃষ্ঠার ৭ নং (জ্ঞানমূলক), ৬৬৭ পৃষ্ঠার ৪ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৬১১ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১২-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১৩।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৬ এর উত্তরের জন্য ৬৪৫ পৃষ্ঠার ৮ নং (জ্ঞানমূলক), ৬৪৭ পৃষ্ঠার ৬ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৬১১ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১৪।** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৭ এর উত্তরের জন্য ৬৪৫ পৃষ্ঠার ৯ নং (জ্ঞানমূলক), ৬৪৭ পৃষ্ঠার ৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৬১২ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**৩. ড. আমির হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসহাক ও ড. মো. নজরুল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর**

**প্রয়োগ ১।** পানিতে তিল ছোড়ার পর নিম্নবর্ণিত তরঙ্গের সৃষ্টি হলো-



- ক. তরঙ্গমুখ কী? 1
- খ. তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি ব্যাখ্যা কর। 2
- গ. চিত্র থেকে প্রাপ্ত তথ্যাদি ব্যবহার করে পানিতে সৃষ্টি তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। 3
- ঘ. তিল পড়ার স্থান থেকে কণাটি 10 m দূরে 5 sec পর কণাটির তাৎক্ষণিক বেগের সাথে পানির তরঙ্গ বেগের তুলনা কর। তরঙ্গদৈর্ঘ্যে এবং কম্পাক্ষের মধ্যকার সম্পর্কের গাণিতিক প্রমাণ দাও। 8

### ৬০নং প্রশ্নের উত্তর

**ক।** যেকোনো মুহূর্তে কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পর্ক কণাগুলোর সঞ্চার পথ হলো তরঙ্গমুখ।

**খ।** তরঙ্গের উপরিপাতন নীতিটি হলো- কোনো কণার উপর একই সময়ে দুটি তরঙ্গ আপত্তি হলে সাম্যাবস্থান থেকে কণাটির লক্ষি সরণ হবে তরঙ্গ দুটির জন্য কণাটির সরণছয়ের ভেঙ্গে সমষ্টির সমান।

**ব্যাখ্যা :** ধরি, একটি তরঙ্গের দরুন মাধ্যমের মধ্য দিয়ে কোনো কণার সরণ  $\vec{y}_1$ , বিতীয় একটি তরঙ্গের দরুন মাধ্যমের মধ্য দিয়ে কোনো কণার সরণ  $\vec{y}_2$ , তাহলে এই দুটি তরঙ্গ যুগপৎ অতিক্রম করলে এই কণার লক্ষি সরণ হবে,  $\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$

**বা,**  $y = y_1 \pm y_2$

একই দিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  ধনাত্মক, বিপরীত দিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  কে ঝোঁকাত্মক ধরে নিতে হবে।

## নবম অধ্যায় (৪) তরঙ্গ

এখনে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda$  হলে,  $\frac{\lambda}{2} = 4 \text{ m}$

$$\text{বা, } \lambda = 2 \times 4 \text{ m} = 8 \text{ m}$$

$\therefore$  তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য 8 m.

এখনে, সরণ,  $x = 10 \text{ m}$

$$\text{সময় } t = 5 \text{ s}$$

$$\text{কম্পাঙ্ক } n = 40 \text{ Hz}$$

$$\text{তাংকণিক বেগ, } v = \frac{dy}{dt} = A \omega \cos(\omega t - x)$$

$$= A \times 2\pi \times 40 \cos(2\pi \times 40 \times 5 - 10)$$

$$= 251.31 A \cos 1246.64$$

$$= -244.50 \text{ ms}^{-1} \text{ [বিস্তার একক ধরে]}$$

আবার, পানির তরঙ্গের, তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 8 \text{ m}$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } n = 40 \text{ Hz}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গবেগ, } v = f\lambda = 40 \text{ Hz} \times 80 \text{ m} = 320 \text{ ms}^{-1}$$

এক্ষেত্রে পানির তরঙ্গবেগের মান বেশি।

এখনে, তরঙ্গ বেগ,  $v = 320 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } n = 40 \text{ Hz}$$

$$\text{তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য} = \frac{v}{n} = \frac{320 \text{ ms}^{-1}}{40 \text{ s}^{-1}} = 8 \text{ m} = \text{তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য}$$

$$\text{সুতরাং, তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য} = \frac{\text{তরঙ্গবেগ}}{\text{কম্পাঙ্ক}}$$

**প্রয়োজনীয়** রাফি তার বন্ধুদের সাথে ফুটবল খেলার সময় হঠাতে তাদের বলটি খেলার মাঠের পার্শ্বের পুকুরের পানিতে পড়ল। ফলে পানিতে ঢেউয়ের সৃষ্টি হলো। রাফি লক্ষ করল বলটি যে স্থানে পড়েছিল সেখান থেকে ধীরে ধীরে ঢেউগুলো চারদিকে ছড়িয়ে পড়ল। ঢেউয়ের শীর্ষবিন্দু থেকে অপর ঢেউয়ের শীর্ষবিন্দুর দূরত্ব 10 cm এবং পানিতে 3 s-এ 6 টি ঢেউয়ের সৃষ্টি হয়।

ক. অগ্রগামী তরঙ্গ কী?

১

খ. শব্দ কখন নয়েজ বা গোলমেলে মনে হয়?

২

গ. পানিতে স্ফট ঢেউয়ের বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উচ্চীপক্ষ অনুযায়ী 10 m তরঙ্গ বিস্তারের জন্য 5 sec-  
এ কম্পমান কণার জন্য অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ  
গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রঞ্চ ২]

## ৬১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো আড় বা লম্বিক তরঙ্গ কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের একস্তর হতে অন্য স্তরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে সেই তরঙ্গই হবে অগ্রগামী তরঙ্গ।

খ. যে সকল শব্দ শুনিক্ত তাদের সোরগোল বা সুরবর্জিত শব্দ বলা হয়। শব্দের উৎসের কম্পন অনিয়মিত বা অপর্যাপ্ত হলে যে শব্দ সৃষ্টি হয় তাদের আমাদের শুনিক্ত লাগে। তাছাড়া শব্দের তীব্রতা লেভেল 120 dB এর চেয়ে বেশি হলে সেই শব্দকে নয়েজ বা গোলমেলে মনে হয়।

গ. এখনে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{6}{3 \times 8} = 2 \text{ Hz}; \text{ বেগ, } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } v = f\lambda = 0.1 \text{ m} \times 2 \text{ Hz} = 1 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ. অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$\begin{aligned} y &= a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \\ &= 10 \sin \frac{2\pi}{0.1} (1 \times 5 - x) \\ &= 10 \sin 20\pi (5 - x) \end{aligned}$$

এখনে, তরঙ্গ বেগ,  $v = 1 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য, } \lambda = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{বিস্তার, } a = 10 \text{ m}$$

**প্রয়োজনীয়** কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শুব্দ বেগে ধারমান অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,  $y = 5 \sin(200\pi t - 1.57x)$ । এখনে সবকটি রাখি S.I. এককে প্রদত্ত।

ক. শব্দের গুণ বা জাতি কী?

১

খ. শব্দের ব্যতিচার সৃষ্টির শর্তগুলি লিখ।

২

গ. তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

৩

ঘ. যেহেতু তরঙ্গের বেগ শুব্দ সেহেতু তরঙ্গের উপরিস্থিত

মাধ্যমের কণার তুরণ কী সর্বদা শূন্য হবে? বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রঞ্চ ৩]

## ৬২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে বৈশিষ্ট্য ছারা দুটি ভিন্ন উৎস হতে নির্ণয় শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতা এক হলেও একটিকে অন্যটি থেকে পৃথক করা যায়, তাকে এর গুণ বা জাতি বলে।

খ. শব্দের ব্যতিচার সৃষ্টির শর্ত হলো—

১. তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্ক ও বিস্তার সমান হতে হবে।

২. তরঙ্গ দুটির আকৃতি ও দশা অপরিবর্তিত থাকবে।

৩. তরঙ্গ দুটির দুরুণ মাধ্যমের কোনো একটি কণার সরণ একই রেখায় হবে।

৪. শব্দের উৎস হতে নিঃশব্দ বা ধ্বনিস্থান ব্যতিচার বিদ্যুতে তরঙ্গাবয়ের অতিক্রান্ত পথ পার্থক্য  $\frac{1}{2}$ -এর অযুগ্ম গুণিতক হবে এবং জোরালো বা গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে তরঙ্গাবয়ের অতিক্রান্ত পথ-পার্থক্য শূন্য অথবা  $\frac{1}{2}$ -এর যুগ্ম গুণিতক হবে।

ঘ. ধরি, তরঙ্গের বিস্তার  $= A$ , কম্পাঙ্ক  $= f$  এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $= \lambda$

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

$$\text{বা, } y = A \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda} vt - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{উচ্চীপক্ষের সমীকরণটি, } y = 5 \sin(200\pi t - 1.57x) \quad \dots \dots \dots (2)$$

এখন, (১) ও (২) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,  $A = 5 \text{ m}$

$$\text{আবার, } 200\pi = \frac{2\pi}{\lambda} v \quad \dots \dots \dots (3)$$

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

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

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

$$\text{সমীকরণ (৩) হতে পাই, } 200\pi = \frac{2\pi}{\lambda} v$$

$$\text{বা, } v = \frac{4 \times 200\pi}{2\pi} = \frac{2 \times 3.1416}{1.57} \quad [\because \lambda = 4 \text{ m}]$$

$$\therefore v = 400 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি, } v = f\lambda$$

$$\therefore f = \frac{v}{\lambda} = \frac{400}{4} = 100 \text{ Hz.}$$

অতএব, তরঙ্গের বিস্তার 5 m, কম্পাঙ্ক 100 Hz এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 4m।

ঘ. তরঙ্গের বেগ শুব্দ হলেও তরঙ্গের উপরিস্থিত মাধ্যমের কণার তুরণ সর্বদা শূন্য হবে না।

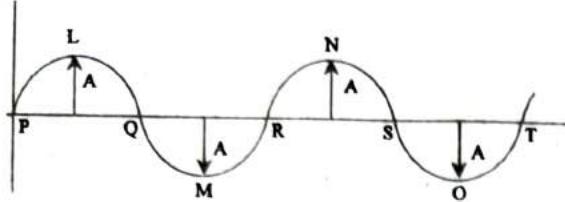
বিশ্লেষণ : উচ্চীপক্ষে অগ্রগামী তরঙ্গের কথা বলা হয়েছে। তাই একটি অগ্রগামী তরঙ্গকে বিশেষ করি, যা শুব্দ বেগে পার্শ্বীল। তরঙ্গার্দৈর্ঘ্য-অগ্রগামী তরঙ্গের প্রতিটি কণাই পর্যাপ্ত গতি লাভ করে। এক্ষেত্রে এদের সরণের সমীকরণটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়—

$$x = A \sin \omega t$$



সমীকরণটি এর সাপেক্ষে ব্যবকলন করে পাই,

$$\frac{d}{dt}x = A \frac{d}{dt} \sin \omega t$$



$$\text{বা, } v = \omega A \cos \omega t \quad (1) \quad \left[ \because \frac{dx}{dt} = v \right]$$

(১) নং সমীকরণটি পুনরায় এর সাপেক্ষে ব্যবকলন করে পাই,

$$\frac{d}{dt} v = \omega A \frac{d}{dt} \cos \omega t$$

$$\text{বা, } a = -\omega^2 A \sin \omega t \quad \left[ \because \frac{d^2x}{dt^2} = a \right]$$

$$\text{বা, } a = -\omega^2 x \quad (2)$$

(২) নং সমীকরণটি তরঙ্গের কণার ত্বরণের সমীকরণ। এখন, তরঙ্গের চিহ্নটি হতে দেখা যাচ্ছে, কণার সরণ  $x$  সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হচ্ছে। কণাগুলোর L, M, N, O বিন্দুগুলোতে  $x$  এর মান সর্বোচ্চ (A) এবং P, Q, R, S, T বিন্দুগুলোতে  $x$  এর মান সর্বনিম্ন (শূন্য)।

অতএব, কেবলমাত্র তরঙ্গের P, Q, R, S, T বিন্দুগুলোতে তরঙ্গের কণাগুলোর ত্বরণের মান হবে—

$a = -\omega^2 \times 0 = 0$  অর্থাৎ, শূন্য। তবে, L, M, N, O বিন্দুগুলোতে তরঙ্গের কণাগুলোর ত্বরণের মান হবে

$$a = -\omega^2 A \text{ অর্থাৎ সর্বোচ্চ।}$$

তরঙ্গের উপরিস্থিত অন্যান্য বিন্দুর জন্যেও ত্বরণের একটি মান থাকবে।

অতএব, বুঝা গেল তরঙ্গের বেগ ধ্রুব হলেও তরঙ্গের উপরিস্থিত মাধ্যমের কণার ত্বরণ সর্বদা শূন্য হবে না।

**বিন্দু ৬৩।**  $y_1 = 0.1 \sin \left( 200\pi t - \frac{20\pi}{17} x \right)$ ,  $y_2 = 0.1 \sin \left( 200\pi t + \frac{20\pi}{17} x \right)$  তরঙ্গ দুটি সময় ধরে একই সাথে সঞ্চালিত হচ্ছে।

ক. অস্টক কী?

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

গ. প্রথম তরঙ্গটির তরঙ্গ বেগ কত?

ঘ. তরঙ্গাবস্থার উপরিপাতনের ফলে কোন ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হবে?—গাণিতিকভাবে তোমার মতামত ব্যাখ্যা কর। ৮

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

### ৬৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের ছিগুণ হলে তাকে অস্টক বা ছিতীয় সময়েল বলে।

খ. যে বৈশিষ্ট্য আরা একটি শব্দ অন্য একটি শব্দ হতে কত বেশি জোরালো তা বুঝা যায় তাকে শব্দোচ্চতা বলে। শব্দোচ্চতার সংজ্ঞা ব্যক্তি নির্ভর। একই তীব্রতার বিভিন্ন কম্পাঙ্কের শব্দ প্রোত্তার কাছে কম-বেশি জোরে মনে হতে পারে। শব্দোচ্চতা শব্দের তীব্রতা আরা নির্ধারিত হয়। তীব্রতা যত বাড়ে, শব্দোচ্চতা তত বেশি জোরালো হয়, তবে শব্দোচ্চতা শব্দের তীব্রতার সাথে সমানুপাতিক হারে বাড়ে না। শব্দোচ্চতা S এবং শব্দের তীব্রতা I হলে,  $S \propto \log_{10} I$

গ. সূজনশীল প্রশ্ন ৩১(গ) নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. সূজনশীল প্রশ্ন ৩১(ঘ) নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

### ৬৪নং সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র



একাদশ-বাদশ শ্রেণি

বিপুল একদিন পুরুরের পানিতে ব্যাং দেখে তিল ছুড়ল। পরে দেখল তিল পানিতে স্পর্শ করার পর টেটে সৃষ্টি হয়ে তারদিকে ছাঁড়িয়ে পড়েছে। টেগুগুলো স্থির অবস্থা হতে 6 cm উপরে ও নিচে উঠানামা করছে।

ক. উপসুর কী?

খ. অনুনাদ এক ধরনের পরবশ কম্পন-ব্যাখ্যা কর।

গ. পানিতে সৃষ্টি তরঙ্গ একটি স্থির তরঙ্গ হলে এবং তরঙ্গটির পর্যায়কাল, তরঙ্গাবস্থা যথাক্রমে 0.02 sec এবং 25 cm বিবেচনা করে তরঙ্গটির সমীকরণ নির্ণয় কর।

ঘ. টিলটি যে স্থানে পানিকে স্পর্শ করে সেখান থেকে 5 m দূরে 10 সেকেন্ড পর কম্পমান কণার তাৎক্ষণিক বেগের সাথে তরঙ্গ বেগের তুলনা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

### ৬৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যাদের কম্পাঙ্কক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি তাদের উপসুর বলে।

খ. কোনো কম্পনরত কস্তুরে অন্য একটি কম্পনক্ষম কস্তুর নিকট আনলে ছিতীয় কস্তুরিতে কম্পন শুনু হয়। একে পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন বলে। কোনো কস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে কস্তুর অধিক বিস্তারে কল্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে। অনুনাদ হলো পরবশ কম্পনের একটি বিশেষ রূপ। কাজেই সব অনুনাদই পরবশ কম্পন।

গ. আমরা জানি, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ—

$$Y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \quad (1)$$

উদ্দীপক অনুসারে, বিস্তার,  $A = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

পর্যায়কাল,  $T = 0.02 \text{ s}$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক}, f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$$

তরঙ্গাবস্থা,  $\lambda = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$

আমরা জানি, বেগ,  $v = \lambda f = 50 \text{ Hz} \times 0.25 \text{ m} = 12.5 \text{ ms}^{-1}$

অতএব, (১) নং সমীকরণ হবে—  $Y = 0.06 \sin \frac{2\pi}{0.25} 12.5 t$

সকল রাশি SI এককে।

এটিই নির্ণেয় পানিতে সৃষ্টি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ।

ঘ. এখানে, সরণ,  $x = 5 \text{ m}$ ; সময়,  $t = 10 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \text{তাৎক্ষণিক বেগ, } v_2 &= \frac{dy}{dt} \\ &= A\omega \cos(\omega t - x) \\ &= 0.06 \times 2\pi \times 50 \cos(2\pi \times 50 \times 10 - 5) \\ &= -4.37 \text{ ms}^{-1} \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} f = \frac{1}{T} \\ = \frac{1}{0.02 \text{ s}} \\ = 50 \text{ Hz} \end{array} \right.$$

'গ' হতে প্রাপ্ত বেগ,  $v_1 = 12.5 \text{ ms}^{-1}$

$\therefore v_1 > v_2$

অতএব, যেখানে টিলটি পানিকে স্পর্শ করে সেখান হতে 5 m দূরে 10 s পর কম্পমান কণার তাৎক্ষণিক বেগ তরঙ্গ বেগ থেকে কম।

ক. দুইটি সূর শলাকা A ও B একই সময় শব্দায়িত হওয়ার প্রতি সেকেন্ডে 5টি বীট উৎপন্ন হয়। কিন্তু A-তে খানিকটা মোম লাগালে একত্রে 2 সেকেন্ডে 10টি বীট উৎপন্ন হয়।

ক. সূর বিরাম কী?

খ. বীট সৃষ্টির শর্ত কী কী?

গ. উচ্চীপকে B-এর কম্পাঙ্ক 320 Hz হলে A-এর কম্পাঙ্ক কত?

ঘ. উচ্চীপকে A সূর শলাকাতে মোম না লাগিয়ে যদি ঘৰা হয় তাহলে কীভাবে কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যাব? সেকেন্ডে প্রতি সেকেন্ডে 6 টি বীট উৎপন্ন হলে A এর কম্পাঙ্ক কত হবে? ৮

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

### ৬৫নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাতকে সুর বিনাম বলে।  
 (খ) বীট উৎপন্নির পর্যাপ্ত হলো:  
 ১. বীট সৃষ্টিকারী শব্দ তরঙ্গ দুটি একই সময়ে উৎপন্ন হতে হবে।  
 ২. তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্কক ও তীব্রতা প্রায় সমান হতে হবে।  
 ৩. তরঙ্গ দুটির দরুন মাধ্যমের কোনো একটি কণার সরণ একই রেখায় হতে হবে।  
 ৪. মাধ্যমের কোনো একটি কণার উপর তরঙ্গ দুটি মিলিত হওয়ার পর তাদের মধ্যে দশা বৈমা সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে।  
 ৫. তরঙ্গ দুটির মিলিত ক্রিয়ার বিভাগ সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে।

(গ) এখানে, ঘোম লাগানোর পূর্বে বীটের হার,  $N = 5 \text{ s}^{-1}$

$$\text{ঘোম লাগানোর পরে বীটের হার} = \frac{10}{2s} = 5\text{s}^{-1}$$

B এর কম্পাঙ্ক,  $f_B = 320 \text{ Hz}$ ; A এর কম্পাঙ্ক,  $f_A = ?$

$$\therefore f_A = f_B \pm N = 320 \text{ Hz} \pm 5 = 325 \text{ Hz} \text{ বা, } 315 \text{ Hz}$$

যেহেতু, A তে ঘোম লাগানোর পর বীটের হার সমান থাকে।

সেহেতু, A এর কম্পাঙ্কক B এর কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি ছিল।

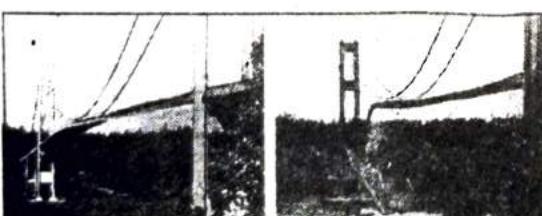
$$\therefore A \text{ এর কম্পাঙ্ক } 325 \text{ Hz}.$$

(ঘ) A শুর শলাকাতে ঘোম না লাগিয়ে যদি ঘষা হয় তাহলে A এর ভর কমবে। সেক্ষেত্রে A এর কম্পাঙ্কক বৃদ্ধি পাবে। এমতাবস্থায় A এর কম্পাঙ্কক নির্যাপ্ত করার ক্ষেত্রে B এর কম্পাঙ্কের সাথে বীট সংখ্যা যৌগ করতে হবে। এক্ষেত্রে বীটের হার  $N = 6$  হলো।  
 A এর কম্পাঙ্ক হবে,  $f_A = f_B + N = 320 \text{ Hz} + 6 = 326 \text{ Hz}$ .

সুতরাং A এর কম্পাঙ্ক 326 Hz হবে।

(ঙ) অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

(চ) অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৩০-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।



চিত্রে ওয়াশিংটনের টকোমা ন্যারোজ ব্রিজটি 1940 সালের। জানুয়ারি চলাচলের জন্য খুলো দেওয়া হয়। একটি হালকা বাতাসে অনুনাদ সৃষ্টির কারণে খুলো দেওয়ার চার মাসের মধ্যেই ব্রিজটি ভেঙে যায়।

ক. পরবশ কম্পন কী?

খ. সব অনুনাদই পরবশ কম্পন কিন্তু সব পরবশ কম্পন অনুনাদ নয় কেন?

গ. সৈন্যদল ব্রিজের উপর দিয়ে শার্ট করে চললে ব্রিজ ভেঙে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকার কারণ অনুসন্ধান কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনাটি থেকে কীভাবে পরবশ কম্পন ও অনুনাদের মধ্যে পার্থক্য করা যায় বিবেচণ কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৯]

### ৬৬নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর নিকট আলে রিতীয় বস্তুটিতে যে কম্পন শুন্ন হয় তাই পরবশ কম্পন।

(খ) কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর নিকট আলে রিতীয় বস্তুটিতে কম্পন শুন্ন হয়। একে পরবশ কম্পন বা

আরোপিত কম্পন বলে। কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কক আর তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিভাগের কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে। অনুনাদ হলো পরবশ কম্পনের একটি বিশেষ রূপ। কাজেই সব অনুনাদই পরবশ কম্পন, কিন্তু সব পরবশ কম্পন অনুনাদ নয়।

(গ) কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কক আর তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিভাগের সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরণের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

প্রত্যেক কম্পনক্ষম বস্তুরই একটি নিজস্ব ও নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক থাকে। কোনো ঝুলন্ত ব্রিজেরও একটি কম্পাঙ্ক থাকে। এ কম্পাঙ্কের মান ব্রিজের উপাদান, দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ ইত্যাদির উপর নির্ভর করে। সৈন্যদল যখন ব্রিজের উপর শার্ট করে যায় তখন আরোপিত কম্পন সৃষ্টি হয় কারণ নিয়মিত পা ফেলার অর্থ একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কক সৃষ্টি করা। এর ফলে যে কম্পনের সৃষ্টি হয় তার কম্পাঙ্কক নির্দিষ্ট। এখন এ কম্পাঙ্কক যদি ব্রিজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হয় তাহলে অনুনাদ সৃষ্টি হয়, ফলে ব্রিজটি বিপুল বিশেষ বিভাগের আন্দোলিত হয়। এতে ব্রিজটি ভেঙে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(ঘ) উদ্দীপকের ঘটনাটি থেকে নিষ্ঠাপ্ত উপায়ে পরবশ কম্পন ও অনুনাদের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। একটি পর্যাপ্ত বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে কম্পিত করলে বস্তুটি প্রথমে তার নিজস্ব স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের কম্পিত হওয়ার চেষ্টা করে। কিন্তু পরে দেখা যাবে যে, বস্তুটি পর্যাপ্ত বলের কম্পাঙ্কক অনুযায়ী স্পন্দিত হচ্ছে। বস্তুটির স্থানিক কম্পাঙ্কক যাই হোক না কেন পর্যাপ্ত বলটি যতক্ষণ ক্রিয়াশীল থাকবে বস্তুটিও ততক্ষণ ধরে পর্যাপ্ত বলের কম্পনে কম্পিত হতে থাকবে। এ ধরণের কম্পনকে পরবশ কম্পন বলে। অন্যদিকে, অনুনাদ বিশেষ ধরণের পরবশ কম্পন। বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কক এবং তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিভাগের কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনই অনুনাদ। সুতরাং বলা যায় সকল অনুনাদ পরবশ কম্পন হলেও সকল পরবশ কম্পন অনুনাদ নয়।

(ঘ) ৬৯

প্রশ্ন ৬৯। পদার্থবিজ্ঞান ক্লাসে শব্দের তীব্রতা  $1 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$ । বিজ্ঞানী গ্রাহণ বেলের নাম অনুসারে তীব্রতার লগ মানকে বেল বলা হয়। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এক বেলের দশ ভাগের এক ভাগকে একটি একক ধরে শব্দেচ্ছতা পরিমাপ করা হয় এবং একে ১ ডেসিবেল বলে।

১. ক. বীট কী?  
 ২. খ. সকল হারমোনিক উপসূর কিন্তু সকল উপসূর হারমোনিক নয়। ব্যাখ্যা কর।  
 ৩. গ. পদার্থবিজ্ঞান ক্লাসে শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেলে নির্ণয় কর।  
 ৪. ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শব্দের তীব্রতা লেভেলের গাণিতিক স্থাবীকরণ প্রতিপাদন কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১০]

### ৬৭নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) প্রায় সমান কম্পাঙ্কের এবং সমান বিভাগের দুটি শব্দ তরঙ্গ দুটি উৎস হতে একই সময়ে উৎপন্ন হয়ে একই দিকে অগ্রসর হলে এদের উপরিপাতনের ফলে একটি লম্বি শব্দ তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এ লম্বি শব্দের তীব্রতার পর্যায় ত্রুটিক্রম-বৃদ্ধি-বৃদ্ধি ব্রকম্প বা বীট।

(খ) সূজনশীল প্রশ্ন ১৮(খ) এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

(গ) ধরি, ডেসিবেলে ক্লাসে শব্দের তীব্রতা  $I$   
 উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী,  
 ক্লাসে শব্দের তীব্রতা,  $I = 1 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$   
 এবং জানা তথ্য— প্রমাণ তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$

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

$$\therefore \beta = 10 \log \frac{1 \times 10^{-8}}{10^{-12}}$$

$$= 10 \log (10^4) = 4 \times 10 \log 10 = 4 \times 10 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$$

অতএব, শব্দের তীব্রতা লেভেল 40 dB।

**য** শব্দ সংজ্ঞানের পথে সহজাবে অবস্থিত কোনো বস্তুর উপর কোনো বিদ্যুৎ চারদিকে একক ক্ষেত্রফলের মধ্যে দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তিকে শব্দের তীব্রতা বলে। বিজ্ঞানী ওয়েবার ফেচনার-এর সূত্র অনুসারে— শব্দোচ্চতা,  $L \propto \log I$

বা,  $L = a \log I$   
এখানে,  $L = \text{শব্দোচ্চতা}, I = \text{শব্দের তীব্রতা}, a = \text{সমানুপাতিক ধ্রুবক।}$

যদি  $I$  তীব্রতার জন্য শব্দোচ্চতা  $L$  এবং  $I_0$  তীব্রতার জন্য শব্দোচ্চতা  $L_0$

হয় তাহলে আমুরা পাই,  $L = a \log_{10} I$  এবং  $L_0 = a \log_{10} I_0$

অতএব শব্দোচ্চতার পার্থক্য বা তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = L - L_0 = a (\log_{10} I - \log_{10} I_0) = a \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

যখন,  $a = 1$  হয় তখন

$$\beta = \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ bel} = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

প্রামাণ তীব্রতার ক্ষেত্রে,  $I = I_0$

$$\therefore \beta = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I_0} \right) \text{ bel} = \log_{10} 1 = 0$$

ধ্রুব ধারক,  $I = 10 I_0$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \beta = \log \left( \frac{10I_0}{I_0} \right) = \log_{10} 10 = 1 \text{ bel}$$

অনুরূপভাবে,  $I = 100 I_0$  হলে,  $\beta = 2 \text{ bel}$

$$I = 10^{0.1} I_0 \text{ হলে } \beta = 0.1 \text{ bel} = 1 \text{ db}$$

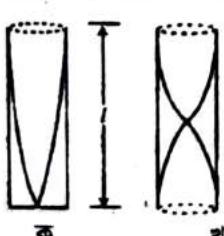
তীব্রতা  $I_1$  থেকে বৃদ্ধি পেয়ে  $I_2$  হলে, তীব্রতা লেভেল বৃদ্ধি,

$$\Delta\beta = \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \text{ bel}$$

$$\therefore \Delta\beta = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

সুতরাং (1) ও (2) হলো শব্দের তীব্রতা লেভেলের গাণিতিক সমীকরণ।

### ১৩০



চিত্রে একমুখ খোলা নল (ক) এবং দুই মুখ খোলা নলে (খ) বায়ুতন্ত্রের কম্পন দেখানো হয়েছে। নল দুইটির প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য।

**ক.** মূল সূর কী?

**খ.** এক সাথে অনেক সৈন্য ত্রীজ্জের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয় কেন?

**গ.** (খ) নং চিত্রে ১ম উপসূরের কম্পাক্ষ 448 Hz হলে নলের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। বায়ুতে শব্দের বেগ  $345 \text{ ms}^{-1}$ ।

**ঘ.** উদ্ধীপকের নল দুইটি কি একই কম্পাক্ষের মূল সূর তৈরি করতে পারবে? যদি না পারে তাহলে কীভাবে একই কম্পাক্ষের মূল সূর তৈরি করা সম্ভব বিবৃষণ কর।

(অনুবীক্ষনীর পৰ ১১)

### ১৩১ প্রথমের উত্তর

**ক.** কোনো ঘরের মধ্যে বিদ্যুমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাক্ষ সবচেয়ে কম তাকে মৌলিক বা মূল সূর বলে।

**খ.** এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ত্রীজ্জের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয়। কারণ সৈন্যরা ত্রীজ্জের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়ার সময় ত্রীজ্জ দূরতে থাকে অর্ধাং এতে তরঙ্গের উভব হয়। এভাবে অনেকগুলো সৈন্য একসাথে মার্চ করে গেলে ত্রীজ বেশি বিতাবে দূরতে থাকে। একসময় অসহজাবে পরিষ্কত হলে ত্রীজটি তেজে যেতে পারে।

**গ.** উদ্ধীপকে (খ) নং চিত্রে, ১ম উপসূরের কম্পাক্ষ,  $f_2 = 448 \text{ Hz}$  বায়ুতে শব্দের বেগ,  $v = 345 \text{ m s}^{-1}$ ; নলের দৈর্ঘ্য,  $l = ?$

১ম উপসূরের ক্ষেত্রে, আমুরা জানি,  $f_2 = \frac{v}{l}$

$$\text{বা, } l = \frac{v}{f_2} = \frac{345 \text{ ms}^{-1}}{448 \text{ Hz}}$$

$$\therefore l = 0.77 \text{ m}$$

অতএব, নলের দৈর্ঘ্য 0.77 m।

**ঘ.** উদ্ধীপকের 'ক' চিত্র একমুখ খোলা নল। এখানে, নলের মধ্যে মার্চ একটি সুস্পন্দন এবং নিস্পন্দন বিদ্যু সৃষ্টি হয়েছে। আমুরা জানি, স্থির তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_1$  হলে একটি সুস্পন্দন ও নিস্পন্দন বিদ্যু মধ্যবর্তী দূরত হবে  $\frac{\lambda_1}{2}$ । সুতরাং নলের দৈর্ঘ্য  $l = \frac{\lambda_1}{2}$  বা,  $\lambda_1 = 2l$ ।

শব্দের তরঙ্গবেগ  $v$  এবং মূল সূরের কম্পাক্ষ  $f_1$  হলে, আমুরা জানি,  $v = f_1 \lambda_1$

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

$$\therefore f_1 = \frac{v}{2l} \quad (1)$$

এটিই একমুখ খোলা নলের মূল সূরের কম্পাক্ষ।

অপরদিকে উদ্ধীপকে 'খ' চিত্রে দুইমুখ খোলা নল। এখানে নলের দুই মুখ খোলা থাকায় ঐ দুই প্রান্তে বায়ু কণা স্পন্দিত হওয়ার স্বচেয়ে বেশি সুবিধা পায় ফলে দুই মুক্ত প্রান্তে সর্বদা দুটি সুস্পন্দন বিদ্যু সৃষ্টি হয়। স্বচেয়ে কম কম্পাক্ষের ক্ষেত্রে নলের মধ্যে একটি নিস্পন্দন বিদ্যু এবং দুই প্রান্তে দুটি সুস্পন্দন বিদ্যু সৃষ্টি হবে। এক্ষেত্রে নলের দৈর্ঘ্য। এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_1$  হলে  $l = \frac{\lambda_1}{2}$  বা,  $\lambda_1 = 2l$

মূল সূরের কম্পাক্ষ  $f_1$  হলে,  $v = f_1 \lambda_1$

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

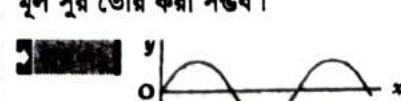
$$\text{বা, } f_1 = \frac{v}{2l} \quad (2)$$

(২) নং হচ্ছে দুই মুখ খোলা নলের মূল সূরের কম্পাক্ষ।

অর্ধাং একমুখ খোলা নল এবং দুই মুখ খোলা নল দুটি একই কম্পাক্ষের মূল সূর তৈরি করতে পারবে না।

তবে, (২) নং সমীকরণ (১) নং সমীকরণের কিম্বু।

অর্ধাং একমুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্য অর্ধেক করলে একই কম্পাক্ষের মূল সূর তৈরি করা সম্ভব।



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

এখানে  $y$  mm এককে  $t$  sec এককে  $x$  m এককে।

**ক.** অর্ধেক্ষা কী?

**খ.** তরঙ্গের বিতাবের সাথে তীব্রতার পরিবর্তন যাখ্যা কর।

**গ.** ০ হতে  $0.20 \text{ m}$  ও  $1.0 \text{ m}$  দূরে দুটি বিদ্যু স্বচেয়ে দশা পার্কক কত?

**ঘ.** তরঙ্গটি প্রতিফলিত হলে এবং বিতাব ও কম্পাক্ষ কিম্বু হলে তরঙ্গটির সমীকরণ কিম্বু হবে? বিবোধ কর।

(অনুবীক্ষনীর পৰ ১২)

৩) ৭১নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যখন অনেকগুলো বাদ্যযন্ত্র একসঙ্গে বাজিয়ে একটি সমতান বা একটি মেলতি অথবা একটি সমতান ও মেলতি উভয়ই সৃষ্টি করা হয় তখন তাকে অর্কেন্ট্রা বলে।

খ) কোনো তরঙ্গের সমকাণে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে এক সেকেতে যে পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে এই তরঙ্গের তীব্রতা বলে। একে মাধ্যমের শক্তি প্রবাহ বলা হয়। একে I হারা সৃষ্টি করা হয়।

তরঙ্গের তীব্রতা,  $I = \text{শক্তি ঘনত্ব} \times \text{তরঙ্গ বেগ}$   
পারিতিকভাবে দেখানো যায় যে  $I = 2\rho\pi^2 a^2 n^2 v$   
এখানে,  $\rho$  = মাধ্যমের ঘনত্ব

$n$  = তরঙ্গের কম্পাক্ষ

$a$  = তরঙ্গের বিস্তার এবং

$v$  = তরঙ্গের বেগ।

উপরের সমীকরণ হতে দেখা যায় যে,

$$I \propto a^2$$

বা,  $I = K a^2$  এখানে  $K$  ধ্রুবক।

অর্থাৎ তীব্রতা ( $I$ ) বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক।

গ) আমরা জানি, দশা পার্থক্য

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x \\ = \frac{2 \times 3.14 \times 0.80 \text{ m}}{1.7 \text{ m}} \\ = 2.96 \text{ rad}$$

অতএব, 0 হতে 0.20 m ও 1.0 m দূরে দুটি বিন্দুর মধ্যকার দশা পার্থক্য 2.96 rad।

ঘ) প্রদত্ত অপ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

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

অপ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

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

বিস্তার,  $a = 0.1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}; \omega = 2\pi f = 200 \pi$

$$\therefore \text{কম্পাক্ষ}, f = 100 \text{ Hz}; \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{20 \pi}{17}$$

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

প্রতিকলিত তরঙ্গাটির বিস্তার,  $a_1 = 2a = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$

কম্পাক্ষ,  $f' = 2f = 2 \times 100 \text{ Hz} = 200 \text{ Hz}$

কৌণিক কম্পাক্ষ,  $\omega' = 2\pi f' = 2\pi \times 200 \text{ Hz} = 400 \pi \text{ rad s}^{-1}$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{\lambda}{f'} = \frac{100 \text{ Hz} \times 1.7 \text{ m}}{200 \text{ Hz}} = 0.85 \text{ m}$$

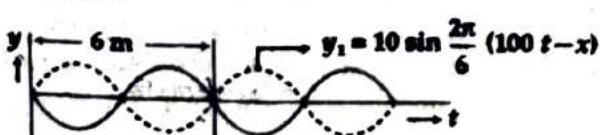
প্রতিকলিত তরঙ্গাটির সমীকরণ

$$Y' = a' \sin \left( \omega' t + \frac{2\pi}{\lambda'} x \right)$$

$$= 0.2 \sin \left( 400 \lambda t + \frac{2\pi}{0.85} x \right)$$

$$\therefore Y' = 0.2 \sin \left( 400 \pi t + \frac{200 \pi}{85} x \right)$$

ডিগ্রীগুলো একটি অপ্রগামী তরঙ্গের মুক্ত প্রান্তের প্রতিফলন দেখানো হয়েছে।



ক. সূরযুক্ত ও সূরবর্জিত শব্দ কী?

খ. ডিগ্রীগুলো তরঙ্গাটি প্রতিফলনের পর লম্বি তরঙ্গের সমীকরণটি লিখ।

গ.  $x = \frac{\lambda}{2}$  দূরত্বে  $y$  এর জন্য একটি লেখচিত্র গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপস্থাপন কর।  
(যখন  $t = 0, \frac{T}{4}, \frac{T}{2}, \frac{3T}{4}$  এবং  $T$ )

ঘ. ডিগ্রীগুলোর তরঙ্গাটির সমান কম্পাক্ষবিশিষ্ট শব্দ অন্য এক মাধ্যমে সৃষ্টি করায় তরঙ্গবেগ বৃদ্ধি পেল এবং দেখতে পেল তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য  $0.3 \text{ m}$  হয়েছে। বিতীয় মাধ্যমের তরঙ্গ বেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে কত বৃদ্ধি পাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বের কর।

[অনুশীলনীর পৰা ১৬]

৩) ৭২নং প্রশ্নের উত্তর

ক) উৎসের কম্পন নিয়মিত (বা পর্যায়বৃত্ত) হলে যে শব্দের সৃষ্টি হয় তাকে সূরযুক্ত শব্দ বলে।

উৎসের কম্পন অনিয়মিত (বা অপর্যায়বৃত্ত) হলে যে শব্দের সৃষ্টি হয় তাকে সূরবর্জিত শব্দ বলে।

খ) দেওয়া আছে,  $y_1 = 10 \sin \frac{2\pi}{6} (100 t - x)$

$y_1$  এর প্রতিফলনের পর প্রান্ত তরঙ্গাটি হলো—

$$y_2 = 10 \sin \frac{2\pi}{6} ((100 t + x) + \pi)$$

এখন, লম্বি তরঙ্গ,  $y = y_1 + y_2$

$$= 10 \sin \frac{2\pi}{6} (100 t - x) + 10 \sin \frac{2\pi}{6} ((100 t + x) + \pi)$$

$$= 10 \left[ \sin \frac{2\pi}{6} (100 t - x) - 10 \sin \frac{2\pi}{6} (100 t + x) \right]$$

$$= 10 \left[ 2 \cos \frac{\frac{2\pi}{6} (100 t - x + 100 t + x)}{2} \sin \frac{\frac{2\pi}{6} (100 t + x - 100 t + x)}{2} \right]$$

$$= 10 \cdot 2 \cos \frac{2\pi}{6} 100 t \sin \frac{2\pi}{6} x$$

$$\text{বা, } y = 20 \sin \frac{2\pi}{6} x \cos \frac{2\pi}{6} 100 t$$

$$\therefore y = A \cos \frac{2\pi}{6} 100 t \text{ এখানে, } A = 20 \sin \frac{2\pi}{6} 100 t$$

ঘ) এখানে,  $y$  হলো লম্বি তরঙ্গে যার সমীকরণ,

$$y = 20 \sin \frac{2\pi}{6} x \cos \frac{2\pi}{6} 100 t$$

$$\text{এখানে, } x = \frac{\lambda}{2} \text{ এবং } \lambda = 6 \text{ m}$$

$$\therefore x = 3 \text{ m}$$

$$y \text{ এর জন্য বিস্তার, } A = 30 \sin \left( \frac{2\pi}{6} \times 3 \right) \text{ m} = 0$$

$$\text{যখন, } t = 0 \text{ তখন } y = 0 \quad \text{যখন, } t = \frac{3T}{4} \text{ তখন } y = 0$$

$$\text{যখন, } t = \frac{T}{4} \text{ তখন } y = 0 \quad \text{যখন, } t = T \text{ তখন } y = 0$$

$$\text{যখন, } t = \frac{T}{2} \text{ তখন } y = 0$$

$$\text{সূতরাং } x = \frac{\lambda}{2} \text{ দূরত্বে } y \text{ এর জন্য লেখচিত্র হলো—}$$



১) অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

$$Y = 10 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x) = 10 \sin \left( \frac{200}{6} \pi t - \frac{2\pi}{6} x \right)$$

অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

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

$$w = 2\pi f = \frac{200}{6} \pi$$

$$\text{বা, } f = \frac{100}{6} \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{6}$$

$$\text{বা, } \lambda = 6 \text{ m}$$

### ২) ড. শাহজাহান তপন, মুহাম্মদ আজিজ হাসান ও ড. রানা চৌধুরী স্যারের বইয়ের অনুলিপনীর সূজনশীল প্রথ ও উত্তর

একটি সুরশলাকা যে সময়ে 200 বার কম্পন দেয় সে সময় এটি হারা সৃষ্টি শব্দ তরঙ্গ বাতাসে 140 m দূরত্ব অতিক্রম করে।  
সুরশলাকার কম্পাক্ষ 500 Hz।

ক. অগ্রগামী তরঙ্গ কী?

খ. অনুনাদ কীভাবে সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা কর।

গ. বাতাসে উদ্বীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. বাতাসে অপর একটি উৎস 1570 rads<sup>-1</sup> কোণিক দ্রুতির একটি তরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ তরঙ্গের উপরন্তৰ কোনো কণার 200 কম্পনে তরঙ্গটি আদি তরঙ্গের চেয়ে কত কম বা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নির্ণয় কর।

এখন, অপর তরঙ্গটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_1$  হলে,

আমরা জানি,

$$v = f_1 \lambda_1$$

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

$$\text{বা, } \lambda_1 = \frac{350 \text{ ms}^{-1}}{500 \text{ Hz}} = 1.4 \text{ m}$$

এখন, এ তরঙ্গটির 200 টি পূর্ণ কম্পনের জন্য অতিক্রান্ত দূরত্ব,  $s_1 = (1.4 \times 200) \text{ m} = 280 \text{ m}$

আবার, উদ্বীপক থেকে পাই, 500 Hz কম্পাক্ষ বিশিষ্ট তরঙ্গটি 200 পূর্ণ কম্পনের জন্য 280 m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

আবার, উদ্বীপক থেকে পাই, তরঙ্গটি 200টি পূর্ণ কম্পনে  $s = 140 \text{ m}$  দূরত্ব অতিক্রম করে

$$\therefore \frac{s_1}{s} = \frac{280}{140}$$

$$\text{বা, } \frac{s_1}{s} = 2$$

$$\text{বা, } s_1 = 2s$$

অতএব উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় যে, তরঙ্গটি আদি দূরত্বের দ্বিগুণ দূরত্ব অতিক্রম করবে।

একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ  $y = 5 \sin 2\pi \left( \frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$ । এখানে  $x$  ও  $y$  সেটিভিটারে এবং  $t$  সেকেন্ডে প্রকাশ করা হয়েছে।

ক. স্থির তরঙ্গ কী?

খ. তরঙ্গের উপরিপাতন ব্যাখ্যা কর।

গ. তরঙ্গটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, কম্পাক্ষ ও বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্বীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

### ৩) ৭৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো আড় বা লম্বিক তরঙ্গ কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের একভাবে হতে অন্য ভরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে সেই তরঙ্গই হবে অগ্রগামী তরঙ্গ।

খ. একটি কম্পমান বস্তুকে অন্য একটি বস্তুর নিকট থারলে হিতীয় বস্তুটি কাঁপতে শুনুন করে। যদি বস্তুর স্বাভাবিক পর্যায়কাল ও প্রযুক্তি বলের পর্যায়কাল ভিন্ন হয় তবে বস্তু ক্ষুদ্র বিভাবে কাঁপবে। কিন্তু বস্তুর স্বাভাবিক পর্যায়কাল ও তার উপর প্রযুক্তি বলের পর্যায়কাল সমান হলে বস্তুটি বহুতর বিভাবে কাঁপতে বাধ্য হয় এবং শব্দের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়। এ প্রক্রিয়াকে অনুনাদ বলে।

গ. এখন, তরঙ্গটি 200 বার কম্পনে মোট 140 m দূরত্ব অতিক্রম করে।

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য } \lambda = \frac{140 \text{ m}}{200}$$

$$\text{বা, } \lambda = 0.7 \text{ m}$$

এখন, তরঙ্গ বেগ  $v$  হলে,

আমরা জানি,  $v = f \lambda$

$$\text{বা, } v = (500 \text{ Hz} \times 0.7 \text{ m}) = (500 \text{ s}^{-1} \times 0.7 \text{ m}) = 350 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, তরঙ্গ বেগ  $350 \text{ ms}^{-1}$ ।

ঘ. এখানে, অপর উৎসের কোণিক দ্রুতি,  $\omega = 1570 \text{ rads}^{-1}$   
আমরা জানি,  $\omega_1 = 2\pi f_1$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{1570}{2\pi}$$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{1570}{2 \times 3.1416} \text{ Hz} = 249.87 \approx 250 \text{ Hz}$$

' $\omega$ ' হতে পাই, উল্লেখিত মাধ্যমের তরঙ্গ বেগ  $v = 350 \text{ ms}^{-1}$

উদ্বীপক থেকে পাই,  
কম্পাক্ষ  $f = 500 \text{ Hz}$

$$\therefore \text{বেগ, } V = f\lambda = \frac{100}{6} \text{ Hz} \times 6 \text{ m} = 100 \text{ ms}^{-1}$$

প্রাচীনসামে,  $\lambda_2 = \lambda_1 + 3 = (6 + 3) \text{ m} = 9 \text{ m}$   
কম্পাক্ষ একই হলে, আমরা জানি,

$$\frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{V_1 \lambda_2}{\lambda_1} = \frac{100 \text{ ms}^{-1} \times 9 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 150 \text{ ms}^{-1}$$

∴ হিতীয় মাধ্যমের শব্দের বেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে  $(150 - 100) \text{ ms}^{-1}$  বা  $50 \text{ ms}^{-1}$  বৃদ্ধি পাবে।

এখানে,

$$\lambda_1 = 6 \text{ m}$$

$$V_1 = 100 \text{ ms}^{-1}$$

$$\lambda_2 = 9 \text{ m}$$

$$V_2 = ?$$

### ৪) ৭৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সীমবন্ধ মাধ্যমে দুটি পরস্পর বিপরীতমুখী অগ্রগামী তরঙ্গের বিভাব ও পর্যায়কাল/কম্পাক্ষ/তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সমান হলে এদের উপরিপাতনের ফলে যে নতুন তরঙ্গের উৎপত্তি হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

খ. তরঙ্গের উপরিপাতন নীতিটি হলো কোনো কণার উপর একই সময়ে দুটি তরঙ্গ আপত্তি হলে সাম্যবস্থান থেকে কলাটির স্থির সরণ হবে তরঙ্গ দ্রুতির জন্য কলাটির সরণযোগের ভেতর সমষ্টির সমান।

ব্যাখ্যা : ধরি, একটি তরঙ্গের দ্বন্দ্ব মাধ্যমের যথ্য দিয়ে কোনো কণার সরণ  $\vec{y}_1$ , হিতীয় একটি তরঙ্গের দ্বন্দ্ব এই কণাতে এই সময়ে সরণ  $\vec{y}_2$ ,

অনুলিপনীর পর ১।

তাহলে, এ দুটি তরঙ্গ যুগপৎ অভিক্রম করলে এ কণার সম্মিলিত সরণ হবে,  $\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$  বা,  $y = y_1 + y_2$  এবং একইদিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  ধনাত্মক, বিপরীত দিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  কে ঋণাত্মক ধরে নিতে হবে।

১) উচ্চীপক্ষ থেকে পাই,  $y = 5 \sin 2\pi \left( \frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$

বা,  $y = 5 \sin \frac{2\pi}{30} (100t - x) \dots \dots \dots (1)$

আমরা জানি,

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

এখন (1) ও (2) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda = 30 \text{ cm}$

বেগ  $v = 100 \text{ cms}^{-1}$

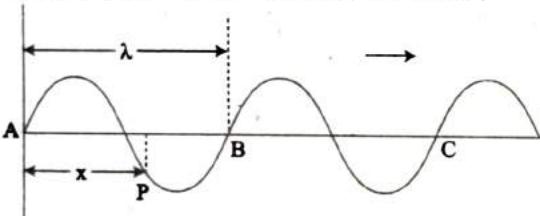
এখন কম্পাঙ্ক  $f$  হলে আমরা জানি,  $v = f\lambda$

বা,  $f = \frac{v}{\lambda}$

বা,  $f = \frac{100 \text{ cms}^{-1}}{30 \text{ cm}} = 3.33 \text{ Hz}$

অতএব, তরঙ্গটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক ও বেগ যথাক্রমে  $30 \text{ cm}$ ,  $3.33 \text{ Hz}$  এবং  $100 \text{ cms}^{-1}$ ।

২) উচ্চীপক্ষে উল্লিখিত তরঙ্গটি একটি অগ্রগামী তরঙ্গ।



ধরি, একটি অগ্রগামী তরঙ্গ A থেকে C বরাবর এগুচ্ছে। যেহেতু মাধ্যমের কণাগুলো সরল ছবিতে স্পন্দনে আন্দোলিত হয়, সেহেতু A বিন্দুতে কণার গতিকে নিচের সমীকরণ দিয়ে প্রকাশ করা যায়।

## ১০ পোশাম হোসেন আমাশিক, দেওয়ান নাসির উদ্দিন ও রবিউল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

A ও B দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে  $512 \text{ Hz}$  ও  $480 \text{ Hz}$ । এদের মাঝে P মাধ্যমে সৃষ্টি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্দক্ষ  $0.75 \text{ m}$ ।

ক. কীট বা বরকম্প কী? ১

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

গ. উচ্চীপক্ষের তথ্য ব্যবহার করে P মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. অপর একটি মাধ্যম Q এ শব্দের বেগ  $5000 \text{ m s}^{-1}$  হলে অপেক্ষাকৃত এবং মাধ্যমে শলাকা দূটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের কীরুপ পরিবর্তন হবে? পারিস্থিকভাবে বিলোব্ধ কর। ৪

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

এখানে,  $y = t$  সময়ে ABC রেখা বা সাম্যাবস্থা থেকে কণাটির সরণ,  $a$  = কণার বিস্তার,  $\omega$  = কণার কৌণিক কম্পাঙ্ক যদি কণাটির কম্পাঙ্ক  $f$  হয়,

$$\text{তাহলে } \omega = 2\pi f;$$

$$\therefore y = a \sin 2\pi ft$$

আবার, A বিন্দুত্থে কণাটি যখন সাম্যাবস্থা অভিক্রম করে তখন B বিন্দুত্থে কণাটি একই দিকে সাম্যাবস্থা অভিক্রম করে।

সুতরাং এরা সমদশা সম্পন্ন কণা। সমদশা সম্পন্ন পরগুলো দূরত্ব কণার মধ্যবর্তী দূরত্ব হচ্ছে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda$ । এখানে  $\lambda = AB$ । তরঙ্গ A বিন্দু থেকে B বিন্দুতে যাওয়ার সময় কণার দশার পরিবর্তন হয়  $2\pi$ ।

অতএব তরঙ্গ A বিন্দু থেকে x দূরত্বে P বিন্দুতে যাওয়ার সময় কণার দশার পরিবর্তন  $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} x$

এখন, P বিন্দুতে অবস্থিত কণার সরণ y হলে,

$$y = a \sin (\omega t - \phi)$$

$$= a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad \text{এখানে, } k = \frac{2\pi}{\lambda} = \text{তরঙ্গ সংখ্যা}$$

$$= a \sin (\omega t - kx)$$

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

$$= a \sin \left( \frac{2\pi vt}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad [\because v = f \lambda \therefore f = v/\lambda]$$

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

A বিন্দুতে অবস্থিত কণা থেকে অপর যেকোনো কণার দূরত্ব x জানা থাকলে উপরিউক্ত সমীকরণের সাহায্যে কণাটির যেকোনো মুহূর্তে সরণ নির্ণয় করা যায়। তাই এ সমীকরণকে মাধ্যমের কণাগুলোর সরণের সাধারণ সমীকরণ বলে।

তরঙ্গ ডানদিক থেকে বামদিকে গেলে কণাটির সরণ হবে,

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

$$\text{বা, } y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) !$$

## ৭৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সমান বা প্রায় সমান তীক্ষ্ণতা ও প্রায় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের সম্মিলিত প্রাবল্যের পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটানকে বরকম্প বা বীট বলে।

খ. কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যায়বৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

আবার, কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর নিকট আনলে তিতীয় বস্তুটিতে কম্পন শুনু হয়। একে আরোপিত কম্পন বলে। তাই অনুনাদ হলো এক বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন।

গ. এখানে, সুরশলাকার কম্পাঙ্ক,

$$f_1 = 512 \text{ Hz}, f_2 = 480 \text{ Hz} !$$

শলাকার ধারা P মাধ্যমে সৃষ্টি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্দক্ষ,

$$= \lambda_2 - \lambda_1 = 0.75 \text{ m} \dots \dots \dots (1)$$

P মাধ্যমে শব্দের বেগ,  $v = ?$

P মাধ্যমে উভয় শব্দ তরঙ্গের বেগ একই এবং মনে করি, তা  $v$ ।

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

এখন,  $512 \text{ Hz} > 480 \text{ Hz}$  অর্থাৎ  $f_1 > f_2$  হওয়ায়, (2)নং হতে পাই,

$$\lambda_2 > \lambda_1$$

∴ (1) নং হতে পাই,  $\lambda_2 - \lambda_1 = 0.75 \text{ m}$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v \times \frac{f_1 - f_2}{f_1 f_2} = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v \times \frac{512 \text{ Hz} - 480 \text{ Hz}}{512 \text{ Hz} \times 480 \text{ Hz}} = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v \times \frac{32 \text{ Hz}}{512 \text{ Hz} \times 480 \text{ Hz}} = 0.75 \text{ m}$$

$$\therefore v = 5760 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, P মাধ্যমে শব্দের বেগ  $5760 \text{ m s}^{-1}$ .

(2) মনে করি, অপৱে একটি শাখায় Q এ শব্দের বেগ,  $v_1 = 5000 \text{ ms}^{-1}$

$\therefore Q$  মাধ্যমে ১ম সুরশলাকা হতে নিঃস্ত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$$\lambda'_1 = \frac{v_1}{f_1} = \frac{5000 \text{ m s}^{-1}}{512 \text{ Hz}} = 9.766 \text{ m}$$

এবং ২য় সুরশলাকা হতে নিঃস্ত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$$\lambda'_2 = \frac{v_1}{f_2} = \frac{5000 \text{ m s}^{-1}}{480 \text{ Hz}} = 10.4167 \text{ m}$$

P মাধ্যমে শব্দের বেগ,  $v = 5760 \text{ m s}^{-1}$

এখানে,  $v > v_1$

অর্থাৎ P মাধ্যমে শব্দের বেগ  $> Q$  মাধ্যমে শব্দের বেগ

$\therefore Q$  এর তুলনায় P মাধ্যম ঘনতর।

অতএব, Q হতে P মাধ্যমে ১ম সুরশলাকা হতে নিঃস্ত শব্দ প্রবেশকালে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাবে

$$\lambda_1 - \lambda'_1 = \frac{v}{f_1} - \lambda'_1 = \frac{5760 \text{ m s}^{-1}}{512 \text{ Hz}} - 9.766 \text{ m} = 1.484 \text{ m}$$

আবার, Q হতে P মাধ্যমে ২য় সুরশলাকা হতে নিঃস্ত শব্দ প্রবেশকালে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাবে

$$\lambda_2 - \lambda'_2 = \frac{v}{f_2} - \lambda'_2 = \frac{5760 \text{ m s}^{-1}}{480 \text{ Hz}} - 10.4167 \text{ m} = 1.5833 \text{ m}$$

**প্ৰয়োগ ১০** অনুচীলনীৰ সূজনশীল প্ৰথ ৭-এৰ উভয়েৰ জন্য সূজনশীল প্ৰথ ৯-এৰ উভয় দ্ৰষ্টব্য।

**প্ৰয়োগ ১১** কোন একটি মাধ্যমে x অক্ষেৰ দিকে  $3 \text{ m s}^{-1}$  বেগে দুইটি অগ্রগামী তরঙ্গ সঞ্চালিত হচ্ছে। x = 0 স্থানাঙ্কেৰ একটি কণাৰ t সময়ে তৱজুহয়েৰ জন্য সৱণ যথাকৃতমে  $y_1 = 5 \sin(400\pi t) \text{ m}$  এবং  $y_2 = 5 \sin(404\pi t)$ ।

ক. কম্পাক্ষক কাকে বলে?

খ. শব্দেৰ তীব্ৰতা লেভেল 90 dB বলতে কী বুঝ?

গ. উচ্চীপকেৰ আলোকে ১ম তৱজুহেৰ জন্য x = 0.5 স্থানাঙ্কে অবস্থিত একটি কণাৰ সাধাৰণ সমীকৰণ বেৱে কৰ।

ঘ. তৱজুহয় মাধ্যমেৰ কণাৰ মধ্য দিয়ে একই সাথে আপত্তি হলে গাপিতিক বিশ্লেষণেৰ মাধ্যমে দেখাও  $\frac{1}{4}$

এৰ বিজোড় গুণিতক সময়ে শব্দেৰ প্ৰাবল্য কম হয়।

[অনুচীলনীৰ প্ৰথ ৮]

### ৮১নং প্ৰয়োগৰ উভয়

ক. তৱজুহেৰ উপৰ অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণা একক সময়ে যতগুলো পূৰ্ণ কম্পন সম্পৰ কৰে তাকে কম্পাক্ষক বলে।

খ. আমৰা জানি, কোনো শব্দেৰ তীব্ৰতা ও প্ৰমাণ তীব্ৰতাৰ অনুপাতেৰ লগাদিমকে ঐ শব্দেৰ তীব্ৰতা লেভেল বলে। তীব্ৰতা লেভেল 90 dB বলতে বুঝায় ঐ স্থানেৰ মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত শব্দেৰ তীব্ৰতা এবং প্ৰমাণ তীব্ৰতাৰ শব্দেৰ শব্দোচ্চতাৰ পাৰ্থক্য 90 dB।

গ. এখানে, তৱজুহেৰ বেগ,  $v = 3 \text{ m s}^{-1}$

স্থানাঙ্ক,  $x = 0.5 \text{ m}$

১ম তৱজুহেৰ জন্য সমীকৰণ,  $y_1 = 5 \sin(400\pi t) \text{ m}$

খৰি,  $x = 0.5$  স্থানাঙ্কে অবস্থিত কণাৰ সমীকৰণ,

$$y'_1 = 5 \sin(400\pi t - \alpha)$$

$$\text{আবাৰ, } \alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$$

১ম তৱজুহেৰ সমীকৰণকে  $y = a \sin \omega t$  এৰ সাথে তুলনা কৰে পাই,  $\omega = 400\pi$

$$\therefore \text{কম্পাক্ষক, } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{400\pi}{2\pi} = 200 \text{ Hz}$$

$$\text{আবাৰ, তৱজুহ দৈৰ্ঘ্য, } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \text{ m s}^{-1}}{200 \text{ Hz}} = 0.015 \text{ m}$$

$$\text{সুতৰাং, } \alpha = \frac{2\pi}{0.015 \text{ m}} \times 0.5 \text{ m}$$

$$= \frac{2 \times 3.1416}{0.15} \times 0.5 \\ = 209.44$$

অতএব,  $x = 0.5$  স্থানাঙ্কে অবস্থিত কণাৰ সমীকৰণ,

$$y'_1 = 5 \sin(400\pi t - 209.44)$$

(3) এখানে,  $y_1 = 5 \sin 400\pi t$  ..... (1)

$$y_2 = 5 \sin 404\pi t$$
 ..... (2)

(1) ও (2) নং একে অপৱেৰ উপৰ আপত্তি হলে তৱজুহেৰ উপৰিপাতন নীতি অনুযায়ী,  $Y = y_1 + y_2$

$$= 5 \sin 400\pi t + 5 \sin 404\pi t$$

$$= 5 \sin 2\pi \times 200t + 5 \sin 2\pi \times 202t$$

$$= 10 \sin \left\{ 2\pi \left( \frac{200 + 202}{2} \right) t \right\}$$

$$= \cos \left\{ 2\pi \left( \frac{202 - 202}{2} \right) t \right\} \cos 2\pi \sin \pi(402)t$$

এখানে, শব্দেৰ প্ৰাবল্য নিৰ্ভৰ কৰে  $10 \cos 2\pi t$  এৰ উপৰ।

তৱজুহেৰ তীব্ৰতা সৰ্বনিম্ন হবে  $10 \cos 2\pi t = 0$  হলে,

$$\text{বা, } \cos 2\pi t = 0$$

$$\text{বা, } 2\pi t = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2} \dots \frac{(2n+1)\pi}{2}$$

$$\therefore t = \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \dots \frac{(2n+1)}{4}$$

অর্থাৎ, প্ৰতি  $\frac{1}{4}$  এৰ বিজোড় গুণিতক সময়ে কোনো শব্দ শোনা যাবে না

অর্থাৎ শব্দেৰ প্ৰাবল্য কম হবে।

**প্ৰয়োগ ১১** পৱিকায় খাতায় দুটি অগ্রগামী তৱজুহেৰ সমীকৰণ লিখতে বলায় কৰিম লিখল,  $y_1 = 0.4 \sin \left( 500\pi t + \frac{50\pi}{35} x \right)$  এবং রহিম লিখল,  $y_2 = 0.4 \sin \left( 500\pi t - \frac{50\pi}{35} x \right)$

ক. তৱজুহেৰ তীব্ৰতা কী?

খ. সকল অনুনাদই পৱবশ কম্পন কিন্তু সকল পৱবশ কম্পন অনুনাদ নয়-ব্যাখ্যা কৰ।

গ. কৰিমেৰ তৱজুহটি  $5 \text{ s}$  পৰ কোনদিকে কত দূৰে যাবে নিৰ্ণ্য কৰ।

ঘ. উভয় তৱজুহেৰ যদি উপৰিপাতন ঘটে তাহলে লম্বি তৱজুহটি স্থিৰ না অগ্রগামী তা গাপিতিক যুক্তি সহকাৰে মতামত দাও।

[অনুচীলনীৰ প্ৰথ ৯]

### ৮২নং প্ৰয়োগৰ উভয়

ক. তৱজুহেৰ অভিযুক্ত লম্বালনেৰ অবস্থাবে অবস্থিত কোনো বস্তুৰ একক ক্ষেত্ৰফলেৰ মধ্য দিয়ে প্ৰতি সেকেন্ডে যে পৱিমাণ শক্তি প্ৰবাহিত হয় তাকে তৱজুহেৰ তীব্ৰতা বলে।

১) কোনো কল্পনারত বস্তুকে অন্য একটি কল্পনাকম বস্তুর নিকট আনলে বিভীষণ বস্তুটিতে কল্পন শুনু হয়। একে পরবশ কল্পন বা আরোপিত কল্পন বলে। কোনো বস্তুর নিজস্ব কল্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কল্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিভাবে কল্পিত হয়। এ ধরনের কল্পনকে অনুনাদ বলে। অনুনাদ হলো পরবশ কল্পনের একটি বিশেষ রূপ। কাজেই সব অনুনাদই পরবশ কল্পন, কিন্তু সব পরবশ কল্পন অনুনাদ নয়।

২) এখানে, করিমের লিখা অঙ্গামী তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y_1 = 0.4 \sin\left(500 \pi t + \frac{50\pi}{35} x\right)$$

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

$$\omega = 500 \pi \text{ rad s}^{-1}$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{50\pi}{35} x$$

$$\text{বা, } \frac{2}{\lambda} = \frac{50}{35}$$

$$\therefore \lambda = 1.4 \text{ m.}$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \text{ rad}}{500 \pi \text{ rads s}^{-1}} = 4 \times 10^{-3} \text{ s}$$

তরঙ্গাটি  $4 \times 10^{-3} \text{ s}$  এ  $1.4 \text{ m}$  দূরত্ব অতিক্রম করে।

$$\therefore \text{তরঙ্গাটির } 5 \text{ sec এ অতিক্রম দূরত্ব} = \frac{1.4 \text{ m} \times 5 \text{ s}}{4 \times 10^{-3} \text{ s}} = 1750 \text{ m}$$

অতএব, করিমের তরঙ্গাটি  $5 \text{ s}$  পরে আদি অবস্থান হতে পিছনের দিকে  $1750 \text{ m}$  দূরে যাবে।

৩) এখানে, অঙ্গামী তরঙ্গ দুইটির সমীকরণ,

$$y_1 = 0.4 \sin\left(500 \pi t + \frac{50\pi}{35} x\right)$$

$$y_2 = 0.4 \sin\left(500 \pi t - \frac{50\pi}{35} x\right)$$

উপরিপাঠন নীতি অনুযায়ী,  $y = y_1 + y_2$

$$\text{বা, } y = 0.4 \left\{ \sin\left(500 \pi t + \frac{50\pi}{35} x\right) + \sin\left(500 \pi t - \frac{50\pi}{35} x\right) \right\}$$

$$= (2 \times 0.4) \sin\left(\frac{500 \pi t + \frac{50\pi}{35} x + 500 \pi t - \frac{50\pi}{35} x}{2}\right)$$

$$\cos\left(\frac{500 \pi t + \frac{50\pi}{35} x + 500 \pi t - \frac{50\pi}{35} x}{2}\right)$$

$$= 0.8 \sin 500 \pi t \cos \frac{50\pi}{35} x = A \sin 500 \pi t$$

$$\text{এখানে, } A = 0.8 \cos \frac{50\pi}{35} x;$$

যেখানে  $(t - x)$  অনুপস্থিত

অতএব, উপরিপাঠনের ফলে সৃষ্টি তরঙ্গাটি স্থির তরঙ্গ।

১) রবিন  $260 \text{ Hz}$  এবং  $282 \text{ Hz}$  কল্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা একত্রে শক্তায়িত করল এবং বীট শোনার চেষ্টা করল।

ক. মেলডি কী?

খ. একজন ব্যক্তি গীটার বাজানোর পূর্বে গীটারের তারগুলোর টান ঠিক করে নেন কেন?

গ. বায়ুতে শলাকা দুটি হতে নিঃস্ত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য কত?

ঘ. রবিন প্রতি সেকেন্ডে কয়টি বীট শুনতে পাবে— যতামত দাও।

১

২

৩

৪

[অনুশীলনীর পৰ ১২]

### ৮৩নং প্রশ্নের উত্তর

১) কতকগুলো শব্দ যদি একের পর এক ধ্বনিত হয়ে একটি সুমধুর শুরের সৃষ্টি করে তবে তাকে মেলডি বলে।

২) টানা তারের কল্পাঙ্কের সমীকরণ হলো,

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

এখানে,  $f$  ও  $\mu$  অপরিবর্তিত থাকলে  $f \propto \sqrt{T}$ . অর্থাৎ কল্পাঙ্ক টানের বর্গমূলের সমানুপাতিক।

আমরা জানি, গীটারে ছয়টি তার থাকে। এ ছয়টি তারের কল্পাঙ্ক ছয় রকম হলে সৃষ্টি সুর প্রতিমধুর হয়। তাই বিভিন্ন তারে বিভিন্ন রকম টান প্রয়োগ করা হয়। এ কারণে একজন ব্যক্তি গীটার বাজানোর পূর্বে গীটারের তারগুলো ঠিক করে নেন।

৩) এখানে,

প্রথম কল্পাঙ্ক,  $f_1 = 260 \text{ Hz}$

বিভীষণ কল্পাঙ্ক,  $f_2 = 282 \text{ Hz}$

বায়ুতে শব্দের বেগ,  $v = 332 \text{ m s}^{-1}$

এখন, ১ম ও ২য় সুর শলাকা হতে সৃষ্টি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $\lambda_1$  ও  $\lambda_2$  হলো,

তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য  $= \lambda_1 - \lambda_2$

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

$$= 332 \text{ m s}^{-1} \left( \frac{1}{260 \text{ Hz}} - \frac{1}{282 \text{ Hz}} \right)$$

$$= 0.1 \text{ m}$$

অতএব, তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য  $0.1 \text{ m}$ ।

৪) তাত্ত্বিকভাবে রবিনের প্রতি সেকেন্ডে বীট শোনার কথা  $(282 - 260) = 22$ টি। কিন্তু আমরা জানি, দুটি সুর শলাকাকে একত্রে শক্তায়িত করে বীট শোনার ক্ষেত্রে সুর শলাকার কল্পাঙ্কের পার্থক্য অনধিক  $10 \text{ Hz}$  হতে হয়। এক্ষেত্রে, কল্পাঙ্কের পার্থক্য  $22 \text{ Hz}$ । যা  $10 \text{ Hz}$  এর তুলনায় অনেক বেশি। তাই রবিন প্রকৃতপক্ষে কোনো বীট শুনতে পাবে না। এর প্রধান কারণ হলো মানবকর্ণে শক্তান্তৃত্বকাল  $0.1 \text{ s}$ । তাই প্রতি সেকেন্ডে  $10$ টির বেশি তীব্র শব্দ মানবকর্ণে প্রবেশ করলে কর্ণ এ শক্তসমূহকে আলাদাভাবে শনাক্ত করতে পারে না।

৫) বায়ুতে দুইটি সুরেলী কঠা A ও B একত্রে ধ্বনিত করলে উৎপন্ন তরঙ্গের সমীকরণ যথাক্রমে  $y_A = 10 \sin \pi \left(200t - \frac{x}{3.24}\right)$  ও

$y_B = 10 \sin \pi \left(210.03t - \frac{x}{3.09}\right)$ । এখানে সব কয়টি রাশি এস আই এককে প্রদত্ত।

ক. তরঙ্গ মুখ কী?

খ. "সকল সময়েই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সময়েল নয়"—ব্যাখ্যা কর।

গ. উজ্জীপকের আলোকে বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. A ও B সুরেলী কঠার তরঙ্গাবস্থায় বীট তৈরি করেছিল কি না-গাণিতিক বিজ্ঞেষণের সাহায্যে যতামত দাও।

[অনুশীলনীর পৰ ১৫]

### ৮৪নং প্রশ্নের উত্তর

১) যেকোনো মুহূর্তে কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পর্ক কলাগুলোর সংজ্ঞার পথ হলো তরঙ্গামুখ।

২) সূজনীল পৰ ১৮(খ) নং এর উত্তর মুক্তব্য।

গ) এখানে, সুরেলী কাঁটা A এর জন্য এর জোড় সমীকৰণ,

$$y_A = 10 \sin \pi \left( 200t - \frac{x}{3.24} \right) \dots\dots\dots (1)$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকৰণ,

$$\begin{aligned} y &= A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \\ &= A \sin \pi \left( \frac{2v}{\lambda} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

(১) ও (২) নং সমীকৰণ তুলনা করে পাই,

$$A = 10 \text{ m}$$

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

$$\text{বা, } 2f = 200 \quad [\because \frac{v}{\lambda} = f]$$

$$\text{বা, } f = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } \frac{2}{\lambda} = \frac{1}{3.24} \quad \text{বা, } \lambda = 6.48 \text{ m}$$

উচ্চিপক্ষের আলোকে বাযুতে শব্দের বেগ,

$$\begin{aligned} v &= f\lambda \\ &= 100 \text{ Hz} \times 6.48 \text{ m} \\ &= 648 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

গ) সুরেলী কাঁটা B এর জন্য তরঙ্গের সমীকৰণ,

$$y_B = 10 \sin \pi \left( 210.03t - \frac{x}{3.09} \right) \dots\dots\dots (1)$$

আমরা জানি, অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকৰণ,

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

$$\text{বা, } y = A \sin \pi \left( \frac{2vt}{\lambda} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (2)$$

(১) ও (২) নং সমীকৰণ তুলনা করে পাই,

$$A = 10 \text{ m}$$

$$\frac{2v}{\lambda} = 210.03$$

$$\text{বা, } 2f = 210.03 \quad [\because \frac{v}{\lambda} = f]$$

$$\text{বা, } f = 105.015 \text{ Hz}$$

অর্থাৎ B সুরেলী কাঁটার জন্য কম্পাঙ্ক,

$$f_B = 105.015 \text{ Hz}$$

'গ' হতে পাই,

$$\text{A সুরেলী কাঁটার জন্য কম্পাঙ্ক } f_A = 100 \text{ Hz}$$

A ও B সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্কের পার্থক্য

$$= (105.015 - 100) \text{ Hz}$$

$$= 5.015 \text{ Hz}$$

আমরা জানি, কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $10 \text{ Hz}$  এর কম হলে এবং সুরেলী কাঁটা একই সময়ে নির্দিষ্ট করা হলে বীট শোনা যায়।

অর্থাৎ A ও B সুরেলী কাঁটার তরঙ্গাবস্থা বীট তৈরি করেছিল এবং বীটের সংখ্যা ছিল ৫টি।

অনুলীলীর সূজনশীল প্রথ ১৬-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রথ ১০-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুলীলীর সূজনশীল প্রথ ১৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রথ ৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

দৃটি তরঙ্গকে একসাথে কম্পিত করে কোন যাধ্যমে সঞ্চালিত করা হলো। একটি নির্দিষ্ট সময়ে কোন বিন্দুতে তরঙ্গ দৃটির দৃটি সরণ পাওয়া গেল যা  $y_1 = 5 \sin 400 \pi t$  ও  $y_2 = 5 \sin 404 \pi t$  সমীকৰণের যাধ্যমে প্রকাশ করা যায়।

ক. বৰকম্প কী?

খ. স্থির তরঙ্গের নিষ্পত্তি বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন-ব্যাখ্যা কর।

গ. তরঙ্গাবস্থার পর্যায়কালের তুলনা কর।

ঘ. উচ্চিপক্ষের তরঙ্গাবস্থার ক্ষেত্রে লক্ষ্য করা গেলো নির্দিষ্ট সময় অন্তর অন্তর কোনো শব্দ শোনা যাবে না কেন এবং কিভাবে? পারিস্থিতিকভাবে বিবেচণ কর।

[অনুলীলীর প্রথ ১৮]

### ৮৭মং প্রথের উত্তর

ক) একই ধরনের এবং প্রায় সমান কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতর যে পর্যায়ক্রমিক হাস বৃন্দি ঘটে তকে বৰকম্প বলে।

খ) সূজনশীল ৮(খ) নং দ্রষ্টব্য।

গ) এখানে, দুটি তরঙ্গের সমীকৰণ

$$y_1 = 5 \sin 400 \pi t$$

এবং  $y_2 = 5 \sin 404 \pi t$

উপরোক্ত সমীকৰণহ্যকে  $y = a \sin \omega t$  এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$\omega_1 = 400\pi$$

$$\frac{2\pi}{T_1} = 400\pi$$

$$\text{বা, } T_1 = \frac{2}{400} = 5 \times 10^{-3} \text{ sec}$$

$$\text{আবার, } \omega_2 = 404\pi$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{T_2} = 404\pi$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{2}{404} = 4.9505 \times 10^{-3} \text{ sec}$$

$$\text{এখন, } \frac{T_1}{T_2} = \frac{5 \times 10^{-3}}{4.9505 \times 10^{-3}} = 1.01$$

$$\text{বা, } T_1 = 1.01 T_2$$

অর্থাৎ প্রথম তরঙ্গের পর্যায়কাল  $= 1.01 \times$  ছিতীয় তরঙ্গের পর্যায়কাল।

সুতৰাং প্রথম তরঙ্গের পর্যায়কাল ছিতীয় তরঙ্গের পর্যায়কালের 1.01 গুণ।

ঘ) এখানে, দুটি তরঙ্গের সমীকৰণ

$$y_1 = 5 \sin 400\pi t$$

$$y_2 = 5 \sin 404\pi t$$

মনে করি, তরঙ্গাবস্থার উপরিপাতনে সৃষ্টি তরঙ্গের লক্ষ্য সরণ  $y$ .

$$\therefore y = y_1 = y_2$$

$$= 5 \sin 400\pi t + 5 \sin 404\pi t$$

$$= 2 \times 5 \sin \left\{ 2\pi \left( \frac{200+202}{2} \right) t \right\} \cos \left\{ 2\pi \left( \frac{202-200}{2} \right) t \right\}$$

$$= 10 \cos \{ 2\pi \times 1 \times t \} \sin \{ 2\pi \times 20t \}$$

$$= 10 \cos 2\pi t \sin(402\pi t)$$

$$\text{লক্ষ্য তরঙ্গের বিভাব } A = 10 \cos 2\pi t$$

$$t = \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4} \text{ সময়ে}$$

$$A = 10 \cos 2\pi \times \frac{1}{4}, 10 \cos 2\pi \times \frac{3}{4}, 10 \cos 2\pi \times \frac{5}{4} \dots\dots$$

$$\text{বা, } A = 10 \cos \frac{\pi}{2}, 10 \cos \frac{3\pi}{2}, 10 \cos \frac{5\pi}{2}$$

$$\therefore A = 0, 0, 0 \dots\dots \text{ হয়}$$

এজন্য  $\frac{1}{4}$  এর বিজোড় গুণিতক সময় প্রত্যেক লক্ষ্য তরঙ্গের বিভাব শূন্য হওয়ায় শব্দ শোনা যায় না।

**৩। ত. তরঙ্গল হোসেল, মিটিলিন, সীলুকার, কুমুহুল ও অতিকুর স্যারের অনুশীলনীর সূজনশীল পদ্ধতি ও উভয়**

একটি  $x$ -অক্ষের ধরণাক দিকে চলমান অগ্রগামী তরঙ্গের বিভার  $15 \text{ cm}$ , তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $40 \text{ cm}$  এবং কম্পাক্ষ  $8 \text{ Hz}$  পাওয়া গেল। তরঙ্গটি যে মাধ্যমে যাইছিল তার  $y = 0$  সময়ে একজন পর্যবেক্ষক  $x = 0$  বিন্দুর কাণ্ডিতে উল্লম্ব সরণ  $15 \text{ cm}$  পেল।

- ক. দশা কাকে বলে? ১
- খ. কোনো মাধ্যমে চলমান তরঙ্গ কীভাবে উৎপন্ন করা যায়? ২
- গ. তরঙ্গটির কৌণিক কম্পাক্ষ, তরঙ্গসংখ্যা এবং সূচি নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. তরঙ্গটির জন্য একটি সাধারণ সমীকরণ লিখ এবং লেখচিত্রে প্রকাশ কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

**৪। ৮৮নং প্রশ্নের উভয়**

ক. যা বারা কম্পমান বহুর যেকোনো মুহূর্তের অবস্থা, অবস্থান ও পতির দিক নির্ধারণ করা যায় তাকে দশা বলে।

খ. কোনো আড় বা সরিক তরঙ্গ কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের এক স্তর হতে অন্য স্তরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে তাকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে। যেমন নদীতে সৃষ্টি পানি তরঙ্গ। বাথটাবে বা পুকুরে স্থির পানির উপর বড় পাথরের টুকরো ফেললে এতে যে ঢেউ-এর সৃষ্টি হয় সেটি আড় তরঙ্গ। অর্থাৎ অগ্রগামী তরঙ্গ।

$$\text{ক. } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$= 2\pi f$$

$$= 50.3 \text{ rad s}^{-1}$$

এখানে,

$$t = 8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = 40 \text{ cm}$$

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

$$= 0.157 \text{ rad/cm}$$

$$v = f\lambda$$

$$= 320 \text{ cms}^{-1}$$

∴ তরঙ্গটির কম্পাক্ষ  $50.3 \text{ rad s}^{-1}$ ,

তরঙ্গ সংখ্যা  $0.157 \text{ rad/cm}$  এবং সূচি  $320 \text{ cms}^{-1}$ ।

৩। তরঙ্গের বিভার,  $A = 15 \text{ cm}$

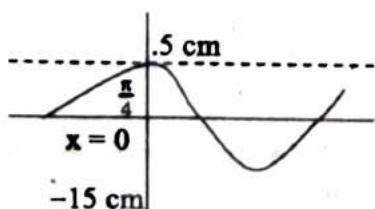
তরঙ্গ সংখ্যা,  $k = 0.157$

কৌণিক কম্পাক্ষ,  $\omega = 50.3 \text{ rads}^{-1}$

সূতরাং অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ :  $y = A \sin (kt + \omega x)$

$\therefore y = (15 \text{ cm}) \sin (0.157x + 50.3 t)$

সেখানে :



একটি সরু ও সুব্য সুই প্রান্ত বাঁধা তারে পরম্পর বিপরীত দিক হতে আগত সূচি অগ্রগামী তরঙ্গকে যথাক্রমে,  $y_1 = 4 \sin (2t - 3x)$  এবং  $y_2 = -4 \sin (2t + 3x)$  বারা প্রকাশ করা হল, যেখানে,  $x, y_1$  ও  $y_2$  সেমি এ এবং  $t$ -স্লেকেতে প্রকাশিত। একজন শিক্ষার্থী পর্যবেক্ষণ করল যে, তরঙ্গ সূচি পরম্পরের উপর উপরিপাতিত হয়ে স্থির-তরঙ্গ সৃষ্টি করে যার সমীকরণ শিক্ষার্থী নির্ণয় করে সূম্পন্দ ও নিম্পন্দ বিন্দুর অবস্থান পেল। এছাড়া তারচিত্রে সে সূপের সংখ্যা ৪টি সেখানে পেল।

- ক. তরঙ্গ কাকে বলে? ১
- খ. স্থির তরঙ্গ কীভাবে উৎপন্ন করা যায়? ২
- গ. তারচিত্রে কোন কোম বিন্দুতে সূম্পন্দ ও নিম্পন্দ বিন্দুর সৃষ্টি হয় তা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. শিক্ষার্থীর নির্ণয়কৃত স্থির তরঙ্গের সমীকরণ এবং তারের দৈর্ঘ্য কেমন ছিল সে সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত যতায়ত দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

**৫। ৮৯নং প্রশ্নের উভয়**

ক. যে পর্যায়বৃত্ত আলোড়ন মাধ্যমের কণাগুলোর পর্যায়বৃত্ত কম্পনের সাহায্যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়ে একজন থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

- খ. স্থির তরঙ্গ সৃষ্টির শর্ত নিম্নরূপ—
- ১. স্থির তরঙ্গ সীমিত অংশে পরম্পর বিপরীতমুখী সূচি একই কিভাবে ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অগ্রগামী তরঙ্গের উপরিপাতনে সৃষ্টি হয়।
- ২. প্রতিফলিত তরঙ্গ ও মূল তরঙ্গের প্রকৃতি অভিন্ন থাকলেও এদের মধ্যে দশা পার্থক্য  $2\pi = 180^\circ$  হতে হবে।
- ৩. স্থির তরঙ্গ সীমিত স্থানে পর্যায়ক্রমে উৎপন্ন ও বিলুপ্ত হয়। অনুভূমিক টানা তারে উল্লম্বভাবে আঘাত করে বা কুরায় অর্ধবা বালতিতে আবস্থ পানিতে থাঢ়াভাবে পাথরের টুকরা ফেলে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করা যায়।

$$\text{খ. } \vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$$

$$\text{বা, } y = y_1 - y_2$$

$$= -4(-\sin(2t - 3x) + \sin(2t + 3x))$$

$$= -4.2 \cos 2t \sin 3x = -8 \sin 3x \cos 2t = A \cos 2t$$

সূম্পন্দ বিন্দুর জন্য :

$$\therefore A = \pm 8 \quad \sin 3x = \pm 1;$$

$$\therefore 3x = \sin^{-1}(\pm 1)$$

$$\text{বা, } 3x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots, (2x - 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\therefore x = \frac{\pi}{6}, \frac{3\pi}{6}, \frac{5\pi}{6}, \dots$$

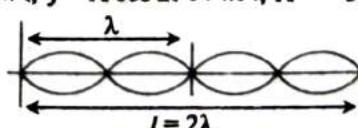
নিম্পন্দ বিন্দুর জন্য :  $A = 0 \quad \therefore \sin 3x = 0$

$$\sin(3x) = 0$$

$$\text{বা, } 3x = \sin^{-1} 0$$

$$\therefore x = 0, \frac{\pi}{3}, \frac{2\pi}{3}, \dots$$

ঘ. 'গ' হতে পাই,  $y = A \cos 2t$  যেখানে,  $A = -8 \sin 3x$



$$\therefore 2\pi f = 2t$$

$$\text{বা, } \pi f = 1$$

$$\therefore f = \frac{1}{\pi}$$

$$\therefore \frac{2\pi}{\lambda} = 3$$

$$\therefore \lambda = \frac{2\pi}{3}$$

$$\therefore \text{তারের দৈর্ঘ্য, } l = 2\lambda = \left(2 \times \frac{2\pi}{3}\right) \text{ cm} = \frac{4\pi}{3} \text{ cm}$$



ওয়াসিক  $320 \text{ Hz}$  কম্পাঙ্কের একটি শুরু শলাকা নিয়ে বায়ুতে ও পানিতে শব্দ উৎপন্ন করল। সে উৎপন্ন তরঙ্গাবয়ের তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পার্শ্বক্য  $3.9 \text{ m}$  এবং বায়ুতে শব্দের বেগ  $345 \text{ ms}^{-1}$  পরিমাপ করল। অতঃপর সে পানিতে ছিতীয় শলাকার তরঙ্গাদৈর্ঘ্য প্রথম শলাকার চেয়ে  $1\text{m}$  বেশি পেল এবং প্রাণ উপাসনমূহ হতে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় করল।

ক. অনুনাদ কাকে বলে?

১

খ. মাধ্যমের পরিবর্তনের কারণে কোনো তরঙ্গের বেগের

পরিবর্তন ঘটে কেন?

২

গ. পানিতে পরিমাপকৃত শব্দের বেগ কত ছিল?

৩

ঘ. ওয়াসিফের উৎসবয় ধারা সৃষ্টি বিট ওয়াসিক শুনতে

পারবে কি-না সে সম্পর্কে গাণিতিক ব্যাখ্যাসহ তোমার যুক্তিসংজ্ঞাত মতামত দাও।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

### ১০০ং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর নিয়ন্ত্রণ কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যায়বৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি অধিক বিস্তারে কম্পিত হয়। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ. আমরা জানি, কোনো তরঙ্গের কম্পাঙ্ক  $f$  ও তরঙ্গাদৈর্ঘ্য  $\lambda$  হলে কোন মাধ্যমে বেগ হবে  $v = f\lambda$ । কিন্তু মাধ্যম পরিবর্তিত হলে এবং উৎস একই হলে কম্পাঙ্কের পরিবর্তন ঘটে না কিন্তু তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পরিবর্তন ঘটে। তাই

ড. এম. আলী আসগর ও মোহাম্মদ জাকির হোসেন স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তর দ্রুট্য।

প্রশ্ন ২। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তর দ্রুট্য।

প্রশ্ন ৩। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৮-এর উত্তর দ্রুট্য।

প্রশ্ন ৪। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৯-এর উত্তর দ্রুট্য।

প্রশ্ন ৫। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রুট্য।

প্রশ্ন ৬। একটি সেতারের সাহায্যে মূল সুর সৃষ্টি করা হচ্ছে। সেতারের দুইটি তারে A ও B একই মানের টান দেওয়া আছে। টানের মনে হচ্ছে  $200 \text{ N}$ । প্রতিটি তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর  $2.5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ । সেতারে  $6\text{Hz}$  কম্পাঙ্কের বীট সৃষ্টি হয়। A তারের টান সাধারণ কথালে বীট কম্পাঙ্ক অর্ধেক ছাস পায়। A তারের মূল কম্পাঙ্ক  $324 \text{ Hz}$ ।

ক. বীট কাকে বলে?

১

খ. অনুনাদের ধারণা ব্যাখ্যা কর।

২

গ. A টান তারে সঞ্চালিত তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. B তারের কম্পাঙ্কক নির্ণয়পূর্বক A তারের কম্পাঙ্কের সাথে এর পার্শ্বক্ষেত্রে কারণ ব্যাখ্যা কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৪]

### ১৬৬ং প্রশ্নের উত্তর

ক. সমান বা প্রায় সমান তীব্রতা ও প্রায় সমান কম্পাঙ্কক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের সূচি প্রাবল্যের ছাস-বৃদ্ধি ঘটানকে স্বরকম্প বা বীট বলে।

প্রথম মাধ্যমে বেগ  $v_1$  ও তরঙ্গাদৈর্ঘ্য  $\lambda_1$  হলে এবং দ্বিতীয় মাধ্যমে বেগ  $v_2$  ও তরঙ্গাদৈর্ঘ্য  $\lambda_2$  হলে আমরা পাই,  $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} = \dots = \text{ধ্রুব}$

ক. কম্পাঙ্ক,  $f = 320 \text{ Hz}$

বায়ুতে শব্দের বেগ,  $v_1 = 345 \text{ ms}^{-1}$

পানিতে শব্দের বেগ,  $v_2$

পানিতে তরঙ্গাদৈর্ঘ্য,  $\lambda_2$

ও বায়ুতে তরঙ্গাদৈর্ঘ্য,  $\lambda_1$

যেহেতু  $v_2 > v_1$  তাই  $\lambda_2 < \lambda_1$

$$\therefore \lambda_2 - \lambda_1 = 3.9$$

$$\therefore v_1 = f\lambda_1$$

$$\therefore \lambda_1 = 1.078125 \text{ m}$$

$$\therefore \lambda_2 = 3.9 + \lambda_1 = 4.978125 \text{ m}$$

$$\therefore v_2 = f\lambda_2 = 1593 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ. ১ম শলাকার কম্পাঙ্ক,  $n_1 = 320 \text{ Hz}$

২য় শলাকার তরঙ্গাদৈর্ঘ্য,  $\lambda' = (4.978125 + 1) \text{ m}; [\text{পানিতে}] = 5.978125 \text{ m}$

$\therefore$  পানিতে বেগ,  $v_2 = 1593 \text{ ms}^{-1}$

$$\therefore n = \frac{v_2}{\lambda'} = 266 \text{ Hz}$$

$$\therefore n_1 \sim n_2 = 54 \text{ Hz} > 10 \text{ Hz}$$

অতএব, ওয়াসিফ বিট শুনতে পাবে না।

খ. একটি কম্পমান বস্তুকে অন্য একটি বস্তুর নিকট ধরলে ছিতীয় বস্তুটি কাপতে শুরু করে। যদি বস্তুর ব্যাভাবিক পর্যায়কাল ও প্রযুক্তি বলের পর্যায়কাল ভিন্ন হয় তবে বস্তু ক্ষুদ্র বিস্তারে কাপবে। কিন্তু বস্তুর ব্যাভাবিক পর্যায়কাল ও তার উপর প্রযুক্তি বলের পর্যায়কাল সমান হলে বস্তুটি বৃহত্তর বিস্তারে কাপতে বাধ্য হয় এবং শব্দের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়। এ প্রক্রিয়াকে অনুনাদ বলে।

গ. এখানে, A তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর,  $\mu = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$

টান,  $T = 200 \text{ N}$

বেগ,  $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, মূল সুরের ক্ষেত্রে, } f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\text{বা, } f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}} [2l = \lambda]$$

$$\text{বা, } f\lambda = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{200 \text{ N}}{2.5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} [\because v = f\lambda]$$

$$\therefore v = 282.84 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ. এখানে, A এর কম্পাঙ্ক,  $f_A = 324 \text{ Hz}$ ; বিটের হার,  $N = 6 \text{ Hz}$  B এর কম্পাঙ্ক,  $f_B$  হলে, আমরা জানি,  $f_B = f_A \pm N = (324 \pm 6) \text{ Hz} = 330 \text{ Hz}$  বা,  $318 \text{ Hz}$  যেহেতু A তারের টান কথালে অর্ধেক কম্পাঙ্ক বাড়ালে বিট কথে সেহেতু A তারের কম্পাঙ্কের চেয়ে B তারের কম্পাঙ্ক বেশি হবে।

$$\therefore f_B = 330 \text{ Hz}$$

এখানে, A এবং B এর একক দৈর্ঘ্যের ভর সমান এবং উভয় তারের টান সমান। আমরা জানি, টান তারের কম্পাঙ্ক ঐ তারের দৈর্ঘ্য, একক দৈর্ঘ্যের ভর এবং প্রযুক্তি টান এর উপর নির্ভর করে। সূত্রাং আমরা বলতে পারি A ও B তারের দৈর্ঘ্যের ভারতমের জন্যই এদের কম্পাঙ্কের পার্শ্বক্য দেখা যায়।



**মাস্টার ট্রেইনিং প্যানেল কর্তৃক প্রণীত সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর**

পিয়ে শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনিং প্যানেল এ অধ্যায়ের জন্য শিখনফলের ধারায় নিম্নোক্ত সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তরসমূহের যথাযথ অনুসীরণ কলেজ ও এইচএসসি পরীক্ষার জন্য তোরাদের সেবা প্রস্তুতি প্রাপ্ত এবং আধাৰিতাস বৃদ্ধিতে সহায়তা করবে।

### 9.1

**প্রয়োগ :** ডাক্টের উৎসের প্রয়োগ ও শক্তি সংযোগের ব্যাখ্যা করতে পারব।

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

ক. মূল সূর কাকে বলে?

খ. অর ভর সংযুক্ত করে কিভাবে অজানা শুর শলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়?

গ. উকীপকের অপ্রাপ্য তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উৎস ও দেয়ালের মধ্যবিন্দুতে কী ঘটবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও।

১

২

৩

৪

দূরে অবস্থিত M বিন্দুতে শব্দের প্রতিফলনি শোনার সময় হলে,

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

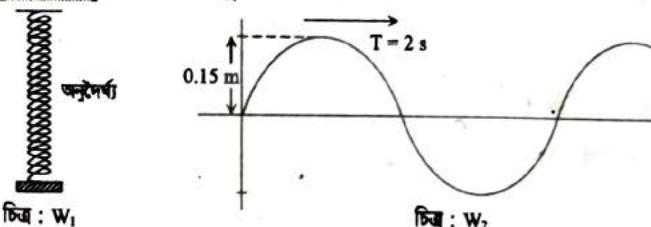
শব্দটি উৎস থেকে পিয়ে দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে M বিন্দুতে ফিরে আসতে মোট সময় লাগে =  $\left(\frac{10}{20} + 1\right) \text{ s} = 1.5 \text{ s}$

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

### 9.2

**প্রয়োগ :** বিভিন্ন ধরার তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।

**প্রয়োগ :** নিচের চিত্র দুটি লক্ষ কর :



চিত্র : W<sub>1</sub>

চিত্র : W<sub>2</sub>

ক. ঘরণাম কী?

খ. সরল দোলকের গতি ব্যাখ্যা কর।

গ. W<sub>1</sub> ও W<sub>2</sub> এর মধ্যে পার্থক্য লেখ।

ঘ. W<sub>2</sub> এর ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থান থেকে 2 s পরে কণাটির তরঙ্গ এবং সর্বোচ্চ তুলনা মধ্যে কোনো পার্থক্য থাকবে কি-না—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

১

২

৩

৪

### ১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কক বা তীক্ষ্ণতার কয়েকটি সাজানো সূরক্ষে ঘরণাম বলে।

খ. সরল দোলক দোলনকালে পর্যায়কালের অর্ধেক সময় সেটি পূর্ব গতির বিপরীত দিকে চলে বাকি অর্ধেক সময় সেটি পূর্ব গতির বিপরীত দিকে চলে। এভাবে একটি সম্পূর্ণ অগ্র-পচার গতির মাধ্যমে সরল দোলক একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করে। আমরা জানি, পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় পূর্ব গতির বিপরীতে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বা দোলন গতি বলে। সুতরাং সরল দোলকের গতি একটি স্পন্দন গতি।

গ. উকীপক থেকে পাই, W<sub>1</sub> ও W<sub>2</sub> হচ্ছে যথাক্রমে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ ও অনুপ্রস্থ তরঙ্গ। নিচে এদের মধ্যে পার্থক্য দেওয়া হলো—

A (অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ)	B (অনুপ্রস্থ তরঙ্গ)
১. তরঙ্গ প্রবাহের অভিমুখের সম্মতরাল যদি মাধ্যমের কণাগুলো অগ্রপচার কাপড়তে থাকে তবে সেই তরঙ্গকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে।	১. স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের কণাগুলো কম্পনের দিকের সাথে লবড়াবে যে তরঙ্গ এগিয়ে চলে তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে।
২. এ তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় মাধ্যমের সংকোচন ও প্রসারণ ঘটে।	২. তির্থক তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় উচু ছাঁড়া (তরঙ্গ শীর্ষ) ও নিচু ছাঁড়া (তরঙ্গ পাদ) সৃষ্টি হয়।
৩. একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে একটি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।	৩. একটি উচু ছাঁড়া ও একটি নিচু ছাঁড়া নিয়ে একটি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।

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

এই সমীকরণকে অপ্রাপ্য তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{20} \text{ বা, } \lambda = 40 \text{ cm}$$

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

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{40} v = 100 \pi$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{40} v = 100 \pi$$

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

অতএব, উকীপকের অপ্রাপ্য তরঙ্গের বেগ  $20 \text{ m s}^{-1}$

ঘ. এখানে, তরঙ্গের বেগ,  $v = 20 \text{ m s}^{-1}$  [গ নং থেকে]

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 0.4 \text{ m}$

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

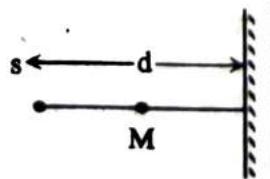
এখানে,  $20 < f < 20000$

আবার,

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

এখন, উৎস ও দেয়ালের মধ্যবিন্দু M

$$\text{দেয়াল থেকে } d_1 = \frac{d}{2} = \frac{20 \text{ m}}{2} = 10 \text{ m}$$





A (অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ)	B (অনুপ্রস্থ তরঙ্গ)
৮. পর পর দুটি সংকোচনের মধ্যবিদ্বুর দূরত্বকে বা পর পর দুটি প্রসারণের মধ্যবিদ্বুর দূরত্বকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে।	৮. পর পর দুটি উচ্চ চূড়া বা পর পর দুটি নিচু চূড়ার মধ্যবর্তী দূরত্বকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে।
৯. এতে সমবর্তন ঘটে না।	৯. এতে সমবর্তন ঘটে।

য) উদ্বিপক্ষ থেকে পাই, কণাটি সরলভিত্তি গতি সম্পর্ক এর দোলনকাল  $T = 10 \text{ s}$ , বিজ্ঞার  $A = 0.15 \text{ m}$

$$\text{আমরা জানি, সরণ } y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (1)$$

$$\text{ত্বরণ } a = \omega^2 y = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 y \quad (2)$$

(১) নং সমীকরণে  $t = 2 \text{ s}$  বসিয়ে সরণের মান পাই,

$$y = 0.15 \text{ m} \times \sin \left( \frac{2\pi}{10} \times 2 \text{ s} \right) = 0.143$$

$$\begin{aligned} \text{ত্বরণ } a &= \left(\frac{2\pi}{10 \text{ s}}\right)^2 \times 0.1763 \text{ m} \\ &= \left(\frac{2 \times 3.1416}{10 \text{ s}}\right)^2 \times 0.1763 \text{ m} = 0.0696 \text{ ms}^{-2} \end{aligned}$$

এখন সর্বোচ্চ ত্বরণের ক্ষেত্রে আমরা জানি,  $y = A$  হবে।

$$\begin{aligned} \therefore \text{সর্বোচ্চ ত্বরণের মান হবে } a_{\max} &= \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 A \\ &= \left(\frac{2 \times 3.1416}{10 \text{ s}}\right)^2 \times 0.15 \text{ m} \\ &= 0.0592 \text{ ms}^{-2}. \end{aligned}$$

এখন, কণাটির  $2 \text{ s}$  সময়ের ত্বরণ এবং সর্বোচ্চ ত্বরণের পার্থক্য

$$= (0.0696 - 0.0592) \text{ m s}^{-2} = 0.0104 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে পাই,  $W_2$  এর সাম্যবস্থান থেকে  $2 \text{ s}$  পরে কণাটির ত্বরণ এবং সর্বোচ্চ ত্বরণের পার্থক্য  $0.0104 \text{ m s}^{-2}$ ।

### 9.3

**শিখনফল :** তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।

মনে রেখি সানি লম্বা একটি তারের এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে বেধে অন্য প্রান্ত থেরে ওপর নিচে আড়াআড়িভাবে দোলালো, এতে একটি তরঙ্গ তার বেয়ে অগ্রসর হলো এবং বন্ধ প্রান্তে প্রতিফলিত হয়ে আবার ফিরে আসল। সানি ওপর হতে নিচে এবং নিচে ওপরে তার হাতটি সর্বোচ্চ  $50 \text{ cm}$  পরিমাণ সরায় এবং এতে  $0.25 \text{ sec}$  সময় লাগে।  $3 \text{ m}$  লম্বা তারটির সম্মুখ তরঙ্গ অগ্রসর হয়ে অপর প্রান্ত পর্যন্ত পৌছাতে  $2 \text{ sec}$  সময় লাগে। ঐ দিন বায়ুর ঘনত্ব  $0.00129 \text{ gm/cc}$ .

- ক. শব্দ বিজ্ঞানে তারী কাকে বলে? ১
- খ. এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ত্রীজের উপর দিয়ে ঘাঁট করে যাওয়া কিন্তু নয় কেন?— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্বিপক্ষে উল্লেখিত তরঙ্গটির তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. সানির তারটিতে যে স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন হয় তার সমীকরণ কীবুল হবে?— বিশ্লেষণ কর। ৪

### ১৯নং পর্যবেক্ষণ

ক. যখন তিনটি শব্দের কম্পাক্ষের অনুপাত  $4 : 5 : 6$  হয় তখন তারা মিলে সুমুদ্র সূর উৎপাদন করে। শব্দের একটি সময়কে শব্দ বিজ্ঞানে তারী বলে।

খ) এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ত্রীজের উপর দিয়ে ঘাঁট করে যাওয়া ঠিক নয়। কারণ সৈন্যরা ত্রীজের উপর দিয়ে ঘাঁট করে যাওয়ার সময় ত্রীজ দূরত্বে থাকে অর্ধাং এতে তরঙ্গের উত্তব হয়। এভাবে অনেকগুলো

শৈল্য একসাথে ঘাঁট করে গেলে ত্রীজ বেশি বিজ্ঞারে দূরত্বে থাকে। একসময় অসহজভাবে পরিণত হলে ত্রীজটি ভেঙে যেতে পারে।

১)  $3 \text{ m}$  দূরত্ব অতিক্রম করতে তরঙ্গটির  $2 \text{ s}$  সময় লাগে। তাই তরঙ্গটির বেগ,

$$\begin{aligned} v &= \frac{3 \text{ m}}{2 \text{ s}} \\ &= 1.5 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

আবার,  $v = f\lambda$  [  $\because f = \text{কম্পাক্ষ}$  ]

$$\text{বা, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1.5 \text{ m s}^{-1}}{3 \text{ m}} = 0.5 \text{ Hz}$$

আমরা জানি, শব্দের তীব্রতা,  $I = 2\pi^2 a^2 v p$   $\text{বায়ুর ঘনত্ব, } p = 0.00129 \text{ gm/cc}$   
 $= 2 \times (3.1416)^2 \times (0.5 \text{ Hz})^2 \times (0.5 \text{ m})^2 \times 1.5 \text{ m s}^{-1} \times 1.293 \text{ kg m}^{-3}$   
 $= 2.3928 \text{ W m}^{-2}$  তীব্রতা লেভেল,  $\beta = ?$

$$\begin{aligned} \therefore \text{তীব্রতা লেভেল, } \beta &= 10 \log \frac{I}{I_0} \\ &= 10 \log \frac{2.3928}{10^{-12}} \text{ dB} = 123.78 \text{ dB} \end{aligned}$$

নির্ণয় তীব্রতা লেভেল  $123.78 \text{ dB}$ .

য) সানি যে তরঙ্গটি তৈরি করল তা একটি স্থির তরঙ্গ। ধরি,  $t$  সময়  $x$  বিদ্বুতে সম্মুখ তরঙ্গের সরণ  $y_1$  এবং প্রতিফলিত তরঙ্গের সরণ  $y_2$

$$\text{অতএব, } y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \quad (1)$$

$$y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \quad (2)$$

সুতরাং, লক্ষ্য  $y$  হলো,

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 \\ &= a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) + a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \\ &= a \left[ \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) + \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \right] \\ &= 2a \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \cdot \cos \frac{2\pi}{\lambda} x. \quad (3) \end{aligned}$$

উদ্বিপক্ষের আলোকে, বিজ্ঞার,  $a = 0.5 \text{ m}$

' $g$ ' হতে পাই,  $v = 1.5 \text{ m s}^{-1}$

$$\lambda = 3 \text{ m}$$

মানগুলো (৩) নং এ বসিয়ে,

$$Y = 2 \times 0.5 \sin \frac{2\pi}{3} \cdot 1.5 \times t \cdot \cos \frac{2\pi}{3} \cdot x = A \sin \pi t$$

$$\text{এখানে, } A = 2 \times 0.5 \cos \frac{2\pi}{3} \cdot x = \cos \frac{2\pi}{3} x$$

এটিই সানির তারটিতে সৃষ্টি তরঙ্গের সমীকরণ।

### 9.4

**শিখনফল :** অঞ্চলগামী তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারব।

মনে রেখি একটি ড্রিল মেশিনে উৎপন্ন শব্দের অঞ্চলগামী তরঙ্গের সমীকরণ  $y = 10 \sin (300 \pi t - 0.5 x)$  এবং শব্দের তীব্রতা লেভেল  $80 \text{ dB}$ । মেশিনটি চালু অবস্থায় একটি টিভি চালানো হলো যার তীব্রতা লেভেল  $90 \text{ dB}$ । একজন মানুষের কানের সহস্রীমা  $120 \text{ dB}$ ।

- ক. অনুমাদ কি? ১
- খ. তীব্রতা লেভেল বলতে কী বুঝ? ২
- গ. ড্রিল মেশিনে উৎপন্ন শব্দের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. বাতি এই সময় তার কানে ব্যাখ্যা অনুভব করবে কি-না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১০১৮ প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্গক আর তার উপর আরোপিত পর্যাপ্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্গক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিভাগের সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

খ) কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেলকে  $B$  হারা প্রকাশ করা হয়।

ঞ) এখানে, ডিল মেশিনে উৎপন্ন শব্দের অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

$$Y = 10 \sin(300\pi t - 0.5x) \quad \dots \dots \dots (1)$$

অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,

$$Y = a \sin\left(\frac{2\pi vt}{\lambda} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

(1) নং (2) নং তুলনা করে পাই,

$$\frac{2\pi vt}{\lambda} = 300\pi t$$

$$\text{বা, } \frac{2v}{\lambda} = 300$$

$$\text{বা, } v = \frac{300 \times \lambda}{2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi x}{\lambda} = 0.5x$$

$$\text{বা, } 2\pi = 0.5\lambda$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{2\pi}{0.5} \quad \dots \dots \dots (4)$$

(3) নং (4) নং হতে,

$$v = \frac{300 \times \frac{2\pi}{0.5}}{2}$$

$$= \frac{300 \times 2\pi}{2 \times 0.5} = \frac{300\pi}{0.5} = \frac{300 \times 3.1416}{0.5}$$

$$= 1884.96 \text{ m s}^{-1}$$

সূতরাং ডিল মেশিনে উৎপন্ন শব্দের বেগ  $1884.96 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ) এখানে, ডিল মেশিনের শব্দের তীব্রতা লেভেল  $\beta_1 = 80 \text{ dB}$  প্রমাণ তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

ডিল মেশিনের শব্দের তীব্রতা  $I_1$  হলে,

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

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

$$\text{বা, } \frac{80}{10} = \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\text{বা, } 8 = \log \frac{I_1}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}}$$

$$\text{বা, } I_1 = 10^8 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2} = 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$$

গাড়ীর হর্চের তীব্রতা লেভেল,  $\beta_2 = 90 \text{ dB}$

গাড়ীর হর্চের তীব্রতা  $I_2$  হলে,

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

$$\text{বা, } I_2 = 10^9 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{বা, } I_2 = 10^{-3} \text{ W m}^{-2}$$

সম্পিলিত তীব্রতা,  $I = I_1 + I_2$

$$= (10^{-4} + 10^{-3}) \text{ W m}^{-2}$$

$$= 1.1 \times 10^{-3} \text{ W m}^{-2}$$

যদি সম্পিলিত তীব্রতা লেভেল  $\beta$  হয় তবে,

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

$$= 10 \log \left( \frac{1.1 \times 10^{-3} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \right) = 90.42 \text{ dB} < 120 \text{ dB}$$

সম্পিলিত তীব্রতা লেভেল  $90.42 \text{ dB}$  বা  $120 \text{ dB}$  অপেক্ষা অনেক কম তাই ব্যক্তি কানে ব্যথা অনুভব করবে না।

9.5

পিখমফল : পিখ তরঙ্গের গাপিতিক বাণিজ্যিক প্রতিপাদন ও বিদ্যুরণ করতে পারব।

ক) দুটি তরঙ্গকে একসাথে কম্পিত করে কোন মাধ্যমে সংজ্ঞালিত করা হলো। একটি নিন্দিত সময়ে কোন বিদ্যুতে তরঙ্গ দুটির সরণ পাওয়া গেল যা  $y_1 = 5 \sin 400 \pi t$  ও  $y_2 = 5 \sin 404 \pi t$  সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়।

ক. ডেসিবেল কাকে বলে?

খ. একটি তরঙ্গ অঙ্কন করে  $\frac{5\lambda}{4}$  চিহ্নিত কর।

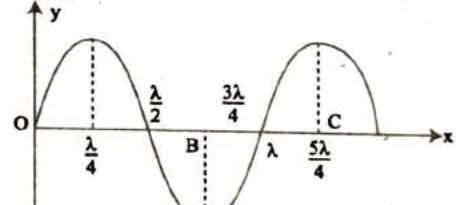
গ. তরঙ্গস্থায়ের পর্যায়কালের তুলনা কর।

ঘ. উদ্বিগ্নকের তরঙ্গস্থায়ের ক্ষেত্রে লক্ষ করা যায় নিন্দিত সময় পর পর কোনো শব্দ শোনা যাচ্ছে না—কেন এবং কিভাবে? গাপিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

১০১৯ প্রশ্নের উত্তর

ক) ১ বেল (B)-এর এক-দশমাংশকে 1 ডেসিবেল বলে।

খ)



চিত্রে একটি অগ্রগামী তরঙ্গ দেখানো হলো যার  $OC = \frac{5\lambda}{4}$ ।

ঘ) এখানে, দুটি তরঙ্গের সমীকরণ  $y_1 = 5 \sin 400 \pi t$   
এবং  $y_2 = 5 \sin 404 \pi t$

উপরোক্ত সমীকরণসমূহকে  $y = a \sin \omega t$  এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$\omega_1 = 400\pi$$

$$\frac{2\pi}{T_1} = 400\pi$$

$$\text{বা, } T_1 = \frac{2}{400} = 5 \times 10^{-3} \text{ sec}$$

$$\text{আবার, } \omega_2 = 404\pi$$

$$\text{বা, } \frac{2\pi}{T_2} = 404\pi$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{2}{404} = 4.9505 \times 10^{-3} \text{ sec}$$

$$\text{এখন, } \frac{T_1}{T_2} = \frac{5 \times 10^{-3}}{4.9505 \times 10^{-3}} = 1.01$$

$$\text{বা, } T_1 = 1.01 T_2$$

অর্থাৎ প্রথম তরঙ্গের পর্যায়কাল  $= 1.01 \times$  বিড়িয় তরঙ্গের পর্যায়কাল।

সূতরাং প্রথম তরঙ্গের পর্যায়কাল বিড়িয় তরঙ্গের পর্যায়কালের  $1.01$  গুণ।

ঘ) এখানে, দুটি তরঙ্গের সমীকরণ  $y_1 = 5 \sin 400\pi t$

$$y_2 = 5 \sin 404\pi t$$

যনে করি, তরঙ্গস্থায়ের উপরিপাতনে সৃষ্টি তরঙ্গের সম্মিলিত সরণ  $y$ .

$$\begin{aligned} \therefore y &= y_1 + y_2 \\ &= 5 \sin 400\pi t + 5 \sin 404\pi t \\ &= 5 (\sin 404\pi t + \sin 400\pi t) \\ &= 5 \left( 2 \sin \frac{404\pi + 400\pi}{2} t \cdot \cos \frac{404\pi - 400\pi}{2} t \right) \\ &= 10 \sin (402\pi t) \cos (2\pi t) \\ &= 10 \cos (2\pi t) \cdot \sin (402\pi t) \\ &= A \sin (402\pi t) \end{aligned}$$

লক্ষ্য তরঙ্গের বিভাব  $A = 10 \cos 2\pi t$

$$t = \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4} \text{ সময়ে}$$

$$A = 10 \cos 2\pi \times \frac{1}{4}, 10 \cos 2\pi \frac{3}{4}, 10 \cos 2\pi \frac{5}{4} \dots$$

$$\text{বা, } A = 10 \cos \frac{\pi}{2}, 10 \cos \frac{3\pi}{2}, 10 \cos \frac{5\pi}{2}$$

$$\therefore A = 0, 0, 0 \dots \text{ হয়}$$

এজন্য  $\frac{1}{4}$  এর বিজোড় গুণিতক সময় পরপর লক্ষ্য তরঙ্গের বিভাব

শূন্য হওয়ায় শব্দ শোনা যায় না।

## 9.6

**শিখনফল :** অনুনাদ ব্যাখ্যা করতে পারব।

**সমস্যা** A ও B দুই সূরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 480 Hz ও 256 Hz। এদের ধারা p মাধ্যমে সৃষ্টি তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.52 m। B সূর শলাকার সাথে একই মাধ্যমে একটি দুই মুখ খোলা নল প্রতি সেকেন্ডে 8টি বীট উৎপন্ন করে। B সূর শলাকার বাহুতে সামান্য মৌল লাগিয়ে বীট সংখ্যা বৃদ্ধি করা যায়।

ক. দশা কাকে বলে?

খ. স্থির তরঙ্গের নিম্পন্দ বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন?

ব্যাখ্যা কর।

গ. উচ্চীপকে উল্লিখিত p মাধ্যমে শব্দের বেগ কত?

ঘ. দুই মুখ খোলা নলটির কীরূপ পরিবর্তন করলে B

সূরশলাকাটি অনুনাদ সৃষ্টি করবে—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

১

২

৩

৪

## ১০২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কম্পমান বস্তুর যেকোনো মুহূর্তে গতির অবস্থা, অবস্থান ও দিক যা ধারা বুঝানো হয়, তাকে দশা বলে।

খ. স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে নিম্পন্দ বিন্দুতে বিভাব শূন্য হয়। এতে তরঙ্গস্থিত কণার কোনো সরণ হয় না। সরণ না হওয়ায় কণাটির কোনো বিভবশক্তি বা গতিশক্তি পাওয়া যায় না।  $W = \frac{1}{2} kA^2$  সূত্রানুযায়ী কাজ বা শক্তি শূন্য হয়।

গ. এখানে, কম্পাঙ্ক,  $f_1 = 480 \text{ Hz}$ ,  $f_2 = 256 \text{ Hz}$

এখন, p মাধ্যমে শব্দের বেগ v এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $\lambda_1$  ও  $\lambda_2$  হলে  $\lambda_2 - \lambda_1 = 0.52 \text{ m}$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 0.52 \quad [\because \lambda = \frac{v}{f}]$$

$$\text{বা, } \frac{v}{256} - \frac{v}{480} = 0.52$$

$$\text{বা, } v \left( \frac{1}{256} - \frac{1}{480} \right) = 0.52$$

$$\text{বা, } v = \frac{0.52}{\left( \frac{1}{256} - \frac{1}{480} \right)} \text{ m s}^{-1} = 285.257 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, p মাধ্যমে শব্দের বেগ  $285.257 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ. দুই মুখ খোলা নলটির দৈর্ঘ্য বাঢ়াতে বা কমাতে থাকলে এক পর্যায়ে এর কম্পাঙ্কক B সূরশলাকার কম্পাঙ্কের সমান হবে, তখন অনুনাদ সৃষ্টি হবে।

যেহেতু B সূরশলাকার সাথে দুই মুখ খোলা নলটি শক্তায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 8টি বীট উৎপন্ন হয়। সূতরাং এ দুটি শব্দ উৎসের কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $= 8 \text{ Hz}$ .

B সূরশলাকার বাহুতে যোৱ লাগালে এর ভৰ বৃদ্ধি পায় এবং কম্পাঙ্ক কমে যায়। এমতাবস্থায় শব্দ উৎসেরকে পুনরায় শক্তায়িত করলে যদি বীট সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাহলে বৃদ্ধতে হবে, দুই মুখ খোলা নলের তুলনায় B সূরশলাকার কম্পাঙ্ক আগে থেকেই কম।

ঞ. দুই মুখ খোলা নলের আদি কম্পাঙ্ক,  $f = B$  সূরশলাকার প্রকৃত কম্পাঙ্ক  $+ 8 \text{ Hz} = 256 \text{ Hz} + 8 \text{ Hz} = 264 \text{ Hz}$ .

তাহলে অনুনাদ সৃষ্টির উদ্দেশ্যে দুই মুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্য এমনভাবে পরিবর্তন করতে হবে যাতে এর কম্পাঙ্ক  $8 \text{ Hz}$  হাস পেরে  $256 \text{ Hz}$  হয়। দুই মুখ খোলা নলের ক্ষেত্রে,

$$l = \frac{\lambda}{2} \text{ বা, } l = \frac{v}{2f}$$

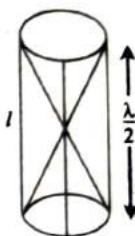
তাহলে,  $l \propto \frac{1}{f}$  [যখন  $v$  ধ্রুব]

$$\therefore \frac{l_1}{l_2} = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\text{বা, } l_2 = \frac{f_1}{f_2} l_1 = \frac{264 \text{ Hz}}{256 \text{ Hz}} \times l_1$$

$$= 1.03125 \times l_1 = 103.125\% \times l_1$$

অর্থাৎ, দুই মুখ খোলা নলের দৈর্ঘ্য পূর্বের তুলনায়  $(103.125 - 100)\% = 3.125\%$  বৃদ্ধির পর এটি B সূরশলাকার সাথে শক্তায়িত করলে অনুনাদ সৃষ্টি করবে।



## 9.7

**শিখনফল :** শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতার লেভেল ব্যাখ্যা করতে পারব।

**সমস্যা** ১০৩। করিম কম্পিউটারে গান শুনছিলেন যার তীব্রতা ছিল  $10^{-7} \text{ W m}^{-2}$ । রহিম নাটক দেখার জন্য টিভি চালু করল, যার তীব্রতা লেভেল ছিল 90 dB। করিম সাউন্ড বাড়িয়ে 80 dB করল।

ক. তরঙ্গমুখ কী?

খ. সূর ও ঘৰ—ব্যাখ্যা কর।

গ. করিম তীব্রতা লেভেল কতটুকু বাড়িয়েছিল?

ঘ. টিভি চালু অবস্থায় সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল কতটুকু বৃত্তিদায়ক? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

১

২

৩

৪

## ১০৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যেকোনো মুহূর্তে কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদলা সম্পর্ক কণাগুলোর সঞ্চারপথ হলো তরঙ্গমুখ।

খ. সূর : কোনো যন্ত্ৰ থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তবে তাদের ঘৰ বলে।

ঘ. ঘৰ : কোনো যন্ত্ৰ থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তবে তাদের ঘৰের ঘৰ বলে। ঘৰের ঘধ্যে সবচেয়ে ছোট কম্পাঙ্ককে মৌলিক সূর এবং অন্যদের উপসূর বলে। উপসূরের ঘধ্যে যদি কারও কম্পাঙ্ক মৌলিক সূরের সুরল গুণীতক হয় তবে তাদের ঘৰমেল বা হারমোনিক বলে। তাহলে বলা যায় প্রত্যেক হারমোনিক উপসূর।

গ. এখানে, প্রথমে কম্পিউটারের তীব্রতা,  $I = 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$  এবং আদর্শ তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

- ∴ প্রথমে কম্পিউটারের তীব্রতা লেভেল,  $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} = 50 \text{ dB}$
- ∴ শেষে টিভির তীব্রতা লেভেল, 80 dB
- ∴ করিম তীব্রতা লেভেল বৃদ্ধি করেছিল =  $(80 - 50) \text{ dB}$   
বা, 30 dB.

য) এখানে, কম্পিউটারের তীব্রতা লেভেল,  $\beta = 80 \text{ dB}$

∴ টিভির তীব্রতা  $I_1$  হলে,

$$\beta = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

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

$$\text{বা, } 8 = \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$\text{বা, } I_1 = 10^8 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$$

টিভির তীব্রতা,  $I_2$  হলে,

$$90 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\text{বা, } I_2 = 10^{-12} \times 10^9 = 1 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$$

$$\therefore \text{সম্মিলিত তীব্রতা, } I = I_1 + I_2 \\ = 1 \times 10^{-4} + 1 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-2} \\ = 1.1 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$$

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

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

$$\therefore \beta = 90.42 \text{ dB}$$

সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল 90.42 dB যা 80 dB এর তুলনায় বেশ যা সার্বকলিক প্রবণে শ্রুতির মারাত্মক ক্ষতি করতে পারে তবে শ্রুতি যন্ত্রণা সৃষ্টি করে না।

### 9.8

**শিখনফল :** বীটের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিলোব্ল করতে পারব।

**একাধ ১০৪।** পরীক্ষাগারে 5 kg ভর বুলিয়ে টানা 25 cm দৈর্ঘ্যের একটি তারের মূল সুরের সাথে বায়ুতে 1.65 m তরঙ্গদৈর্ঘ্য সৃষ্টিকারী একটি সুর শলাকার সৃষ্টি বীট শোনার চেষ্টা করা হলো। তারটির এক মিটার দৈর্ঘ্যের ভর 4.9 g ও পরীক্ষাগারের বায়ুতে শব্দের বেগ  $350 \text{ m s}^{-1}$ ।

- ক. তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
- খ. কেঁচো চলার সময় তার শারীরিক অবস্থা কোন তরঙ্গের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ, তা ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উচ্চীপকের টানা তারটিতে সৃষ্টি আড় তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উচ্চীপকে পরীক্ষাগারের শিক্ষার্থীরা বীট শুনতে ব্যর্থ হলো— গাণিতিক বিলোব্লের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

### ১০৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক) তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কোনো কম্পনশীল বস্তু একটি পূর্ণ কম্পন সম্পর্ক করতে যে সময় লাগে সেই সময়ে ঐ বস্তু কর্তৃক সৃষ্টি তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ মাধ্যমের জন্য ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে।

ক) কেঁচো চলার সময় তার শারীরিক অবস্থা অগ্রগামী তরঙ্গের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ। কোনো তরঙ্গ যদি কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের এক ভর হতে অন্য ভরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সম্মুখের দিকে অগ্রসর হতে থাকে তবে তাকে অগ্রগামী বা চলমান তরঙ্গ বলে। কেঁচো চলার সময় ক্রমাগতভাবে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। তাই তার শারীরিক অবস্থা অগ্রগামী তরঙ্গের সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ।

১) দেওয়া আছে, ভর,  $m = 5 \text{ kg}$

প্রতি একক দৈর্ঘ্য ভর,  $\mu = 4.9 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$\text{আমরা জানি, } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}} = \sqrt{\frac{5 \times 9.8}{4.9 \times 10^{-3}}} = 100 \text{ m s}^{-1}$$

টানা তারটিতে সৃষ্টি আড় তরঙ্গের বেগ =  $100 \text{ m s}^{-1}$

২) দেওয়া আছে, তারের দৈর্ঘ্য,  $l = 25 \times 10^{-2} \text{ m}$

ভর,  $m = 5 \text{ kg}$

প্রতি একক দৈর্ঘ্য ভর,  $\mu = 4.9 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$\therefore \text{টানা তারে সৃষ্টি কম্পাঙ্ক, } f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \\ = \frac{1}{2 \times 25 \times 10^{-2}} \sqrt{\frac{5 \times 9.8}{4.9 \times 10^{-3}}} = 200 \text{ Hz}$$

ধরি, সুর শলাকায় উৎপন্ন কম্পাঙ্ক,  $f'$

আবার, শব্দের বেগ,  $v = 350 \text{ m s}^{-1}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 1.65 \text{ m s}^{-1}$

আমরা জানি,  $v = f' \lambda$

$$f' = \frac{v}{\lambda} = \frac{350}{1.65} = 212.12 \approx 212 \text{ Hz}$$

উৎপন্ন বীট =  $f' - F = 212 - 200 = 12 \text{ টি}$

প্রতি সেকেন্ডে 12 টি বীট উৎপন্ন হবে।

আমরা জানি, প্রতি সেকেন্ডে 10 টির বেশি বীট উৎপন্ন হলে আমরা তা শুনতে পাই না।

সুতরাং, পরীক্ষাগারে শিক্ষার্থীরা বীট শুনতে ব্যর্থ হবে।

### 9.9

**শিখনফল :** দৈনন্দিন জীবনে সৌরগোল ও সংগীতগুলোর প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।

**একাধ ১০৫।** দশম শ্রেণির ছাত্র সাকিব একটি ব্যস্ত এলাকায় বসবাস করে। তাদের এলাকায় অতিরিক্ত গাড়ির হর্ন, কারখানার শব্দ, মাইকের আওয়াজসহ বিভিন্ন কারণে শব্দের তীব্রতা সহনীয় মাত্রা অতিক্রম করেছে। এর ফলে তার পড়ালেখা, হৃদরোগে আক্রান্ত বাবার উপর মারাত্মক ক্ষতিকর প্রভাব পড়েছে।

ক. তরঙ্গ কী?

খ. অগ্রগামী তরঙ্গের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য লেখ।

গ. জনস্বাস্থ্যে উল্লিখিত সমস্যাটির প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উল্লিখিত সমস্যাটি প্রতিরোধে কী পদক্ষেপ নেওয়া যেতে পারে বলে তুমি মনে কর।

### ১০৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে পর্যাবৃত্ত আলোড়ন মাধ্যমের কণাগুলোর পর্যাবৃত্ত কম্পনের সাহায্যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়ে একস্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থানান্তরিত করে না তাই তরঙ্গ।

খ) অগ্রগামী তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ—

১. মাধ্যমের প্রতিটি কণা পর্যাবৃত্ত গতি লাভ করে।

২. কণাগুলোর দশা এক কণা থেকে অপর কণাতে পরিবর্তিত হয়।

৩. কণাগুলো কখনো কখন থাকে না অর্থাৎ মধ্যাবস্থানের উভয় পার্শ্বে কম্পিত হয় কিন্তু স্থানান্তরিত হয় না।

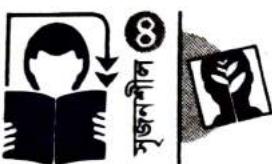
গ) উচ্চীপক থেকে পাই, সাকিবদের এলাকায় শব্দের তীব্রতা সহনীয় মাত্রা অতিক্রম করেছে। অর্থাৎ শব্দ দূর্বল সৃষ্টি হয়েছে। এটি জনস্বাস্থ্যে নানাবিধি বিপুল প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করতে পারে। যেমন—

১. শব্দ দূর্বল রক্তচাপ বৃদ্ধি করে ও হৃদরোগ সৃষ্টি করে।

২. উচ্চ শব্দের ফলে অনেক সময় মাঝে মাঝে উত্তেজনা সৃষ্টি হয়।

৩. উচ্চ শব্দ সুস্থ মানুষের অনিদ্রার কারণ হয়ে দেখা দেয় ও রোগীদের অনিদ্রা আরও বাড়িয়ে তোলে।
৪. ক্রমাগত তীক্ষ্ণ ও তীব্র শব্দে মানুষের শ্রবণশক্তি লোপ পেয়ে বধির হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়।
৫. অনেক ক্ষেত্রে উচ্চ শব্দ ঘানসিক অশান্তি সৃষ্টি করে এবং এতে বিষর্তা ও বিষণ্ণতা দেখা দেয়।
৬. শিশুদের মনে ডয় তীতি ও আতঙ্ক সৃষ্টি করে।
৭. বিভিন্ন ধরনের উচ্চ শব্দ, মাইকের আওয়াজ, রেডিও, টেলিভিশন ও ডেকের উচ্চ শব্দ মানুষের বিরক্তি ঘটায় এবং রোগীর যন্ত্রণা বাঢ়ায়।
৮. **উল্লিখিত সমস্যাটি হচ্ছে শব্দ দূষণ।** আমরা জানি, বর্তমানে শব্দ দূষণ মারাত্মক সমস্যার সৃষ্টি করেছে। এর কারণে মানুষ প্রায়ই অসুস্থ হয়ে পড়ে। তাই এ সমস্যাটি প্রতিরোধে নিম্নবর্ণিত পদক্ষেপগুলো নেওয়া যেতে পারে বলে আমি মনে করি।
১. যেকোনো উৎস বা অনুষ্ঠানে উচ্চবরে মাইক বাজানো থেকে বিরত রাখা।

২. উৎসবে পটকা, বাজি ফুটানো প্রভৃতি নিরিষ্ট করা।
  ৩. বিনা প্রয়োজনে গাড়ির হর্ন না বাজানো বা জোরে বাজানো পরিহার করা।
  ৪. কম শব্দ উৎপাদনকারী ইঞ্জিন বা যন্ত্রপাতি তৈরি করা।
  ৫. লোকালয় ছেড়ে দূরে কলকারখানা ও বিমানবন্দর স্থাপন করা।
  ৬. শহরের মাঝে উচ্চত আয়গা রাখা এবং রাস্তার ধারে শব্দ শোষণকারী গাছপালা সাগানো।
  ৭. কলকারখানায় শব্দ শোষণ যন্ত্রের ব্যবহার চালু করা।
  ৮. উচ্চ ভলিউমে রেডিও টিভি ও ক্যামের প্রেয়ার না বাজানো।
  ৯. ঢাক-ঢোল অহেতুক না বাজানো বা কম বাজানো।
  ১০. বিশেষ বিশেষ কারখানায় শ্রমিকদের জন্য শব্দ নিরোধক এয়ার ফোন ব্যবহার করতে হবে।
  ১১. কলকারখানার যন্ত্রপাতি সৃষ্টি রক্ষণাবেক্ষণের মাধ্যমে যান্ত্রিক শব্দ কমাতে হবে।
- অতএব, উপরোক্ত পদক্ষেপগুলো যথাযথভাবে প্রয়োগের মাধ্যমে উচ্চ সমস্যার সমাধান সম্ভব।



#### শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেস্ট পরীক্ষার সজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল সারা দেশের শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেস্ট পরীক্ষার প্রশ্নপত্র বিশ্লেষণ করে তা থেকে গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নাবলী উত্তর সহকারে নিচে সংযোজন করেছেন। কলেজের নাম সংবলিত এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা পরীক্ষায় কমনের নিশ্চয়তা পাবে।

- প্রশ্ন ১০৬।**  $y = 7 \sin \left( 6 \pi \frac{-\pi x}{5} \right)$  একটা অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ। এই তরঙ্গ  $0.09 \text{ kg m}^{-3}$  ঘনত্বের মাধ্যম দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে। (সমীকরণটা S.I এককে আছে)
- ক. বাইটের সংজ্ঞা দাও।
  - খ. একজন সাইকেল আরোহী কেন U টার্নের সময় সাইকেল কাত করে ঘুরায়? ব্যাখ্যা কর।
  - গ. উদ্ধীপকের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কত?
  - ঘ. গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর উদ্ধীপকের তরঙ্গ দিয়ে সৃষ্টি শব্দ শুনা যাবে কি না?

[ডিকারুনিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

#### ১০৬নং প্রশ্নের উত্তর

- ক** সমান বা প্রায় সমান তীব্রতা ও প্রায় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে শব্দের লব্ধি প্রাবল্যের পর্যায়ক্রমিক হাস-বৃন্দি ঘটানকে স্বরকম্প বা বীট বলে।

- খ** একজন সাইকেল আরোহী U টার্নের সময় সাইকেল কাত করে ঘুরায়। **ব্যাখ্যা :** বাঁকা বা বৃত্তাকার পথে মোড় ঘুরাবার সময় একটি কেন্দ্রমুখী এবং অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হয়। আরোহী যদি সোজা থাকে, তাহলে সাইকেলসহ তার ওজন নিচের দিকে ক্রিয়ারত। আর রাস্তার প্রতিক্রিয়া বলের অভিমুখ উপর দিকে। এ দুটি বলের প্রত্যেকের অনুভূমিক উপাংশ শূন্য। এ দুটি বল উপরিউক্ত কেন্দ্রমুখী বল যোগান দিতে পারে না। তাই, প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেওয়ার জন্যই আরোহী U টার্নের সময় সাইকেল কাত করে ঘুরায়।

- গ** প্রদত্ত সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,
- $$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} v = 6\pi$$

$$\text{বা, } \frac{v}{\lambda} = 6\pi$$

$$\therefore f = 3 \text{ Hz}$$

অতএব, উদ্ধীপকের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 3 Hz।

- গ** 'গ' হতে পাই,  
তরঙ্গাটির কম্পাঙ্ক,  $f = 3 \text{ Hz}$

$$\text{আবার, } \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{5}$$

$$\text{বা, } \lambda = 10 \text{ m}$$

$$\therefore v = f\lambda = (3 \times 10) \text{ m s}^{-1}$$

$$= 30 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{এবং } a = 7 \text{ m}$$

- ঢ** উদ্ধীপকের তরঙ্গাটির তীব্রতা,

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

$$= 2 \times 3.1416^2 \times 3^2 \times 7^2 \times 0.09 \times 30 \text{ Wm}^{-2}$$

$$\therefore I = 23503.58 \text{ Wm}^{-2} \text{ যা কানে বেদনা দানকারী সূচন শব্দ } (1 \text{ Wm}^{-2}) \text{ অপেক্ষা বেশি।}$$

অতএব, উদ্ধীপকের তরঙ্গাটির কম্পাঙ্ক 3 Hz যা শব্দের কম্পাঙ্ক 20 Hz অপেক্ষা কম এবং এর তীব্রতা কানে বেদনা দানকারী সূচন শব্দ (1 Wm<sup>-2</sup>) অপেক্ষা বেশি হওয়ায় উদ্ধীপকের তরঙ্গ দিয়ে সৃষ্টি শব্দ শুনা যাবে না।

- প্রশ্ন ১০৭।** একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = 0.1 \sin (400 \pi t - 1.25 \pi x)$$

- ক** দূর্বল নিউক্লিয় বল কী?

- খ** টর্ক শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ স্থির থাকে— ব্যাখ্যা কর।

- গ** তরঙ্গাটির  $x = 0.2 \text{ m}$  থেকে  $x = 1 \text{ m}$  দূরত্বের দুটি বিন্দুর দশা পার্থক্য ও বেগ নির্ণয় কর।

- ঢ** উদ্ধীপকে উল্লিখিত তরঙ্গের যে কোনো অবস্থানে মাধ্যমের কণার “তুরণ সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী”— উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর।

[আইডিয়াল স্কুল অ্যাড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

#### ১০৭নং প্রশ্নের উত্তর

- ক** যে বলপাত্রার ও বলমানের বল নিউক্লিয়াসের মধ্যে মৌলিক কণিকগুলোর মধ্যে ক্রিয়া করে অনেক নিউক্লিয়াসে অস্থিতিশীলতার সৃষ্টি করে তাই দূর্বল নিউক্লিয় বল।

১) আমরা জানি,  $L = I_0$  এবং  $t = \frac{dL}{dt}$

$$t = 0 \text{ হলে, } \frac{dL}{dt} = 0$$

বা,  $dL = 0$

বা,  $\int dL = 0$

বা,  $L = 0$

বা,  $I_0 = 0$

$$\therefore I_{1\omega_1} = I_{2\omega_2} = I_{3\omega_3} = \dots = I_n\omega_n$$

অতএব, টক শূন্য হলে কৌণিক তরঙ্গের স্থিতি থাকে।

২) দেওয়া আছে,

$$y = 0.1 \sin(400\pi t - 1.25\pi x)$$

$$= 0.1 \sin 1.25\pi(320t - x)$$

$$y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x) \text{ সমীকরণের সাথে}$$

(i) নৎ সমীকরণকে ভুলনা করে পাই,

$$v = 320 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{এবং } \frac{2\pi}{\lambda} = 1.25\pi$$

বা,  $\lambda = 1.6 \text{ m}$

$$\text{দশা পার্শ্বক, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times 0.8$$

$$\text{বা, } \delta = \frac{2\pi}{1.6} \times 0.8$$

$$\therefore \delta = \pi^c = 180^\circ$$

৩) এখানে,  $y = 0.1 \sin(400\pi t - 1.25\pi x)$

একে  $t$ -এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাই,

$$v = 0.1 \times 400\pi \cos(400\pi t - 1.25\pi x)$$

$v$ -কে  $t$ -এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে;

$$a = -(400\pi)^2 \times 0.1 \sin(400\pi t - 1.25\pi x)$$

$$a = -(400\pi)^2 \times y$$

$\therefore a \propto -y$  [ $\because (400\pi)^2 = \text{ধ্রুবক}$ ]

$\therefore$  কণার ত্বরণ সরণের স্থানান্তরিক ও বিপরীতমুখী।

৪) একটি তারের উপর উৎপন্ন আড় তরঙ্গের সমীকরণ

$$Y = 0.5 \sin 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right), x \text{ ও } y \text{ cm} \text{ এ প্রকাশিত।}$$

১) ক. অগ্রগামী তরঙ্গ কাকে বলে?

১

২) খ. সূর ও বর— ব্যাখ্যা কর।

২

৩) গ. বিভার, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, বেগ, কম্পাক্ষ ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর। ৩

৪) ঘ. ৫ sec পর 45 cm দূরের কণাটির সরণ, বেগ ও ত্বরণ কত? ৪

[সরকারি যজিদ ঘোষেরিয়াল পিটি কলেজ, খুলনা]

### ১০৮নং অংশের উত্তর

১) কোনো আড় বা দীঘল তরঙ্গ কোনো বিকৃত যাধ্যমের এককের হতে অন্যতরে সঞ্চালিত হয়ে ত্রুটাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে সেই তরঙ্গকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে।

২) সূর : কোনো যত্ন হতে উৎপন্ন শব্দে একটি যাত্র কম্পাক্ষক থাকলে তাকে সূর বলে।

বর : কোনো যত্ন থেকে নিঃস্পৃত শব্দে যদি একাধিক কম্পাক্ষক থাকে তবে তাদের বর বলে।

বরের অধ্যে নথে হোট কম্পাক্ষকে মৌলিক সূর এবং অন্যদের উপসূর বলে। উপসূরের অধ্যে যদি কারও কম্পাক্ষক মৌলিক সূরের সরণ পূর্ণাঙ্গভাবে হয় তবে তাদের সমন্বেল বা হারমোনিক বলে। তাহলে বলা যায় প্রত্যেক হারমোনিক উপসূর।

৩) দেওয়া আছে,  $Y = 0.5 \sin 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right)$

$$\text{বা, } Y = 0.5 \sin \frac{2\pi}{50} \left( \frac{50t}{0.5} - x \right) = 0.5 \sin \frac{2\pi}{50} (100t - x) \dots\dots \text{ (i)}$$

(i) নৎ সমীকরণকে  $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$  এর সাথে ভুলনা করে পাই,

$$a = 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{এবং } \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{50}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{50}$$

$$\text{বা, } \lambda = 50 \text{ cm}$$

$$\text{আবার, } v = 100 \text{ cm s}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100 \text{ cm s}^{-1}}{50 \text{ cm}} = 2 \text{ Hz}$$

৪) ৫ sec পর 45 cm দূরের কণাটির সরণ,

$$Y = 0.5 \sin 2\pi \left( \frac{5}{0.5} - \frac{45}{50} \right) \quad \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ x = 45 \text{ cm} \\ t = 5 \text{ sec} \end{array}$$

$$= 0.5 \times 0.840 = 0.420 \text{ cm}$$

$$\text{বেগ, } v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} \left\{ 0.5 \sin 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right) \right\}$$

$$= 0.5 \cos 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right) \times \frac{d}{dt} \left\{ 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right) \right\}$$

$$= 0.5 \times \frac{2\pi}{0.5} \cos 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right)$$

এখন  $t = 5 \text{ s}$  এবং  $x = 45 \text{ cm}$  হলে,

$$v = 2\pi \cos 2\pi \left( \frac{5}{0.5} - \frac{45}{50} \right) = 3.405 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{আবার, ত্বরণ } a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left\{ 2\pi \cos 2\pi \left( \frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right) \right\}$$

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

এখন,  $t = 5 \text{ s}$  এবং  $x = 45 \text{ cm}$  হলে,

$$\therefore a = -\frac{-4\pi^2}{0.5} \sin 2\pi \left( \frac{5}{0.5} - \frac{45}{50} \right) = -66.0351 \text{ cm s}^{-2}$$

৫) কণাটির সরণ,  $y = 0.420 \text{ cm}$

কণাটির বেগ,  $v = 3.405 \text{ cm s}^{-2}$

কণাটির ত্বরণ,  $a = -66.03 \text{ cm s}^{-2}$

৬) রানি সমবেগে মোটরসাইকেল চালিয়ে যাওয়ার সময় সৃষ্টি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ  $y = 5 \sin (60\pi t - 0.5x)$  এর তীব্রতা  $60 \text{ dB}$ , এ সময় বিপরীত দিক থেকে আসা একটি বাস এর হর্শের তীব্রতা সেতেল  $100 \text{ dB}$ , শব্দের তীব্রতা সেতেল  $120 \text{ dB}$  এর সময় হলে কানে যত্নগার সৃষ্টি করে।

৭) ক. অস্টক কী?

১ খ. শব্দের সাহায্যে অনিতে দূর্বিত গ্যাসের অতিক্রম করা যায়— ব্যাখ্যা কর।

২ গ. মোটর সাইকেল বাবা সৃষ্টি শব্দের বেগ কত?

৩ ঘ. বাসটি হর্শ বাজালে রানির কানে যত্নগার সৃষ্টি হবে কি-না— গাণিতিক বিজ্ঞেবশের যাধ্যমে যত্নগার দাও। ৪ [চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

### ১০৯নং অংশের উত্তর

৫) যে বিশেব উপসূরের কম্পাক্ষক মূল সূরের কম্পাক্ষকের বিপুল তাকে বিড়িয়ে সহজেল বা মূল সূরের অস্টক বলে।

**খ** শব্দের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়। একেতে একই মাপের দুটি ফাঁপা নলে বিশুদ্ধ বায়ু ও খনির বায়ু লিয়ে পূর্ণ করা হয়। খনির বায়ু বিশুদ্ধ না হলে এর ঘনত্ব ডিম হবে এবং শব্দের বেগও ডিম হবে। ফলে নল দুটিতে উৎপন্ন শব্দের কম্পাক্ষের সামান্য পার্থক্য হবে। কম্পাক্ষের 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 হয় তবে বুঝতে হবে খনির বায়ু দূষিত।

**গ** মোটর সাইকেল দ্বারা সৃষ্টি শব্দের সমীকরণ,

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

এ সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের আদর্শ সমীকরণ,

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

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

$$\text{বা, } \lambda = \frac{2\pi}{0.5} = \frac{2 \times 3.1416}{0.5} \text{ m} = 12.57 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } 2\pi \frac{v}{\lambda} = 60\pi$$

$$\text{বা, } v = 30 \times \lambda$$

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

অতএব, মোটর সাইকেল দ্বারা সৃষ্টি শব্দের বেগ  $376.99 \text{ m s}^{-1}$

**ঘ** মোটর সাইকেলের শব্দের তীব্রতা লেভেল,  $\beta_1 = 60 \text{ dB}$   
বাসের হর্শের তীব্রতা লেভেল,  $\beta_2 = 100 \text{ dB}$ ,  
প্রয়োগ তীব্রতা,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$   
এখন, মোটর সাইকেলের শব্দ ও বাসের হর্শের শব্দের তীব্রতা যথাক্রমে  $I_1$  ও  $I_2$  হলে,

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

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

$$\text{বা, } I_1 = 10^6 \times I_0 = 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$$

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

$$\text{বা, } 100 = 10 \log_{10} \frac{I_2}{I_0}$$

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

∴ দুটি শব্দের মোট তীব্রতা,

$$I = I_1 + I_2 = (10^{-6} + 10^{-2}) \text{ W m}^{-2} = 0.010001 \text{ W m}^{-2}$$

∴ দুটি শব্দের উপস্থিতিতে তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} = 10 \log_{10} \frac{0.010001}{10^{-12}} = 100.0004 \text{ dB}$$

যেহেতু  $\beta < 120 \text{ dB}$ , অর্থাৎ দুটি শব্দের উপস্থিতিতে তীব্রতা লেভেল যত্নণা সৃষ্টিকারী তীব্রতা লেভেল অপেক্ষা কম। অতএব, বাসটি হ্র বাজালে রন্নির কানে যত্নণা সৃষ্টি হবে না।



### একাধিক অধ্যায়ের সময়ের প্রৌতি সুজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, এইচএসসি পরীক্ষায় সুজনশীল প্রশ্ন সাধারণত একাধিক অধ্যায়ের সময়ের এসে থাকে। তোমরা যাতে পরীক্ষার জন্য এ ধরনের প্রশ্ন সম্পর্কে পূর্ব প্রস্তুতি প্রাপ্ত করতে পার, সে লক্ষ্যে এ অধ্যায়ের সাথে সংলিঙ্গ অধ্যায়ের সময়ে প্রৌতি সুজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর নিচে দেওয়া হলো।

**প্রশ্ন ১০** একটি কারখানায় ব্যবহৃত A, B, C তিনটি মেশিনের কিছু তথ্য নিচের ছকে স্বাপন করা হলো—

মেশিন	নির্গত শব্দ (dB)	অন্তর্গামী ক্ষমতা (kW)	বহিগামী ক্ষমতা (kW)
A	80	2.5	2.1
B	81	3.5	2.8
C	82	4.5	3.2

ক. তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কী?

১

খ. সূর্য সকল শক্তির উৎস ব্যাখ্যা কর।

২

গ. মেশিনগুলোর কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. মেশিনগুলোর সম্পর্কে শব্দের তীব্রতা লেভেল এদের যেকোনোটির তীব্রতা লেভেল অপেক্ষা বেশি-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৪

[অধ্যায় ৯ ও ৫-এর সময়ে অঙ্গীত]

### ১১০-২ ধরের উত্তর

**ক** পরপর দুটি সমদশা সম্পর্ক কলার মধ্যবর্তী দূরত্বকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে।

**খ** আমরা জানি, সূর্য হতে পৃথিবীর জন্য পৃথিবীর জন্মলগ্ন থেকে সূর্য অক্তপত্তাবে পৃথিবীকে আলো, তাপ ইত্যাদি সরবরাহ করে আসছে। কাজেই সূর্য হচ্ছে সকল শক্তির উৎস। প্রবহমান নদীর শক্তি, দুলত কয়লার শক্তি, বিভিন্ন পদার্থে নৃত্যায়িত শক্তি-সবই আসছে সূর্য থেকে। কোনো শক্তি হয়তো প্রত্যক্ষ, কোনো শক্তি হয়তো পরোক্ষ। কাজেই বলা যায়, পৃথিবীর যাবতীয় শক্তির উৎস সূর্য। সূর্য এর আয়তনের বিনিয়য়ে তাপ বিকিরণ করছে। তাপ বিকিরণের ফলে সূর্য প্রতি মিনিটে 25 কোটি টন তাপ হারাচ্ছে। এতাবে সূর্য শক্তি হারালেও সূর্য একই হারে 27 বিলিয়ন বছর পর্যন্ত আমাদেরকে শক্তি সরবরাহ করতে সমর্থ হবে। তাহাতা আপেক্ষিক তত্ত্ব হতে আমরা জানি

পদার্থের শক্তিতে বৃপ্তির ঘটে। এভাবে সূর্যের দেহের গ্যাসীয় পদার্থের বৃপ্তিরে অবিরত শক্তি উৎপন্ন হচ্ছে।

**গ** উদ্বীপক থেকে পাই,

A এর অন্তর্গামী ক্ষমতা,  $P_{A(in)} = 2.5 \text{ kW}$

A এর বহিগামী ক্ষমতা,  $P_{A(out)} = 2.1 \text{ kW}$

A এর কর্মদক্ষতা,  $\eta_A = \frac{P_{A(out)}}{P_{A(in)}} \times 100\% = \frac{2.1 \text{ kW}}{2.5 \text{ kW}} \times 100\% = 84\%$

B এর অন্তর্গামী ক্ষমতা,  $P_{B(in)} = 3.5 \text{ kW}$

B এর বহিগামী ক্ষমতা,  $P_{B(out)} = 2.8 \text{ kW}$

B এর কর্মদক্ষতা,  $\eta_B = \frac{P_{B(out)}}{P_{B(in)}} \times 100\% = \frac{2.8 \text{ kW}}{3.5 \text{ kW}} \times 100\% = 80\%$

C এর অন্তর্গামী ক্ষমতা,  $P_{C(in)} = 4.5 \text{ kW}$

C এর বহিগামী ক্ষমতা,  $P_{C(out)} = 3.2 \text{ kW}$

C এর কর্মদক্ষতা,  $\eta_C = \frac{P_{C(out)}}{P_{C(in)}} \times 100\% = \frac{3.2 \text{ kW}}{4.5 \text{ kW}} \times 100\% = 71\%$

অতএব, A, B, C মেশিনের কর্মদক্ষতা যথাক্রমে 84%, 80% ও 71%।

**ঘ** উদ্বীপক থেকে পাই, A মেশিনের নির্গত শব্দ,  $\beta_A = 80 \text{ dB}$

B মেশিনের নির্গত শব্দ,  $\beta_B = 81 \text{ dB}$

এবং C মেশিনের নির্গত শব্দ,  $\beta_C = 82 \text{ dB}$

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

এখন, A মেশিনের শব্দের তীব্রতা  $I_A$  হলে,

$$\beta_A = 10 \log \frac{I_A}{I_0} \text{ dB}$$

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

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

$$\text{বা, } I_A = I_0 (10)^8$$

অনুরূপভাবে,  $I_B = I_0 (10)^{8.1}$

এবং  $I_C = I_0 (10)^{8.2}$

মেশিন তিনটির মোট তীব্রতা I হলে,

$$\begin{aligned} I = I_A + I_B + I_C &= I_0 (10)^{8.1} + I_0 (10)^{8.1} + I_0 (10)^{8.2} \\ &= I_0 [10^8 + 10^{8.1} + 10^{8.2}] \\ &= 10^{-12} \text{ Wm}^{-2} \times 3.84 \times 10^8 \\ &= 3.84 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2} \end{aligned}$$

তখন, মেশিন তিনটির সমিলিত তীব্রতা লেভেল  $\beta$  হলে,

$$\begin{aligned} \beta = 10 \log \frac{1}{I_0} \text{ dB} &= 10 \log \frac{3.84 \times 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} \text{ dB} \\ &= 10 \log 3.84 \times 10^8 \text{ dB} = 85.84 \text{ dB} \end{aligned}$$

এখানে,  $\beta > \beta_C > \beta_B > \beta_A$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে পাই, মেশিন তিনটি সমিলিত তীব্রতা লেভেল এদের যেকোনোটির তীব্রতা লেভেল অপেক্ষা বেশি।



## ১০০% কমন উপযোগী জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১। বিজ্ঞান কাকে বলে? [জ. বো. '১৯] [সেলু-৩৪, আমির-৩, প্রামাণিক-৪, তপন-১]

**উত্তর :** তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণা স্থির বা সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে সর্বাধিক যে দূরত্ব ভূত্তিক্রম করে তাকে বিজ্ঞান কাকে বলে।

প্রশ্ন ২। শব্দ কাকে বলে?

[সি. বো. '১৯]

**উত্তর :** শব্দ এক প্রকার শক্তি যা কানে শ্ববণের অনুভূতি জাগায়।

প্রশ্ন ৩। স্থির তরঙ্গ কাকে বলে?

[য. বো. '১৯; ব. বো. '১৫] [সেলু-৬, আমির-৫, প্রামাণিক-৯, তপন-১]

**উত্তর :** সীমাবদ্ধ মাধ্যমে দুটি পরম্পর বিপরীতমুখী অঞ্চলিক তরঙ্গের বিজ্ঞান ও পর্যায়কাল/কম্পাঙ্ক/তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান হলে এদের উপরিপাতনের ফলে যে নতুন তরঙ্গের উৎপন্ন হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

প্রশ্ন ৪। অনুনাদ কী? [ঝ. বো. '১৬; য. বো. '১৭; চ. বো. '১৯; দি. বো. '১৭] [সেলু-১১, আমির-৮, প্রামাণিক-১৮, তপন-৫৫]

**উত্তর :** কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিজ্ঞান সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

প্রশ্ন ৫। তরঙ্গের তীব্রতা কাকে বলে?

[সি. বো. '১৫] [সেলু-৩, প্রামাণিক-১১, তপন-২১]

**উত্তর :** তরঙ্গ সঞ্চালনের অভিমুখে লম্বভাবে অবস্থিত কোনো বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের অধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে তরঙ্গের তীব্রতা বলে।

প্রশ্ন ৬। মেলডি কী? [সরকারি অভিজ্ঞান হক কলেজ, বগুড়া]

[সেলু-২০, আমির-১৮, প্রামাণিক-৩৩, তপন-৩৮]

**উত্তর :** কতকগুলো শব্দ যদি একত্রে পরপর ধ্বনিত হয়ে একটি সূমধূর সুর উৎপন্ন করে তবে তাই মেলডি।

প্রশ্ন ৭। পরবশ কম্পন কী? [ঝ. বো. '১৭; চ. বো. '১৭; য. বো. '১৫]

[সেলু-২১, আমির-২৪, প্রামাণিক-১৭, তপন-১]

**উত্তর :** কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষয় বস্তুর নিকট আনলে ছিটীয় বস্তুটিতে কম্পন শুনু হয়। এটিই পরবশ কম্পন।

প্রশ্ন ৮। লবিক তরঙ্গ (অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ) কাকে বলে?

**উত্তর :** কোনো মাধ্যমের কম্পনশীল কণাগুলোর গতির অভিমুখ এবং তরঙ্গের গতির অভিমুখ পরম্পর সমান্তরাল হলে ঐ তরঙ্গকে লবিক তরঙ্গ বা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে।

প্রশ্ন ৯। কোন তরঙ্গে সমবর্তন ঘটে?

**উত্তর :** আড় তরঙ্গের সমবর্তন ঘটে।

প্রশ্ন ১০। শব্দের ব্যাতিচার কাকে বলে? [সেলু-২২]

**উত্তর :** সমান কম্পাঙ্ক ও বিজ্ঞান বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে কোনো স্থানে প্রবলতর শব্দ ও কোনো স্থানের নীরবতা সৃষ্টি হওয়ার ঘটনাকে শব্দের ব্যাতিচার বলে।

[সেলু-২৩, প্রামাণিক-১৬]

প্রশ্ন ১১। মুক্ত কম্পন কী?

**উত্তর :** যেকোনো আকার, গঠন বা আকৃতির বস্তুকে আন্দোলিত করলে বস্তুটি একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক রক্ষা করে স্পন্দিত হয়। এ স্পন্দনকে মুক্ত কম্পন বলে।

প্রশ্ন ১২। সমমেল বা হারমোনিক কাকে বলে?

[সেলু-২৪, আমির-১৭, প্রামাণিক-২৫, তপন-৩৬]

**উত্তর :** উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়। তাহলে সেই সকল উপসুরকে সমমেল বা হারমোনিক বলে।

প্রশ্ন ১৩। শব্দোচ্চতা কীসের উপর নির্ভর করে?

**উত্তর :** শব্দোচ্চতা নির্ভর করে শ্বেতার তীব্রতা যাচাই করার ক্ষমতার উপর।

প্রশ্ন ১৪। ডায়োটনিক স্বরগাম কী?

**উত্তর :** একটি বিশেষ সুর ও এর এক অস্টকের মধ্যবর্তী ছয়টি বিশেষ সুরকে সাজিয়ে স্বরগাম তৈরি করা হয় যাতে আটটি ক্রমবর্ধমান কম্পাঙ্কের একটি সমসজ্ঞাতিপূর্ণ সুর থাকে তাক ডায়োটনিক স্বরগাম বলে।

প্রশ্ন ১৫। স্বরের গুণ বা জাতি কী?

[আইডিয়াল মুল আড কলেজ, মতিখিল, ঢাকা] [সেলু-২৫, আমির-৬১, প্রামাণিক-২৯, তপন-৬০]

**উত্তর :** যে বৈশিষ্ট্যের দ্বারা একই তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতার দুটি শব্দকে পরম্পর থেকে আলাদা করা যায় তাকে গুণ বা জাতি বলে।

প্রশ্ন ১৬। সুরবর্জিত শব্দ কাকে বলে?

**উত্তর :** শব্দ উৎপন্নকারী উৎসের কম্পন অনিয়মিত বা ক্ষণস্থায়ী হলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় তাকে সুরবর্জিত শব্দ বলে।

প্রশ্ন ১৭। উপসুর কী?

[সেলু-৭, প্রামাণিক-২৭, তপন-৩৮]

**উত্তর :** যাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি তাদের উপসুর বলে।

প্রশ্ন ১৮। অস্টক কাকে বলে?

[সরকারি অভিজ্ঞান হক কলেজ, বগুড়া]

[সেলু-২৬, আমির-১৮, তপন-৪০]

**উত্তর :** যে বিশেষ উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের হিগুল তাকে ছিটীয় সমবেল বা মূল সুরের অস্টক বলে।

প্রশ্ন ১৯। শব্দ বিজ্ঞানে ত্রুটী কাকে বলে?

**উত্তর :** তিনটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত 4 : 5 : 6 হলে তারা মিলে সুমধূর সর উৎপন্ন করে। এই সমস্যাকে ত্রুটী বলে।

প্রশ্ন ২০। মৌলিক সুর কী?

[সেলু-২৭, তপন-৩৭]

**উত্তর :** কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মৌলিক সুর বলে।

প্রশ্ন ২১। অঞ্চলিক তরঙ্গ কাকে বলে?

[সি. বো. '১৬] [সেলু-২৮, আমির-২৩, প্রামাণিক-১০, তপন-১]

**উত্তর :** কোনো আড় বা দীঘল তরঙ্গ কোনো বিস্তৃত মাধ্যমের একত্র হতে অন্যতরে সঞ্চালিত হয়ে ক্রমাগত সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকলে সেই তরঙ্গকে অঞ্চলিক তরঙ্গ বলে।

প্ৰশ্ন ২২। তৰজন কী?

[আধিৰ-২৬, তপন-১]

উত্তৰ : যে পৰ্যাবৃত্ত আলোড়ন মাধ্যমের কণাগুলোৱ পৰ্যাবৃত্ত কল্পনেৱ সাহায্যে মাধ্যমেৱ শব্দ দিয়ে অসুসৰ হয়ে একমাত্ৰ থেকে আন্য স্থানে সতি সঞ্চালিত কৰে কিন্তু মাধ্যমেৱ কণাগুলোকে স্থানচালিত কৰে না তাই তৰজন।

প্ৰশ্ন ২৩। প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতা কী? [ৱ. বো. '১৭] [সেলু-১, প্ৰায়ালিক-২০, তপন-২৯]

উত্তৰ :  $1000 \text{ Hz}$  কল্পনাকৰিপিণ্ট  $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$  তীক্ষ্ণতাকে প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতা বলে।

প্ৰশ্ন ২৪। বীট কাকে বলে?

[ৱ. বো. '১৭, '১৫; দি. বো. '১৫]

[সেলু-১০, আধিৰ-৭, প্ৰায়ালিক-২৪, তপন-৪৪]

উত্তৰ : সমান বা আৱ সমান তীক্ষ্ণতা ও আৱ সমান কল্পনাকৰ বিশিষ্ট একই দিকে অগ্রগামী দৃষ্টি শব্দ তৰজনেৱ উপৱিপাতনেৱ ফলে শব্দেৱ অধি প্ৰাবল্যেৱ পৰ্যাবৃত্তিক হ্ৰাস-বৃদ্ধি ঘটনকে বৱকল্প বা বীট বলে।

প্ৰশ্ন ২৫। তৰজনমুখ কী?

[কু. বো. '১৭; দি. বো. '১৭]

[সেলু-১৬, আধিৰ-৮, প্ৰায়ালিক-৬, তপন-১]

উত্তৰ : যেকোনো মুহূৰ্তে কোনো তৰজনেৱ উপৱ অবস্থিত সমদশা সম্পৰ কণাগুলোৱ সঞ্চারপথ হলো তৰজনমুখ।

প্ৰশ্ন ২৬। সুৰ কী? [ৱ. বো. '১৭] [সেলু-২৯, আধিৰ-১৫, প্ৰায়ালিক-৩২, তপন-৩৫]

উত্তৰ : একটি আৱ কল্পনাকৰ বিশিষ্ট শব্দকে সুৰ বলে।

প্ৰশ্ন ২৭। পৰ্যায়কাল কাকে বলে?

[চ. বো. '১৬] [সেলু-৪, তপন-১]

উত্তৰ : কল্পনালী বৰ্তুৱ একটি পূৰ্ণ কল্পন সম্পৰ কৰতে যে সময় লাগে তাকে পৰ্যায়কাল বলে।

প্ৰশ্ন ২৮। সুৱিবৰাম কাকে বলে?

[কু. বো. '১৬] [সেলু-১৪, প্ৰায়ালিক-৩১, তপন-৪৩]

উত্তৰ : দৃষ্টি সুৱেৱ কল্পনাকেৱ অনুপাতকে সুৱিবৰাম বলে।

প্ৰশ্ন ২৯। শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা লেভেল কাকে বলে?

[কু. বো. '১৫; দি. বো. '১৯]

[সেলু-২, আধিৰ-৫৬, প্ৰায়ালিক-২১, তপন-৩১]

উত্তৰ : কোনো শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা এবং প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতাৰ অনুপাতেৱ লগাবিদ্যকে ঐ শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা লেভেল বলে।

প্ৰশ্ন ৩০। অৰ্কেন্ট্রা কাকে বলে?

[সেলু-১৯, প্ৰায়ালিক-৩৬]

উত্তৰ : যখন অনেকগুলো বাদ্যযন্ত্ৰ একসঙ্গে বাজিয়ে একটি সমতান বা একটি মেলডি অথবা একটি সমতান ও মেলডি উভয়ই সৃষ্টি কৰা হয় তখন তাকে অৰ্কেন্ট্রা বলে।

প্ৰশ্ন ৩১। দশা কাকে বলে?

[চ. বো. '১৯; দি. বো. '১৫] [আধিৰ-৩, প্ৰায়ালিক-৮, তপন-১]

উত্তৰ : কোনো একটি কল্পনান বৰ্তুৱ যেকোনো মুহূৰ্তেৱ গতিৰ সম্যক অবস্থাকে দশা বলে।

প্ৰশ্ন ৩২। ডেসিবেল কী? [দি. বো. '১৫] [সেলু-১৭, আধিৰ-১৪, প্ৰায়ালিক-২২, তপন-১]

উত্তৰ : ১ বেল (B) এৰ এক-দশমাংশকে ১ ডেসিবেল বলা হয়।

প্ৰশ্ন ৩৩। নিম্পন্দ বিদ্যু কী?

[চকা কলেজ, চকা] [সেলু-৩০, আধিৰ-১০, প্ৰায়ালিক-১৪, তপন-১]

উত্তৰ : যে সকল বিদ্যুতে তৰজনমুখিত কণাৰ সৱল সৰ্বাপেক্ষা কম হয় সে সকল বিদ্যুকে নিম্পন্দ বিদ্যু বলে।

প্ৰশ্ন ৩৪। তৰজনেৱ দশা কাকে বলে?

[বি এ এক পাইন কলেজ, যশোর] [সেলু-৩১, আধিৰ-৩৭]

উত্তৰ : তৰজনেৱ উপৱ অবস্থিত কোনো কল্পনালী কণাৰ দশা বলতে এই কণাৰ যে কোনো মুহূৰ্তেৱ গতিৰ সম্যক অবস্থা বুৰায়।

প্ৰশ্ন ৩৫। তৰজনেৱ উপৱিপাতন মীতি কাকে বলে?

[সৱকাৰি সৈৱ হাতেৰ আলী কলেজ, বৰিশাল] [আধিৰ-৪৭, তপন-১১]

উত্তৰ : কোনো কণাৰ উপৱ একই সময়ে দৃষ্টি তৰজন আপত্তিত হলে সাম্যবস্থানে থেকে কণাটিৰ অধি সৱল হবে তৰজন দৃষ্টিৰ অন্য কণাটিৰ সৱলহৰেৱ ভেটৰ স্বষ্টি স্থান। একে তৰজনেৱ উপৱিপাতন মীতি বলে।

প্ৰশ্ন ৩৬। বৰসজাতি কাকে বলে? [সেলু-১৮, আধিৰ-১৮, প্ৰায়ালিক-১০]

উত্তৰ : যখন জৰীৰ সাথে অতিৰিক্ত একটি শব্দ এহনভাৱে বিলিত হয় যাতে অতিৰিক্ত শব্দ জৰীৰ নিয়ন্ত্ৰণ শব্দেৱ অটক হয় অৰ্থাৎ এসেৱ কল্পনাকেৱ অনুপাত  $4 : 5 : 6 : 8$  হয়, তাহলে এসেৱ সময়েৱ প্ৰতিষ্ঠিত সুৰ উৎপন্ন হয়। এই সময়কেৱ বৰসজাতি বলে।

প্ৰশ্ন ৩৭। তৰজন দৈৰ্ঘ্য কাকে বলে? [আধিৰ-৩, তপন-১]

উত্তৰ : তৰজন সৃষ্টিকাৰী কোনো কল্পনালী বৰ্তুৱ একটি পূৰ্ণ কল্পন সম্পৰ কৰতে যে সবয় লাগে সেই সময়ে ঐ বৰ্তুৱ কৰ্তৃক সৃষ্টি তৰজন বা দূৰত্ব অতিৰিক্ত কৰে তাকে ঐ মাধ্যমেৱ জন্য ঐ তৰজনেৱ তৰজন দৈৰ্ঘ্য বলে।

প্ৰশ্ন ৩৮। কল্পনাক কাকে বলে? [আধিৰ-৩, তপন-১]

উত্তৰ : তৰজনেৱ উপৱ অবস্থিত কোনো কল্পনালী কণা এক সেকেডে যতগুলো পূৰ্ণ কল্পন সম্পৰ কৰে তাকে কল্পনাক বলে।

প্ৰশ্ন ৩৯। শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা কাকে বলে? [সেলু-৩২, তপন-৬৭]

উত্তৰ : শব্দেৱ যে বৈশিষ্ট্যেৱ জন্য কোনো সুৰ চড়া বা চিকন এবং কোনো সুৰ মোটা বা খাদেৱ তা বোৰা যায় তাকে শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা বলে।

প্ৰশ্ন ৪০। কৌণিক কল্পনাক কাকে বলে? [প্ৰায়ালিক-৪, তপন-১]

উত্তৰ : সময়েৱ সাথে দশাৱ পৱিবৰ্তনেৱ হাৰকে কৌণিক কল্পনাক বলে।

প্ৰশ্ন ৪১। আড়তৰজন বা অনুপ্ৰস্থ কাকে বলে? [প্ৰায়ালিক-১, তপন-১]

উত্তৰ : যদি কণাৰ স্থিতিনেৱ দিক এবং তৰজন সঞ্চালনেৱ দিক পৱিবৰ্তন সময়কোণে সংঘটিত হয় তাহলে ঐ কণা কৰ্তৃক সৃষ্টি তৰজনকে আড়তৰজন বলে বা অনুপ্ৰস্থ তৰজন বলে।

প্ৰশ্ন ৪২। বৰহাম কী?

উত্তৰ : নিদিষ্ট কল্পনাকে বা তীক্ষ্ণতাৰ কৱেকটি সাজানো সুৱকে বৰহাম বলে।

প্ৰশ্ন ৪৩। মাধ্যমেৱ দৃষ্টিৰ সাথে শব্দেৱ তীক্ষ্ণতাৰ সম্পৰ্ক কী?

উত্তৰ : কোনো মাধ্যমেৱ শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা ঐ মাধ্যমে শব্দেৱ দৃষ্টিৰ সমানুপাতিক।

প্ৰশ্ন ৪৪। মূল সুৰ কী?

উত্তৰ : কোনো বৰে উপস্থিত সৰ্বনিম্ন কল্পনাক নিদিষ্ট সুৱাটি মূলসুৰ।

## ৩। কমন উপযোগী অনুধাৰনমূলক প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰশ্ন ১। বড় বড় হলুৰেৱ দেয়ালে হাৰ্ডবোৰ্ড কিংবা পাটেজ আৱৰি বোৰ্ড লাগানো হয় কেন?

[ৱ. বো. '১১]

উত্তৰ : বড় বড় হলুৰেৱ দেয়ালে হাৰ্ডবোৰ্ড কিংবা পাটেজ বোৰ্ড লাগানো হয় কাৰণ হাৰ্ডবোৰ্ড বা পাটেজেৱ বোৰ্ড লাগানো বা ধাক্কে কনক্রিটেৱ দেয়ালে শব্দ তৰজনেৱ স্থিতিশ্বাপক সংৰোধ হয় কলে তা প্ৰায় সমান তীক্ষ্ণতা ও বেগ বিয়ে কৰিব আসে এবং বৰ্তাৰ মুখ নিয়স্ত পৱিবৰ্তী শব্দ তৰজনেৱ উপৱ উপৱিপাতিত হয়ে তাকে বিকৃত কৰে। কলে বৰ্তাৰ কথা স্পষ্ট হয় না।

প্ৰশ্ন ২। শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা লেভেল 20 dB বলতে কী বুৰায়?

[ৱ. বো. '১১] [সেলু-২৩, প্ৰায়ালিক-৪০]

উত্তৰ : কোনো শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা ও প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতাৰ শব্দেৱ শব্দোক্তাৰ পাৰ্শ্বক্যকে তীক্ষ্ণতা লেভেল 20 dB বলতে বুৰায়।

১. দৃষ্টি নিদিষ্ট কল্পনাকেৱ শব্দোক্তাৰ পাৰ্শ্বক্য 20dB বেখানে একটি প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতাৰ শব্দেৱ শব্দোক্তা।

২. কোনো শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা ও প্ৰয়াণ তীক্ষ্ণতাৰ অনুপাতেৱ লগাবিদ্যহৰে দশ গুণ 20 dB এৰ সমান।

প্ৰশ্ন ৩। অনুলাপি বৰ্তুৱ উপস্থিতি মাধ্যমেৱ শব্দ তৰজনেৱ তীক্ষ্ণতাৰ উপৱ কীভাৱে প্ৰতিৰোধ কৰে ব্যৱ্যো কৰে।

[ৱ. বো. '১১]

উত্তৰ : আধৰা জানি, তীক্ষ্ণতা তৰজনেৱ বিভাৱেৱ বৰ্ণেৱ সমানুপাতিক। অনুলাপি বৰ্তুৱ উপস্থিতিৰ কাৰণে উপৱিপাতন মীতি অনুসাৱেৱ তৰজন পৱিবৰ্তিত বিভাৱে বিয়ে কৰিব আকে। কলে শব্দেৱ তীক্ষ্ণতা তাৰ বৰ্ণেৱ সমানুপাতে পৱিবৰ্তিত হয়।



৮. জানা কম্পাঙ্গের সুৱাসলাকার ভৱ হাস কৰলে যদি বীট সংখ্যা—  
 (i) বৃদ্ধি পায় তবে  $n_2 < n_1$  তাহলে,  $n_2 = n_1 - N$   
 (ii) হাস পায় তবে  $n_2 > n_1$  তাহলে,  $n_2 = n_1 + N$

প্ৰশ্ন ১৪। সকল সময়েই উপসুৰ বিছু সকল উপসুৰ সময়েই নয়—ব্যাখ্যা কৰ। [ব. বো. '১৫; দি. বো. '১৭] [সেলু-১, আধিৱ-২৯, প্ৰায়ালিক-৪৯, তপন-৩৯]

উত্তৰ : বৱ সৃষ্টিকাৰী সুৱাসলোৱ মধ্যে যাৱ কম্পাঙ্গক সৰ্বনিম্ন তাকে মূলসুৰ এবং এৱ চেয়ে বেশি কম্পাঙ্গের সুৱাসলোকে উপসুৰ বলে, উপসুৰেৰ কম্পাঙ্গক মূলসুৰেৰ কম্পাঙ্গের সৱল গুণিতক অৰ্থাৎ বিগুণ, তিনগুণ ইত্যাদি হলে তাদেৱকে হারমোনিক বা সময়েল বলে।

যেহেন— 512 Hz হবে 256 Hz এৱ হারমোনিক। এখানে 256 Hz হবে প্ৰথম হারমোনিক এবং 512 Hz হবে দ্বিতীয় হারমোনিক, অনুভূতভাৱে 768 Hz হবে তৃতীয় হারমোনিক। কোনো বাদ্যযন্ত্ৰ থেকে নিষ্পত্ত ঘৱে যদি, 320 Hz, 480 Hz, 640 Hz, 800 Hz, 960 Hz ইত্যাদি সুৱ থাকে তবে 320 Hz কম্পাঙ্গের সুৱকে মূলসুৰ বলে। অবশিষ্ট বেশি কম্পাঙ্গের সুৱাসলো সুৱাই উপসুৰ। এই উপসুৱাসলোৱ মধ্যে 640 Hz ও 960 Hz যথাকৰ্মে দ্বিতীয় ও তৃতীয় হারমোনিক। কাজেই বলা যায় যে, সকল হারমোনিকই বা সময়েল উপসুৰ কিন্তু সকল উপসুৰ হারমোনিক (সময়েল) নয়।

প্ৰশ্ন ১৫। অনুপ্ৰস্থ এবং অনুদৈৰ্ঘ্য তৰঙ্গেৰ পাৰ্থক্য লেখ। [সেলু-৩০]

উত্তৰ : নিচে অনুপ্ৰস্থ ও অনুদৈৰ্ঘ্য তৰঙ্গেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য দেওয়া হলো :

অনুপ্ৰস্থ তৰঙ্গ	অনুদৈৰ্ঘ্য তৰঙ্গ
১. যে তৰঙ্গ মাধ্যমেৰ কণাগুলোৱ কম্পনেৰ দিকেৰ সাথে সমকোণে অগ্ৰসৱ হয় তাই অনুপ্ৰস্থ তৰঙ্গ।	১. যে তৰঙ্গ মাধ্যমেৰ কণাগুলোৱ কম্পনেৰ দিকেৰ সাথে সমান্তৰালে অগ্ৰসৱ হয় তাই অনুদৈৰ্ঘ্য তৰঙ্গ।
২. মাধ্যমে তৰঙ্গ ছড়া ও তৰঙ্গখাঁজ উৎপন্ন কৰে সঞ্চালিত হয়।	২. সংকোচন ও প্ৰসাৱণেৰ মাধ্যমে তৰঙ্গ সঞ্চালিত হয়।
৩. একটি তৰঙ্গ ছড়া ও তৰঙ্গখাঁজ নিয়ে তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য গঠিত।	৩. একটি সংকোচন ও প্ৰসাৱণ নিয়ে তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য গঠিত।
৪. কঠিন পদাৰ্থে এ তৰঙ্গেৰ সৃষ্টি হয়। তবে তল টানেৰ জন্য প্ৰবাহীতেও সৃষ্টি হতে পাৰে।	৪. কঠিন, তলল ও গ্যাসে এ তৰঙ্গেৰ সৃষ্টি হতে পাৰে।
৫. সমৰ্বতন ঘটে।	৫. সমৰ্বতন ঘটে না।

প্ৰশ্ন ১৬। খনিতে দৃষ্টি গ্যাসেৰ অস্তিত্ব কীভাৱে নিৰ্ণয় কৰা যায়—ব্যাখ্যা কৰ।

উত্তৰ : একই মাপেৰ দৃষ্টি ফোপা নলে বিশুদ্ধ বায়ু ও খনিৰ বায়ু দিয়ে পূৰ্ণ কৰা হয়। খনিৰ বায়ু বিশুদ্ধ না হলে এৱ ঘনত্ব বিভিন্ন হবে এবং শব্দেৰ বেগও বিভিন্ন হবে। ফলে নল দুটিতে উৎপন্ন শব্দেৰ কম্পাঙ্গেৰ সামান্য পাৰ্থক্য হবে। কম্পাঙ্গেৰ এ পাৰ্থক্যেৰ জন্য নল দুটিকে একই সাথে বাজালে বিট উৎপন্ন হবে। যদি বিট উৎপন্ন না হয় তবে বুৰাতে হবে খনিৰ বায়ু বিশুদ্ধ। আৱ যদি বিট উৎপন্ন হয় তবে বুৰাতে হবে খনিৰ বায়ু দৃষ্টি।

প্ৰশ্ন ১৭। পৱবণ কম্পন ও অনুনাদেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য ব্যাখ্যা কৰ।

[ঢ. বো. '১৭, চ. বো. '১৫] [সেলু-৩১, আধিৱ-৮, তপন-৫৬]

উত্তৰ : স্পন্দনক্ষম কৰুৱ উপৱ আৱোপিত পৰ্যাবৃত্ত স্পন্দনেৰ জন্য কৰুটি তাৱ বাভাবিক কম্পাঙ্গে কল্পিত হওয়াৰ পৱবণতে যখন আৱোপিত কম্পনেৰ কম্পাঙ্গে কল্পিত হতে থাকে তখন এ কম্পনকে পৱবণ কম্পন বলে। তবে কৰুৱ বাভাবিক পৰ্যায়কাল যদি এৱ উপৱ আৱোপিত পৰ্যায়কালেৰ সমান হয় তখন কৰুটিৰ যে কম্পন হয় তাকে অনুনাদ

বলে। সুতৰাং সকল অনুনাদী কম্পনকে পৱবণ কম্পন বলা গোলেও সকল পৱবণ কম্পনকে অনুনাদ বলা যাবে না। কাৰণ অনুনাদী কম্পনে বিস্তাৱ সৰ্বোচ্চ হলেও পৱবণ কম্পনে বিস্তাৱ কম-বেশি হতে পাৰে।

প্ৰশ্ন ১৮। ভাইন্ডেশন যুতে থাকা যোৰাইল ফোন টেবিলেৰ উপৱ রাখলে অপেক্ষাকৃত জোড়ালো শব্দ হয় কেন?

উত্তৰ : আমৱা জানি, কম্পনেৰ ফলে শব্দেৰ উৎপত্তি ঘটে ভাইন্ডেশন যুতে থাকা অবস্থায় যোৰাইল ফোন টেবিলেৰ উপৱ রাখলে যোৰাইলেৰ সংস্পৰ্শে আসায় টেবিলে ও কম্পনেৰ সৃষ্টি হয়। উভয়েৰ কম্পনেৰ ফলে শব্দোচ্চতা বা তীব্ৰতাৰ মান বেশি হয় বলে অপেক্ষাকৃত জোড়ালো শব্দ শোনা যায়।

প্ৰশ্ন ১৯। যানুষেৰ শ্বাস্যতাৰ তীব্ৰতাৰ অনুপাত  $10^{12}$ —ব্যাখ্যা কৰ।

[ঢ. বো. '১৭] [সেলু-৩২, আধিৱ-৯, প্ৰায়ালিক-২৬, তপন-২৮]

উত্তৰ : যানুষেৰ শ্বাস্যতাৰ তীব্ৰতাৰ অনুপাত  $10^{12}$  বলতে বুৰায়—যানুষেৰ শ্বাস্যতাৰ অনুপাত  $10^{12}$  গুণ বেশি তীব্ৰ শব্দ যানুষেৰ কৰ্ণে শ্ববণ অনুভূতিৰ সৃষ্টি কৰতে পাৰে।

প্ৰশ্ন ২০। শব্দেৰ তীব্ৰতা কীসেৰ উপৱ নিৰ্ভৰ কৰে ব্যাখ্যা কৰ। [ঢ. বো. '১৯]

উত্তৰ : তৰঙ্গেৰ তীব্ৰতা যে বিষয়গুলোৱ উপৱ নিৰ্ভৰ কৰে তা হলো—তৰঙ্গেৰ বিস্তাৱ, কম্পাঙ্গক, মাধ্যমেৰ ঘনত্ব, মাধ্যমে তৰঙ্গেৰ বেগ এবং দূৰত্ব।

কাৰণ, আমৱা জানি,  $I = 2\pi^2 n^2 a^2 pV$

উপৱোক্ত সম্পর্ক থেকে স্পষ্ট যে, তৰঙ্গেৰ তীব্ৰতা এৱ বিস্তাৱ ও কম্পাঙ্গেৰ বৰ্গেৰ সমানুপাতিক এবং এৱ বেগ ও মাধ্যমেৰ ঘনত্বেৰ সমানুপাতিক।

প্ৰশ্ন ২১। কোনো স্থানেৰ শব্দেৰ তীব্ৰতা  $10^{-8}$  watt m<sup>-2</sup> বলতে কী বুৰায়? ব্যাখ্যা কৰ।

[ঢ. বো. '১৬; ব. বো. '১৫]

[সেলু-৩৩, আধিৱ-২৩, প্ৰায়ালিক-৩১]

উত্তৰ : কোনো স্থানেৰ শব্দেৰ তীব্ৰতা  $10^{-8}$  watt m<sup>-2</sup> বলতে বুৰায় ঐ স্থানে শব্দ বিস্তাৱেৰ অভিমুখে লম্বভাৱে রাখা একক ক্ষেত্ৰফলেৰ মধ্য দিয়ে প্ৰতি সেকেন্ডে  $10^{-8}$  Joule পৱিমাল শব্দ শক্তি প্ৰাৰ্থিত হয়।

প্ৰশ্ন ২২। সৱল দোলকেৰ ভৱেৰ সূত্ৰটি বিবৃতিসহ ব্যাখ্যা কৰ।

উত্তৰ : বিস্তাৱ ৪০ এৱ মধ্যে এবং কাৰ্যকৰী দৈৰ্ঘ্য স্থিৱ থাকলে কোনো স্থানে সৱল দোলকেৰ দোলনকাল দোলিপিত (বব) এৱ ভৱ আৰুতি বা উপাদানেৰ উপৱ নিৰ্ভৰ কৰে না। অৰ্থাৎ কোনো নিদিষ্ট স্থানে সৱল দোলকেৰ কাৰ্যকৰী দৈৰ্ঘ্য L স্থিৱ থাকলে দোলনকাল T ববেৰ উপাদান ভাৱ বা আয়তনেৰ উপৱ স্বাধীন।

প্ৰশ্ন ২৩। বাদুৱ রাতে চলতে বছন্দ্য বোধ কৰে কেন? ব্যাখ্যা কৰ।

উত্তৰ : বাদুৱ চোখে দেখতে পাৰে না। বাদুৱ পথ চলাৰ জন্য শক্তোভৰ তৰঙ্গ ব্যবহাৰ কৰে। বাদুৱ চলাৰ সময় ক্ৰমাগত বিভিন্ন কম্পাঙ্গেৰ শক্তোভৰ তৰঙ্গ সৃষ্টি কৰে। এ তৰঙ্গ চাৰিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। সামনে যদি প্ৰতিবন্ধক থাকে তাহলে তাতে বাধা পেয়ে এ তৰঙ্গ প্ৰতিক্রিয়িত হয়ে বাদুৱেৰ কানে ফিৰে আসে। বাদুৱ তাৱ সৃষ্টি শব্দ তৰঙ্গ এবং প্ৰতিক্রিয়িত থেকে প্ৰতিবন্ধকেৰ অবস্থাৰ এবং আৰুতি সম্পর্কে ধাৰণা লাভ কৰে এবং পথ চলাৰ সময় সেই প্ৰতিবন্ধক পৱিহাৰ কৰে। তাই পথ চলাৰ জন্য রাতই তাৱ জন্য উপযুক্ত। কাৰণ দিনেৰ বেলায় যানুষেৰ কোলাহল ও কলকাৱাধানৰ শব্দে তাৱ সৃষ্টি শক্তোভৰ তৰঙ্গ প্ৰতিবন্ধকে বাধা পেয়ে তাৱ কানে ফিৰে আসত না। ফলে বাদুৱ প্ৰতিবন্ধকে বাধা পেয়ে আছত কিংবা মাৰা যেত। তাই বাদুৱ রাতে চলতে বছন্দ্যবোধ কৰে।

প্রশ্ন ২৪। তবলার আঘাত করলে জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয়, আবার দেৱালে আঘাত করলে ততটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না কেন ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : তবলা কাঠের বা মাটির তৈরি একমুখ খোলা একটা ফাঁপা পাত। খোলামুখ ট্যানিং করা চামড়া ছাড়া বস্থ থাকে। তাই তবলার চামড়া পর্দায় আঘাত করলে সুমধুর সুর উৎপন্ন হয়। কারণ তাতে কম্পাঙ্কের মানও বেশি থাকে। অপরদিকে দেয়ালে আঘাত করলে তাতে কম্পাঙ্কের মান অনেক কম হয়। ফলে এতে ততটা জোরালো শব্দ সৃষ্টি হয় না।

প্রশ্ন ২৫। সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়, ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৬; নি. বো. '১৫] [সেল-৩৪]

উত্তর : মূল সুরের কম্পাঙ্কের যেকোনো গুণিতক কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরকে উপসুর বলে। যদি মূল সুরের কম্পাঙ্ক  $n$  হয় তবে  $0.5n, n, \frac{3}{2}n, 2n, \frac{5}{2}n, 3n$  ইত্যাদি কম্পাঙ্কের শব্দগুলো  $n$  এর উপসুর।

কিন্তু যে সমস্ত উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের সরল গুণিতক তাদের সমমৌল বা হারমোনিক বলা হয়। যেমন— উপসুরের উদাহরণে  $n, 2n, 3n$  ইত্যাদি হারমোনিক এবং এগুলো উপসুরও বটে। অতএব সকল হারমোনিক উপসুর। কিন্তু সংজ্ঞা অনুসারে  $0.5n, \frac{3}{2}n, \frac{5}{2}n, 3n$  ইত্যাদি উপসুরগুলো কিন্তু হারমোনিক নয়। অতএব, সকল উপসুর হারমোনিক নয়।

প্রশ্ন ২৬। স্থির তরঙ্গে সুস্পন্দন বিন্দু সৃষ্টির শর্ত ব্যাখ্যা কর।

[বা. বো. '১৫] [সেল-৩৫, আধির-১৬, তপন-১৫]

উত্তর : স্থির তরঙ্গের ক্ষেত্রে যে সকল বিন্দুতে লক্ষ্য বিস্তার,  $A$  সর্বাধিক অর্থাৎ  $A = \pm 2a$  সেকল বিন্দুতে সুস্পন্দন বিন্দুর উভব হবে। সুতরাং সুস্পন্দন বিন্দু সৃষ্টির শর্ত হলো :

$$2a \cos \frac{2\pi x}{\lambda} = \pm 2a$$

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

$$\text{বা, } \frac{2\pi x}{\lambda} = 0, \pi, 2\pi \dots \dots \dots \text{ ইত্যাদি}$$

$$\text{বা, } x = 0, \frac{\lambda}{2}, \frac{2\lambda}{2} \dots \dots \frac{n\lambda}{2} (n = 0, 1, 2, 3 \dots \dots \dots)$$

$$= 0, 2, \frac{\lambda}{4}, 4, \frac{\lambda}{4}, \dots \dots \dots$$

এখানে,

$x$  = কণার সরণ

$y$  = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

অর্থাৎ পথ পার্থক্য যেসকল বিন্দুতে  $x$  এর মান ০ বা  $\frac{\lambda}{4}$  এর জোড় গুণিতক সেসকল বিন্দুতে সুস্পন্দন বিন্দু সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ২৭। এক সাথে অনেকগুলো সৈন্য ত্রিজের উপর দিয়ে যার্চ করে যাওয়া সঠিক নয় কেন? —ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৫]

[সেল-২, আধির-২৬, প্রাথমিক-৩৮, তপন-৫৫]

উত্তর : একটি বুলত ত্রিজের উপর যখন সৈন্যদল যার্চ করে যায় তখন সৈন্যদলের পা যিলিয়ে যাবার কারণে আরোপিত কম্পনের সৃষ্টি হয়। ফলে ত্রিজের লোহা বা অন্যান্য উপাদানের কণাগুলোও কম্পিত হয়। যখন আরোপিত কম্পন এবং ত্রিজের উপাদানের কণাগুলোর কম্পন সমান হয় তখন ত্রিজটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কম্পিত হয়। এক পর্যায়ে ত্রিজটি ভেঙেও যেতে পারে। এ কারণে সৈন্যদল ত্রিজের উপর দিয়ে যার্চ করে যাওয়া ঠিক নয়।

প্রশ্ন ২৮। প্রতি সেকেতে বীট ৬ বলতে কী বুঝ?

[সি. বো. '১৫] [সেল-২১, আধির-২৭, প্রাথমিক-৪৩, তপন-৪৯]

উত্তর : প্রতি সেকেতে বীট ৬ বলতে বুঝায়—

১. উৎসের ক্রিয়ার শব্দের তীব্রতা প্রতি সেকেতে ৬ বার হ্রাস-বৃদ্ধি হয়।
২. উৎসব্যয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য  $6 \text{ Hz}$ ।

৩. উৎসব্যয় হতে আগত শব্দ কোনো বিন্দুতে বা কানে প্রতি সেকেতে ৬ বার সমদশায় ও ৬ বার বিপরীত দশায় মিলিত হয়।

প্রশ্ন ২৯। তীব্রতা লেভেল 45 dB বলতে কি বুঝায়? [সি. বো. '১৬; নি. বো. '১৫] [সেল-৩৪]

উত্তর : কোনো শব্দের তীব্রতা এবং প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদম ছি শব্দের তীব্রতা লেভেল প্রকাশ করে। একটি  $I_0$  অর্থাৎ প্রমাণ তীব্রতা বিশিষ্ট শব্দ তরঙ্গের শব্দোচ্চতা যথাক্রমে  $L_0$  এবং  $L$  হলে তীব্রতা লেভেল বা শব্দোচ্চতার পার্থক্য হবে  $50 \text{ dB}$ .

$$\therefore 50 \text{ dB} = L - L_0 = a (\log L - \log L_0) = a \log \frac{L}{L_0}$$

$$\therefore a \log \frac{1}{L_0} = 50 \text{ dB}.$$

প্রশ্ন ৩০। শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ এবং শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভ বলতে কী বুঝায়? [ডিকার্নিস স্ন ছুল এভ কলেজ, ঢাকা] [প্রাথমিক-৩০]

উত্তর : সব থেকে কম যে তীব্রতার শব্দ আমাদের কানে যন্ত্রণা সৃষ্টি করে তাকে শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ বলে। এ তীব্রতার মান প্রায়  $1 \text{ Wm}^{-2}$  সুতরাং এর তীব্রতা লেভেল,  $\beta = 10 \log \left( \frac{1}{10^{-12}} \right) \text{ dB} = 120 \text{ dB}$

অর্থাৎ তীব্রতা লেভেল 120 dB হলে শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ হয়।

আবার, সব থেকে কম তীব্রতার যে শব্দ আমরা শুনতে পাই তাকে শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভ বলে। এ তীব্রতার মান প্রায়  $10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ , এ শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভের তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

$$\therefore \text{এর তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \left( \frac{10^{-12}}{10^{-12}} \right) \text{ dB} = 0 \text{ dB}$$

অর্থাৎ আমাদের কানে শ্রবণ অনুভূতির আরম্ভ হয় 0 dB থেকে।

প্রশ্ন ৩১। শব্দোচ্চতা তীব্রতার উপর নির্ভরীল কিন্তু সমানুপাতিক নয়” ব্যাখ্যা কর। [আইডিয়াল ছুল আ্যাড কলেজ, মতিবিল, ঢাকা] [প্রাথমিক-২৯]

উত্তর : শব্দোচ্চতা বলতে শব্দ কর জোরে হচ্ছে তা বোঝায়। তীব্রতা শ্রোতার কানে যে অনুভূতি সৃষ্টি করে তাই হলো শব্দোচ্চতা এবং তা ব্যক্তিনির্ভর। একই তীব্রতার একটি শব্দ যে ব্যক্তি কানে কম শোনে তার কাছে শব্দোচ্চতা কম অন্যদিকে যে কানে বেশি শোনে তার কাছে বেশি। অর্থাৎ শব্দোচ্চতা নির্ভর করে ব্যক্তির তীব্রতা যাচাই করার ক্ষমতার উপর। তীব্রতা একটি পরিমেয় ভৌত রাশি আর শব্দোচ্চতা অনুভব করার বিষয়। তাই তীব্রতা বাড়লে শব্দোচ্চতা বাড়লেও তা তীব্রতার সমানুপাতিক নয়।

প্রশ্ন ৩২। কোনো এক মাধ্যমে দুটি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক কি নির্ণয় কর। [চাকা কলেজ, ঢাকা] [সেল-৩৬]

উত্তর : মনে করি, কোনো একটি মাধ্যমে দুটি তরঙ্গ প্রবাহিত হচ্ছে। একটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_1$  এবং কম্পাঙ্ক  $f_1$ , অপরটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_2$  এবং কম্পাঙ্ক  $f_2$ । মাধ্যমের তরঙ্গবেগ  $v$  হলে,

$$\text{প্রথম তরঙ্গের ক্ষেত্রে, } v = f_1 \lambda_1 \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$\text{এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে } v = f_2 \lambda_2 \dots \dots \dots \quad (2)$$

(১) ও (২) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2$$

$$\text{বা, } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{f_2}{f_1}$$

এটিই হলো তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক।

প্রশ্ন ৩৩। অশ্রীয়ামী তরঙ্গের সাথে স্থির তরঙ্গের পার্থক্য কী?

[বি এ এক শাহীন কলেজ, যশোর] [আধির-৫, তপন-১৯]

উত্তর : অশ্রীয়ামী তরঙ্গ ও স্থির তরঙ্গের পার্থক্য :

১. মাধ্যমের সকল কণাই পর্যাবৃত্ত গতি লাভ করে।	১. মাধ্যমের বিন্দুগুলো ছাড়া সকল কণাই পর্যাবৃত্ত গতি লাভ করে।
--	---

২. প্রত্যেক কণার বিত্তার সমান কিন্তু একটি নির্দিষ্ট সময়ে এদের সমান সরণ হয় না।	২. কণাগুলোর পর্যায়কাল সমান হলেও বিত্তার সমান নয়।
৩. তরঙ্গের অভিযুক্তে এক কণার কম্পন পরবর্তী কণায় স্থানান্তরিত হয়, ফলে তরঙ্গ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট বেগে অগ্রসর হয়।	৩. মাধ্যমের মধ্যে তরঙ্গগুলো স্থিরভাবে অবস্থান করে এবং সমান দূরত্বে কণাগুলো স্থানে এদের সঞ্চেচন ও প্রসারণ একবার দৃশ্য ও আর একবার অদৃশ্য হয়।
৪. মাধ্যমের কণাগুলোর দশা এক কণা থেকে অন্য কণায় সঞ্চালিত হয়।	৪. পাশাপাশি দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী সকল কণা একই দশায় থাকে কিন্তু বিত্তার বিভিন্ন।

প্রশ্ন ৩৪। তীব্রতা লেভেল বলতে কী বুঝা?

[ইংৰাজী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা] [সেলু-১১, আমাদিক-১৭]

উত্তর : কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে। তীব্রতা লেভেলকে B ছাড়া প্রকাশ করা হয়। এটি পরিমাপ করা হয় বেল (B) এককে। যদি কোনো স্থানের তীব্রতা I এবং প্রমাণ তীব্রতা  $I_0$  হয় তবে, তীব্রতা লেভেল  $B = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ।

প্রশ্ন ৩৫। একটি সেকেন্ড দোলককে এভারেস্টের ছাঁড়ায় নিলে কি ধরনের পরিবর্তন লক্ষ করা যাবে?

[চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

উত্তর : উচু পাহাড়ের উপরে g-এর মান কম। কাজেই উচু পাহাড়ে নিয়ে গেলে দোলকের দোলনকাল বেশি হয়। এর অর্থ ঘড়ি ধীরে চলে। সুতরাং এভারেস্টের ছাঁড়ায় সেকেন্ড দোলককে নিয়ে গেলে এর দোলনকালের পরিবর্তন হয়।

প্রশ্ন ৩৬। তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি ব্যাখ্যা কর।

[পুলিশ লাইস স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর] [সেলু-৩৭]

উত্তর : তরঙ্গের উপরিপাতন নীতিটি হলো— কোনো কণার উপর একই সময়ে দুটি তরঙ্গ আপত্তি হলে সাম্যাবস্থান থেকে কণাটির লক্ষ্য সরণ হবে তরঙ্গ দুটির জন্য কণাটির সরণযোগ্যের ভেঙ্গের সমষ্টির সমান।

ব্যাখ্যা : ধরি, একটি তরঙ্গের দরুন মাধ্যমের মধ্য দিয়ে কোনো কণার সরণ  $\vec{y}_1$ , দ্বিতীয় একটি তরঙ্গের দরুন ঐ কণাতে ঐ সময়ে সরণ  $\vec{y}_2$ , তাহলে ঐ দুটি তরঙ্গ যুগপৎ অতিক্রম করলে ঐ কণার লক্ষ্য সরণ হবে,  $\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$

বা,  $y = y_1 \pm y_2$

একই দিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  ধনাত্মক, বিপরীত দিকে হলে  $y_1$  ও  $y_2$  কে অণাত্মক ধরে নিতে হবে।

প্রশ্ন ৩৭। বেতার তরঙ্গ কোন ধরনের তরঙ্গ? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : বেতার তরঙ্গ এমন একটি সরল ছবিতে তরঙ্গ যা মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালনের সময় তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়। কোনো সরল ছবিতে স্পন্দন সম্পর্ক তরঙ্গ যদি তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয় তবে সেটি অনুপস্থি বা আড় তরঙ্গ হবে। সুতরাং বেতার তরঙ্গ একটি অনুপস্থি বা আড় তরঙ্গ।

প্রশ্ন ৩৮। সুর বিবরাম বলতে কী বোঝা?

[সেলু-১৪]

উত্তর : দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাতকে সুরবিবরাম বলে।

ধরি, A, B, C, D ইত্যাদি কয়েকটি সুরের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে  $n_1, n_2, n_3, n_4$  ইত্যাদি।

তাহলে, B ও A -এর মধ্যে সুরবিবরাম =  $\frac{n_2}{n_1}$

C ও B -এর মধ্যে সুরবিবরাম =  $\frac{n_3}{n_2}$

D ও C -এর মধ্যে সুরবিবরাম =  $\frac{n_4}{n_3}$

এ অবস্থায় D ও A -এর মধ্যে সুরবিবরাম =  $\frac{n_4}{n_3} \times \frac{n_3}{n_2} \times \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_4}{n_1}$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, দুটি শব্দের সুরবিবরাম এদের মধ্যবর্তী সুরবিবরামগুলোর গুণফলের সমান।

প্রশ্ন ৩৯। অঞ্চলিক তরঙ্গের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য দেখ।

[সেলু-৫, আমির-৬, আমাদিক-৪]

উত্তর : অঞ্চলিক তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ—

১. মাধ্যমের প্রতিটি কণা পর্যাপ্ত গতি লাভ করে।

২. কণাগুলোর দশা এক কণা থেকে অপর কণাতে পরিবর্তিত হয়।

৩. কণাগুলো কখনো স্থির থাকে না অর্থাৎ মধ্যাবস্থানের উভয় পার্শ্বে কম্পিত হয় কিন্তু স্থানান্তরিত হয় না।

প্রশ্ন ৪০। শব্দ কখন নয়েজ বা গোলমেলে মনে হয়?

[সেলু-৪০]

উত্তর : যে সকল শব্দ শুতিকাটু তাদের সোরগোল বা সুরবর্জিত শব্দ বলা হয়। শব্দের উৎসের কম্পন অনিয়মিত বা অপর্যাপ্ত হলে যে শব্দ সৃষ্টি হয় তাদের আমাদের শুতিকাটু লাগে। তাছাড়া শব্দের তীব্রতা লেভেল 120 dB এর চেয়ে বেশি হলে সেই শব্দকে নয়েজ বা গোলমেলে মনে হয়।

প্রশ্ন ৪১। স্লীট স্টিটির শর্ত কী কী?

[সেলু-১৮, আমির-২৮]

উত্তর : বীট উৎপত্তির শর্ত হলো :

১. বীট স্টিটিকারী শব্দ তরঙ্গ দুটি একই সময়ে উৎপন্ন হতে হবে।

২. তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্ক ও তীব্রতা প্রায় সমান হতে হবে।

৩. তরঙ্গ দুটির দরুন মাধ্যমের কোনো একটি কণার সরণ একই রেখায় হতে হবে।

৪. মাধ্যমের কোনো একটি কণার উপর তরঙ্গ দুটি মিলিত হওয়ার পর তাদের মধ্যে দশা বৈষম্য সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে।

৫. তরঙ্গ দুটির মিলিত ক্রিয়ার বিত্তার সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ৪২। একজন ব্যক্তি গীটার বাজানোর পূর্বে গীটারের তারগুলোর টান ঠিক করে নেন কেন?

উত্তর : টান তারের কম্পাঙ্কের সমীকরণ হলে  $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

এখনে,  $l$  ও  $\mu$  অপরিবর্তিত থাকলে  $f \propto \sqrt{T}$ . অর্থাৎ কম্পাঙ্ক টানের বর্গমূলের সমানুপাতিক।

আমরা জানি, গীটারে ছয়টি তার থাকে। এ ছয়টি তারের কম্পাঙ্ক ছয় রকম হলে সৃষ্টি সুর শুতিমধুর হয়। তাই বিভিন্ন তারে বিভিন্ন রকম টান প্রয়োগ করা হয়। এ কারণে একজন ব্যক্তি গীটার বাজানোর পূর্বে গীটারের তারগুলো ঠিক করে নেন।

প্রশ্ন ৪৩। কম্পাঙ্কের পার্শ্বক্য 10 Hz বা এর বেশি হলে বিট শোনা যায় না কেন?

উত্তর : কম্পাঙ্কের পার্শ্বক্য 10 Hz বা এর বেশি হলে বিট শোনা যায় না এর প্রধান কারণ হলো মানব কর্ণের শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল  $\frac{1}{10}$  সেকেন্ড। তাই প্রতি সেকেন্ডে 10 টির বেশি বিট শব্দ মানব কর্ণে প্রবেশ করলে কর্ণ এ শব্দসমূহকে আলাদাভাবে শনাক্ত করতে পারে না।

প্রশ্ন ৪৪। নিম্পন্দ বিন্দু বলতে কী বুঝা?

[সেলু-৩৮, আমির-১৮]

উত্তর : স্থির তরঙ্গের যে সব বিন্দুতে কণার লক্ষ্য তরঙ্গের বিত্তার শূন্য হয় তাদের নিম্পন্দ বিন্দু বলে।

গতি, স্থির (স্থির) তরঙ্গের বিভাব  $A = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x$

$A$  এর সর্বনিম্ন মান  $A = 0$

$$\text{যা, } \cos \frac{2\pi}{\lambda} x = 0$$

যা,  $\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = \cos \frac{\pi}{2}, \cos \frac{3\lambda}{2}, \cos \frac{5\pi}{2}, \dots$  ইত্যাদি

$$\text{যা, } \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2} \dots \text{ ইত্যাদি}$$

$$\text{যা, } \frac{2}{\lambda} x = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2} \dots \text{ ইত্যাদি}$$

$$\text{যা, } x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \dots \text{ ইত্যাদি}$$

সূতরাং স্থির তরঙ্গের উপর যে সকল বিন্দুতে  $x$  এর মান  $\frac{\lambda}{4}$  এর বিজোড় গুণিতক সে সকল বিন্দুতে নিষ্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

প্রথ ৪৫। তরঙ্গের পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লেখ। [সেলু-৩, প্রাথমিক-২]

উত্তর : তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ :

১. কোনো একটি মাধ্যমের বিভিন্ন কণার সম্পর্কে কম্পনের কল্পনাই হলো তরঙ্গ।
২. তরঙ্গের বিভাব আছে।
৩. তরঙ্গের কম্পন আছে।
৪. তরঙ্গের তরঙ্গাদৈর্ঘ্য আছে।
৫. তরঙ্গ অগ্রগামী ও স্থির হতে পারে।

প্রথ ৪৬। তরঙ্গের তীব্রতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? [সেলু-১০]

উত্তর : তরঙ্গের তীব্রতা নিম্নবর্ণিত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে—

- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| ১. উৎসের কম্পনের বিভাব | ৪. মাধ্যমের ঘনত্ব                    |
| ২. উৎসের আকার          | ৫. মাধ্যমের গতি                      |
| ৩. উৎস থেকে দূরত্ব     | ৬. মাধ্যমে অন্যান্য বস্তুর উপস্থিতি। |

প্রথ ৪৭। অনুনাদের বৈশিষ্ট্য লেখ। [সেলু-৮]

উত্তর : অনুনাদের বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :

১. কোনো একটি বস্তুর বাতাবিক পর্যায়কাল যদি এর উপর আরোপিত পর্যায় বলের পর্যায়কালের সমান হয়, তখন বস্তুটির কম্পনে অনুনাদ হয়।
২. সকল অনুনাদী কম্পন পরবর্ষ কম্পন।
৩. অনুনাদী কম্পনে বিভাব সবচেয়ে বেশি হবে।
৪. অনুনাদে বস্তুর কম্পন শুরু হওয়ার অর্থ সময় পরই নিয়মিত হয়।

প্রথ ৪৮। উৎস সুসংগত হওয়ার পর্যন্তগুলো লেখ। [সেলু-১১, প্রাথমিক-২০]

উত্তর : নিম্নোক্ত প্রত্যুক্তি পূর্ণ সাপেক্ষে দৃষ্টি উৎসকে সুসংগত বলা হয় :

১. নিম্নোক্ত তরঙ্গাধরের একই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য থাকতে হবে।
২. তরঙ্গাধর একই দশা বা নির্দিষ্ট দশা পর্যাক্যে নিষ্পত্ত হতে হবে।
৩. দৃষ্টি উৎসকে সুসংগত করতে হলে উভয়কে একই উৎস থেকে সৃষ্টি করতে হয়।

প্রথ ৪৯। দোলায়ামান সেকেত দোলক কোনো শব্দ উৎপন্ন করে না কেন? [ৱা. বো. '১৬] [সেলু-২২, প্রাথমিক-২৭, তপন-৩০]

উত্তর : আমরা জানি, সেকেত দোলকের দোলকাল,  $T = 2s$

$$\text{সূতরাং সেকেত দোলকের কম্পাক্ষ, } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2s} = 0.5 \text{ Hz}$$

মানুষের শ্বাসাত্ত্ব মূলতম সীমা  $20 \text{ Hz}$ । অর্থাৎ, শব্দ শোনার অন্য শব্দের উৎসের কম্পাক্ষ কম্পনকে  $20 \text{ Hz}$  হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সেকেত দোলকের কম্পাক্ষ মাত্র  $0.5 \text{ Hz}$  বা  $20 \text{ Hz}$  থেকে অনেক কম। এ কারণে দোলায়ামান সেকেত দোলক কোনো শব্দ উৎপন্ন করে না।

প্রথ ৫০। সরল দোলকের পতি সরল ছদিত গতি— ব্যাখ্যা কর।

[বা. বো. '১৬] [সেলু-৩]

উত্তর : সরল দোলকের পতি সরলছদিত গতি। কারণ—

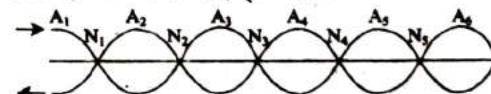
১. এটি একটি পর্যাপ্ত ও স্থানে গতি;
২. এটি একটি সরলরৈখিক গতি;
৩. এর স্থানের সীমা মাধ্যাবস্থানের উভয় দিকে সমান দূরে অবস্থিত;
৪. যেকোনো সময়ে তরঙ্গের মান সাম্যাবস্থান থেকে সরলের মানের সমানুপাতিক এবং
৫. তরঙ্গ সর্বদা একটি নিমিট বিন্দু অতিমূলী।

প্রথ ৫১। পুরুরে টিল হোঁড়া হলে কী ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হবে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : কোনো পুরুরে টিল হোঁড়া হলে টিলটি যখন পানি স্পর্শ করে তখন এই স্থানের পানির কণাগুলো আন্দোলিত হয়। এ কণাগুলো আবার তাদের পার্শ্ববর্তী স্থির পানি কণাগুলোকে আন্দোলিত করে তরঙ্গের সৃষ্টি করে। এভাবে মাধ্যমের কণার কম্পনের অভিমুখের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়। যে স্থানে মাধ্যমের কণাগুলোর সরণ সর্বাধিক হয় সেটি হলো তরঙ্গচূড়া আবার যে স্থানে পানির কণাগুলোর সরণ সর্বনিম্ন হয় সেটি হলো তরঙ্গপাদ বা তরঙ্গাঞ্চিত। এভাবে কোনো পুরুরের মধ্যে টিল ছুঁড়লে পানির কণাগুলো অনুপ্রস্থ তরঙ্গাকারে তরঙ্গচূড়া ও তরঙ্গপাদ উৎপন্ন করে সৃষ্টি আলোড়ন চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে।

প্রথ ৫২। স্থির তরঙ্গের চির অঙ্গন করে নিষ্পন্দ ও অনুসন্দ বিন্দুর ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর : স্থির তরঙ্গের উপরোক্ত বেসকল বিন্দুতে কণার স্থান নেই অর্থাৎ কণার সরণ শূন্য হয় সেই সকল বিন্দুকে নিষ্পন্দ বিন্দু বলে। চিত্রে  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$  ইত্যাদি বিন্দুগুলো সুস্পন্দ বিন্দু। অর্থাৎ স্থির তরঙ্গের উপর যে সকল বিন্দু  $\frac{\lambda}{4}$  এর জোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে নিষ্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হয়।



আবার স্থির তরঙ্গের উপরোক্ত বেসকল বিন্দুতে কণার সরণ সর্বাধিক হয় অর্থাৎ কণার স্থান সর্বোচ্চ হয়। সেই সকল বিন্দুকে সুস্পন্দ বিন্দু বলে। চিত্রে  $A_1, A_2, A_3$  ইত্যাদি বিন্দুগুলো সুস্পন্দ বিন্দু। অর্থাৎ স্থির তরঙ্গের উপর যে সকল বিন্দু  $\frac{\lambda}{4}$  এর জোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হয়।

প্রথ ৫৩। সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে নিরাপদে রাখে— ব্যাখ্যা কর। [বা. বো. '১৯]

উত্তর : বেসরো শব্দ যেগুলোকে আমরা নয়েজ বলি মানুষের মনকে খিটাখিটে করে তোলে। এই ধরনের শব্দে সীৰুলিন অবস্থান করলে মানুষের রক্তাপ বেড়ে যেতে পারে। অপরদিকে, সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে রক্তাপ বাতাবিক রাখতে সাহায্য করে। যার ফলে মানুষ নিরাপদে থাকে। অতএব বলা যায়, সজীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে নিরাপদে রাখে।

প্রথ ৫৪। তীক্ষ্ণতা ও কম্পাক্ষ একই কি নাঃ ব্যাখ্যা কর। [বা. বো. '১৯]

উত্তর : শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের বাবা কোন সুর ঢাকা কোন সুর ঘোটা সেটি বুকা যাব তাকে তীক্ষ্ণতা বলে। অপর দিকে এক শব্দের পতি কম্পাক্ষ করলে তরঙ্গ যতগুলো পূর্ণ দোলন দেয় তাকে উক্ত শব্দের কম্পাক্ষ বলে। তীক্ষ্ণতা শব্দের কম্পাক্ষের উপর নির্ভর করে, কিন্তু তীক্ষ্ণতা ও কম্পাক্ষ এক নয়।