সপ্তম অধ্যায়

তরঙ্গ ও শব্দ

LECTURE SHEET

- **তরঙ্গ (Waves) :** যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চারিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

  উদাহরণ : পানির ঢেউ, বাতাসে ধানের ক্ষেতে ঢেউ, শব্দ তরঙ্গ, আলোক তরঙ্গ, ভূতরঙ্গ (Earth Wave), তড়িৎ চুম্বক তরঙ্গ ইত্যাদি।

- **তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য (Wave's Characteristics) :**

  ১. মাধ্যমের কণার স্পন্দন গতির ফলে তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কিন্তু মাধ্যমের কণা স্থানান্তরিত হয় না।

  ২. যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন।

  ৩. তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালন করে।

  ৪. তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।

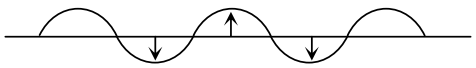
  ৫. তরঙ্গের প্রতিফলন ও প্রতিসরণ ও উপরিপাতন ঘটে।

- **পর্যায়কাল বা দোলনকাল (Time Period) :** তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে ঐ তরঙ্গের পর্যায়কাল বলে। পর্যায়কালকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক সেকেন্ড (s)।

- **কম্পাঙ্ক (Frequency) :** তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণা এক সেকেন্ডে যতগুলো স্পন্দন সম্পন্ন করে তাকে কম্পাঙ্ক বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কম্পাঙ্কের এসআই একক হার্জ (Hertz বা, Hz)

$$1\text{Hz} = 1\frac{\text{vib}}{\text{s}} = 1\ \frac{\text{cycle}}{\text{s}} = 1\ \frac{\text{স্পন্দন}}{\text{সেকেন্ড}} = 1\text{s}^{-1}$$

- **বিস্তার (Amplitude) :** তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণা সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে সর্বাধিক যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গের বিস্তার বলে। বিস্তারকে a দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এসআই বা আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে বিস্তারের একক মিটার (m)।



- **দশা (Phase) :** গতির সম্যক অবস্থাকে তার দশা বলে। কোনো একটি মুহূর্তে গতির সম্যক অবস্থা বলতে ঐ বিশেষ মুহূর্তে কণাটির সরণ, বেগ, ত্বরণ ইত্যাদি বোঝায়।

- **তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wave Length) :** তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে, সেই সময়ে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। অর্থাৎ পরপর দুটি তরঙ্গশীর্ষ বা তরঙ্গপাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

  তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তরঙ্গ বেগ (Wave Velocity) : তরঙ্গ নির্দিষ্ট দিকে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ বেগ বলে।

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ (Transverse Wave) : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলো স্পন্দনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়, তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে। পানির তরঙ্গ, বেতার তরঙ্গ ইত্যাদি অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গের উদাহরণ।

অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ (Longitudinal Wave) : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর স্পন্দনের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয়, সেই তরঙ্গকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে। যেমন : শব্দ তরঙ্গ।

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ও অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য :

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ	অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ
১. যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর স্পন্দনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়, তাই অনুপ্রস্থ তরঙ্গ।	১. যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর স্পন্দনের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয়, তাই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।
২. মাধ্যমে তরঙ্গশীর্ষ ও তরঙ্গপাদ উৎপন্ন করে সঞ্চালিত হয়।	২. সংকোচন ও প্রসারণের মাধ্যমে তরঙ্গ সঞ্চালিত হয়।
৩. একটি তরঙ্গশীর্ষ ও একটি তরঙ্গপাদ নিয়ে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য গঠিত।	৩. একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য গঠিত।

- **অগ্রগামী তরঙ্গ :** যখন কোনো মাধ্যমের ভেতর আন্দোলন এক স্তর থেকে অন্য স্তরে তরঙ্গ আকারে সঞ্চালিত হতে হতে সামনের দিকে একটি নির্দিষ্ট বেগে অগ্রসর হয়, তখন তাকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে।
- **শব্দ (Sound) :** শব্দ এক প্রকার শক্তি, যা একটি কম্পনশীল বস্তু হতে উৎপন্ন হয়ে ঐ বস্তুসংলগ্ন জড় মাধ্যমের সাহায্যে আমাদের কানে পৌঁছে শ্রুতির অনুভূতি জন্মায় বা জন্মাতে চেষ্টা করে। শব্দ স্থিতিস্থাপক জড় মাধ্যম অবলম্বন করে তরঙ্গ আকারে চলে।
- **শব্দের উৎপত্তি (Production of Sound) :** শব্দ উৎপত্তির মূল উৎসই বস্তুর কম্পন। বস্তুতে কম্পন যতক্ষণ থাকে ততক্ষণই তার শব্দ নিঃসরণ হয়। এ শব্দ নিরবচ্ছিন্ন স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হয় এবং কানে পৌঁছে শ্রুতির অনুভূতি জন্মায়।

  হাত থেকে কোনো ধাতব পাত্র মেঝেতে পড়ে গেলে শব্দের সৃষ্টি হয়। সাথে সাথে যদি পাত্রটিকে হাত দিয়ে চেপে ধরা হয় তাহলে পাত্রটির কম্পন এবং শব্দ দু–ই থেমে যায়। এ থেকে আমরা বলতে পারি যে, বস্তুর কম্পন থেকেই শব্দের উদ্ভব হয়।
- **শব্দের প্রতিফলন (Reflection of Sound) :** কোনো শব্দ তরঙ্গ একটি সুষম মাধ্যমের মধ্য দিয়ে চলার সময় যদি ভিন্ন ধরনের একটি মাধ্যমে বাধা পেয়ে পূর্বের মাধ্যমে ফিরে আসে তাহলে এই ঘটনাকে শব্দের প্রতিফলন বলে।
- **শব্দের প্রতিধ্বনি (Echo) :** কোনো উৎস থেকে সৃষ্ট শব্দ যদি দূরবর্তী কোনো মাধ্যমে বাধা পেয়ে উৎসের কাছে ফিরে আসে তখন মূল ধ্বনির যে পুনরাবৃত্তি হয় তাকে শব্দের প্রতিধ্বনি বলে।

- **শ্রাব্যতার পাল্লা (Audibility Range) :** শব্দের উৎপত্তির জন্য মাধ্যমে কম্পন সৃষ্টি করতে হয়। উৎসের কম্পাঙ্ক 20Hz থেকে 20,000Hz এর মধ্যে সীমিত থাকলেই কেবল আমরা শব্দ শুনতে পাই। একে শ্রাব্যতার পাল্লা বলে।
- **শব্দোত্তর তরঙ্গ (Ultrasonic Waves) :** যে শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 20,000 Hz–এর চেয়ে বেশি তাকে শব্দোত্তর তরঙ্গ বলে।

  শব্দ উৎসের কম্পন সংখ্যা প্রতি সেকেন্ডে 20,000 বার অর্থাৎ কম্পাঙ্ক 20,000 Hz এর বেশি হলে উৎপন্ন শব্দ আমরা শুনতে পাই না।
- **শব্দেতর তরঙ্গ (Infrasonic Waves) :** যে শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 20 Hz–এর চেয়ে কম তাকে শব্দেতর তরঙ্গ বলে। শব্দ উৎসের কম্পন সংখ্যা প্রতি সেকেন্ডে 20 বার অর্থাৎ কম্পাঙ্ক 20 Hz এর কম হলে উৎপন্ন শব্দ আমরা শুনতে পাই না।
- **শব্দোত্তর তরঙ্গের ব্যবহার (Use of Ultrasonic Waves) :**
  - সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়, হিমশৈল, ডুবোজাহাজ ইত্যাদির অবস্থান নির্ণয়;
  - পোতাশ্রয়ের মুখ থেকে জাহাজকে পথ প্রদর্শন;
  - রোগ নির্ণয় ও চিকিৎসা;
  - ক্ষতিকারক ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করা;
  - ধাতবপিণ্ড বা পাতে সূক্ষ্মতম ফাটল অনুসন্ধান;
  - সূক্ষ্ম ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করা;
  - সাধারণভাবে মিশে যায় না এমন তরলসমূহের (যেমন: পানি ও পারদ) মিশ্রণ তৈরি।
- **বাদুড়ের পথ চলা :** বাদুড় চলার সময় ক্রমাগত বিভিন্ন কম্পাঙ্কের শব্দোত্তর তরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ তরঙ্গ চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। সামনে যদি কোনো প্রতিবন্ধক থাকে, তাহলে তাকে বাধা পেয়ে এ তরঙ্গ প্রতিফলিত হয়ে বাদুড়ের কানে ফিরে আসে। বাদুড় তার সৃষ্ট শব্দোত্তর তরঙ্গ এবং প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যকার সময়ে ব্যবধান ও প্রতিফলিত শব্দের প্রকৃতি থেকে প্রতিবন্ধকের অবস্থান এবং আকৃতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করে এবং পথ চলার সময় সেই প্রতিবন্ধক পরিহার করে। যেদিকে শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রতিধ্বনি শুনতে পারে না, যে দিকে কোনো প্রতিবন্ধক নেই বিবেচনা করে বাদুড় সে দিকে চলে।
- **শব্দ দূষণ (Sound pollution) :** শব্দের আধিক্য আমাদের দেহ ও মনের ওপর যে বিরূপ প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে তাকেই শব্দ দূষণ বলে।
- **দূষণের কারণ**
  - সভ্যতার বিকাশের সাথে সাথে শহর, বন্দর, নগর সৃষ্টির ফলে অতিরিক্ত শব্দের সৃষ্টি হয়। ফলে শব্দ দূষণ হয়।
  - উচ্চ শব্দে রেডিও বা লাউড স্পিকারে গান বাজালে শব্দ দূষণ হয়।
  - শিল্প কারখানায় বিভিন্ন যন্ত্র থেকে উৎপন্ন শব্দ, শব্দ দূষণ সৃষ্টি করে।
- **শব্দ দূষণরোধ :**

১. শব্দ দূষণ রোধের জন্য সুস্থ মানসিকতা ও উন্নত দৃষ্টিভঙ্গির প্রয়োজন।

২. অহেতুক শব্দ সৃষ্টি, যেমন– মাইক, রেডিও, টিভি, গাড়ির হর্ন ইত্যাদি জোরে বাজানো থেকে বিরত থাকতে হবে।

● ■ জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ও উত্তর ■ ●

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ পূর্ণ স্পন্দন কাকে বলে?

উত্তর : তরঙ্গাস্থিত কোনো কণা একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে আবার একই দিক হতে সেই বিন্দুতে ফিরে এলে তাকে একটি পূর্ণ স্পন্দন বলে।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ তরঙ্গপাদ কাকে বলে?

উত্তর : অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সর্বনিম্ন বিন্দুকে তরঙ্গপাদ বলে।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ তরঙ্গের দশা কাকে বলে?

উত্তর : তরঙ্গাস্থিত কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সামগ্রিক অবস্থা প্রকাশক রাশিকে দশা বলে।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ শব্দেতর কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

উত্তর : যে শব্দের কম্পাঙ্ক 20 Hz–এর চেয়ে কম, তাকে শব্দেতর কম্পন বলে।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ শব্দের তীব্রতা কাকে বলে?

উত্তর : শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ প্রবাহিত হয় তাকে সুরযুক্ত শব্দ বলে।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ শব্দের তীক্ষ্ণতা কাকে বলে?

উত্তর : সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রাবল্যের খাদের সুর ও চড়াসুরের মধ্যে পার্থক্য বোঝা যায় তাকে শব্দের তীক্ষ্ণতা বা পিচ বলে।

● ■ অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর ■ ●

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ তরঙ্গের প্রকারভেদ সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর : উৎপত্তির কারণ অনুসারে তরঙ্গসমূহ যান্ত্রিক ও তাড়িতচৌম্বক দুই প্রকার হতে পারে। যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনে মাধ্যমের প্রয়োজন হয়, কিন্তু তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ সঞ্চালনে মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। তবে সঞ্চালনের ধরন অনুসারে তরঙ্গসমূহকে অনুপ্রস্থ ও অনুদৈর্ঘ্য এ দু'ভাগে ভাগ করা হয়। অনুপ্রস্থ তরঙ্গের ক্ষেত্রে মাধ্যমের কণাসমূহ তরঙ্গবেগের দিকের সাথে লম্বভাবে কম্পিত হয় এবং অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের ক্ষেত্রে কণাগুলো তরঙ্গবেগের দিকের সমান্তরালে কম্পিত হয়।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য কী কী?

উত্তর : তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ :

১. প্রত্যেকটি কণা পর্যাবৃত্ত গতি লাভ করে।

২. মাধ্যমের ভিতর দিয়ে নির্দিষ্ট বেগে সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

৩. কণাগুলোর দশা এক কণা থেকে অপর কণাতে পরিবর্তিত হয়।

৪. মাধ্যমের কণাগুলো কখনো স্থির থাকে না।

৫. মাধ্যমের প্রতিটি বিন্দুর চাপ ও ঘনত্ব একইভাবে পরিবর্তিত হয়।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ কীভাবে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ শনাক্ত করবে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সবচেয়ে বড় বৈশিষ্ট্য হলো এটি সংকোচন ও প্রসারণ উৎপন্ন করে মাধ্যমে সঞ্চালিত হয়। সুতরাং কোনো তরঙ্গ যদি মাধ্যমে সংকোচন ও প্রসারণ উৎপন্ন করে সঞ্চালিত হয় তবে এটিকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ হিসেবে শনাক্ত করা যায়। এক্ষেত্রে একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ মিলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত হয়। এছাড়া অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ শনাক্ত করার আরেকটি উপায় হলো এ তরঙ্গের ক্ষেত্রে মাধ্যমের কণাগুলো স্পন্দনের দিক তরঙ্গের দিকের সমান্তরাল হয়।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ বায়ু ও পানির মধ্য দিয়ে শব্দ সংকেত অগ্রসর হওয়ার সময় কোন মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি হবে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : সাধারণত $0°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের দ্রুতি $332\ ms^{-1}$ পানিতে শব্দের দ্রুতি প্রায় $1450 ms^{-1}$ এবং পানির মধ্যে শব্দ বাতাসের চেয়ে প্রায় চারগুণ দ্রুত চলে। এ থেকে স্পষ্ট হয় যে, বায়ু ও পানির মধ্য দিয়ে শব্দ সংকেত অগ্রসর হওয়ার সময় পানি মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ বাতাসে ও পানিতে শব্দের দ্রুতি সমান নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : শব্দের দ্রুতি মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। যার কারণে কঠিন মাধ্যমে শব্দ সবচেয়ে দ্রুত চলে, তরল মাধ্যমে তার চেয়ে ধীরে চলে, বায়বীয় মাধ্যমে শব্দের দ্রুতি সবচেয়ে কম। পরীক্ষা করে দেখা গেছে $0°C$ বা $273\ K$ তাপমাত্রায় ও স্বাভাবিক চাপে শুষ্ক বায়ুতে শব্দের দ্রুতি $332\ ms^{-1}$। পুকুরের পানিতে বৃষ্টির ফোঁটা পড়লে বাইরে থেকে যে শব্দ খুব আস্তে শোনা যায় পানিতে ডুব দিয়ে শুনলে ঐ শব্দ বেশ জোরে শোনা যায়। এ থেকে বোঝা যায় শব্দ বাতাস বা বায়ু মাধ্যমের চেয়ে পানি অর্থাৎ তরল মাধ্যমে দ্রুত চলে। হিসাব করে দেখা গেছে, পানির মধ্যে শব্দ বাতাসের চেয়ে প্রায় চারগুণ দ্রুত চলে। পানিতে শব্দের দ্রুতি প্রায় $1450\ ms^{-1}$।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ তরঙ্গ বেগ এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মধ্যকার সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : কম্পমান বস্তুর একটি পূর্ণ কম্পনে যে সময় লাগে সেই সময়ে তরঙ্গ যেটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তা তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের (λ) সমান। সুতরাং তরঙ্গের কম্পাঙ্ক f হলে f সংখ্যক পূর্ণকম্পনকালীন সময়ে (1s)-এ তরঙ্গ $f\lambda$ পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে। সংজ্ঞানুসারে এটিই হলো তরঙ্গ বেগ, $v = f\lambda$; এটিই তরঙ্গ বেগ এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মধ্যকার সম্পর্ক।

প্রশ্ন ॥ ৭ ॥ শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর।

উত্তর : কোনো বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং এ তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। এই তরঙ্গের প্রবাহের দিক এবং কম্পনের দিক একই শব্দ তরঙ্গের মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভরশীল। বায়বীয় মাধ্যমে এর বেগ কম, তরঙ্গো তার চেয়ে বেশি, কঠিন পদার্থে আরও বেশি। শব্দের তীব্রতা তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। শব্দ তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন সম্ভব। শব্দের বেগ মাধ্যমের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার উপরও নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ॥ ৮ ॥ প্রতিধ্বনি শোনার শর্তসমূহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : প্রতিধ্বনি শোনার জন্য প্রতিফলিত শব্দকে শ্রোতার কানে মূল শব্দ থেকে আলাদাভাবে পৌঁছতে হবে। প্রতিধ্বনি শোনার জন্য মূলধ্বনি ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময়ের পার্থক্য অন্তত 0.1 সেকেন্ড হওয়া প্রয়োজন। এর কম হলে মূলধ্বনি থেকে প্রতিধ্বনিকে আলাদা করা যাবে না। সুতরাং প্রতিধ্বনি শোনার জন্য উৎস ও প্রতিফলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব এমন হতে হবে যেন প্রতিফলিত শব্দ 0.1 সেকেন্ডের আগে ফিরে আসতে না পারে।

প্রশ্ন ॥ ৯ ॥ প্রতিধ্বনির ব্যবহারিক প্রয়োগ– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : প্রতিধ্বনির ব্যবহার দ্বারা কূপের, সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব। বাদুড়সহ বেশ কয়েকটি প্রাণী প্রতিধ্বনি ব্যবহার করে পথ চলে। শব্দের বেগ জানা থাকলে প্রতিধ্বনির ধর্ম ব্যবহার করে দূরবর্তী পাহাড়, দেওয়াল ও অন্যান্য প্রতিফলকের দূরত্ব নির্ণয় করা যায়। পক্ষান্তরে প্রতিফলকের দূরত্ব জানা থাকলে পতিধ্বনির মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ॥ ১০ ॥ প্রতিধ্বনি শোনার জন্যে প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব কীভাবে তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে?

উত্তর : প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব d হলে $2d = v \times t$; এখানে হলো শব্দের বেগ এবং t হলো শ্রবণানুভূতির স্থায়িত্বকাল $0{\cdot}1s$।

দূরত্ব শব্দের বেগের মানের $\frac{1}{20}$ ভাগ। যেহেতু শব্দের বেগ তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে, তাই প্রতিধ্বনি শোনার জন্য প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।

প্রশ্ন ॥ ১১ ॥ প্রতিধ্বনি ব্যবহার করে সমুদ্রের গভীরতা পরিমাপ করা সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : প্রতিধ্বনি ব্যবহার করে সমুদ্রের গভীরতা পরিমাপ করা সম্ভব। সমুদ্রের উপরিতলে জাহাজ হতে উচ্চ কম্পাঙ্কের শ্রবণোত্তর কম্পাঙ্ক উৎপন্ন করলে তা পানির ভেতর দিয়ে অতিক্রম করে সমুদ্রের তলদেশে প্রতিফলিত হয়। উৎপন্ন প্রতিধ্বনি সমুদ্রতলে ফিরে আসলে শব্দ উৎপন্ন ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময়কাল (t) থামাঘড়ির মাধ্যমে নির্ণয় করে $2h = v \times t$ সূত্র ব্যবহার করে সমুদ্রের গভীরতা (h) নির্ণয় করা হয়, যেখানে v হলো পানিতে শব্দের বেগ।

প্রশ্ন ॥ ১২ ॥ শব্দানুভূতির স্থায়ীত্বকাল বলতে কী বোঝ?

উত্তর : কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দ বা ধ্বনি কানে শোনার পর সেই শব্দের রেশ প্রায় $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড যাবৎ আমাদের মস্তিষ্কে থেকে যায়। একে শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে। এই $\frac{1}{10}$ সেকেন্ডের মধ্যে অন্য শব্দ কানে এসে পৌঁছালে তা আমরা আলাদা করে শুনতে পাই না। সুতরাং কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে হলে প্রতিফলককে উৎস থেকে এমন দূরত্বে রাখতে হবে যাতে মূল শব্দ প্রতিফলিত হয়ে কানে ফিরে আসতে অন্তত $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড সময় নেয়।

প্রশ্ন ॥ ১৩ ॥ শ্রাব্যতার সীমা বলতে কী বোঝ?

উত্তর : মানুষ যেকোনো কম্পাঙ্কের শব্দ শুনতে পায় না। শব্দের কম্পাঙ্ক 20 Hz–এর বেশি এবং 20000 Hz এর কম হলে তবেই মানবকর্ণ উক্ত শব্দ শুনতে পায়। কম্পাঙ্কের এ সীমার ওপর শ্রাব্যতা নির্ভর করে বলে মানবকর্ণের জন্য 20 Hz – 20000 Hz সীমাকে শ্রাব্যতার সীমা বলে। অন্য প্রাণীদের জন্য এই শ্রাব্যতার সীমা আলাদা আলাদা মানের হবে।

প্রশ্ন ॥ ১৪ ॥ বৈদ্যুতিক তারে ঝুলন্ত মরা বাদুড় দেখা যায় কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : বাদুড় শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করে সামনে ছড়িয়ে দেয়। যদি বাধা পেয়ে শব্দ ফিরে না আসে তবে বুঝতে পারে যে ফাঁকা জায়গা আছে, সেই পথ বরাবর সে উড়ে চলে। অনেক সময়, বৈদ্যুতিক তারের সঠিক অবস্থান নির্ণয় করতে ব্যর্থ হলে সমান্তরাল দুই তারের মধ্য দিয়ে উড়ে চলার সময় যখন ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তারে বাদুড়ের শরীরের মাধ্যমে সংযোগ পেয়ে যায় তখন বাদুড়ের শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় আর সে মারা যায়। এ কারণে মাঝে মধ্যে বৈদ্যুতিক তারে ঝুলন্ত মরা বাদুড় দেখা যায়।

প্রশ্ন ॥ ১৫ ॥ কোন কোন কারণে শব্দের বেগের পরিবর্তন হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : গ্যাসীয় মাধ্যম অপেক্ষা তরল মাধ্যমে শব্দের বেগ বেশি এবং কঠিন মাধ্যমে সর্বাপেক্ষা বেশি। এছাড়া, বায়ু এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড উভয়ে গ্যাসীয় হলেও এদের মধ্যে শব্দের বেগ ভিন্নমানের।

সুতরাং শব্দের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে সাথে নির্দিষ্ট মাধ্যমে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়। যেমন $0°C$ তাপমাত্রায় শব্দের বেগ $332\ ms^{-1}$ হলেও $20°C$ তাপমাত্রায় তা $344\ ms^{-1}$ এবং শুষ্ক বাতাস অপেক্ষা আর্দ্র বাতাসে শব্দের বেগ বেশি।

সুতরাং শব্দের বেগ তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার ওপরও নির্ভর করে।

প্রশ্ন ॥ ১৬ ॥ সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য শব্দের তীব্রতার ওপর কীভাবে নির্ভর করে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : সুরযুক্ত শব্দের তিনটি বৈশিষ্ট্যের মধ্যে তীব্রতা হলো একটি। প্রাবল্য বা তীব্রতা বলতে শব্দ কতটা জোরে হচ্ছে তা বোঝায়। শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দশক্তি প্রবাহিত হয় তাই হলো শব্দের তীব্রতা।

প্রশ্ন ॥ ১৭ ॥ পুরুষের গলার স্বর মোটা কিন্তু নারী ও শিশুদের গলার স্বর তীক্ষ্ণ কেন– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : মানুষের গলার স্বরযন্ত্রে দুটো পর্দা আছে। এদেরকে স্বরতন্ত্রী বলে। এই ভোকাল কর্ডের কম্পনের ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। বয়স্ক পুরুষদের ভোকাল কর্ড বয়সের সঙ্গে সঙ্গে দৃঢ় হয়। কিন্তু শিশু বা নারীদের ভোকাল কর্ড দৃঢ় থাকে না, ফলে বয়স্ক পুরুষদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক কম এবং নারী বা শিশুদের স্বরের কম্পাঙ্ক বেশি হয়। তাই পুরুষদের গলার স্বর মোটা কিন্তু শিশু বা নারীদের কণ্ঠস্বর তীক্ষ্ণ।

প্রশ্ন ॥ ১৮ ॥ 'শব্দের ক্ষেত্রে তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতা একই রাশি নয়'– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : শব্দ প্রবাহের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। অপরদিকে, সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রাবল্যের খাদের সুর এবং চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য বোঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বলে। সংজ্ঞানুসারে তীব্রতা নির্ভর করে উৎপন্নকারী কম্পমান কণাসমূহের সাম্যাবস্থান হতে বিস্তারের ওপর এবং তীক্ষ্ণতা নির্ভর করে কম্পাঙ্কের ওপর। যেমন পুরুষদের

গলার স্বর মোটা, অর্থাৎ তাদের দ্বারা উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা বেশি কিন্তু তীক্ষ্ণতা বেশি নয়। পক্ষান্তরে নারী ও শিশুদের ক্ষেত্রে তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতা একই রাশি নয়।

প্রশ্ন ॥ ১৯ ॥ শব্দ দূষণের ক্ষতিকর প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : শব্দ দূষণের কারণে অপ্রয়োজনীয় শব্দ ও কোলাহলে অসহ্য অনুভূত হয়। অবিরাম তীব্র শব্দ মানসিক উত্তেজনা বাড়ায় ও মেজাজ খিটখিটে করে। শব্দদূষণ বমি বমি ভাব, ক্ষুধামান্দ্যা, রক্তচাপ বৃদ্ধি, হৃৎপিন্ড ও মস্তিষ্কের জটিল রোগ, অনিদ্রাজনিত অসুস্থতা, ক্লান্তি ও অবসাদগ্রস্ত হয়ে পড়া, কর্মদক্ষতা হ্রাস, স্মৃতিশক্তি হ্রাস, মাথাঘোরা প্রভৃতি ক্ষতিকারক প্রভাব সৃষ্টি করে।

হঠাৎ তীব্র শব্দ মানুষের শ্রবণশক্তি নষ্ট করতে পারে।

গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান

সূত্রাবলি	প্রতীক পরিচিতি
➧ $v = \frac{\lambda}{T}$	λ = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য T = পর্যায়কাল
➧ $T = \frac{1}{f}$	T = পর্যায়কাল
➧ $v = f\lambda$	v = বেগ f = কম্পাঙ্ক λ = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য
➧ $d = \frac{vt}{2}$	t = শব্দ উৎপন্ন করা ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় d = দূরত্ব

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১ : একটি বস্তু বাতাসে যে শব্দ সৃষ্টি করে তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য 20 cm। বাতাসের শব্দের বেগ 340 ms^{-1} হলে এর কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কাল বের কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 20\ cm = 0{\cdot}2\ m$

শব্দের বেগ, $v = 340\ ms^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

পর্যায়কাল, $T = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340\ ms^{-1}}{0{\cdot}2\ m} = 1700\ Hz$

আবার, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1700\ s^{-1}}$

$= 0{\cdot}000588\ s$

$= 5{\cdot}88 \times 10^{-4}\ s$

নির্ণেয় কম্পাঙ্ক 1700 Hz; পর্যায়কাল $5{\cdot}88 \times 10^{-4}$ s

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২ : নদীর এক পাড়ে দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি হাততালি দিল। ঐ শব্দ নদীর অপর পাড় থেকে ফিরে এসে 1·5 s পর প্রতিধ্বনি শোনা গেল। ঐ সময় বায়ুতে শব্দের বেগ 340 ms^{-1} হলে নদীটির প্রশস্ততা কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

বেগ, $v = 340\ m\ s^{-1}$

সময়, $t = 1{\cdot}5\ s$

প্রশস্ততা, $d = ?$

আমরা জানি, $2d = v \times t$

$\therefore\ d = \frac{v \times t}{2}$

$= \frac{340\ ms^{-1} \times 1{\cdot}5\ s}{2}$

$= 255\ m$

সুতরাং নদীর প্রশস্ততা 255 m

সমস্যা ॥ ৩ ॥ একটি বস্তু বাতাসে যে শব্দ সৃষ্টি করে তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0·2 m। বাতাসে শব্দের বেগ 332 ms^{-1} হলে এর কম্পাঙ্ক বের কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0{\cdot}2\ m$

শব্দের বেগ, $v = 332\ ms^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{332\ ms^{-1}}{0{\cdot}2\ m} = 1660\ s^{-1} = 1660\ Hz$

অতএব, কম্পাঙ্ক 1660 Hz।

সমস্যা ॥ ৪ ॥ বাতাসে শব্দের বেগ $332\ ms^{-1}$। একটি সুরশলাকা দ্বারা বাতাসে উৎপন্ন শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য $1{\cdot}66\ m$ হলে, শলাকার কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

শব্দের বেগ, $v = 332\ m\ s^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 1{\cdot}66\ m$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

পর্যায়কাল, $T = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{332\ m\ s^{-1}}{1{\cdot}66\ m}$

$\therefore f = 200\ Hz$

আবার, $f\ T = 1$

বা, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200\ Hz}$

$\therefore T = 0{\cdot}005\ s$

অতএব, কম্পাঙ্ক 200 Hz; পর্যায়কাল 0·005 s

সমস্যা ॥ ৫ ॥ ঢাকা বেতার কেন্দ্র মিডিয়াম ওয়েভে $630\ kHz$ এ অনুষ্ঠান সম্প্রচার করে। রেডিও তরঙ্গের বেগ $3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$ হলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 630\ kHz = 63 \times 10^4\ Hz = 63 \times 10^4\ s^{-1}$

তরঙ্গের বেগ, $v = 3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$

তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $\lambda = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{63 \times 10^4 \text{ s}^{-1}}$

$= 476{\cdot}19 \text{ m}$

অতএব, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 476·19 m।

সমস্যা ॥ ৬ ॥ বাতাসে একটি সুরশলাকার সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য 50 cm এবং অপর একটি সুরশলাকার সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য 70 cm। প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 350 Hz হলে দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত হবে?

সমাধান : দেওয়া আছে, প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 350$ Hz

প্রথম সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 50$ cm

দ্বিতীয় সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 70$ cm

দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = ?$

বাতাসে শব্দের বেগ, $v = f_1\lambda_1 = 350 \text{ Hz} \times 50 \text{ cm}$

আবার, $v = f_2\lambda_2$

$\therefore f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{350 \text{ Hz} \times 50 \text{ cm}}{70 \text{ cm}} = 250 \text{ Hz}$

অতএব, দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 250 Hz

সমস্যা ॥ ৭ ॥ P ও Q দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগ যথাক্রমে 300 ms^{-1} এবং 350 ms^{-1} মধ্যমে দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0·1 m হলে সুরশলাকার 50 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কতদূর যাবে?

সমাধান : মনে করি, Q মাধ্যমে শব্দ S দূরে যাবে।

এবং P ও Q মাধ্যমে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_P ও λ_Q

এখানে, তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য = 0·1 m

কম্পন সংখ্যা, N = 50

P মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_p = 300 \text{ ms}^{-1}$

Q মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_Q = 350 \text{ m s}^{-1}$

দূরত্ব, S = ?

আমরা পাই, $\lambda_Q - \lambda_P = 0{\cdot}1 \text{ m}$

বা, $\frac{v_Q}{f} - \frac{v_p}{f} = 0{\cdot}1 \text{ m}$

বা, $\frac{1}{f}(v_Q - v_p) = 0{\cdot}1 \text{ m}$

বা, $\frac{1}{f}(350 \text{ ms}^{-1} - 300 \text{ ms}^{-1}) = 0{\cdot}1 \text{ m}$

বা, $\frac{1}{f} \times 50 \text{ ms}^{-1} = 0{\cdot}1 \text{ m}$

বা, $\frac{1}{f} = \frac{0{\cdot}1\text{m}}{50 \text{ ms}^{-1}}$

$\therefore f = 500 \text{ Hz}$

আমরা জানি, $S = v_Q \times t = v_Q \times \frac{N}{f}$

$= 350 \text{ m} \times \frac{50}{500 \text{ Hz}}$

$= 35 \text{ m}$

অতএব, Q মাধ্যমে শব্দ 35 m যাবে।

সমস্যা ॥ ৮ ॥ বায়ুর ও পানিতে 300 Hz কম্পাঙ্কের একটি শব্দ তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4·18 m। বায়ুতে শব্দের বেগ 350 m s^{-1} হলে পানিতে শব্দের বেগ কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

বায়ুতে শব্দের বেগ, $v_1 = 350 \text{ m s}^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f = 300 \text{ Hz}$

তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পার্থক্য = $\lambda_2 - \lambda_1 = 4{\cdot}18 \text{ m}$ (i)

পানিতে শব্দের বেগ, $v_2 = ?$

(i) নং সমীকরণ হতে পাই,

$\lambda_2 - \lambda_1 = 4{\cdot}18$

বা, $\frac{v_2}{f} - \frac{v_1}{f} = 4{\cdot}18$

বা, $\frac{v_2}{f} = 4{\cdot}18 + \frac{v_1}{f}$

বা, $v_2 = \left(4{\cdot}18 + \frac{v_1}{f}\right) f$

$= \left(4{\cdot}18 + \frac{350}{300}\right) 300$

$\therefore\ v_2 = 1604\ \text{m s}^{-1}$

অতএব, পানিতে শব্দের বেগ $1604\ \text{m s}^{-1}$

সমস্যা ॥ ৯ ॥ কোনো সুরশলাকা একটি মাধ্যমে 5 cm দৈর্ঘ্যের এবং $330\ \text{m s}^{-1}$ বেগে তরঙ্গ উৎপন্ন করে। অপর একটি মাধ্যমে তরঙ্গ বেগ যদি $300\ \text{m s}^{-1}$ হয় তবে ওই মাধ্যমে সুরশলাকার 100টি কম্পনে শব্দ কত দূরে যায়?

সমাধান : দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 5\ \text{cm} = 0{\cdot}05\ \text{m}$

প্রথম মাধ্যমে বেগ, $v_1 = 330\ \text{m s}^{-1}$

দ্বিতীয় মাধ্যমে বেগ, $v_2 = 300\ \text{m s}^{-1}$

কম্পাঙ্ক সংখ্যা, N = 100টি

দূরত্ব, S = ?

আমরা জানি, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

বা, $\lambda_2 = \frac{v_2 \times \lambda_2}{v_1} = \frac{300 \times 0{\cdot}05}{330} = 0{\cdot}0455\ \text{m}$

আবার, আমরা জানি, $S = N\lambda_2 = 100 \times 0{\cdot}0455 = 4{\cdot}55\ \text{m}$

অতএব, শব্দের অতিক্রান্ত দূরত্ব $4{\cdot}55\ \text{m}$

সমস্যা ॥ ১০ ॥ কোনো একটি মাধ্যমে 480 Hz ও 320 Hz কম্পাঙ্কের দুটি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য 2 m হলে মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে, কম্পাঙ্ক, $f_1 = 480\ \text{Hz}$

$f_2 = 320\ \text{Hz}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য, $\lambda_2 - \lambda_1 = 2\text{m}$

[এখানে, $f_1 > f_2$ হওয়ায় $\lambda_2 > \lambda_1$]

শব্দের বেগ, $v = ?$

এখন, $\lambda_2 - \lambda_1 = 2$ সমীকরণ হতে পাই,

বা, $\frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 2$

বা, $v\left(\frac{1}{320} - \frac{1}{480}\right) = 2$

বা, $v = 1920$

$\therefore v = 1920 \text{ m s}^{-1}$

অতএব, শব্দের বেগ 1920 m s^{-1}

সমস্যা ॥ ১১ ॥ একটি সুরশলাকা যে সময়ে 200 বার কম্পন দেয় সে সময়ে এটি দ্বারা সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গ বাতাসে 140 m দূরত্ব অতিক্রম করে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 500 Hz হলে বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক সংখ্যা, $N = 200$ বার

দূরত্ব, $S = 140 \text{ m}$

কম্পাঙ্ক, $f = 500 \text{ Hz}$

বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = ?$

আমরা জানি, $v = f\frac{S}{N}$

$= \frac{500 \times 140}{200} = 350 \text{ m s}^{-1}$

অতএব, বায়ুতে শব্দের বেগ 350 m s^{-1}

সমস্যা ॥ ১২ ॥ A মাধ্যমে শব্দের বেগ B মাধ্যমে শব্দের বেগের চেয়ে 5 গুণ বেশি। B মাধ্যমে একটি শব্দ উৎসের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10 cm হলে A মাধ্যমে উৎসের 100 বার কম্পনে শব্দ কত দূর যাবে?

সমাধান : এখানে, B শব্দের বেগ, $v_B = v$ (ধরি)

A মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_A = 5v$

B মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_B = 10\text{ cm} = 0{\cdot}1\text{ m}$

কম্পন সংখ্যা, $N = 100$

দূরত্ব, $S = ?$

আমরা জানি, $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$

বা, $\lambda_A = \frac{v_A}{v_B} \times \lambda_B = \frac{5v}{v} \times 0{\cdot}1 = 5 \times 0{\cdot}1 = 0{\cdot}5\text{ m}$

আবার, $S = N\lambda_A = 100 \times 0{\cdot}5\text{ m}$

$= 50\text{ m}$

অতএব, শব্দের অতিক্রান্ত দূরত্ব 50 m

প্রশ্ন ॥ ১৩ ॥ একটি শব্দ তরঙ্গ বায়ুতে 3 মিনিটে 1020 মিটার দূরত্ব অতিক্রম করে, এই শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 50 cm হলে তরঙ্গের পর্যায়কাল কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

সময়, $t = 3\text{ min} = 3 \times 60\text{ s} = 180\text{ s}$

দূরত্ব, $S = 1020\text{ m}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 50\text{ cm} = 0{\cdot}5\text{ m}$

পর্যায়কাল, $T = ?$

আমরা জানি, $v = \frac{s}{t} = \frac{1020\text{ m}}{180\text{ s}} = 5{\cdot}66\text{ m s}^{-1}$

আবার, $v = f\lambda$

$\therefore f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5{\cdot}66\text{ ms}^{-1}}{0{\cdot}5\text{ m}} = 11{\cdot}32\text{ Hz}$

আবার, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{11{\cdot}32\text{ Hz}} = 0{\cdot}088\text{ s}$

অতএব, তরঙ্গের পর্যায়কাল 0·088 s

সমস্যা ॥ ১৪ ॥ একটি সুরশলাকা দুটি মাধ্যমে যথাক্রমে 10 cm এবং 15 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তরঙ্গ সৃষ্টি করে। প্রথম মাধ্যমে সুরশলাকার সৃষ্ট শব্দ যদি 10 সেকেন্ডে 4000 m দূরত্ব

অতিক্রম করে তবে দ্বিতীয় মাধ্যমে শব্দ 100 কম্পনে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?

সমাধান : মনে করি, শব্দ দ্বিতীয় মাধ্যমে S_2 দূরত্ব অতিক্রম করবে। প্রথম মাধ্যমে শব্দের বেগ = v_1

এখানে, প্রথম মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 10 \text{ cm} = 0{\cdot}1\text{m}$

দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 15 \text{ cm} = 0{\cdot}15 \text{ m}$

সময়, $t = 10 \text{ s}$

কম্পন সংখ্যা, $N = 100$

দূরত্ব, $S_1 = 4000 \text{ m}$

দূরত্ব, $S_2 = ?$

আমরা জানি, $S_1 = v_1 t$

বা, $v_1 = \frac{S_1}{t} = \frac{4000 \text{ m}}{10 \text{ s}}$

$\therefore v_1 = 400 \text{ m s}^{-1}$

প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{400 \text{ m s}^{-1}}{0{\cdot}1 \text{ m}} = 4000 \text{ s}^{-1}$

$= 4000 \text{ Hz}$

দ্বিতীয় মাধ্যমে শব্দের বেগ, $v_2 = f\lambda_2$

$= 4000 \text{ Hz} \times 0{\cdot}15 \text{ m} = 600 \text{ m s}^{-1}$

তৃতীয় মাধ্যমে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_2 = v_2 \times t$

$= v_2 \times \frac{N}{f} \left[\because t = \frac{N}{f}\right]$

$= 600 \text{ m s}^{-1} \times \frac{100}{4000 \text{ Hz}}$

$= 15 \text{ m}$

অতএব, দ্বিতীয় মাধ্যমে শব্দ 15 m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

সমস্যা ১৫ ॥ একটি সুরশলাকা যে সময়ে একটি নির্দিষ্ট সংখ্যক পূর্ণ কম্পন দেয় ঐ সময়ে মাধ্যমের 18 m দূরে অবস্থিত দুটি কণার একটি অপরটি অপেক্ষা 20 টি পূর্ণ কম্পন কম দেয়। তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। মাধ্যমে তরঙ্গের

দ্রুতি $460.8\ m\ s^{-1}$ হলে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

দূরত্ব, $S = 18\ m$

কম্পন সংখ্যা, $N = 20$টি

শব্দের দ্রুতি, $v = 460{\cdot}8\ m\ s^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f = ?$

আমরা জানি, $S = N\lambda$

বা, $\lambda = \frac{S}{N}$

বা, $\lambda = \frac{18\ m}{20} = 0{\cdot}9\ m$

আবার আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{460{\cdot}8\ m\ s^{-1}}{0{\cdot}9\ m} = 512\ Hz$

নির্ণেয় সুরশলাকার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 0.9 m এবং কম্পাঙ্ক 512 Hz

সমস্যা ॥ ১৬ ॥ 480 Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একটি সুরশলাকা বাতাসে কোনো এক সময়ে 72·5 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তরঙ্গ সৃষ্টি করে। ঐ সময়ে বাতাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 480\ Hz = 480\ s^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 72{\cdot}5\ cm = 0{\cdot}725\ m$

বাতাসে শব্দের বেগ, $v = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

বা, $v = 480\ s^{-1} \times 0{\cdot}725\ m$

$= 348\ ms^{-1}$

অতএব, বাতাসে শব্দের বেগ $348\ ms^{-1}$

সমস্যা ॥ ১৭ ॥ 250 Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একটি সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দ বাতাসে 3 s-এ 1020 m অতিক্রম করে। বাতাসে শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে, কম্পাঙ্ক, $f = 250\ Hz = 250\ s^{-1}$

তরঙ্গ বেগ, $v = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{1020\ m}{3s}$

$= 340\ ms^{-1}$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\therefore \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340\ ms^{-1}}{250\ s^{-1}} = 1{\cdot}36\ m$$

অতএব, বাতাসে শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 1·36 m

সমস্যা ॥ ১৮ ॥ বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য 4 cm। যদি বায়ু ও পানিতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি যথাক্রমে $332\ ms^{-1}$ এবং $1452{\cdot}5\ ms^{-1}$ হয়, তবে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_a = 4\ cm = 0{\cdot}04\ m$

বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি, $v_a = 332\ ms^{-1}$

এবং পানিতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি, $v_w = 1452{\cdot}5\ ms^{-1}$

পানিতে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_w = ?$

শব্দের কম্পাঙ্ক, $f = ?$

আমরা জানি, $v_a = f\lambda_a$

এবং $v_w = f\lambda_w$

$$\therefore \frac{v_a}{v_w} = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

$$\lambda_w = \frac{v_w \times \lambda_a}{v_a}$$

$$= \frac{1452{\cdot}5\ \text{ms}^{-1} \times 0{\cdot}04\ \text{m}}{332\ \text{ms}^{-1}}$$

$$= 0{\cdot}175\ \text{m}$$

আবার, $v_a = f\lambda_a$

$$\therefore\ f = \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{332\ \text{ms}^{-1}}{0{\cdot}04\ \text{m}}$$

$$= 8300\text{s}^{-1}$$

$$= 8300\text{Hz}$$

নির্ণেয় শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য $0{\cdot}175$ m এবং কম্পাঙ্ক 8300 Hz

সমস্যা ॥ ১৯ ॥ 340 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দ বাতাসে 3 সেকেন্ডে 2040 m অতিক্রম করে। বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 340$ Hz

তরঙ্গ বেগ, $v = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{2040\ \text{m}}{3\ \text{s}} = 680\ \text{ms}^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\therefore\ \lambda = \frac{v}{f} = \frac{680\ \text{ms}^{-1}}{340\ \text{Hz}} = 2\ \text{m}$$

অতএব, বাতাসে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 2m

সমস্যা ॥ ২০ ॥ পানিতে সৃষ্ট একটি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 8·75 cm। যদি পানি ও বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের বেগ যথাক্রমে 1450 ms^{-1} এবং 330 ms^{-1} হয়, তবে বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

পানিতে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_w = 8{\cdot}75\ \text{cm} = 0{\cdot}0875\ \text{m}$

পানিতে শব্দ তরঙ্গের বেগ, $v_w = 1450\ \text{ms}^{-1}$

বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের বেগ, $v_a = 330\ ms^{-1}$

বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_a = ?$

আমরা জানি, $v_a = f\,\lambda_a$ এবং $v_w = f\,\lambda_w$

$$\therefore \frac{v_a}{v_w} = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

বা, $\lambda_a = \frac{v_a}{v_w} \times \lambda_w = \frac{330\ ms^{-1}}{1450\ ms^{-1}} \times 0{\cdot}087\ m$ $= 0{\cdot}02m = 0.0198 \approx$

নির্ণেয় বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য $0{\cdot}02m$.

সমস্যা ॥ ২১ ॥ বায়ু ও পানিতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি যথাক্রমে $332\ ms^{-1}$ এবং $1452{\cdot}5\ ms^{-1}$ হলে এবং পানিতে সৃষ্ট একটি শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য $0{\cdot}0875\ m$ হলে বাতাসে শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

পানিতে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_w = 0{\cdot}0875\ m$

পানিতে শব্দ তরঙ্গের বেগ, $v_w = 1452{\cdot}5\ ms^{-1}$

বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের বেগ, $v_a = 332\ ms^{-1}$

বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda_a = ?$

আমরা জানি,

$v_a = f\,\lambda_a$ .....(i)

এবং $v_w = f\,\lambda_w$ .....(ii)

(i) ও (ii) নং হতে পাই, $\frac{v_a}{v_w} = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$

বা, $\lambda_a = \frac{v_a}{v_w} \times \lambda_w$

$= \frac{332\ ms^{-1}}{1452{\cdot}5\ ms^{-1}} \times 0{\cdot}0875\ m = 0{\cdot}02m$

আবার সমীকরণ (i) থেকে পাই,

কম্পাঙ্ক, $f = \frac{v_a}{0{\cdot}02\ m}$

$$= \frac{332\ \text{ms}^{-1}}{0{\cdot}02\ \text{m}} = 16600\ \text{Hz}$$

অতএব, বাতাসে শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 16600 Hz

সমস্যা ॥ ২২ ॥ 300 Hz কম্পাঙ্কের স্পন্দিত কোনো রেডিও স্পিকার থেকে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বায়ুতে 1·15 m হলে বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, কম্পাঙ্ক, $f = 300\ \text{Hz} = 300\ \text{s}^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 1{\cdot}15\ \text{m}$

বায়ুতে তরঙ্গ দ্রুতি, $v = ?$

আমরা জানি,

$$v = f\lambda = 300\ \text{s}^{-1} \times 1{\cdot}15\text{m} = 345\ \text{ms}^{-1}$$

অতএব, বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি $345\ \text{ms}^{-1}$

সমস্যা ॥ ২৩ ॥ 750 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দ বাতাসে 5 s এ 1700 m অতিক্রম করে। বাতাসে শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 750\ \text{Hz}$

$$\therefore \text{তরঙ্গ বেগ, } v = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{1700\ \text{m}}{5\ \text{s}}$$

$$= 340\ \text{ms}^{-1}$$

বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\therefore \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340\ \text{ms}^{-1}}{750\ \text{Hz}} = 0{\cdot}453\ \text{m}$$

অতএব, বাতাসে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0·453 m

সমস্যা ॥ ২৪ ॥ 128 Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একটি সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দ বাতাসে 6

s এ 1536 m অতিক্রম করে। বাতাসে শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, কম্পাঙ্ক, $f = 128\ \text{Hz} = 128\ s^{-1}$

$$\text{তরঙ্গ বেগ, } v = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{1536\ \text{m}}{6\text{s}} = 256\ \text{ms}^{-1}$$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\therefore \lambda = \frac{v}{f} = \frac{256\ \text{ms}^{-1}}{128\ s^{-1}} = 2\ \text{m}$$

নির্ণেয় বাতাসে শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 2 m

সমস্যা ॥ ২৫ ॥ বাতাসে শব্দের বেগ $332\ \text{ms}^{-1}$ হলে মানুষের শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত হবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

শব্দের বেগ, $v = 332\ \text{ms}^{-1}$

শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমা, $f = 20000\ \text{Hz}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

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

$$= \frac{332\ \text{ms}^{-1}}{20000\text{s}^{-1}}\ \text{i= 0·0166 m}$$

অতএব, মানুষের শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 0·0166 m