

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে শক্তি ও তথ্য আদান প্রদানের অন্যতম মাধ্যম হচ্ছে তরঙ্গ। তরঙ্গ ব্যতিরেকে আমরা সূর্য থেকে আলো বা তাপ কোনোটাই পেতাম না। শুনতে বা শোনাতে পারতাম না কোনো কথা। আমরা যা কিছু শুনি তাই শব্দ। আমরা প্রতিনিয়ত নানা রকম শব্দ শুনে থাকি-যার মধ্যে কিছু শব্দ শুনতে ভালো লাগে আর কিছু শব্দ আমাদের বিরক্তি উৎপাদন করে। কিছু শব্দ আছে যা আমাদের কানের জন্য ক্ষতিকর। শব্দ দূষণ থেকে বাঁচতে হলে এ সকল শব্দ সম্পর্কে পরিষ্কার ধারণা থাকা দরকার। বর্তমান অধ্যায়ে বিভিন্ন প্রকার শব্দ সম্পর্কে সচেতন করার পাশাপাশি শব্দের তীব্রতা, বিট, অনুনাদ, তারের কম্পন ইত্যাদি নিয়েও বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

প্রধান শব্দসমূহ :

তরঙ্গ, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, আড়তরঙ্গ, লম্বিক তরঙ্গ, অগ্রগামী তরঙ্গ, স্থির তরঙ্গ, মুক্ত কম্পন, পরবশ কম্পন, তরঙ্গের তীব্রতা, তীব্রতা লেভেল, বেল, ডেসিবেল, বিট, সুর ও স্বর, মৌলিক সুর ও উপসুর, হারমোনিক, অষ্টক, নয়জ ও সঙ্গীত গুণ।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

ক্রমিক নং	শিখন ফল	অনুচ্ছেদ
১	তরঙ্গের উৎপত্তি ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১
২	তরঙ্গের মাধ্যমে শক্তির সঞ্চালন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.২
৩	বিভিন্ন প্রকার তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.৫
৪	তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারবে।	৯.৬
৫	তরঙ্গের তীব্রতার গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারবে।	৯.১১
৬	উপরিপাতন নীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.৭
৭	স্থির তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ করতে পারবে।	৯.৮
৮	অনুনাদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১০
৯	শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতার লেভেল ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১১, ৯.১২
১০	বিটের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও বিশ্লেষণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১৩, ৯.১৪
১১	স্বরধাম ও হারমোনিক্স ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১৭
১২	সংগীতগুণ বিশ্লেষণে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১৮
১৩	দৈনন্দিন জীবনে সোরগোল ও সংগীতগুণের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৯.১৯
১৪	ব্যবহারিক : ○ মেলডি়র পরীক্ষার সাহায্যে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবে।	৯.২৬

৯.১। তরঙ্গের উৎপত্তি

Production of Wave

পুকুরের, লেকের বা খালের স্থির পানিতে যদি একটি টিল ফেলা হয় তাহলে টিলটি যেখানে পানিতে প্রবেশ করে সেখানে একটি আলোড়ন সৃষ্টি হয়, কিন্তু আলোড়ন ঐ জায়গায় আবদ্ধ না থেকে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে এবং কালক্রমে আলোড়ন পুকুরের সমগ্র অংশেই বিস্তৃত হয়।

যখন টিলটি পুকুরের পানি স্পর্শ করে তখন ঐ স্থানের পানির কণাগুলো আন্দোলিত হয়। এই কণাগুলো আবার তাদের পার্শ্ববর্তী স্থির পানির কণাগুলোকে আন্দোলিত করে। এভাবে কণা থেকে কণাতে স্থানান্তরিত আন্দোলন (disturbance) অবশেষে পুকুরের পাড়ে পৌঁছে। কিন্তু এই আন্দোলনের ফলে পানির কোনো কণাই তার সাম্য অবস্থান থেকে খুব বেশি দূরে সরে যায় না; বরং সাম্য অবস্থানকে মাঝখানে রেখে শুধু উপর-নিচে পর্যাবৃত্ত গতিতে দুলতে থাকে। প্রতিটি কণার এ ধরনের গতির ফলে যে আন্দোলন পানির উপর দিয়ে চলে যায় তাকে তরঙ্গ বলে।

সংজ্ঞা : যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়ে একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চারণিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থায়ীভাবে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

উপরে আমরা যে তরঙ্গের কথা বলেছি অর্থাৎ পানিতে টিল ফেলার ফলে উৎপন্ন তরঙ্গ, আমরা যখন কথা বলি তখন বাতাসে যে তরঙ্গ উৎপন্ন হয় বা একটি স্প্রিং-এর এক প্রান্ত কোনো দৃঢ় অবলম্বনে আটকে যদি অন্য প্রান্ত টেনে ছেড়ে দেওয়া যায় তাহলে তাতে যে তরঙ্গ সৃষ্টি হয়, তাদেরকে বলা হয় যান্ত্রিক তরঙ্গ। যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্যে জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। শূন্য স্থানের মধ্য দিয়ে যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালিত হতে পারে না। এ অধ্যায়ে শুধুমাত্র যান্ত্রিক তরঙ্গ সম্পর্কে আলোচনা করা হবে।

আরেক ধরনের তরঙ্গ আছে যেগুলো সঞ্চালনের জন্যে কোনো জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। এগুলো শূন্য স্থানের মধ্য দিয়েই স্বচ্ছন্দে সঞ্চালিত হয়। এদেরকে বলা হয় তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। দ্বাদশ শ্রেণিতে তোমরা এ সম্পর্কে বিস্তারিত জানবে। সূর্য থেকে যে আলো আমাদের পৃথিবীতে আসে তা তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। গামা রশ্মি, এক্সরে, বেতার তরঙ্গ এসবই তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। শূন্য স্থানে সকল তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গের বেগ $299,792,458 \text{ m s}^{-1}$ বা $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ।

তৃতীয় আর এক ধরনের তরঙ্গ রয়েছে যাদেরকে বলা হয় বস্তু তরঙ্গ (Matter wave)। পদার্থ সৃষ্টিকারী কণাসমূহ যথা ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন, পরমাণু, অণু ইত্যাদির সাথে এই তরঙ্গ সংশ্লিষ্ট। এ তরঙ্গ সম্পর্কেও তোমরা দ্বাদশ শ্রেণিতে জানতে পারবে। পদার্থের কোয়ান্টাম প্রকৃতির সাথে এ তরঙ্গ সম্পর্কযুক্ত। ইলেকট্রনের সাথে সংশ্লিষ্ট বস্তুতরঙ্গ ব্যবহার করা হয় ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপে।

৯.২। তরঙ্গ ও শক্তি

Wave and Energy

উপরের আলোচনায় আমরা দেখেছি পুকুরের স্থির পানিতে টিল ফেললে কীভাবে তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। টিলটিকে ছোঁড়ার জন্যে হাতের মাধ্যমে আমরা এর উপর বল প্রয়োগ করে স্থানান্তরিত করি। আমাদের হাত থেকে শক্তি টিলে স্থানান্তরিত হয়। টিলটি যখন পানিপৃষ্ঠ স্পর্শ করে তখন এই শক্তি টিল থেকে পানি কণাতে স্থানান্তরিত হয়ে পানির কণাকে আন্দোলিত করে তথা কম্পিত করে। এ আন্দোলন পার্শ্ববর্তী পানির কণাগুলোকেও আন্দোলিত করে। ফলে আন্দোলন কণা থেকে কণাতে ছড়িয়ে পড়ে। অর্থাৎ শক্তি যা হাত থেকে টিলের মাধ্যমে পানি কণাতে পৌঁছেছিল তা কণা থেকে কণায় ছড়িয়ে পড়ে। এভাবে শক্তি এক স্থান থেকে অন্যস্থানে তরঙ্গ আকারে সঞ্চালিত হয়।

৯.৩। তরঙ্গ সংক্রান্ত কতিপয় রাশি

Few Terms Regarding Wave

১. পূর্ণ কম্পন বা স্পন্দন বা দোলন : তরঙ্গ সৃষ্টিকারী বা তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণা একটি বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে আবার একই দিক থেকে সেই বিন্দুতে ফিরে আসলে একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন হয়।

২. পর্যায়কাল বা দোলনকাল : তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণার একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে ঐ তরঙ্গের পর্যায়কাল T বলে।

৩. কম্পাঙ্ক : তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণা একক সময়ে যতগুলো পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে তাকে ঐ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক f বলে।

কোনো কণা t সময়ে N সংখ্যক কম্পন সম্পন্ন করলে কম্পাঙ্ক, $f = \frac{N}{t}$

কম্পাঙ্কের একক s^{-1} । একে হার্জ (hertz) বলে। একে Hz দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোনো কণা এক সেকেন্ডে একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করলে তার কম্পাঙ্ককে এক হার্জ বলে।

আবার, পর্যায়কাল T হলে, T সময়ে সম্পন্ন হয় 1টি কম্পন

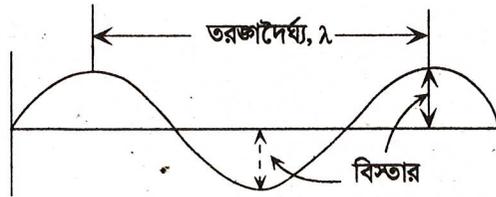
∴ একক সময়ে সম্পন্ন হয় $\frac{1}{T}$ টি কম্পন

$$\text{সুতরাং, } f = \frac{1}{T} \quad \dots \quad \dots \quad (9.1)$$

৪. বিস্তার (Amplitude) : তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণা স্থির বা সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে সর্বাধিক যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ তরঙ্গের বিস্তার বলে (চিত্র : ৯.১)।

৫. দশা : তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কম্পনশীল কণার দশা বলতে ঐ কণার যেকোনো মুহূর্তে গতির সম্যক অবস্থা বোঝায়। কোনো একটি মুহূর্তে গতির সম্যক অবস্থা বলতে ঐ বিশেষ মুহূর্তে কণাটির সরণ, বেগ, ত্বরণ, বল ইত্যাদি বোঝায়।

৬. তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wave length) : তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কোনো কম্পনশীল কণার বা তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার একটি কম্পন সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে, সেই সময়ে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। তরঙ্গের উপরে অবস্থিত পর পর দুটি সম দশাসম্পন্ন কণার দূরত্বই তরঙ্গদৈর্ঘ্য।



চিত্র : ৯.১

তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে λ (ল্যামডা) দ্বারা প্রকাশ করা হয় (চিত্র : ৯.১)।

তরঙ্গস্থিত কোনো কণার 1 টি কম্পনে তরঙ্গ অতিক্রম করে λ দূরত্ব

$$\therefore N \text{ কম্পনে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S = N\lambda \quad \dots \quad \dots \quad (9.2)$$

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

৮. কৌণিক কম্পাঙ্ক (Angular frequency) : সময়ের সাথে তরঙ্গের উপর অবস্থিত কোনো কণার দশার পরিবর্তনের হারকে ঐ তরঙ্গের কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে। একটি পূর্ণ কম্পনে অর্থাৎ T সময়ে দশার পরিবর্তন হয় 2π , সুতরাং

$$\text{কৌণিক কম্পাঙ্ক, } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9.3)$$

কৌণিক কম্পাঙ্কের একক রেডিয়ান/সেকেন্ড (rad s^{-1})

৯. তরঙ্গ মুখ (Wave front) : পানির মধ্যে আন্দোলন সৃষ্টি করে তরঙ্গ উৎপন্ন হলে তরঙ্গ বৃত্তের আকারে পানির উপর বিস্তৃত হয়। একটু লক্ষ্য করলে দেখা যায় যে, বৃত্তের উপরস্থ পানি কণাগুলো একবার উপরে উঠছে ও একবার নিচে নামছে বা তরঙ্গচূড়া (crest) ও তরঙ্গখাঁজ (trough) উৎপন্ন হচ্ছে। তরঙ্গচূড়ায় অবস্থিত সকল কণার দশা একই আবার তেমনি তরঙ্গখাঁজে অবস্থিত সকল কণার দশা সমান। কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সম দশাসম্পন্ন কণাগুলোর গতিপথ (locus)-কে তরঙ্গ মুখ বলে।

৯.৪। তরঙ্গ বেগ, কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক : $v = f\lambda$

Relation between Wave Velocity, Frequency and Wave Length : $v = f\lambda$

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

T সময়ে তরঙ্গ অতিক্রম করে λ দূরত্ব

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

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

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

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

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

$$\text{সুতরাং } v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda \quad \dots \quad \dots \quad (9.4)$$

অর্থাৎ তরঙ্গ বেগ = কম্পাঙ্ক \times তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

যেহেতু নির্দিষ্ট কোনো তরঙ্গ উৎসের কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকে কাজেই তরঙ্গ এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলে তার বেগ বদলে যাওয়ার কারণে তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিবর্তিত হয়। তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম্পাঙ্কের ব্যস্তানুপাতিক।

৯.৫। তরঙ্গের প্রকারভেদ

Types of Waves

মাধ্যমের কণাগুলো যদি সরল দোলন গতি সম্পন্ন হয় তাহলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে সরল দোলন তরঙ্গ বা সরল ছন্দিত তরঙ্গ (Simple harmonic wave) বলে। সরল দোলন তরঙ্গ সাধারণত দু'রকমের হয়; যথা :

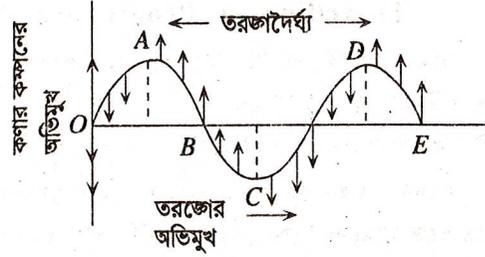
১. আড় তরঙ্গ (transverse wave) ও
২. লম্বিক তরঙ্গ (longitudinal wave)।

১. আড় তরঙ্গ বা অনুপ্রস্থ তরঙ্গ

সংজ্ঞা : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়, সেই তরঙ্গকে আড় তরঙ্গ বলে।

পানি তরঙ্গ, টানা তারের তরঙ্গ ইত্যাদি আড় তরঙ্গের উদাহরণ।

৯.২ চিত্রে একটি আড় তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। এখানে মাধ্যমের কণার কম্পনের অভিমুখ তরঙ্গের গতির অভিমুখের সাথে সমকোণে আছে। যেকোনো মুহূর্তে কণাগুলোর কম্পনের অভিমুখ ছোট ছোট তীর চিহ্ন দ্বারা দেখানো হয়েছে। ধনাত্মক দিকে সর্বাধিক সরণযুক্ত A বা D বিন্দুকে বলা হয় তরঙ্গচূড়া (crest) এবং ঋণাত্মক দিকে সর্বাধিক সরণযুক্ত C বিন্দুকে বলা হয় তরঙ্গখাঁজ (trough)। একটি তরঙ্গচূড়া ও একটি তরঙ্গখাঁজ নিয়ে একটি তরঙ্গ গঠিত হয়।



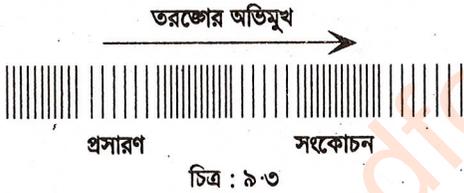
চিত্র : ৯.২

নিজে কর : একটি সরু তার বা সুতা নিয়ে টান টান করে এর দুই প্রান্ত দুটি দৃঢ় অবলম্বনের সাথে আটকাও। এখন তার বা সুতার যে কোনো বিন্দুকে ধরে যেকোনো এক দিকে একটুখানি টেনে ছেড়ে দাও।

তারটি বা সুতা তার দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে অর্থাৎ আড়াআড়িভাবে কাঁপছে। আর একটি তরঙ্গ ঐ তার বা সুতার দৈর্ঘ্য বরাবর অগ্রসর হচ্ছে। যেহেতু এই ক্ষেত্রে তার বা সুতার কণাগুলোর কম্পনের দিক এবং তরঙ্গের দিক পরস্পর সমকোণে তাই এটি একটি আড় তরঙ্গ।

২. লম্বিক তরঙ্গ বা দীঘল বা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ

সংজ্ঞা : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয়, সেই তরঙ্গকে লম্বিক তরঙ্গ বলে।



চিত্র : ৯.৩

৯.৩ চিত্রে বায়ু মাধ্যমে লম্বিক তরঙ্গের উদ্ভব দেখানো হয়েছে। চিত্রে একটি বায়ুস্তম্ভকে কতগুলো সমান স্তরে ভাগ করা হয়েছিল। এ স্তরগুলোর মধ্য দিয়ে শব্দ তরঙ্গ প্রবাহিত হলে স্তরগুলো ডানে ও বামে আন্দোলিত হয়। এখানে মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের অভিমুখ তরঙ্গের অভিমুখের সমান্তরাল বলে কতগুলো বায়ুস্তর খুব ঘেষাঘেষি করে আছে যাকে বলা হয় সংকোচন এবং কতগুলো বায়ুস্তর ফাঁকা ফাঁকা হয়ে আছে যাকে

প্রসারণ বলা হয়। একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত হয়।

নিজে কর : একটি লম্বা স্প্রিং এর এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনের সাথে বেঁধে অন্য প্রান্ত একটি সুর শলাকার এক বাহুর সাথে আটকে দাও (চিত্র : ৯.৪)। এখন একটি রাবার প্যাড দিয়ে সুর শলাকাকে আঘাত কর।



চিত্র : ৯.৪

সুর শলাকার বাহুগুলো স্পন্দিত হবে। দেখা যায় স্প্রিং-এ পর্যায়ক্রমে সংকোচন ও প্রসারণ সৃষ্টি হচ্ছে এবং একটি তরঙ্গ স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য বরাবর অগ্রসর হচ্ছে। স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য বরাবর সৃষ্টি এই তরঙ্গই লম্বিক তরঙ্গ, কেননা তরঙ্গ গতির দিক আর স্প্রিং এর কণাগুলোর কম্পনের দিক সমান্তরাল।

৯.৬। অগ্রগামী তরঙ্গ বা চলমান তরঙ্গ

Travelling or Progressive Waves

আমরা আগেই দেখেছি পানিতে ঢিল ছুড়লে তরঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং তা চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। আমরা যখন কথা বলি বা শব্দ সৃষ্টি করি তখন চারপাশে সে শব্দ ছড়িয়ে পড়ে। অর্থাৎ এ সকল তরঙ্গ মাধ্যমের ভিতর দিয়ে অগ্রসর হয় বা চলে। তাই এই সকল তরঙ্গকে বলা হয় অগ্রগামী তরঙ্গ বা চলমান তরঙ্গ।

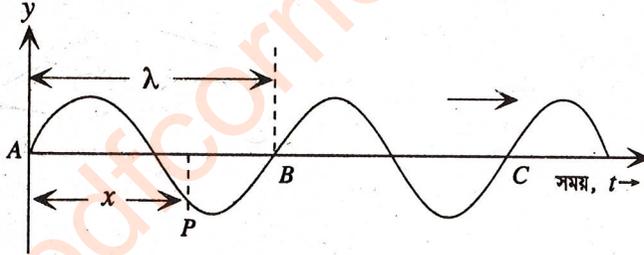
সংজ্ঞা : যখন কোনো মাধ্যমের ভেতর পর্যাবৃত্ত আন্দোলন এক স্তর থেকে অন্য স্তরে তরঙ্গ আকারে সঞ্চালিত হতে হতে সামনের দিকে একটি নির্দিষ্ট বেগে অগ্রসর হয় তখন তাকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে।

পানিতে ঢিল ফেললে অগ্রগামী আড় তরঙ্গের সৃষ্টি হয়।

মাধ্যমের কণাগুলো সরল দোলন গতিতে আন্দোলিত হলে অগ্রগামী তরঙ্গের উদ্ভব হয়। এখন একটি কণা থেকে আন্দোলন পরবর্তী কণাতে পৌঁছতে কিছু সময়ের প্রয়োজন হয়। সুতরাং তরঙ্গের অভিমুখ বরাবর কণাগুলোর দশার পরিবর্তন ঘটতে থাকে। তরঙ্গ যদি বাম দিক থেকে ডান দিকে যায়, তবে বাম দিকের কোনো কণা যখন আন্দোলিত হয় তার কিছুক্ষণ পরে ডান দিকের কণা আন্দোলিত হবে। ফলে এদের মধ্যে দশার পার্থক্য ঘটবে। ডান দিকের কণার দশা কোণ বাম দিকের কণার দশা কোণের চেয়ে কম হবে।

অগ্রগামী তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা

ধরা যাক, একটি অগ্রগামী তরঙ্গ A থেকে C বরাবর এগুচ্ছে (চিত্র : ৯.৫)। যেহেতু মাধ্যমের কণাগুলো সরল ছন্দিত স্পন্দনে আন্দোলিত হয়, সেহেতু A বিন্দুস্থ কণার সরণকে নিচের সমীকরণ দিয়ে প্রকাশ করা যায়,



চিত্র : ৯.৫

$$y = a \sin \omega t$$

এখানে, $y = t$ সময়ে ABC রেখা বা সাম্যাবস্থা থেকে কণাটির সরণ,

$a =$ কণার বিস্তার

$\omega =$ কণার কৌণিক কম্পাঙ্ক

যদি কণাটির কম্পাঙ্ক f হয়, তাহলে $\omega = 2\pi f$

$$\therefore y = a \sin 2\pi ft$$

...

...

$$(9.5)$$

আবার A বিন্দুস্থ কণাটি যখন সাম্যাবস্থা অতিক্রম করে তখন B বিন্দুস্থ কণাটিও একই দিকে সাম্যাবস্থা অতিক্রম করে। সুতরাং এরা সমদশা সম্পন্ন কণা। সমদশা সম্পন্ন পরপর দুটি কণার মধ্যবর্তী দূরত্ব হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ । আর তরঙ্গস্থিত কোনো কণা একটি কম্পনে 2π কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে, অর্থাৎ তরঙ্গের λ দূরত্ব অতিক্রম কালে কোনো কণার অতিক্রান্ত কৌণিক দূরত্ব 2π তথা দশার পরিবর্তন 2π । সুতরাং সমদশা সম্পন্ন পরপর দুটি কণার আসলে দশার পার্থক্য

2π । এখানে $\lambda = AB$ । তরঙ্গ A বিন্দু থেকে B বিন্দুতে যাওয়ার সময় কণার দশার পরিবর্তন হয় 2π । 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,

$$y = a \sin(\omega t - \phi)$$

$$= a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad \dots \quad \dots \quad (9.6)$$

$$= a \sin(\omega t - kx) \quad \dots \quad \dots \quad (9.7)$$

এখানে, $k = \frac{2\pi}{\lambda} =$ তরঙ্গ সংখ্যা

$$\text{আবার, } y = a \sin\left(2\pi f t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$$

$$= a \sin\left(\frac{2\pi v t}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad [\because v = f\lambda \therefore f = v/\lambda]$$

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \quad \dots \quad \dots \quad (9.8)$$

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। একে অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণও বলে।

তরঙ্গ ডান দিক থেকে বাম দিকে গেলে কণাটির সরণ হবে,

$$y = a \sin(\omega t + kx) \quad \dots \quad \dots \quad (9.9)$$

$$\text{বা, } y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \quad \dots \quad \dots \quad (9.10)$$

৯.৭। তরঙ্গের উপরিপাতন

Superposition of Waves

যখন কোনো মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে একই সঙ্গে দুটি তরঙ্গ আপতিত হয় তখন প্রত্যেক তরঙ্গের প্রভাবে সাম্যাবস্থা থেকে মাধ্যমের কণার সরণ হয়। এ কণার লব্ধি সরণ প্রত্যেক তরঙ্গের জন্য কণার সরণের ভেক্টর সমষ্টির সমান। একে তরঙ্গের উপরিপাতন নীতি বলে।

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

যদি দুটি তরঙ্গের ফলে মাধ্যমের কোনো কণার সরণ একই দিকে হয় তাহলে কণাটির লব্ধি সরণ হবে প্রত্যেক তরঙ্গ দ্বারা সৃষ্ট সরণের মানের যোগফলের সমান। আবার মাধ্যমের কণার সরণ যদি বিপরীত দিকে হয় তাহলে লব্ধি সরণ হবে দুটি

সরণের মানের পার্থক্যের সমান অর্থাৎ একটি তরঙ্গের জন্য মাধ্যমের মধ্যে কণার সরণ যদি হয় y_1 এবং অপর তরঙ্গের জন্য যদি y_2 হয় তাহলে লব্ধি সরণ,

$$\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$$

একই দিক থেকে বা বিপরীত দিক থেকে আগত দুটি আড় তরঙ্গ বা দুটি লম্বিক তরঙ্গ যদি কোনো কণার উপর উপরিপাতিত হয় ফলে উভয় তরঙ্গের জন্য কণাটির সরণ হয় একই দিকে বা বিপরীত দিকে। ফলে উপরিউক্ত ভেক্টর সমীকরণকে আমরা লিখতে পারি,

$$y = y_1 \pm y_2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9.11)$$

কোনো পুকুরে কাছাকাছি দুটি ঢিল ফেলে তরঙ্গের উপরিপাতন লক্ষ্য করা যায়। পানির তরঙ্গ দুদিক থেকে পরস্পরের দিকে অগ্রসর হয়। পানির যে বিন্দুতে দুটি তরঙ্গচূড়া একই দিক থেকে পরস্পরের সাথে মিলিত হয় সেখানে তরঙ্গচূড়ার উচ্চতা অনেক বেড়ে যায়। আবার যেখানে দুটি তরঙ্গখাঁজ একই দিক থেকে পরস্পরের সাথে মিলিত হয় সেখানে তরঙ্গখাঁজের গভীরতা সর্বাধিক হয়। কিন্তু কোনো বিন্দুতে একটি তরঙ্গচূড়া যদি অপরটির তরঙ্গখাঁজের সাথে মিলিত হয় তাহলে সেখানে পানিতে কোনোরূপ বিচলন বা আন্দোলন দেখা যায় না। অর্থাৎ তরঙ্গ দুটি পরস্পরের প্রভাব নাকচ করে দিয়েছে।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড :

দশা পার্থক্য ও পথ পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

ধরা যাক, একই বিস্তার a এবং একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ বিশিষ্ট দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ যথাক্রমে S_1 ও S_2 বিন্দু থেকে একই বেগ v নিয়ে একই দিকে চলতে চলতে তারা এক সময় P বিন্দুতে উপরিপাতিত (চিত্র : ৯.৬)। তরঙ্গ দুটির জন্য ঐ বিন্দুতে অবস্থিত কোনো কণার t সময় পরে সরণ যথাক্রমে y_1 ও y_2 হলে,

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

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

এখানে, প্রথম তরঙ্গটি ঐ বিন্দুতে যেতে $S_1P = x_1$ পথ এবং দ্বিতীয় তরঙ্গটি $S_2P = x_2$ পথ অতিক্রম করেছে।

P বিন্দুতে S_1 ও S_2 থেকে আগত তরঙ্গের দশাকোণ যথাক্রমে,

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

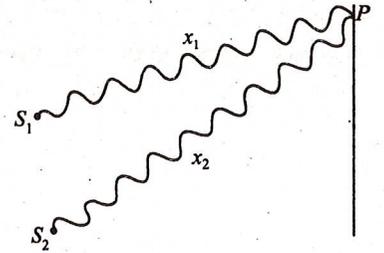
অতএব P বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের

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

$$\text{বা, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9.12)$$

$$\text{পথপার্থক্য} = x_2 - x_1 = \Delta x \text{ ধরলে, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

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



চিত্র : ৯.৬

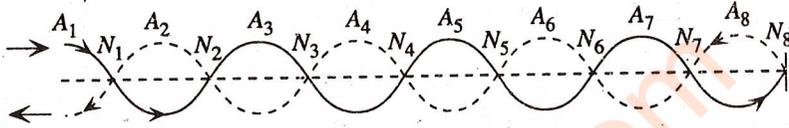
৯.৮। স্থির তরঙ্গ

Standing or Stationary Wave

তরঙ্গ যেকোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হতেই থাকবে এমন কোনো কথা নেই। তরঙ্গ যদি মাধ্যমের কোনো সীমিত স্থানে সীমাবদ্ধ থাকে তথা স্থির থাকে, তাহলে সেই তরঙ্গকে স্থির তরঙ্গ বলা হয়। এ তরঙ্গ কোনো দিকে অগ্রসর হয় না, সৃষ্ট স্থানেই সীমাবদ্ধ থাকে।

সংজ্ঞা : কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একই মানের বেগে বিপরীত দিক থেকে অগ্রসর হয়ে একে অপরের উপর আপতিত হলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

স্থির তরঙ্গ সৃষ্টির শর্ত : সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একই মানের বেগে বিপরীত দিক থেকে অগ্রসর হয়ে একে অপরের উপর উপরিপাতিত হলে স্থির তরঙ্গের উদ্ভব হয়।



চিত্র : ৯.৭

পরীক্ষা : একটি তারের একপ্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে বেঁধে অন্যপ্রান্ত ধরে উপর নিচে আড়াআড়িভাবে দোলালে একটি তরঙ্গ তার বেয়ে অগ্রসর হবে এবং বদ্ধপ্রান্তে প্রতিফলিত হয়ে আবার ফিরে আসবে। এ প্রতিফলিত তরঙ্গ যখন নতুন অগ্রগামী তরঙ্গের উপর আপতিত হবে তখন স্থির তরঙ্গের উদ্ভব হবে (চিত্র : ৯.৭)।

এ তরঙ্গ তার বেয়ে অগ্রসর না হয়ে বরং তারের ঐ অংশের মধ্যে উৎপন্ন ও বিলুপ্ত হয়। তরঙ্গের উদ্ভবের সময় দেখা যায় যে, তারের কোনো কোনো জায়গায়, যেমন N_1, N_2, N_3 ইত্যাদি বিন্দুতে কোনো স্পন্দন নেই, আবার কোনো কোনো জায়গায়, যেমন A_1, A_2, A_3 ইত্যাদিতে স্পন্দনের বিস্তার সব সময় সর্বাধিক (চিত্র ৯.৭)।

সুস্পন্দ বিন্দু (Antinode) : স্থির তরঙ্গের উপরস্থ যে সকল বিন্দুতে কণার স্পন্দনের বিস্তার সর্বাধিক হয় অর্থাৎ কণার সরণ সর্বোচ্চ হয় সেই সকল বিন্দুকে সুস্পন্দ বিন্দু বলে।

নিস্পন্দ বিন্দু (Node) : স্থির তরঙ্গের উপরস্থ যে সকল বিন্দুতে কণার কোনো বিস্তার নেই অর্থাৎ কণার সরণ শূন্য হয় সেই সকল বিন্দুকে নিস্পন্দ বিন্দু বলে।

নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দুর অবস্থানগুলো স্থির। পর পর দুটি সুস্পন্দ বা দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অর্ধেক।

স্থির তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা

ধরা যাক, একই বিস্তার a এবং একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ বিশিষ্ট দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একই বেগ v নিয়ে একই অক্ষ X -অক্ষ বরাবর পরস্পর বিপরীত দিকে অগ্রসর হচ্ছে। ধরা যাক, তরঙ্গ দুটি একে অপরের উপর আপতিত হলো। যে তরঙ্গটি X -অক্ষ বরাবর বামদিক থেকে ডানদিকে গতিশীল তার জন্য x বিন্দুতে t সময়ে কোনো কণার সরণ y_1 এবং ডান দিক থেকে বামদিকে গতিশীল তরঙ্গের জন্য ঐ কণার সরণ y_2 হলে আমরা জানি,

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

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

সুতরাং কণাটির লব্ধি সরণ, y হবে

$$y = y_1 + y_2$$

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

$$= a \left[\sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) + \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \right]$$

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

$$[\because \sin C + \sin D = 2 \sin \frac{C+D}{2} \cos \frac{C-D}{2} \text{ এবং } \cos(-\theta) = \cos \theta]$$

$$= A \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9.13)$$

$$\text{এখানে, } A = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \quad \text{বা, } A = 2a \cos kx$$

(9.13) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, সমপাতিত তরঙ্গ দুটি সরল ছন্দিত স্পন্দন উৎপন্ন করে যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ এবং বিস্তার $A = 2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} x$ । এই সরল দোলন গতি অগ্রগামী তরঙ্গ নয় কারণ এতে দশার কোনো পার্থক্য নেই। অর্থাৎ এ সমীকরণে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণের ন্যায় দশা কোণের ভেতর $(vt - x)$ জাতীয় কোনো রাশি অন্তর্ভুক্ত নেই। সুতরাং এ সমীকরণ স্থির তরঙ্গ প্রকাশ করে। এ তরঙ্গের উপরস্থ প্রতিটি কণা A বিস্তার নিয়ে সরল দোলন গতি সম্পন্ন করছে। নির্দিষ্ট বিন্দুতে এ বিস্তার ধ্রুবক, কিন্তু বিভিন্ন বিন্দুতে x এর মানের উপর নির্ভর করে বিস্তারের মানও বিভিন্ন হবে।

সুস্পন্দ বিন্দু : যে সকল বিন্দুতে বিস্তার সর্বাধিক তথা লব্ধি বিস্তার সর্বোচ্চ অর্থাৎ $A = \pm 2a$ হবে সেখানে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে। অর্থাৎ যে সকল বিন্দুতে $\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1$ হবে সে সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি। সুতরাং যে সকল বিন্দুতে,

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi \quad \text{হবে } (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$\text{বা, } x = 0, \frac{\lambda}{2}, \frac{2\lambda}{2}, \dots, \frac{n\lambda}{2} \quad \text{হবে } (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$\text{বা, } x = 0, \frac{2\lambda}{4}, \frac{4\lambda}{4}, \frac{6\lambda}{4}, \dots, \frac{2n\lambda}{4} \quad \text{হবে } (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

সুতরাং স্থির তরঙ্গের উপর যে সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর জোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

নিষ্পন্দ বিন্দু : যে সকল বিন্দুতে সরণ নেই তথা বিস্তার $A = 0$ সে সকল বিন্দুতে নিষ্পন্দ বিন্দুর উদ্ভব হবে। অর্থাৎ যে সকল বিন্দুতে $\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = 0$ হবে সে সকল বিন্দুতে নিষ্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে। সুতরাং যে সকল বিন্দুতে

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots \quad \dots \quad (2n+1) \frac{\pi}{2} \quad \text{হবে } (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

বা, $x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots, (2n+1)\frac{\lambda}{4}$ হবে।

সেই সকল বিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে।

সুতরাং স্থির তরঙ্গের উপর যে সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর বিজোড় গুণিতক দূরে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টি হবে।

৯.৯। মুক্ত কম্পন ও পরবশ কম্পন

Free and Forced Vibration

মুক্ত কম্পন

প্রত্যেক স্পন্দনশীল বস্তুরই একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক আছে। কোনো বস্তুকে বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে সামান্য আন্দোলিত করলে দেখা যায় যে, বস্তুটি একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কে স্পন্দিত হচ্ছে। এ কম্পাঙ্ক বস্তুর ঘনত্ব, আকৃতি ও স্থিতিস্থাপকতার উপর নির্ভর করে। এ ধরনের কম্পনকে স্বাভাবিক বা মুক্ত কম্পন (Natural or Free vibration) বলে আর এ কম্পাঙ্ককে স্বাভাবিক কম্পাঙ্ক বলে।

সংজ্ঞা : যেকোনো আকার, গঠন বা আকৃতির বস্তুকে আন্দোলিত করলে তা একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক রক্ষা করে স্পন্দিত হয়। এ স্পন্দনকে স্বাভাবিক বা মুক্ত কম্পন বলে।

একটি সরল দোলককে সামান্যবস্থা থেকে সামান্য সরিয়ে ছেড়ে দিলে দেখা যায় যে, এটি একটি নির্দিষ্ট পর্যায়কাল বা কম্পাঙ্কে স্পন্দিত হচ্ছে।

পরবশ কম্পন

একটি পর্যাবৃত্ত বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে কম্পিত করলে বস্তুটি প্রথমে তার নিজস্ব স্বাভাবিক কম্পাঙ্কে কম্পিত হওয়ার চেষ্টা করে কিন্তু ধীরে ধীরে দেখা যাবে যে, বস্তুটি পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক অনুযায়ী স্পন্দিত হচ্ছে।

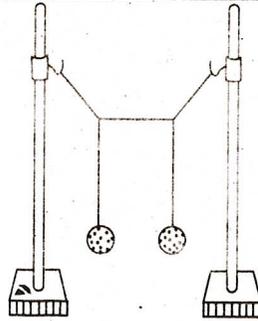
বস্তুটির স্বাভাবিক কম্পাঙ্ক যাই হোক না কেন, পর্যাবৃত্ত বলটি যতক্ষণ ক্রিয়াশীল থাকবে বস্তুটিও পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক অনুসারে কম্পিত হবে। এ ধরনের কম্পনকে পরবশ কম্পন বলা হয়।

সংজ্ঞা : কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পনের কম্পাঙ্কের চেয়ে ভিন্নতর হলে বস্তুটি প্রথমে অনিয়মিতভাবে কম্পিত হয় পরে আরোপিত কম্পনের কম্পাঙ্কে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে পরবশ বা আরোপিত কম্পন বলে।

পরবশ কম্পনের উদাহরণ

নিজে কর : একটি সুরশলাকা নাও। এটাকে রাবার প্যাডে আঘাত করে স্পন্দনশীল সুরশলাকাকে বায়ু মাধ্যমে ধর। কী রকম শব্দ শুনতে পাচ্ছে। এবার সুরশলাকাকে রাবার প্যাডে আঘাত করে এই স্পন্দনশীল সুরশলাকাকে টেবিলের উপর চেপে ধর। কি রকম শব্দ শুনতে পাচ্ছে ?

প্রথম ক্ষেত্রে শব্দ খুব ক্ষীণ হলেও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ঘরের যে কোনো জায়গা থেকেই শব্দ বেশ জোরে শোনা যাবে। এ অবস্থায় টেবিল পরবশ কম্পনে কম্পিত হয়, ফলে টেবিল সংলগ্ন সমস্ত বায়ুই কম্পিত হবে। বেশি পরিমাণে বায়ু কম্পিত হওয়ায় শব্দের তীব্রতা বেড়ে যায়। শব্দের তীব্রতা বৃদ্ধি পেলেও এক্ষেত্রে শব্দ বেশিক্ষণ স্থায়ী হয় না।



চিত্র : ৯.৮ (ক)

পরীক্ষা : দোলকের দোলন থেকে আমরা পরবশ কম্পনের উদাহরণ পাই। একটি রবারের সুতা থেকে একই দৈর্ঘ্যের দুটি সরল দোলক ঝুলিয়ে দেওয়া হলো (চিত্র : ৯.৮ ক)। এবার একটি দোলককে আন্দোলিত করে ছেড়ে দিলে দেখা যাবে যে, কিছুক্ষণের মধ্যে অপর দোলকটিও দুলতে শুরু করেছে।

এক্ষেত্রে সুতার মাধ্যমে প্রথম দোলকের আন্দোলন দ্বিতীয় দোলকে সঞ্চারিত হওয়ার ফলে দ্বিতীয় দোলকটি পরবশ কম্পনে কম্পিত হয়। প্রথম দোলকের শক্তি এভাবে দ্বিতীয় দোলকে সঞ্চারিত হওয়ার কিছুক্ষণের মধ্যে প্রথম দোলকটি থেমে যায় শুধু দ্বিতীয় দোলকটি দুলতে থাকে। দ্বিতীয় দোলকটি কিছুক্ষণ আন্দোলিত হওয়ার পর দেখা যাবে যে, প্রথম দোলকটি আবার দুলতে শুরু করেছে এবং দ্বিতীয় দোলকটি থেমে গেছে। এভাবে পর্যায়ক্রমে বেশ কয়েক বার কম্পনের ফলে একটি থেকে অন্যটিতে শক্তির স্থানান্তর হবে।

৯.১০। অনুনাদ Resonance

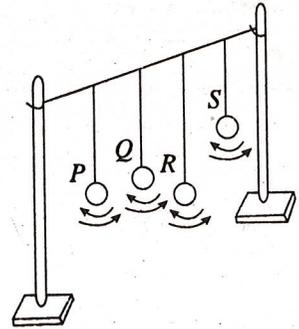
বাইরে থেকে পর্যাবৃত্ত বল প্রয়োগ করে যখন কোনো বস্তুকে আন্দোলিত করা হয় তখন যদি প্রযুক্ত বলের পর্যায়কাল বা কম্পাঙ্ক কম্পমান বস্তুর পর্যায়কাল থেকে ভিন্ন হয় তাহলে বস্তুটি খুবই অল্প বিস্তারে কম্পিত হয় এবং কম্পনের স্থায়িত্ব হয় খুব অল্প। কিন্তু উভয়ের পর্যায়কাল বা কম্পাঙ্ক যদি অভিন্ন হয় তাহলে কম্পনের বিস্তার ও স্থায়িত্ব অনেক বেড়ে যায়। এই ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

সংজ্ঞা : কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারসহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

সুতরাং বলা যায়, অনুনাদ একটি বিশেষ ধরনের পরবশ কম্পন।

পরীক্ষা : দুটি শক্ত কাঠের অবলম্বনে একগাছা রবারের ফিতার দুই প্রান্ত অনুভূমিক করে বাঁধা হয়। রবারের ফিতায় চারটি সরল দোলক বেঁধে পাশাপাশি ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। এদের মধ্যে P ও Q -এর দৈর্ঘ্য সমান। P ও Q -এর চেয়ে R -এর দৈর্ঘ্য কিছুটা বেশি এবং S -এর দৈর্ঘ্য কিছুটা কম (চিত্র : ৯.৮ খ)। এখন P দোলকটি অল্প টেনে ছেড়ে দিলে দেখা যায় যে, প্রায় সঙ্গে সঙ্গে Q দোলকটিও দুলতে শুরু করেছে। R ও S দোলক দুটিও প্রায় একই সঙ্গে দুলতে আরম্ভ করে, কিন্তু এদের বিস্তার কম হয় এবং কিছুক্ষণ পরে ওরা স্থির হয়ে যায়। তবে আরো কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় যে, R ও S আবার দুলতে শুরু করেছে।

P ও Q -এর দৈর্ঘ্য সমান হওয়ায় এদের কম্পাঙ্কও সমান। P দোলকের দোলন শুরু হলে ফিতার মাধ্যমে তা অন্য তিনটি দোলকে সঞ্চারিত হয় বা এরা পরবশ কম্পনে কম্পিত হয়। Q দোলকের নিজস্ব কম্পাঙ্ক পরবশ কম্পাঙ্ক অর্থাৎ P দোলকের কম্পাঙ্কের সমান হওয়ায় এর বিস্তার (Q দোলকের বিস্তার) P দোলকের সমান হয় অর্থাৎ অনুনাদ সৃষ্টি হয়। কিন্তু R ও S দোলক দুটির কম্পাঙ্ক পরবশ কম্পাঙ্কের সমান নয় বলে ওদের ক্ষেত্রে অনুনাদ সৃষ্টি হবে না। তাই ওরা প্রথমে অনিয়মিতভাবে অল্প বিস্তারে দুলতে থাকে এবং অবশেষে থেমে যায়। থেমে যাওয়ার পর আবার দুলতে শুরু করার কারণ হচ্ছে রবারের ফিতার মধ্য দিয়ে কম্পনের পুনঃসঞ্চার।

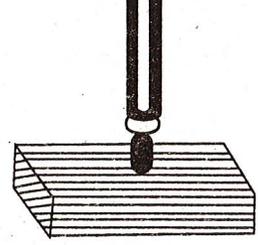


চিত্র : ৯.৮ (খ)

প্রত্যেক কম্পনক্ষম বস্তুরই একটি নিজস্ব এবং নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক থাকে। কোনো ঝুলন্ত ব্রিজেরও একটি কম্পাঙ্ক থাকে। এ কম্পাঙ্কের মান ব্রিজের উপাদান, দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে। সৈন্যদল যখন ব্রিজের ওপর দিয়ে মার্চ করে যায় তখন আরোপিত কম্পন সৃষ্টি হয় কারণ নিয়মিত পা ফেলার অর্থ একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের সৃষ্টি করা। এর ফলে যে কম্পনের সৃষ্টি হয়

তার কম্পাঙ্কও নির্দিষ্ট। এখন এ কম্পাঙ্ক যদি ব্রিজের স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সমান হয় তাহলে অনুনাদ সৃষ্টি হয়, ফলে ব্রিজটি বিপুল বিস্তারে আন্দোলিত হতে থাকে। এতে করে ব্রিজটি ভেঙে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। সে কারণে সৈন্যদেরকে ব্রিজের ওপর দিয়ে মার্চ না করে অনিয়মিতভাবে পা ফেলে যেতে বলা হয়।

অনুনাদী বাক্স (Resonance Box) : অনেক সময় সুরশলাকাকে একটি ফাঁকা কাঠের বাক্সের উপর লাগানো হয় (চিত্র : ৯.৯)। ঐ বাক্সের আকার এমন করা হয় যেন এর ভেতরস্থ বায়ুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্ক সুরশলাকার কম্পাঙ্কের সমান হয়। এখন সুরশলাকা কম্পিত হলে বাক্সের ভেতরের বায়ুও কম্পিত হয় এবং অনুনাদ সৃষ্টি করে ফলে শব্দের তীব্রতা বৃদ্ধি পায়। এ ধরনের বাক্সে অনুনাদের দ্বারা সুরশলাকার শব্দের তীব্রতা বৃদ্ধি করা হয় বলে এদেরকে অনুনাদী বাক্স বলে। এ একই প্রক্রিয়ায় বেহালা, সেতার, তবলা, এস্রাজ প্রভৃতি বাদ্যযন্ত্রের শব্দের তীব্রতা বৃদ্ধি করা হয়। এ সব যন্ত্রের তারগুলো একটি বায়ুপূর্ণ ফাঁপা বাক্সের উপর আটকানো থাকে। যখন কম্পনশীল তার শব্দ নিঃসরণ করে তখন বাক্সের ভেতরস্থ বায়ুতে ঐ কম্পন সংবাহিত হয় এবং বায়ু পরবশ কম্পনে কাঁপতে থাকে। এতে শব্দের তীব্রতা খুব বৃদ্ধি পায়।



চিত্র : ৯.৯

৯.১১। তরঙ্গের তীব্রতা

Intensity of Wave

সংজ্ঞা : তীব্রতা হচ্ছে তরঙ্গ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শক্তি।

ব্যাখ্যা : কোনো বিন্দু উৎস থেকে শব্দ উৎপন্ন হলে শব্দ শক্তি গোলায় তরঙ্গাকারে (Spherical wave) উৎসের চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। বিন্দু উৎসটিকে কেন্দ্র করে অঙ্কিত r ব্যাসার্ধের গোলকের পৃষ্ঠে যদি প্রতি সেকেন্ডে আপতিত শব্দ শক্তির পরিমাণ বা শক্তির হার হয় P , তাহলে A ক্ষেত্রফলের গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা,

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad \dots \quad (9.14)$$

কোনো গোলায় তরঙ্গের যেকোনো উৎস দ্বারা সৃষ্ট শব্দের জন্য কোনো বিন্দুর তীব্রতা এ সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। তীব্রতা পরিমাপ করা হয় $J s^{-1} m^{-2}$ বা, $W m^{-2}$ এককে।

তীব্রতার গাণিতিক রাশিমালা

ধরা যাক, কোনো মাধ্যমের ভিতর দিয়ে a বিস্তার এবং f কম্পাঙ্কবিশিষ্ট একটি তরঙ্গ v বেগে প্রবাহিত হচ্ছে। এ তরঙ্গ সঞ্চালনের পথে মাধ্যমের কোনো বিন্দুর চারদিকে A ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে t সময়ে যদি লম্বভাবে E পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয়, তাহলে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে লম্বভাবে প্রবাহিত শক্তি তথা ঐ বিন্দুতে তরঙ্গের তীব্রতা I হবে,

$$I = \frac{E}{At}$$

বা, $I = \frac{EL}{ALt}$ [$L =$ মাধ্যমের একটি অংশের দৈর্ঘ্য]

$$= \frac{EL}{Vt}$$
 [$V = AL =$ মাধ্যমের একটি অংশের আয়তন]
$$\therefore I = \frac{Ev}{V}$$
 [$v = \frac{L}{t} =$ তরঙ্গের বেগ]

আমরা জানি, কণাগুলোর সরল দোলনের ফলে তরঙ্গ সঞ্চালিত হয়। আর সরল দোলন গতির ক্ষেত্রে মোট শক্তি হলো তার সর্বোচ্চ বিভব শক্তি বা সর্বোচ্চ গতিশক্তির সমান।

$$\therefore E = \frac{1}{2} m v_{max}^2$$

যেহেতু সরল দোলন গতি বৃত্তাকার গতিরই একটি অংশ [অষ্টম অধ্যায় দ্রষ্টব্য] এবং সেক্ষেত্রে $v_{max} = \omega a$ ।

এখানে ω = তরঙ্গের কৌণিক কম্পাঙ্ক এবং a = তরঙ্গের বিস্তার।

$$\therefore E = \frac{1}{2} m (\omega a)^2$$

$$\text{সুতরাং, } I = \frac{1}{2} \frac{m(\omega a)^2}{V} v$$

$$= \frac{1}{2} \rho \omega^2 a^2 v \quad [\text{ঘনত্ব } \rho = \frac{m}{V}]$$

$$= \frac{1}{2} \rho (2\pi f)^2 a^2 v \quad [\text{কৌণিক কম্পাঙ্ক, } \omega = 2\pi f]$$

$$= \frac{1}{2} \rho (4\pi^2 f^2) a^2 v$$

$$\text{বা, } I = 2\pi^2 \rho v a^2 f^2 \quad \dots \quad \dots \quad (9.15)$$

শব্দের তীব্রতা : শব্দ এক প্রকার তরঙ্গ। শব্দের তীব্রতা বলতে আমরা বুঝি, শব্দ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তির পরিমাণ। শব্দের তীব্রতা নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে।

(i) উৎসের বিস্তার : শব্দ সৃষ্টিকারী বস্তুর কম্পনের বিস্তার বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হয়। শব্দের তীব্রতা তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। শব্দের তীব্রতা I এবং বিস্তার A হলে,

$$I \propto A^2$$

(ii) উৎসের আকার : উৎসের আকার বড় হলে শব্দ তরঙ্গ বেশি পরিমাণ শক্তি সঞ্চালিত করতে পারে ফলে তীব্রতা বেড়ে যায়।

(iii) উৎস থেকে শ্রোতার দূরত্ব : উৎস ও শ্রোতার মধ্যবর্তী দূরত্ব যতো বাড়বে শব্দের তীব্রতা ততো কমে যাবে কারণ বেশি দূরত্ব অতিক্রম করার ফলে শব্দ তরঙ্গের শক্তি কমে যায়। তীব্রতা দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। যদি তীব্রতা I এবং দূরত্ব r হয় তাহলে,

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

(iv) উৎসের কম্পাঙ্ক : উৎসের কম্পাঙ্ক বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হয়। শব্দের তীব্রতা উৎসের কম্পাঙ্কের বর্গের সমানুপাতিক। শব্দের তীব্রতা I এবং কম্পাঙ্ক f হলে,

$$I \propto f^2$$

(v) মাধ্যমের ঘনত্ব : যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ তরঙ্গ সঞ্চালিত হবে তার ঘনত্ব বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হয়।

(vi) অনুনাদী বস্তুর উপস্থিতি : উৎসের কাছে কোনো অনুনাদী বস্তু থাকলে শব্দের তীব্রতা বেড়ে যায়। একটি সুরশলাকাকে বাতাসে স্পন্দিত করলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় টেবিল বা কোনো ফাঁপা কাঠের বাস্তুর সাথে লাগিয়ে স্পন্দিত করলে শব্দের তীব্রতা অনেক বেড়ে যায়। এক্ষেত্রে বেশি আয়তনের বায়ু কম্পিত হয় বলে শব্দের তীব্রতা বেশি হয়।

(vii) মাধ্যমের বেগ : মাধ্যমের বেগের দিকে শব্দতরঙ্গ সঞ্চালিত হলে শব্দের তীব্রতা বেড়ে যায় এবং বিপরীত দিকে সঞ্চালিত হলে তীব্রতা কমে যায়।

৯.১২। প্রমাণ তীব্রতা ও তীব্রতা লেভেল

Standard Intensity and Intensity Level

শব্দের তীব্রতা নির্ভর করে প্রধানত এর বিস্তারের উপর। সবচেয়ে জোরালো তীব্রতার যে শব্দতরঙ্গ আমাদের কানে সহনীয় তার বিস্তার 10^{-5} m । পক্ষান্তরে আমাদের কান ক্ষীণতম যে তীব্রতার শব্দতরঙ্গ অনুভব করতে পারে তার বিস্তার প্রায় 10^{-11} m । অর্থাৎ বিস্তারের এই দু সীমান্ত মানের অনুপাত 10^6 । তরঙ্গের তীব্রতা এর বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। সুতরাং মানুষের শ্রবণসীমার দু প্রান্তের তীব্রতার অনুপাত 10^{12} । অর্থাৎ একটি ক্ষীণশব্দ এবং এর প্রায় 10^{12} গুণ বেশি তীব্র শব্দও কানে অনুভূতি সৃষ্টি করতে পারে। শব্দ তরঙ্গের তীব্রতার একটা বিশাল পাল্লা মানুষের কানের জন্য সংবেদনশীল। এ বিশাল পাল্লার তীব্রতার মানের পরিবর্তন সুস্থভাবে অনুধাবনের জন্য আমরা লগারিদমিক স্কেলের^১ সাহায্য নিই।

কোনো শব্দ শ্রাব্য হতে হলে শব্দের তীব্রতা এবং কম্পাঙ্ক একটা নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকতে হয়। শ্রাব্য শব্দের নিম্নতম তীব্রতাকে শ্রাব্যতার প্রারম্ভ (threshold of audibility) বলে। 1000 Hz কম্পাঙ্কের শব্দের শ্রাব্যতার প্রারম্ভিক সীমা $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ তীব্রতার বা, 10^{-12} W ক্ষমতার সমান।

প্রমাণ তীব্রতা I_0 : 1000 Hz কম্পাঙ্কবিশিষ্ট $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

প্রমাণ ক্ষমতা : 1000 Hz কম্পাঙ্কবিশিষ্ট 10^{-12} W ক্ষমতাকে প্রমাণ ক্ষমতা বলে।

শব্দোচ্চতা

Loudness

শব্দোচ্চতা বলতে শব্দ কত জোরে হচ্ছে তা বোঝায়, আর শব্দের তীব্রতা বলতে আমরা বুঝি শব্দ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শব্দ শক্তির পরিমাণ। শব্দোচ্চতা শব্দের তীব্রতার ওপর নির্ভরশীল হলেও তা তীব্রতার সমানুপাতিক নয়। তীব্রতা শক্তির দ্বারা প্রকাশ করা হয় বলে এটি একটি পরিময়ে ভৌতরাশি। কিন্তু শব্দোচ্চতাকে একেবারে নিখুঁতভাবে কোনো ভৌতরাশির সাথে সম্পর্কযুক্ত করা সম্ভব নয়।

প্রকৃতপক্ষে তীব্রতা শ্রোতার কানে যে অনুভূতি সৃষ্টি করে তাই হলো শব্দোচ্চতা এবং তা ব্যক্তি নির্ভর। নির্দিষ্ট তীব্রতার একটি শব্দ ভিন্ন ভিন্ন ব্যক্তির নিকটে ভিন্ন ভিন্ন শব্দোচ্চতার বলে অনুভূত হতে পারে। কাজেই শব্দোচ্চতা নির্ভর করে ব্যক্তির তীব্রতা যাচাই করার ক্ষমতার ওপর।

শব্দের তীব্রতার একক W m^{-2} খুব ছোট হওয়ায় প্রায় একই রকম তীব্রতার দুটি শব্দের তীব্রতার মানের পার্থক্য হবে অনেক বেশি। এর থেকে দুটি শব্দের তীব্রতার সম্যক ধারণা পাওয়া দুঃসাধ্য হয়ে ওঠে। এর জন্য কোনো শব্দের তীব্রতা বোঝার জন্য তীব্রতার পরিবর্তে তীব্রতা লেভেল ব্যবহার করা হয়।

তীব্রতা লেভেল : দেখা গেছে শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ করলে শব্দোচ্চতা দ্বিগুণ হয় না। কিন্তু তীব্রতা দ্বিগুণ করে বাড়ালে বৃদ্ধি পায়। তীব্রতার এ আপেক্ষিক মান অধিক তাৎপর্যপূর্ণ বলে এর পরম মান নির্ণয় করা হয় না। প্রমাণ তীব্রতা I_0 -এর (বা প্রমাণ ক্ষমতা P_0) সাপেক্ষে সকল তীব্রতা পরিমাপ করা হয়। ওয়েবার-ফেচনার (Weber-Fechner)- এর সূত্রানুসারে শব্দোচ্চতা শব্দের তীব্রতার লগারিদমের সমানুপাতিক। I_0 ও I তীব্রতার দুটি শব্দ তরঙ্গের শব্দোচ্চতা যথাক্রমে L_0 ও L হলে, তীব্রতা লেভেল, $\beta = L - L_0 = a (\log I - \log I_0)$

^১লগারিদমিক স্কেল সম্পর্কে ধারণা পাওয়ার জন্য নিচের সম্পর্কটি বিবেচনা করা যাক।

$$y = \log x$$

এখানে x ও y পরিবর্তী রাশি এবং \log এর ভিত্তি হচ্ছে 10 । এ সমীকরণের একটা সুবিধা হচ্ছে আমরা যদি x -কে 10 দ্বারা গুণ করি

তাহলে y -এর মান, $\log 10 = 1$ পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ $y' = \log (10x) = \log 10 + \log x = 1 + \log x$ ।

∴ $y' = 1 + y$ । একইভাবে, আমরা যদি x -কে 10^{12} দ্বারা গুণ করি তাহলে y এর মান মাত্র 12 বৃদ্ধি পাবে।

$$\beta = a \log \frac{I}{I_0} \quad \dots \quad \dots \quad (9.16)$$

এখানে a একটি সমানুপাতিক প্রবক এবং \log এর ভিত্তি হচ্ছে 10।

তীব্রতা লেভেল পরিমাপ করা হয় বেল (B) এককে। টেলিফোনের আবিষ্কারক গ্রাহাম বেল এই এককের প্রবর্তন করেন। এই একক বেল (B) এর সংজ্ঞা এমনভাবে দেয়া হয় যে, a এর মান 1 হয়। যখন $I = 10I_0$ তখন $\beta = 1B$ ধরলে (9.16) সমীকরণে $a = 1$ হয়।

বেল : প্রমাণ তীব্রতা থেকে 10 গুণ তীব্রতা সম্পন্ন কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেলকে 1 বেল (B) বলে। প্রকৃতপক্ষে বেল হচ্ছে আপেক্ষিক তীব্রতার একক এবং এর দ্বারা তীব্রতার 10 গুণ বৃদ্ধি বোঝায়।

সুতরাং তীব্রতা লেভেলকে বেল এককে প্রকাশ করলে (9.16) সমীকরণ থেকে পাই,

$$\beta = \log \frac{I}{I_0} \quad \dots \quad \dots \quad (9.17)$$

এ থেকে আমরা তীব্রতা লেভেলের নিম্নোক্ত সংজ্ঞা পাই—

সংজ্ঞা : কোনো শব্দের তীব্রতা ও প্রমাণ তীব্রতার অনুপাতের লগারিদমকে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল বলে।

$$\text{আবার যেহেতু, } \frac{I}{I_0} = \frac{P}{P_0}$$

$$\text{সুতরাং, } \beta = \log \frac{P}{P_0} \quad \dots \quad \dots \quad (9.18)$$

এ ক্ষেত্রে β -কে ক্ষমতা লেভেল (Power level) বলা হয়।

এখানে β হচ্ছে I_0 তীব্রতার [বা P_0 ক্ষমতার] শব্দের সাপেক্ষে I তীব্রতার [বা P ক্ষমতার] শব্দের তীব্রতা লেভেল [বা ক্ষমতা লেভেল]। বেল এককটি বেশ বড় হওয়ায় ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এর এক-দশমাংশকে তীব্রতা লেভেলের একক হিসেবে ধরা হয় এবং একে বলা হয় ডেসিবেল (decibel, dB)।

সংজ্ঞা : প্রমাণ তীব্রতা থেকে 10 গুণ তীব্রতা সম্পন্ন কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেলকে 1 বেল বলে। এক বেলের এক-দশমাংশকে এক ডেসিবেল বলে।

কোনো শব্দের তীব্রতা I এবং প্রমাণ তীব্রতা I_0 হলে ডেসিবেল এককে তীব্রতা লেভেল হবে,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} \quad \dots \quad \dots \quad (9.19)$$

এখন $\beta = 1 \text{ dB}$ হলে,

$$1 \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ বা, } \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = \frac{1}{10}$$

$$\text{বা, } \frac{I}{I_0} = \text{antilog} \left(\frac{1}{10} \right) = 1.26$$

$$\text{বা, } I = 1.26 I_0$$

অর্থাৎ, শব্দের তীব্রতার 26% পরিবর্তনের জন্য এর তীব্রতার লেভেল 1dB পরিমাণ পরিবর্তিত হয়। যদি $I = I_0$ হয় তবে সমীকরণ (9.18) হবে,

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 0 \text{ dB}$$

আমাদের কানের শ্রুতি শুরু হয় 0 dB থেকে।

$$\text{আবার, } I = 100 I_0 \text{ হলে, } \beta = 10 \log (100) = 10 \log (10^2) = 20 \text{ dB}$$

$$\text{এবং } I = 1000 I_0 \text{ হলে } \beta = 10 \log (1000) = 10 \log (10)^3 = 30 \text{ dB}$$

অর্থাৎ দুটি শব্দোচ্চতার পার্থক্য 20 dB হলে জোরালো শব্দ দুর্বল শব্দের চেয়ে 100 গুণ তীব্র হয়। আর পার্থক্য 30 dB হলে জোরালো শব্দ 1000 গুণ তীব্র হয়।

সর্বনিম্ন যে তীব্রতার শব্দে আমাদের কানে যন্ত্রণা শুরু হয় তাকে শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ (threshold of pain) বলে। এই তীব্রতার মান প্রায় $I = 1 \text{ W m}^{-2}$ । সুতরাং I এর তীব্রতার লেভেল,

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{10^{-12}} \right) = 10 \log 10^{12} = 120 \text{ dB}$$

কোনো শব্দ উৎসের তীব্রতা I_1 থেকে I_2 তে পরিবর্তিত হলে তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন হবে,

$$\beta_2 - \beta_1 = \Delta\beta = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \text{ dB} \quad \dots \quad \dots \quad (9.20)$$

অনুরূপভাবে কোনো শব্দ উৎসের ক্ষমতা P_1 থেকে P_2 তে পরিবর্তিত হলে ক্ষমতা লেভেল বা পাওয়ার লেভেলের পরিবর্তন হবে,

$$\Delta\beta = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB} \quad \dots \quad \dots \quad (9.21)$$

আমাদের কানের শ্রুতির শুরু 0 dB ধরে বিভিন্ন উৎসের শব্দের তীব্রতা, তীব্রতা লেভেল এবং তীব্রতার অনুপাতের মান নিম্নের সারণিতে দেখানো হয়েছে।

সারণি ৯.১

বিভিন্ন উৎসের তীব্রতা ও তীব্রতা লেভেল

শব্দ উৎস	তীব্রতা W m^{-2}	তীব্রতা লেভেল β (dB)	I/I_0	মন্তব্য
—	10^{-12}	0	10^0	শ্রাব্যতার প্রারম্ভিক সীমা
স্বাভাবিক শ্বাস-প্রশ্বাস	10^{-11}	10	10^1	কিঞ্চিৎ শ্রাব্য
পাতার মর্মর ধ্বনি	10^{-10}	20	10^2	
নির্জন রাস্তা/ফিস ফিস কথা	10^{-9}	30	10^3	খুব শান্ত
লাইব্রেরি	10^{-8}	40	10^4	শান্ত
শান্ত অফিস/ক্লাস রুম	10^{-7}	50	10^5	
স্বাভাবিক কথপোকথন	10^{-6}	60	10^6	
ব্যস্ত সড়ক	10^{-5}	70	10^7	
সাধারণ কারখানা/কোলাহল পূর্ণ অফিস	10^{-4}	80	10^8	সার্বক্ষণিক শ্রবণে শ্রুতির মারাত্মক ক্ষতি
মোটর সাইকেল বা ভারী ট্রাক	10^{-3}	90	10^9	
পাতাল রেল	10^{-2}	100	10^{10}	
ভারী নির্মাণ স্থল	10^{-1}	110	10^{11}	
মাইকযোগে ব্যস্ত সঙ্গীত	10^0	120	10^{12}	শ্রুতি যন্ত্রণার আরম্ভ

শব্দোচ্চতার একক ফন (Phon)। কোনো শব্দের শব্দোচ্চতা ফন এককে পরিমাপ করতে হলে 1000 Hz কম্পাঙ্কের একটি বিশুদ্ধ প্রমাণ সুর নিয়ে তার সাথে ঐ শব্দের তুলনা করা হয়। প্রমাণ সুরের তীব্রতা নিয়ন্ত্রণ করে এর শব্দোচ্চতা ঐ শব্দের শব্দোচ্চতার সমান করা হয়। এই অবস্থায় প্রমাণ সুরের তীব্রতা লেভেল যদি n decibel হয় তাহলে ঐ শব্দটির শব্দোচ্চতা হবে n ফন।

৯.১৩। বিট বা স্বরকম্প Beat

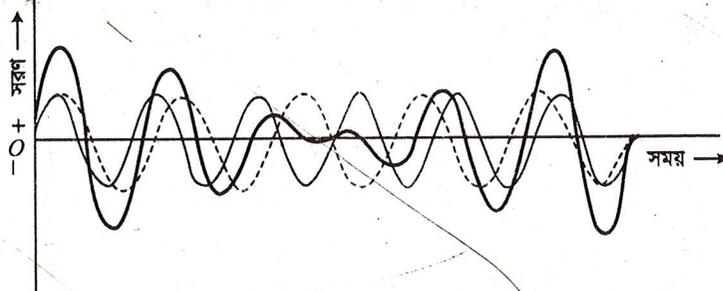
পরীক্ষা : একই কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা নেওয়া হয়। শলাকা দুটিকে খাড়াভাবে দুটি ফাঁপা বাস্তুর উপর স্থাপন করা হয়। এখন শলাকা দুটিকে কোনো রবার প্যাড বা কাপড় জড়ানো হাঁতুড়ি দ্বারা একটির পর আরেকটিকে আঘাত করলে দেখা যাবে যে, তারা একই রকম একটানা শব্দ উৎপন্ন করছে। আবার একই সঙ্গে দুটি শলাকাকে আঘাত করলে দেখা যাবে যে, এখনো একটানা শব্দ হচ্ছে কিন্তু শব্দের তীব্রতা অনেক বেড়ে গেছে। এবার যেকোনো একটি শলাকার বাহুতে কিছু তার জড়িয়ে দিলে এর কম্পাঙ্ক কমে যাবে অর্থাৎ দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্কের মধ্যে কিছুটা পার্থক্য সৃষ্টি হবে। এ অবস্থায় যদি শলাকা দুটিকে একই সাথে আঘাত করে শব্দ উৎপন্ন করা হয় তাহলে আর একটানা শব্দ শোনা যাবে না। শব্দ পর্যায়ক্রমে জোরে এবং বেশ আস্তে শোনা যাবে।

ভিন্ন কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা থেকে উৎপন্ন তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার এরকম পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি হয়। একে বিট বলা হয়। শব্দের তীব্রতার একটি বৃদ্ধি এবং একটি হ্রাস নিয়ে একটি বিট গঠিত হয়।

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

৯.১৪। বিট গঠনের কৌশল Formation of Beat

প্রায় সমান কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা নেয়া হয়। এখন এদেরকে রবার প্যাড দ্বারা আঘাত করলে শব্দ উৎপন্ন হয়ে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হতে থাকবে। এর ফলে মাধ্যমের কোনো এক বিন্দুতে তরঙ্গ দুটি কোনো এক সময় সমদশায় এবং অপর কোনো এক সময় বিপরীত দশায় মিলিত হবে (চিত্র : ৯.১০)। মাধ্যমের যে বিন্দুতে তরঙ্গ দুটি একই দশায় মিলিত হয় সেখানে উপরিপাতনের ফলে লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের যোগফলের সমান হবে, ফলে শব্দের তীব্রতা বেড়ে যাবে। চিত্রে তরঙ্গ দুটিকে সরু রেখা ও ভগ্ন রেখা এবং লব্ধি তরঙ্গকে অবিচ্ছিন্ন মোটা রেখা দ্বারা দেখানো হয়েছে। যেহেতু সময়ের সাথে সাথে শব্দ তরঙ্গ এগিয়ে চলে তাই প্রতিনিয়ত তরঙ্গদ্বয়ের দশার পরিবর্তন হচ্ছে। তাই যখন বিপরীত দশায় মিলিত হবে তখন লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের বিয়োগফলের সমান হবে। ফলে শব্দের তীব্রতা কমে যাবে। এভাবে লব্ধি শব্দের তীব্রতার পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে বা বিট সৃষ্টি হয়।



চিত্র : ৯.১০

৯.১৫। বিটের গাণিতিক বিশ্লেষণ

Mathematical Analysis of Beat

ধরা যাক, সমবিস্তার এবং কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই দিকে অগ্রসর হচ্ছে। t সময় পরে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের সরণ যথাক্রমে y_1 ও y_2 হলে,

$$y_1 = a \sin 2\pi f_1 t$$

$$y_2 = a \sin 2\pi f_2 t$$

এখানে, a তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তার এবং f_1 ও f_2 যথাক্রমে এদের কম্পাঙ্ক। ধরা যাক, $f_1 > f_2$ ।

এখন, তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গের সরণ y হলে,

$$y = y_1 + y_2 = a \sin 2\pi f_1 t + a \sin 2\pi f_2 t$$

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

$$\text{বা, } y = 2a \cos \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right\} \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 + f_2}{2} \right) t \right\} \dots \dots (9.22)$$

(9.22) সমীকরণকে তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ $Y = A \sin 2\pi ft$ -এর সাথে তুলনা করে বলা যায় যে, এটি একটি সরল দোলন গতি সম্পন্ন তরঙ্গের সমীকরণ যার বিস্তার

$$A = 2a \cos \left[2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right]$$

$$\text{এবং কম্পাঙ্ক, } f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

অর্থাৎ দুটি তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে যে নতুন তরঙ্গের উদ্ভব হয় তার বিস্তার A এবং কম্পাঙ্ক f হয় তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্কের গড়ের সমান।

এ নতুন তরঙ্গের বিস্তার A সময় t এর উপর নির্ভরশীল। সময় তথা t অতিবাহিত হওয়ার সাথে সাথে cosine সংশ্লিষ্ট কোণ $\left[2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right]$ বাড়তে থাকে, ফলে cosine এর মানের পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধির ফলে বিস্তার A -এরও পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। আমরা জানি শব্দের তীব্রতা বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। সুতরাং সময় অতিবাহিত হওয়ার সাথে সাথে বিস্তারের পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধির জন্য শব্দের তীব্রতারও পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। ফলে বিট সৃষ্টি হয়।

বিটের হার উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান

এখন লব্ধি তরঙ্গের তীব্রতা সবচেয়ে বেশি হবে যখন,

$$\cos \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right\} = \pm 1 \text{ হবে।}$$

$$\text{বা, } 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t = 0, \pi, 2\pi \dots m\pi \text{ হবে। } [m = 0, 1, 2 \text{ ইত্যাদি}]$$

$$\text{বা, } t = 0, \frac{1}{f_1 - f_2}, \frac{2}{f_1 - f_2}, \dots \frac{m}{f_1 - f_2} \text{ হবে।}$$

সুতরাং দেখা যায় যে, $t = 0, \frac{1}{f_1 - f_2}, \frac{2}{f_1 - f_2} \dots \dots$ ইত্যাদি সময়ে বিস্তার সর্বাধিক অর্থাৎ $2a$ এর সমান হয়। ফলে প্রবল শব্দ শোনা যায়।

$$\text{অতএব পর পর দুটি প্রবল শব্দ শোনার মধ্যবর্তী সময়} = \frac{1}{f_1 - f_2} \text{ সেকেন্ড} \quad \dots \quad \dots \quad (9.23)$$

আবার লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার সর্বনিম্ন হবে যখন, $\cos \left\{ 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right\} = 0$ হবে।

$$\text{বা, } 2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots \quad (2m + 1) \frac{\pi}{2} \text{ হবে।} \quad [m = 0, 1, 2 \text{ ইত্যাদি}]$$

$$\text{বা, } t = \frac{1}{2(f_1 - f_2)}, \frac{3}{2(f_1 - f_2)} \dots \quad \dots \quad \frac{(2m + 1)}{2(f_1 - f_2)} \text{ হবে।}$$

সুতরাং দেখা যায় যে, $t = \frac{1}{2(f_1 - f_2)}, \frac{3}{2(f_1 - f_2)} \dots \dots$ ইত্যাদি সময়ে বিস্তার শূন্য হয়। ফলে কোনো শব্দ শোনা যায় না।

$$\text{অতএব পর পর দুটি নিঃশব্দ-এর মধ্যবর্তী সময়} = \frac{1}{f_1 - f_2} \text{ সেকেন্ড} \quad \dots \quad \dots \quad (9.24)$$

(9.23) ও (9.24) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, প্রবল শব্দ ও নিঃশব্দ পেতে একই সময় লাগে এবং দুটি প্রবল শব্দের মধ্যে একটি নিঃশব্দ থাকে। সুতরাং দুটি প্রবল শব্দ বা দুটি নিঃশব্দের মধ্যে সময় ব্যবধান $\frac{1}{f_1 - f_2}$ সেকেন্ড। অর্থাৎ

$$\frac{1}{f_1 - f_2} \text{ সেকেন্ডে বিট সংখ্যা} = 1 \text{ টি।}$$

$$\therefore 1 \quad " \quad " \quad " = (f_1 - f_2) \text{ টি}$$

সুতরাং প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্ট বিট সংখ্যা উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্ট বিট সংখ্যা N হলে $N = f_1 - f_2$ ।

যদি তরঙ্গ দুটির বিস্তার সমান না হয় তাহলে নিঃশব্দের পরিবর্তে মৃদু শব্দ শোনা যাবে কারণ তখন বিস্তারদ্বয়ের বিয়োগফল শূন্য হবে না।

উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্য খুব বেশি হলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যাও খুব বেশি হয়, ফলে শব্দের তীব্রতার হ্রাস-বৃদ্ধি এত দ্রুত হয়, তা উপলব্ধি করা যায় না। কানে একটানা শব্দ শোনা যায়। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে, বিটের সংখ্যা সেকেন্ডে 10 এর বেশি হলে কানে তা উপলব্ধি করা সম্ভব হয় না।

বিটের ব্যবহারিক প্রয়োগ

ক. সুর শলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় : বিটের সাহায্যে আমরা কোনো সুরশলাকার অজানা কম্পাঙ্ক বের করতে পারি। যখন একটি জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকা ও অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার মধ্যে কম্পাঙ্কের পার্থক্য বেশি না হয় তখনই কেবল ঐ পদ্ধতিতে অজানা কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

এখন f_1 অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকাকে f_2 জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার সাথে একসাথে কাঁপিয়ে বিট সৃষ্টি করা হলো। ধরা যাক, প্রতি সেকেন্ডে সৃষ্ট বিট সংখ্যা = N

$$\therefore N = f_1 - f_2$$

অজানা কম্পাঙ্ক f_1 , জানা কম্পাঙ্ক f_2 -এর চেয়ে ছোট বা বড় হতে পারে। সুতরাং অজানা কম্পাঙ্ক

$$f_1 = f_2 \pm N \quad \dots \quad \dots \quad (9.25)$$

অজানা কম্পাঙ্ক f_1 এর কম্পাঙ্ক $f_2 + N$ বা, $f_2 - N$ কোনটি হবে তা নির্ণয়ের জন্য আমরা অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার বাহুতে কিছু মোম লাগিয়ে দেই, ফলে এটি ভারী হয় এবং এর কম্পাঙ্ক কমে যায়। এখন বিট সৃষ্টি করলে বিট সংখ্যা N এর চেয়ে বাড়তেও পারে বা কমেতেও পারে। যদি বিট সংখ্যা বেড়ে যায় তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক f_1 , জানা কম্পাঙ্ক f_2 এর চেয়ে ছোট হবে, অর্থাৎ $f_1 = f_2 - N$ হবে। আর যদি বিট সংখ্যা কমে যায় তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক f_1 , জানা কম্পাঙ্ক f_2 এর চেয়ে বড় হবে, অর্থাৎ $f_1 = f_2 + N$ ।

অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকায় মোম লাগালে যদি বিট সংখ্যা বাড়ে তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক জানা কম্পাঙ্কের চেয়ে ছোট হবে আর যদি বিট সংখ্যা কমে তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক জানা কম্পাঙ্কের চেয়ে বড় হবে।

[দ্রষ্টব্য : অজানা বা জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার যেকোনো একটিতে ভর সংযুক্ত করে বা যেকোনোটির ভর কমিয়ে বিটের হ্রাস বৃদ্ধি লক্ষ্য করে অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। জানা বা অজানা কোন সুরশলাকার কম্পাঙ্ক বেশি বিটের হ্রাস বৃদ্ধি লক্ষ্য করে নিম্নোক্ত উপায়ে তা সহজে নির্ণয় করা যায়।

১. যে সুরশলাকার বাহুর ভর বাড়ালে অর্থাৎ যার কম্পাঙ্ক কমালে বিট বাড়বে (অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য বাড়বে) তার কম্পাঙ্ক অন্যটির চেয়ে কম।

২. যে সুরশলাকার বাহুর ভর বাড়ালে অর্থাৎ যার কম্পাঙ্ক কমালে বিট কমে (অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য কমে) তার কম্পাঙ্ক অন্যটির চেয়ে বেশি।

৩. যে সুরশলাকার বাহুর ভর কমালে অর্থাৎ যার কম্পাঙ্ক বাড়ালে বিট বাড়বে (অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য বাড়বে) তার কম্পাঙ্ক অন্যটির চেয়ে বেশি।

৪. যে সুরশলাকার বাহুর ভর কমালে অর্থাৎ যার কম্পাঙ্ক বাড়ালে বিট কমে (অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য কমে) তার কম্পাঙ্ক অন্যটির চেয়ে কম।]

খ. খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় : বিটের সাহায্যে খনিতে দূষিত বায়ু আছে কিনা তা নির্ণয় করা যায়। যে খনির বায়ু দূষিত বলে সন্দেহ করা হয় তার খনিকটা বায়ু একটি অর্গান নলে নেওয়া হয়। অপর একটি অর্গান নলে বিশুদ্ধ বায়ু নেওয়া হয়। এখন নল দুটিকে একত্রে বাজালে যদি বিটের সৃষ্টি হয় তাহলে বুঝতে হবে বায়ু দূষিত। কারণ বায়ু দূষিত হলে তার ঘনত্ব বিশুদ্ধ বায়ুর ঘনত্বের চেয়ে আলাদা হবে ফলে নলদ্বয় থেকে সৃষ্ট শব্দের কম্পাঙ্কের পার্থক্য থাকবে। ফলে বিট সৃষ্টি হবে। আর যদি খনির বায়ু বিশুদ্ধ হয় তাহলে কম্পাঙ্কের কোনো প্রভেদ থাকবে না। ফলে বিটও শোনা যাবে না। সুতরাং বিটের সাহায্যে খনিতে দূষিত গ্যাসের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়।

৯.১৬। সূত্রাব্য শব্দ

Musical sound

যে সমস্ত শব্দ আমাদের গুণতে ভাল লাগে তাদেরকে আমরা সূত্রাব্য বা সুরসমৃদ্ধ শব্দ বলি। আবার যেগুলো আমাদের কাছে বিরক্তিকর তাদেরকে কলরব বা সুরবর্জিত শব্দ বলি।

আমরা জানি, উৎসের কম্পন থেকে শব্দ সৃষ্টি হয়। তাই শব্দ শ্রুতিমধুর হওয়া বা শ্রুতিকটু হওয়া নির্ভর করে উৎসের ওপর। দেখা গেছে উৎসের পর্যাবৃত্ত গতির ফলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় তা সূত্রাব্য বা সুরসমৃদ্ধ। আবার উৎসের কম্পন যদি অনিয়মিত এবং ক্ষণস্থায়ী হয় তাহলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় তা সুরবর্জিত বা অপসুর শব্দ।

সূত্রাব্য শব্দে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো দেখা যায়: (ক) শব্দোচ্চতা ও তীব্রতা (Loudness and Intensity), (খ) তীক্ষ্ণতা (Pitch) এবং (গ) গুণ বা জাতি (Quality or Timbre)।

৯.১১ ও ৯.১২ অনুচ্ছেদে আমরা শব্দোচ্চতা ও তীব্রতা সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করেছি। এখানে আমরা তীক্ষ্ণতা ও গুণ বা জাতি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা দেওয়ার চেষ্টা করবো।

তীক্ষ্ণতা (Pitch) : তীক্ষ্ণতা হচ্ছে সুশ্রাব্য শব্দের বৈশিষ্ট্য। শব্দের এই বৈশিষ্ট্য দ্বারা খাদের সুর ও চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। উৎসের কম্পাঙ্কের ওপর শব্দের তীক্ষ্ণতা নির্ভর করে। কম্পাঙ্ক যত বাড়ে সুর তত চড়া হয় অর্থাৎ সুরের তীক্ষ্ণতা বাড়ে কিন্তু তাই বলে কম্পাঙ্ক ও তীক্ষ্ণতা এক জিনিস নয়। তীক্ষ্ণতা হচ্ছে কানের একটা বিশেষ অনুভূতি কিন্তু উৎসের কম্পাঙ্ক হচ্ছে যান্ত্রিক আন্দোলন। যেহেতু তীক্ষ্ণতা শব্দের কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক তাই তীক্ষ্ণতাকে সাধারণত কম্পাঙ্ক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গুণ বা জাতি (Quality or Timbre) : যে বৈশিষ্ট্যের দ্বারা একই তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতার দুটি শব্দকে পরস্পর থেকে আলাদা করা যায় তাকে শব্দের গুণ বা জাতি বলে। এক সাথে কয়েকটি বাদ্যযন্ত্র (যেমন বেহালা, গিটার, বাঁশি) যদি একই তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতায় বাজানো হয় তাহলেও আমরা কোন সুরটি কোন যন্ত্রের তা সহজে বুঝতে পারি। শব্দের গুণ বা জাতির জন্য এটা সম্ভব হয়। আসলে কোনো বাদ্যযন্ত্রই একটি কম্পাঙ্কবিশিষ্ট বিশুদ্ধ সুর উৎপন্ন করে না। মূল সুরের সাথে সব সময়ই কয়েকটি উপসুর মিশে থাকে। মূল সুরের কম্পাঙ্ক দ্বারা স্বরের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। কিন্তু স্বরের গুণ নির্ভর করে এর মূল সুরের সাথে যতগুলো উপসুর মিশে আছে তাদের আপেক্ষিক তীব্রতা এবং তারা যে ক্রমে সাজানো আছে তার ওপর।

৯.১৭। হারমোনিক এবং স্বরগ্রাম Harmonic and Musical Scale সুর ও স্বর (Tone and Note)

কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দ যদি একটিমাত্র কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে সুর (Tone) বলে। যেমন, সুরশলাকা থেকে নিঃসৃত শব্দ, কারণ এর একটিই কম্পাঙ্ক। আবার কোনো শব্দের মধ্যে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে স্বর (Note) বলে। অর্থাৎ স্বর হচ্ছে একাধিক সুরের সমষ্টি। আমরা যে কথা বলি তা স্বর, কারণ তা অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমষ্টি। সাধারণভাবে বলা যায়, উৎসের সরল দোলন গতির জন্য সুর এবং পর্যাবৃত্ত গতির জন্য স্বর উৎপন্ন হয়।

প্রত্যেক স্বরই দুই বা ততোধিক সুরের সমষ্টি। কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মূল সুর বা মৌলিক সুর (Fundamental tone) বলে। অন্য সকল সুর যার কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি তাদের উপসুর (Overtone) বলে। আবার উপসুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে সম্মেলন বা হারমোনিক (Harmonic) বলে। কাজেই, সকল হারমোনিক উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়। আবার কোনো সুরের কম্পাঙ্ক যদি অন্য একটি সুরের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ হয়, তাহলে দ্বিতীয়টিকে প্রথমটির অষ্টক (octave) বলে। উপসুর যদি মূল সুরের দ্বিগুণ হয় তাহলে তাকে দ্বিতীয় হারমোনিক বা অষ্টক, তিনগুণ হলে তৃতীয় হারমোনিক, চারগুণ হলে চতুর্থ হারমোনিক ইত্যাদি বলে। যেমন কোনো অর্গান থেকে নিঃসৃত নিচের কম্পাঙ্কগুলো আছে :

256, 268, 502, 512, 620, 768, 1020, 1280 Hz.

এখানে 256 Hz মূল সুর। 512 Hz হচ্ছে মূল সুরের অষ্টক বা দ্বিতীয় হারমোনিক এবং 768 Hz ও 1280 Hz হচ্ছে যথাক্রমে তৃতীয় ও পঞ্চম হারমোনিক। 256 Hz ছাড়া অন্যান্য কম্পাঙ্কের সুর হচ্ছে উপসুর।

সুর, স্বর এবং অষ্টকের উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে, কোনো সুরশলাকাকে আঘাত করলে যে শব্দ সৃষ্টি হয় তা সুর কারণ তাতে মাত্র একটি কম্পাঙ্কের শব্দ থাকে। আবার বেহালার ছড় টেনে কোনো শব্দ উৎপন্ন করলে তাকে স্বর বলা হয়, কারণ এতে একাধিক কম্পাঙ্কের শব্দ মিশ্রিত থাকে। স্বরগ্রামের প্রথম সাঁর কম্পাঙ্কের চেয়ে শেষ সাঁর কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ হওয়ায় শেষ সাঁকে প্রথম সাঁর অষ্টক বলা হয়।

সুর বিরাম (Musical Interval)

দুটি সুরের কম্পাঙ্কের অনুপাতকে অবকাশ বা ব্যবধান বা বিরাম (Interval) বলে। সঙ্গীতে দুটি সুরের মধ্যে পার্থক্য আমাদের কানে ধরা পড়ে কম্পাঙ্কের এ অনুপাতের জন্য কম্পাঙ্কের জন্য নয়। ধরা যাক, A, B, C, D ইত্যাদি কয়েকটি সুরের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে f_1, f_2, f_3, f_4 ইত্যাদি। তা হলে,

$$B \text{ ও } A\text{-এর মধ্যে সুর বিরাম} = \frac{f_2}{f_1}$$

$$C \text{ ও } B\text{-এর মধ্যে সুর বিরাম} = \frac{f_3}{f_2}$$

$$D \text{ ও } C\text{-এর মধ্যে সুর বিরাম} = \frac{f_4}{f_3}$$

এ অবস্থায় D ও A -এর মধ্যে সুর বিরাম হবে, $\frac{f_4}{f_1} = \frac{f_4}{f_3} \times \frac{f_3}{f_2} \times \frac{f_2}{f_1}$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, দুটি শব্দের সুর বিরাম এদের মধ্যবর্তী সুর বিরামগুলোর গুণফলের সমান।

দুই বা ততোধিক স্বর এক সাথে বাজালে তাদের মিলিত শব্দকে স্বর সংগতি (Chord) বলে। স্বরের মিলন শ্রুতিমধুর হলে তাকে স্বরসমতা বা সমসংগতি (Conchord or Consonance) এবং শ্রুতিকটু হলে স্বর বিষমতা বা বিষম সংগতি (Dischord or Disonance) বলে।

এখন যে সব স্বরের সুর বিরামগুলো সরল অনুপাতে অর্থাৎ 1, 2, 3 ইত্যাদি ছোট পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতের দ্বারা প্রকাশ করা যায় তাদেরকে স্বর সংগতি বলে। বিভিন্ন সুর বিরামকে বিভিন্ন নামে অভিহিত করা হয়। নিচে কয়েকটি সুর বিরামের নামের তালিকা দেওয়া হলো :

সুর বিরাম	নাম	সুর বিরাম	নাম
1 : 1	সমায়ন (Unison)	3 : 2	গুরু পঞ্চম (Major fifth)
2 : 1	অষ্টক (Octave)	5 : 3	গুরু ষষ্ঠক (Major sixth)
3 : 1	পঞ্চম (Fifth)	8 : 5	লঘু ষষ্ঠক (Minor sixth)
5 : 4	গুরু তিস্রক (Major third)	8 : 9	গুরু সুর (Major tone)
6 : 5	লঘু তিস্রক (Minor third)	10 : 9	লঘু সুর (Minor tone)
		16 : 15	অর্ধ সুর (Semi tone)

৯.১৮। স্বরগ্রাম

Musical Scale

সঙ্গীতের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, দুই বা ততোধিক সুরের তীক্ষ্ণতা বা কম্পাঙ্কের অনুপাত যদি সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতের সমান হয় তাহলে তাদের সম্মিলনে শ্রুতিমধুর শব্দের উৎপত্তি হয়। এ ঘটনার উপর ভিত্তি করে স্বরগ্রাম তৈরি করা হয়েছে।

স্বরগ্রাম বলতে আমরা নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক বা তীক্ষ্ণতার কয়েকটি সাজানো সুরকে বুঝি। যেকোনো সুর ও তার অষ্টক বা দ্বিগুণ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরের মধ্যে কয়েকটি নির্দিষ্ট সুর আমাদের কানে সহজে সাড়া দেয়। এ সুরগুলোর মধ্যে সমসংগতি বজায় থাকে বলে এরা সঙ্গীত গুণসম্পন্ন হয়। এরূপ সমসংগতিপূর্ণ সুরসমষ্টিকে স্বরগ্রাম বলে। স্বরগ্রামের সবচেয়ে ছোট কম্পাঙ্কের সূচনা সুরকে টোনিক বা প্রধান সুর (Tonic or key tone) বলে।

কোনো নির্দিষ্ট সুর ও এর অষ্টকের মধ্যবর্তী ছয়টি বিশেষ সুরকে সাজিয়ে একটি স্বরগ্রাম তৈরি করা হয় যাতে শ্রুতিমধুর সুরের সৃষ্টি হয়। এ স্বরগ্রামে আটটি ক্রমবর্ধমান কম্পাঙ্কের সমসংগতিপূর্ণ সুর থাকে বলে একে ডায়োটোনিক স্বরগ্রাম বলে। ডায়োটোনিক স্বরগ্রামের বিভিন্ন সুরের কম্পাঙ্ক ও সুর বিরাম নিচে দেওয়া হলো :

নাম (বাংলাদেশি)	সা	রে	গা	মা	পা	ধা	নি	সা
নাম (পাশ্চাত্য)	do	re	mi	fa	sol	la	ti	do
প্রতীক	C	D	E	F	G	A	B	C
প্রকৃত কম্পাঙ্ক (Hz)	256	288	320	341	384	427	480	512
C-এর সাপেক্ষে কম্পাঙ্কের অনুপাত	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
দুটি পর পর সুরের অবকাশ		$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$

ডায়োটোনিক স্বরগ্রামের সুবিধে হচ্ছে এতে যথাসম্ভব বেশি স্বরসংগতি বজায় রাখার চেষ্টা করা হয়েছে। উপরের তালিকা থেকে দেখা যায় যে, ডায়োটোনিক স্বরগ্রামে সুর বিরামগুলো তিন প্রকারের; যথা $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$, $\frac{16}{15}$ । এদের যথাক্রমে মেজর টোন, মাইনর টোন ও সেমিটোন বলে। সুর বিরামের এ ব্যবধানের জন্য স্কেলে সব সময় C-কে প্রধান সুর বা key tone ধরে বাজাতে হয়।

গান গাওয়ার সময় গায়ক গায়িকার গলায় স্বরের সাথে মিল রেখে স্বরগ্রামের যেকোনো প্রধান স্বরকে (Key tone) বেছে নেওয়া হয়। ফলে অনেক সময় মাত্র সাতটা সুর দিয়ে কাজ চলে না তাই শ্রুতিমাদুর্য এবং কণ্ঠস্বরের প্রকৃতির উপযোগী করার জন্য এক অষ্টকের মধ্যে আরো পাঁচটি সুরকে স্বরগ্রামভুক্ত করা হয়েছে। এ নতুন স্বরগ্রামকে সমীকৃত স্বরগ্রাম (Tempered scale) বলে।

সংগীতের কয়েকটি ব্যবহারিক শব্দ

নিচের শব্দগুলো প্রায়ই সংগীতের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়ে থাকে :

(১) ত্রয়ী (Triad) : যখন তিনটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত 4 : 5 : 6 হয় তখন তারা মিলে সুমধুর সুর উৎপাদন করে। শব্দের এরূপ সমন্বয়কে সঙ্গীতে ত্রয়ী বলে।

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

(৩) সমতান (Harmony) : কতগুলো শব্দ যদি এক সঙ্গে উৎপাদন হয়ে একতানের সৃষ্টি করে, তবে তাকে সমতান বলে।

(৪) স্বরমাদুর্য বা মেলডি (Melody) : যদি কয়েকটি শব্দ একের পর এক উচ্চারিত হয়ে একটি সুরযুক্ত শব্দের সৃষ্টি করে তবে তাকে স্বরমাদুর্য বা মেলডি বলে।

(৫) সলো (Solo) : একটি মাত্র বাদ্যযন্ত্র বাজালে যে সুরের সৃষ্টি হয় তাকে সলো বা একক সঙ্গীত বলে।

(৬) অর্কেস্ট্রা (Orchestra) : যখন অনেকগুলো বাদ্যযন্ত্র একসঙ্গে বাজিয়ে একটি সমতান বা একটি মেলডি অথবা একটি সমতান ও মেলডি উভয়ই সৃষ্টি করা হয় তখন তাকে অর্কেস্ট্রা বলে।

৯.১৯। সঙ্গীত গুণ বিশ্লেষণে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান

Contribution of Physics on Analysis of Musical Quality

সঙ্গীত গুণ সৃষ্টিতে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান অস্বীকার করার উপায় নেই। সকল বাদ্যযন্ত্র পদার্থবিজ্ঞানের কোনো না কোনো বিষয়ের উপর ভিত্তি করেই তৈরি করা হয়েছে। গিটার, পিয়ানো, ভায়োলিন ইত্যাদি তৈরি করা হয় তারে কম্পন সৃষ্টির মাধ্যমে। সব ধরনের ঢোলে পর্দায় কম্পন সৃষ্টির মাধ্যমে সুর সৃষ্টি করা হয়। জাইলোফোনে ষ্টিলের দণ্ডে কম্পনের মাধ্যমে সুর সৃষ্টি করা হয়। পানিতে কম্পন সৃষ্টি করে জলতরঙ্গে সুর তোলা হয়। সব ধরনের বাঁশিতে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের ফলে স্থির তরঙ্গ তৈরি করে সুর সৃষ্টি করা হয়। পদার্থবিজ্ঞানকে এড়িয়ে কোনো বাদ্যযন্ত্র তৈরি করা সম্ভব নয়। বাদ্যযন্ত্রে সৃষ্ট সকল শব্দই পদার্থবিজ্ঞানের তত্ত্ব দ্বারা বিশ্লেষণ করা সম্ভব।

৯.২০। নয়েজ ও সঙ্গীত গুণ এবং এদের প্রভাব

Noise and Musical Quality and their Influences

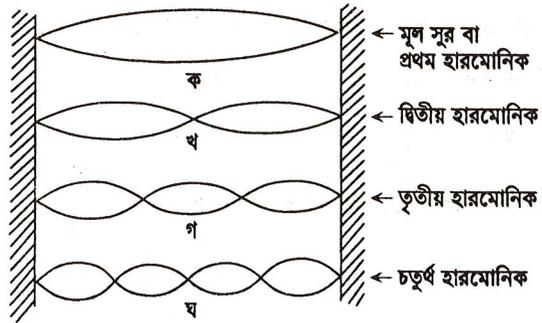
আমরা অর্ধবহু যে সমস্ত শব্দ শুনি তার বেশির ভাগ অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে সৃষ্টি। এ কম্পাঙ্কগুলো যদি পরস্পরের সরল গুণিতক হয় তাহলে এদের দ্বারা উৎপন্ন শব্দ আমাদের কাছে সঙ্গীত গুণ সম্পন্ন মনে হবে। আর যদি পরস্পরের সাথে সম্পর্কবিহীন অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে শব্দ সৃষ্টি হয় তাহলে সে শব্দ আমাদের কাছে নয়েজ বা গোলমাল বলে মনে হবে।

নয়েজ-এর ফলে সৃষ্ট শব্দ দূষণের ব্যাপক প্রভাব রয়েছে আমাদের জীবনে। শব্দ দূষণ মানুষ ও অন্যান্য প্রাণীর স্বাভাবিক কাজ-কর্মকে ব্যাহত করে ভারসাম্য বিনষ্ট করে। বহিরাঙ্গনের শব্দ দূষণের মূল উৎস হচ্ছে নির্মাণ স্থলের শব্দ এবং বিভিন্ন যন্ত্রচালিত যানবাহন যেমন গাড়ি, রেলগাড়ি, এরোপ্লেন ইত্যাদি দ্বারা সৃষ্ট শব্দ। নিম্ন মানের নগর পরিকল্পনা শব্দ দূষণকে বাড়িয়ে দেয় বহুল পরিমাণে। শব্দ দূষণের ফলে হাইপারটেনশন এবং হৃদরোগের ঝুঁকি বেড়ে যায়। মানুষের শ্রবণশক্তিও ক্ষতিগ্রস্ত হয়। মানুষের মনোজগতের উপরও এর বিপুল প্রভাব পড়ে। শব্দ দূষণের ফলে মানুষের মেজাজের উপর নিয়ন্ত্রণ হ্রাস পায়। পক্ষান্তরে সঙ্গীতগুণ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে এসব সমস্যা থেকে আমাদেরকে নিরাপদ রাখে।

৯.২১। তারের কম্পন

Vibration of String

শব্দবিজ্ঞানে তার বা string বলতে যেকোনো উপাদানের একটি সুক্ষম প্রস্থচ্ছেদের নমনীয় অংশকে বোঝায় যার দৈর্ঘ্য প্রস্থচ্ছেদের চেয়ে অনেক বেশি। এ রকম একটি তারকে আড় এবং দীঘল দুভাবেই স্পন্দিত করা যায়। ভিজা ফ্লানেল বা রজনে আবৃত স্যাময় চামড়া দ্বারা একটি তারের দৈর্ঘ্য বরাবর ঘর্ষণ করলে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সৃষ্টি হয়। আবার একটি তারের দু প্রান্ত কোনো শক্ত অবলম্বনের সাথে টান টান করে বেঁধে তারের মাঝখানে দৈর্ঘ্যের সাথে সমকোণে টেনে ছেড়ে দিলে তারে আড় তরঙ্গ সৃষ্টি হয় (চিত্র : ৯.১১ক)।



চিত্র : ৯.১১

এ অবস্থায় তারের দৈর্ঘ্য বরাবর বিভিন্ন বিন্দুগুলোর বিস্তার বিভিন্ন হবে। তারের দুই প্রান্ত আবদ্ধ থাকায় ঐ দুই প্রান্তে কোনো কম্পন হবে না। ঐ দুই স্থানকে নিস্পন্দ বিন্দু বলে। তারের মাঝখানে তারের কম্পন বিস্তার সবচেয়ে বেশি হয় বলে

একে সুস্পন্দ বিন্দু বলে। কাজেই সমগ্র তারটি যখন একটি বৃত্তাংশে কম্পিত হয় তখন তারের দুই প্রান্তে দুটি নিস্পন্দ বিন্দু এবং তারের মাঝখানে একটি সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হয়। তারের আড়কম্পনের জন্যে এসময়ে যে সুর নির্গত হয় তাকে মূল সুর বলে। মূল সুরের কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম। একে প্রথম হারমোনিকও বলা হয় (চিত্র : ৯.১১ক)।

টানা তারের মধ্যবিন্দু বাম হাত দিয়ে স্পর্শ করে থাকলে তারটি দুভাগে বিভক্ত হয়ে যাবে। এবার এক অংশের মধ্যবিন্দু আড়াআড়িভাবে অল্প টেনে ছেড়ে দিলে এবং তার থেকে বাম হাত সরিয়ে নিলে তারটিতে (৯.১১খ) চিত্রের ন্যায় কম্পন সৃষ্টি হবে। তারটির মধ্যবিন্দু এবং দুপ্রান্তে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হবে এবং দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মাঝে একটি করে সুস্পন্দ বিন্দু তৈরি হবে। অর্থাৎ মোট তিনটি নিস্পন্দ বিন্দু এবং দুটি সুস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হবে। এসময় যে সুর নির্গত হবে তাকে বলা হয় দ্বিতীয় হারমোনিক। দ্বিতীয় হারমোনিকের কম্পাঙ্ক প্রথম হারমোনিকের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ বলে একে অষ্টকও বলা হয়। এভাবে টানা তারে তৃতীয় (চিত্র : ৯.১১গ) চতুর্থ (চিত্র : ৯.১১ঘ) ইত্যাদি হারমোনিক তৈরি করা যায়। মূল সুর ছাড়া যত সুর সৃষ্টি হয় তাকে উপসুর বলে। প্রথম হারমোনিক ছাড়া সকল হারমোনিকই উপসুর।

৯.২২। টানা তারে আড় কম্পনের সূত্রাবলি

Laws of Transverse Vibration of Stretched String

কোনো তারকে একটি নির্দিষ্ট বল দ্বারা টান টান করে রেখে তারটিকে দৈর্ঘ্যের সাথে সমকোণে টেনে ছেড়ে দিলে এতে আড় তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এ আড় তরঙ্গ যে মূল সুর উৎপন্ন করে তার কম্পাঙ্ক কতগুলো সূত্র মেনে চলে।

ফরাসি গণিতজ্ঞ মার্সেন (Marsenne) 1636 সালে এ সূত্রগুলো আবিষ্কার করেন।

১. দৈর্ঘ্যের সূত্র : কোনো কম্পমান তারের টান (T) ও প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর (μ) স্থির থাকলে, তারের কম্পাঙ্ক (f) তারের দৈর্ঘ্যের (l) ব্যস্তানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ } f \propto \frac{1}{l} \text{ যখন } T \text{ ও } \mu \text{ স্থির থাকে।}$$

২. টানের সূত্র : কোনো কম্পমান তারের দৈর্ঘ্য (l) ও প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর (μ) স্থির থাকলে তারের কম্পাঙ্ক (f) টানের (T) বর্গমূলের সমানুপাতিক হয়।

$$\text{অর্থাৎ } f \propto \sqrt{T}, \text{ যখন } l \text{ ও } \mu \text{ স্থির থাকে।}$$

৩. ভরের সূত্র : কোনো কম্পমান তারের টান (T) ও দৈর্ঘ্য (l) স্থির থাকলে তারের কম্পাঙ্ক (f) প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভরের (μ) বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ } f \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}} \text{ যখন } l \text{ ও } T \text{ স্থির থাকে।}$$

যখন সবগুলো রাশি পরিবর্তিত হয় তখন

$$f \propto \frac{1}{l} \frac{T}{\sqrt{\mu}} \text{ বা, } f = K \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

এখানে K হচ্ছে সমানুপাতিক ধ্রুবক। মূল সুরের পরীক্ষার সাহায্যে যার মান পাওয়া যায় $\frac{1}{2}$ । সুতরাং টানা তারের আড়কম্পনের কম্পাঙ্কের রাশিমালা,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \dots \quad \dots \quad (9.26)$$

মূল সুরের ক্ষেত্রে তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 2l$

$$\therefore f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \dots \quad (9.27)$$

$$\text{বা, } f\lambda = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গ বেগ, } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad [\because v = f\lambda] \quad \dots \quad (9.28)$$

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : টানা তারে আড় কম্পনের বেগ ও কম্পাঙ্কের রাশিমালা নির্ণয় কর।

কোনো তারকে একটি নির্দিষ্ট বল দ্বারা টান টান করে রেখে তারটিকে দৈর্ঘ্যের সাথে সমকোণে টেনে ছেড়ে দেয়া যায় তাহলে এতে আড় তরঙ্গের সৃষ্টি হবে। এই তরঙ্গ তারের মধ্য দিয়ে একটি নির্দিষ্ট বেগে সঞ্চালিত হয়। বেগের মান নির্ভর করে তারের ঘনত্ব এবং তারের ওপর প্রযুক্ত টানের ওপর।

T টানে রাখা CC তারটিকে দৈর্ঘ্যের সাথে সমকোণে টেনে ছেড়ে দিলে তারে আড় কম্পনের উদ্ভব হবে। ফলে তারের বিচ্যুত অংশের শীর্ষ AEB একটি বৃত্তচাপের আকার ধারণ করবে (চিত্র ৯.১২.১)। ধরা যাক, আড় তরঙ্গ বাম থেকে ডানে v বেগে প্রবাহিত হচ্ছে। তরঙ্গ বেগ নির্ণয়ের জন্য আমরা তারের ওপর সৃষ্ট তরঙ্গ গতির সাপেক্ষে তারের বৃত্তাকার গতির বেগ v নির্ণয় করি। এই বৃত্তাকার গতির জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের মান হিসাব করা যাক।

ধরা যাক, AEB চাপের দৈর্ঘ্য $= S$
একক দৈর্ঘ্যের ভর $= \mu$

ভর, $m = \mu S$

ব্যাসার্ধ $= R$

$$\therefore \text{কেন্দ্রমুখী বল} = \frac{mv^2}{R} = \frac{\mu S v^2}{R} \quad \dots \quad (9.29)$$

এই কেন্দ্রমুখী বল A ও B বিন্দুতে চাপের স্পর্শক বরাবর প্রযুক্ত টান T থেকে পাওয়া যায়। স্পর্শকদ্বয়কে পেছন দিকে বর্ধিত করলে তারা P বিন্দুতে মিলিত হয়। সুতরাং টানদ্বয়ের লব্ধি P বিন্দুতে ক্রিয়া করে। ধরি, AEB চাপের কেন্দ্র O । AO এবং BO যোগ করি।

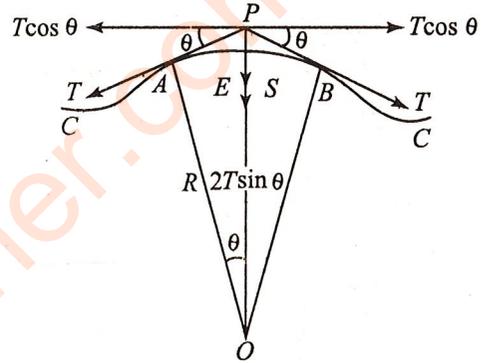
ধরি, $\angle AOP = \angle BOP = \theta$ । এখন P বিন্দুতে টানদ্বয়কে দুটি লম্ব উপাংশে বিভাজিত করলে $T \cos \theta$ উপাংশদ্বয় পরস্পরকে নাকচ করে দেয় এবং PO বরাবর ক্রিয়াশীল মোট বল হয় $2T \sin \theta$ যা কেন্দ্রমুখী বল হিসেবে ক্রিয়া করে।

$$\therefore \frac{\mu S v^2}{R} = 2T \sin \theta$$

$$= 2T \theta \quad [\because \theta \text{ খুব ছোট }]$$

$$= 2T \frac{S/2}{R} \left[\because \theta = \frac{\text{চাপ } AE}{\text{ব্যাসার্ধ } R} = \frac{S/2}{R} \right] = \frac{TS}{R}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \dots \quad (9.30)$$



চিত্র : ৯.১২

কম্পাঙ্ক

যখন তারটি মূল সুর উৎপন্ন করে তখন তারের দুটি প্রান্তে দুটি নিস্পন্দ বিন্দু ও মাঝখানে একটি সুস্পন্দ বিন্দু থাকে। এখন তারের দৈর্ঘ্য l এবং আড় কম্পনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে, এক্ষেত্রে দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব হবে, $l = \lambda/2$ । আড় কম্পনের কম্পাঙ্ক f হলে আমরা জানি, $v = f\lambda$

$$\therefore v = 2fl$$

$$V\text{-এর সমীকরণে মান বসিয়ে আমরা পাই, } 2fl = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

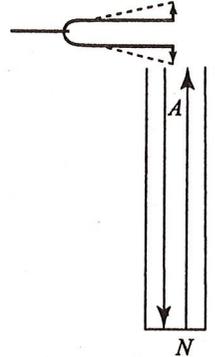
$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক } f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \dots \dots \dots (9.31)$$

তারটিকে টান রাখার জন্য প্রয়োজনীয় ভর M এবং অভিকর্ষীয় ত্বরণ g হলে, $T = Mg$ । সুতরাং উপরোক্ত সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}} \dots \dots \dots (9.32)$$

৯.২৩। বায়ুস্তম্ভের কম্পন**Vibration of Air Column**

কলমের ক্লিপের মুখে, কাচের শিশি বা চাবির খোলা মুখে ফুঁ দিয়ে শ্রুতিমধুর শব্দ শোনা যায়। এর কারণ সীমাবদ্ধ বায়ুস্তম্ভে একই সঙ্গে সম্পূর্ণ এক রকম দুটি বিপরীতগামী তরঙ্গ প্রবাহিত হলে বায়ুস্তম্ভের স্থির তরঙ্গের উদ্ভব হয়। বাঁশি, সানাই, ক্লারিওনেট ইত্যাদি বাদ্যযন্ত্রে এ ধরনের কম্পনের ওপর নির্ভর করে সুর সৃষ্টি করা হয়। যখন এক মুখ বন্ধ কোনো নলে ফুঁ দেয়া হয় কিংবা কম্পমান সুরশলাকা ধরা হয়, তখন একটি দীঘল তরঙ্গ A থেকে N -এর দিকে বায়ুস্তম্ভের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হয় এবং নলের বন্ধমুখে গিয়ে প্রতিফলিত হয়ে আবার A -এর দিকে ফিরে আসে (চিত্র : ৯.১৩)। কিন্তু A থেকে ক্রমাগত নতুন তরঙ্গ N -এর দিকে যেতে থাকায় আপতিত ও প্রতিফলিত তরঙ্গ মিলে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ কম্পন সৃষ্টি করার জন্য সাধারণত দু প্রকার নল ব্যবহার করা যেতে পারে; যথা- (১) এক মুখ খোলা ও এক মুখ বন্ধ নল, যাকে বন্ধ নল বা closed pipe বলা হয় এবং (২) দু মুখ খোলা নল, যাকে খোলা নল বা open pipe বলে। নিচে এ দু প্রকার নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের প্রকৃতি ও নিঃসৃত সুরের কম্পাঙ্ক সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।



চিত্র : ৯.১৩

৯.২৪। বন্ধ নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পন**Vibration of Air Column in a Closed Pipe**

কোনো এক মুখ বন্ধ নলের খোলামুখে ফুঁ দিলে বা কোনো কম্পমান সুরশলাকা ধরলে একটি দীঘল তরঙ্গ বায়ুস্তম্ভের ভেতর দিয়ে বন্ধমুখ অর্থাৎ N মুখের দিকে অগ্রসর হয় এবং বন্ধ দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় A মুখের দিকে অগ্রসর হয়। ইতোমধ্যে আর একটি নতুন তরঙ্গ আবার N মুখের দিকে অগ্রসর হলে দুটি বিপরীতমুখী তরঙ্গ একে অপরের ওপর পড়ে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে। স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হলে, বায়ু মাধ্যমে সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু উৎপত্তি হবে। চিত্রের সাহায্যে দীঘল তরঙ্গ প্রকাশ করা অসুবিধাজনক বলে, আমরা সাধারণত প্রতীক হিসেবে এদেরকে আড় তরঙ্গের চিত্র দ্বারা প্রকাশ করে থাকি।

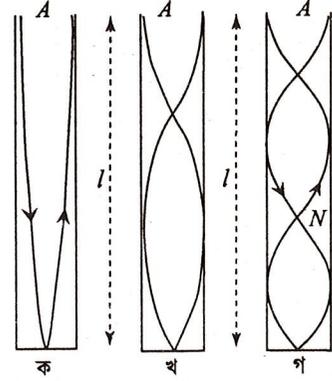
নলের N মুখ বন্ধ থাকায় ঐ জায়গায় বায়ুকণা স্পন্দিত হতে পারে না। সুতরাং সেখানে সব সময় একটি নিস্পন্দ বিন্দুর উৎপত্তি হবে। পক্ষান্তরে A মুখ খোলা থাকায় ঐ জায়গায় বায়ুকণা স্পন্দনের সর্বাধিক সুবিধা পায় বলে সেখানে সব সময় একটি সুস্পন্দ বিন্দুর উদ্ভব হবে। স্থির তরঙ্গের জন্য সবচেয়ে কম কম্পাঙ্কের যে সুর উৎপন্ন হয় তাকে মূল সুর

(Fundamental Tone) বলে। এ ক্ষেত্রে নলের মধ্যে শুধু একটি মাত্র সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দু থাকে (চিত্র : ৯.১৪ক)। নলের এই সুর হবে সম্ভাব্য সকল সুরের মূল সুর বা খাদের সুর। এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি। একে প্রথম সমমেল বা প্রথম হারমোনিকও বলে।

নলের মুখে আরো জোরে ফুঁ দিলে নলের বায়ুস্তম্ভের সৃষ্টি স্থির তরঙ্গের দৈর্ঘ্য কমে যায়। ফলে নলের বদ্ধমুখের নিস্পন্দ বিন্দুও খোলা মুখের সুস্পন্দ বিন্দুর মধ্যে যথাক্রমে একটি সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দুর উদ্ভব হতে পারে (চিত্র : ৯.১৪খ)। এ অবস্থায় বায়ুস্তম্ভের মধ্যে যে সুর উৎপন্ন হয় তাকে প্রথম উপসুর (First overtone) বলে। এ সুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের তিন গুণ বলে একে তৃতীয় সমমেল বা তৃতীয় হারমোনিক বলে।

খোলা মুখে আরো জোরে ফুঁ দিলে দ্বিতীয় উপসুরের সৃষ্টি হয়। এ অবস্থায় কম্পনের মধ্যে আরো একটি করে সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দু থাকে (চিত্র : ৯.১৪গ)। এ সুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের পাঁচগুণ বলে একে পঞ্চম সমমেল বা পঞ্চম হারমোনিক বলা হয়।

খোলা মুখে আরো জোরে ফুঁ দিলে তৃতীয়, চতুর্থ ইত্যাদি উপসুর উৎপন্ন হবে এবং এদের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে মূল সুরের কম্পাঙ্কের সাতগুণ, নয়গুণ ইত্যাদি হবে। সুতরাং বদ্ধ নলে মূল সুরের অযুগ্ম সমমেল বা হারমোনিক পাওয়া যায় বা বদ্ধ নলের উপসুরগুলো কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের বিজোড় গুণিতক।



চিত্র : ৯.১৪

৯.২৫। খোলা নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পন

Vibration of Air Column in a Open Pipe

যখন খোলা নলের যেকোনো খোলা মুখে ফুঁ দেয়া হয় বা অন্য কোনো উপায়ে বায়ুস্তম্ভকে আন্দোলিত করা হয় তখন তরঙ্গ এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তের দিকে অগ্রসর হয়। অন্য প্রান্তে উপস্থিত হলে এ তরঙ্গ হঠাৎ প্রসারিত হওয়ার সুযোগ পায়। ফলে তরঙ্গের এক অংশ মুক্ত বায়ুতে সম্প্রসারিত হয় এবং অপর অংশ ঐ প্রান্তে প্রতিফলিত হয়ে নলের মধ্যে মূল তরঙ্গের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়। মূল তরঙ্গ ও প্রতিফলিত তরঙ্গ একে অপরের ওপর পড়ে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে, ফলে সুরের উৎপত্তি হয়।

নলের দুই মুখ খোলা থাকায় ঐ দু জায়গায় বায়ুকণা স্পন্দিত হওয়ার সবচেয়ে বেশি সুবিধা পায়। ফলে এ দু মুক্ত প্রান্তে সব সময় দুটি সুস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়। বায়ুস্তম্ভের সহজতম কম্পনে সুস্পন্দ বিন্দু দুটির মাঝে একটি নিস্পন্দ বিন্দু থাকতে পারে (চিত্র : ৯.১৫ক) এবং এর ফলে যে সুর উৎপন্ন হবে তাকে মূল সুর বলে।

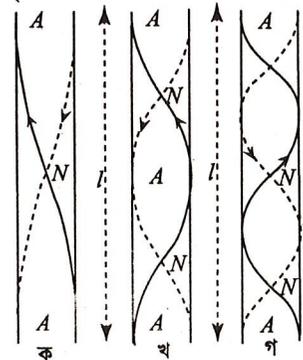
এর সুর হবে খোলা নলের সম্ভাব্য সকল সুরের মধ্যে মূল সুর খাদের সুর। এ তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি এবং কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম। একে প্রথম সমমেল বা প্রথম হারমোনিকও বলে।

নলের মুখে জোরে ফুঁ দিলে পরবর্তী সম্ভাব্য কম্পনে নলে মোট তিনটি সুস্পন্দ বিন্দু ও দুটি নিস্পন্দ বিন্দু গঠিত হতে পারে (চিত্র : ৯.১৫খ)। এ অবস্থায় যে সুরের সৃষ্টি হয় তাকে প্রথম উপসুর বলে।

এ সুরের কম্পাঙ্ক মূল কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ বলে একে দ্বিতীয় সমমেল বা দ্বিতীয় হারমোনিক বা অষ্টক বলে।

নলে যদি আরো জোরে ফুঁ দেয়া যায় তাহলে দ্বিতীয় উপসুরের সৃষ্টি হয়। এ অবস্থায় নলে মোট চারটি সুস্পন্দ ও তিনটি নিস্পন্দ বিন্দু গঠিত হতে পারে (চিত্র : ৯.১৫গ)।

এ সুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের তিনগুণ বলে একে তৃতীয় সমমেল বা তৃতীয় হারমোনিক বলে।



চিত্র : ৯.১৫

এভাবে অন্যান্য উপসুরের উৎপত্তি হলে দেখানো যেতে পারে যে, এদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের চার, পাঁচ, ছয়গুণ ইত্যাদি হবে। সুতরাং বলা যায়, খোলা নলে মূল সুরের জোড় ও বিজোড় সকল প্রকার সম্মেল বা হারমোনিক পাওয়া যায়। সেজন্য খোলা নল থেকে নির্গত সুর অনেক বেশি শ্রুতিমধুর। এ কারণে দুই মুখ খোলা বাঁশি থেকে নির্গত সুর এক মুখ খোলা বাঁশি থেকে নির্গত সুরের চেয়ে বেশি শ্রুতিমধুর তথা উৎকৃষ্ট। এক মুখ খোলা বাঁশিতে যেখানে মূল সুরের গুণু বিজোড় সম্মেল বা হারমোনিক পাওয়া যায় দু মুখ খোলা বাঁশিতে সেখানে জোড় ও বিজোড় সকল প্রকার সম্মেল বা হারমোনিক পাওয়া যায়।

৯.২৬। ব্যবহারিক

Practical

পরীক্ষণের নাম	মেলডিয়ার পরীক্ষার সাহায্যে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয়
পিরিয়ড : ২	

[পরীক্ষণটি দুই ব্যবস্থায় করা যায়। যথা— (ক) আড় কম্পন ব্যবস্থা ও (খ) লম্বিক কম্পন ব্যবস্থা। যেকোনো একটি ব্যবস্থায় করলেই চলবে।]

মূলতত্ত্ব : একটি সরু সুতার এক প্রান্ত সুরশলাকার একটি বাহুর সাথে আটকে অপর প্রান্ত কপিকলের উপর দিয়ে নিয়ে নিচের প্রান্তে একটি পাল্লা বেঁধে দেওয়া হয় (চিত্র : ৯.১৬)।



চিত্র : ৯.১৬

(ক) আড় কম্পন ব্যবস্থা : এ ব্যবস্থায় সুরশলাকার বাহুকে অনুভূমিকভাবে রাখা হয় ফলে সুরশলাকার বাহু সুতার দৈর্ঘ্য বরাবর থাকে। (চিত্র : ৯.১৬ক)। এখন সুরশলাকার বাহুতে আঘাত করে বা বৈদ্যুতিক প্রণালিতে সুরশলাকায় কম্পন সৃষ্টি করলে সুতায় আড় কম্পন সৃষ্টি হবে যা সুতা বরাবর সঞ্চালিত হয়ে কপিকলে বাধা পেয়ে প্রতিফলিত হবে। এতে করে তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে সুতায় স্থির তরঙ্গের উদ্ভব হবে এবং সুতার দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে বেশ কয়েকটি লুপ তৈরি হবে। এক্ষেত্রে সুতার কম্পাঙ্ক সুরশলাকার কম্পাঙ্কের সমান হয়। যদি s সংখ্যক লুপের দৈর্ঘ্য L হয় তাহলে পরপর দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{L}{s} \text{ বা, } \lambda = \frac{2L}{s}$$

$$\text{সুতার কম্পাঙ্ক, } f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{\frac{2L}{s}} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

এখানে, M = পাল্লায় চাপানো ভর + পাল্লার ভর।

g = অভিকর্ষজ ত্বরণ।

$T = Mg$ = পাল্লায় চাপানো ওজন + পাল্লার ওজন।

μ = সুতার একক দৈর্ঘ্যের ভর।

$$\therefore f = \frac{s}{2L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}} \dots\dots\dots(1)$$

(খ) লম্বিক কম্পন ব্যবস্থা : এ ব্যবস্থায় সুরশলাকাটিকে উল্লম্বভাবে রেখে রবার প্যাড দিয়ে বাহুতে আঘাত করে বা বৈদ্যুতিক প্রণালিতে সুরশলাকায় কম্পন সৃষ্টি করা হয় (চিত্র : ৯.১৫খ)। আগের মতো সুতায় স্থির তরঙ্গের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে যে সময়ে সুরশলাকাটি একটি পূর্ণ কম্পন করে সে সময়ে সুতাটি অর্ধেক কম্পন সম্পন্ন করে। সুতরাং সুরশলাকার কম্পাঙ্ক,

$$f = 2 \times \text{সুতার কম্পাঙ্ক} = 2 \times \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

যদি s সংখ্যক লুপের দৈর্ঘ্য L হয় তাহলে পর পর দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{L}{s} \quad \text{বা,} \quad \lambda = \frac{2L}{s}$$

$$\text{সুতরাং} \quad f = 2 \times \frac{1}{\frac{2L}{s}} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$f = \frac{s}{L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\text{বা,} \quad f = \frac{s}{L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}} \dots\dots\dots(2)$$

এখানে, M = পাল্লায় চাপানো ভর + পাল্লার ভর

g = অভিকর্ষজ ত্বরণ

μ = সুতার একক দৈর্ঘ্যের ভর

যন্ত্রপাতি : মেল্‌ডির যন্ত্র, মিটার স্কেল, ওজন বাক্সসহ নিক্তি, পিনসহ স্ট্যান্ড।

কাজের ধারা :

- ১। নিক্তির সাহায্যে মেল্‌ডির যন্ত্রের পাল্লার ভর নির্ণয় করা হয়।
- ২। মেল্‌ডির যন্ত্রের সুতাটি খুলে নিয়ে নিক্তির সাহায্যে ভর এবং মিটার স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্য পরিমাপ করে একক দৈর্ঘ্যের ভর নির্ণয় করা হয়।
- ৩। সরু সুতার এক প্রান্ত অনুভূমিকভাবে রাখা সুরশলাকার বাহুর সাথে আটকে সুতাটিকে কপিকলের উপর দিয়ে নিয়ে সুতার প্রান্তে পাল্লা বেঁধে দেওয়া হয়।
- ৪। পাল্লায় সামান্য ওজন রেখে সুতাটাকে টান টান করা হয়।
- ৫। রবার প্যাডের সাহায্যে বা বৈদ্যুতিক প্রণালিতে সুরশলাকায় কম্পন সৃষ্টি করা হয়।
- ৬। সুতায় দৈর্ঘ্য এবং পাল্লার ওজন নিয়ন্ত্রণ করে সুতায় কয়েকটি লুপ তৈরি করা হয়।
- ৭। দুটি পিন স্ট্যান্ড নিয়ে দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর ঠিক পাশে বসানো হয়। মিটার স্কেলের সাহায্যে পিনদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, L , পরিমাপ করা হয় এবং লুপ সংখ্যা গণনা করা হয়।
- ৮। পাল্লার ভর অপরিবর্তিত রেখে তিনবার L পরিমাপ করে গড় L নির্ণয় করা হয়।
- ৯। পাল্লা ভর পরিবর্তন করে উপরিউক্ত পদ্ধতিতে তিনবার L নির্ণয় করা হয়।
- ১০। (1) নং সমীকরণে L, s, M, g এবং μ এর মান বসিয়ে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f হিসাব করা হয়।

১১। এবার সুরশলাকাটিকে উল্লম্বভাবে স্থাপন করে উপরিউক্ত কাজের ধারা অনুযায়ী লম্বিক কম্পন ব্যবস্থার জন্য L ও s নির্ণয় করে (২) নং সমীকরণের সাহায্যে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক f হিসাব করা হয়।

পর্যবেক্ষণ ও সন্নিবেশন

সুতার দৈর্ঘ্য, $L = \dots\dots\dots$ m

সুতার ভর, $m \dots\dots\dots$ kg

সুতার একক দৈর্ঘ্যের ভর, $\mu = \frac{m}{L} = \dots\dots\dots$ kg m⁻¹

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ m s⁻¹

আড় কম্পন ব্যবস্থায় কম্পাঙ্ক নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	পাল্লায় ভর	পাল্লায় চাপানো ভর	মোট ভর	লুপ সংখ্যা	লুপগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্ব	সুরশলাকার কম্পাঙ্ক	গড় কম্পাঙ্ক
	m_1 kg	m_2 kg	$M = m_1 + m_2$ kg	s	L m	$f = \frac{s}{2L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$ Hz	f Hz
1							
2							
3							

লম্বিক কম্পন ব্যবস্থায় কম্পাঙ্ক নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	পাল্লায় ভর	পাল্লায় চাপানো ভর	মোট ভর	লুপ সংখ্যা	লুপগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্ব	সুরশলাকার কম্পাঙ্ক	গড় কম্পাঙ্ক
	m_1 kg	m_2 kg	$M = m_1 + m_2$ kg	s	L m	$f = \frac{s}{L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$ Hz	f Hz
1							
2							
3							

হিসাব

$$\text{আড় কম্পন ব্যবস্থায় : } f = \frac{s}{2L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$$

$$\text{লম্বিক কম্পন ব্যবস্থায় : } f = \frac{s}{L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$$

ফলাফল :

সতর্কতা

- ১। তারের ভর সতর্কতার সাথে নির্ণয় করা হয়।
- ২। লুপের সংখ্যা সঠিকভাবে গণনা করা হয়।
- ৩। পিন স্ট্যান্ড ঠিক নিম্পন্দ বিন্দুতে বসানো হয়।
- ৪। সরু তার ব্যবহার করা হয়।
- ৫। পাল্লায় পরিমিত ভর ব্যবহার করা হয়।

সার-সংক্ষেপ

তরঙ্গ : যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমে এক স্থান হতে অন্য স্থানে শক্তি ও তথ্য সঞ্চারিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

তরঙ্গদৈর্ঘ্য : তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কোনো কম্পনশীল বস্তুর একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে সেই সময়ে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে।

আড় তরঙ্গ : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয়, তাকে আড় তরঙ্গ বলে।

লম্বিক তরঙ্গ : যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয় সে তরঙ্গকে লম্বিক তরঙ্গ বলে।

অগ্রগামী তরঙ্গ : যখন কোনো মাধ্যমের ভেতর পর্যাবৃত্ত আন্দোলন এক স্তর থেকে অন্য স্তরে তরঙ্গ আকারে সঞ্চারিত হতে হতে সামনের দিকে একটি নির্দিষ্ট বেগে অগ্রসর হয় তাকে অগ্রগামী তরঙ্গ বলে।

স্থির তরঙ্গ : কোনো মাধ্যমের একটি সীমিত অংশে সমান বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ একই মানের বেগে বিপরীত দিক থেকে অগ্রসর হয়ে একে অপরের উপর আপতিত হলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে স্থির তরঙ্গ বলে।

মুক্ত কম্পন : যে কোনো আকার, গঠন বা আকৃতির বস্তুকে আন্দোলিত করলে তা একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক রক্ষা করে স্পন্দিত হয়। এ স্পন্দনকে মুক্ত কম্পন বলে।

পরবশ কম্পন : কোনো বস্তুর উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পনের কম্পাঙ্কের চেয়ে ভিন্ন হলে বস্তুটি প্রথমে অনিয়মিতভাবে কম্পিত হয় পরে আরোপিত কম্পনের কম্পাঙ্কে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে পরবশ কম্পন বলে।

অনুনাদ : কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক আর তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক সমান হলে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কম্পিত হতে থাকে। এ ধরনের কম্পনকে অনুনাদ বলে।

তরঙ্গের তীব্রতা : তরঙ্গের তীব্রতা হচ্ছে শব্দ সঞ্চারনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শক্তির পরিমাণ। তীব্রতা, $I = \frac{P}{A}$ এখানে, P = ক্ষমতা বা প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত শক্তি এবং A = পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল। তীব্রতার একক $J s^{-1} m^{-2}$ বা, $W m^{-2}$ ।

প্রমাণ তীব্রতা : $1000 Hz$ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট $10^{-12} W m^{-2}$ তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।

বেল : প্রমাণ তীব্রতা থেকে দশগুণ তীব্রতা সম্পন্ন কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেলকে এক বেল (B) বলে।

ডেসিবেল : প্রমাণ তীব্রতা থেকে 10 গুণ তীব্রতা সম্পন্ন কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেলকে 1 বেল বলে। এক বেলের এক-দশমাংশকে এক ডেসিবেল বলে।

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

সুর ও স্বর : কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি একটিমাত্র কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে সুর বলে। আর শব্দের মধ্যে যদি একাধিক কম্পাঙ্ক থাকে তাহলে সেই শব্দকে স্বর বলে।

মৌলিক সুর ও উপসুর : কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম তাকে মৌলিক সুর বলে অন্য সকল সুরই উপসুর।

হারমোনিক : সুরগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মৌলিক সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহলে সেই সকল উপসুরকে হারমোনিক বলে।

অষ্টক : কোনো সুরের কম্পাঙ্ক যদি অন্য একটি সুরের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ হয় তাহলে দ্বিতীয়টিকে প্রথমটির অষ্টক বলে।

নয়েজ ও সঙ্গীত গুণ : আমরা অর্থবহ যে সমস্ত শব্দ শুনি তার বেশিরভাগ অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে সৃষ্টি। এ কম্পাঙ্কগুলো যদি পরস্পরের সরল গুণিতক হয় তাহলে এদের দ্বারা উৎপন্ন শব্দ আমাদের কাছে সঙ্গীত গুণসম্পন্ন মনে হবে। আর যদি পরস্পরের সাথে সম্পর্কবিহীন অনেকগুলো কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে শব্দ সৃষ্টি হয় তাহলে সে শব্দ আমাদের কাছে নয়েজ বা গোলমাল বলে মনে হবে।

সমস্যা সমাধানে প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ

ক্রমিক নং	সমীকরণ নং	সমীকরণ	অনুচ্ছেদ
১	9.4	$v = f\lambda$	৯.৪
২	9.5	$y = a \sin 2\pi ft$	৯.৬
৩	9.6	$y = a \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$	৯.৬
৪	9.7	$y = a \sin (\omega t - kx)$	৯.৬
৫	9.8	$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$	৯.৬
৬	9.9	$y = a \sin (\omega t + kx)$	৯.৬
৭	9.10	$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x)$	৯.৬
৮	9.12	$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$	৯.৭
৯	9.13	$y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt$	৯.৮
১০	9.14	$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi r^2}$	৯.১১
১১	9.17	$\beta = \log \frac{I}{I_0}$	৯.১২
১২	9.18	$\beta = \log \frac{P}{P_0}$	৯.১২
১৩	9.19	$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$	৯.১২
১৪	9.20	$\beta_2 - \beta_1 = \Delta\beta = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \text{ dB}$	৯.১২
১৫	9.21	$\Delta\beta = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB}$	৯.১২
১৬	9.25	$f_1 = f_2 \pm N$	৯.১৫
১৭	9.26	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	৯.২২
১৮	9.28	$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	৯.২২
১৯	9.32	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$	৯.২২

গাণিতিক উদাহরণ

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১। P এবং Q দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগ যথাক্রমে 300 m s^{-1} এবং 340 m s^{-1} । মাধ্যম দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.2 m হলে, সুরশলাকার 50 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কতদূর যাবে ?

[ঢা. বো. ২০১২; কু. বো. ২০০৬]

ধরি, শব্দের কম্পাঙ্ক, f

$$\lambda_Q - \lambda_P = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \frac{v_Q}{f} - \frac{v_P}{f} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v_Q - v_P = 0.2 \text{ m} \times f$$

$$\text{বা, } f = \frac{340 \text{ m s}^{-1} - 300 \text{ m s}^{-1}}{0.2 \text{ m}} = 200 \text{ Hz}$$

$$\therefore \lambda_Q = \frac{340 \text{ m s}^{-1}}{200 \text{ Hz}} = 1.7 \text{ m}$$

$$\therefore S = N \lambda_Q = 50 \times 1.7 \text{ m} = 85 \text{ m}$$

উ: 85 m

এখানে,

$$P \text{ মাধ্যমে শব্দের বেগ, } v_P = 300 \text{ m s}^{-1}$$

$$Q \text{ মাধ্যমে শব্দের বেগ, } v_Q = 340 \text{ m s}^{-1}$$

$$P \text{ মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য} = \lambda_P$$

$$Q \text{ মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য} = \lambda_Q$$

$$\lambda_Q - \lambda_P = 0.2 \text{ m}$$

$$Q \text{ মাধ্যমে কম্পনসংখ্যা, } N = 50$$

$$Q \text{ মাধ্যমে অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২। কোনো মাধ্যমে 640 Hz ও 480 Hz কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 1 m হলে ঐ মাধ্যমে শব্দ তরঙ্গের বেগ কত ?

[কু. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১০, ২০০৮]

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \frac{v}{f_2} - \frac{v}{f_1} = 1 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \frac{v}{480 \text{ Hz}} - \frac{v}{640 \text{ Hz}} = 1 \text{ m}$$

$$\text{বা, } 640 \text{ Hz} \times v - 480 \text{ Hz} \times v = 1 \text{ m} \times 480 \text{ Hz} \times 640 \text{ Hz}$$

$$\text{বা, } 160 \text{ Hz} \times v = 1 \text{ m} \times 480 \text{ Hz} \times 640 \text{ Hz}$$

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

উ: 1920 m s^{-1}

এখানে,

$$\text{প্রথম কম্পাঙ্ক, } f_1 = 640 \text{ Hz}$$

$$\text{দ্বিতীয় কম্পাঙ্ক, } f_2 = 480 \text{ Hz}$$

$$\text{প্রথম তরঙ্গদৈর্ঘ্য} = \lambda_1$$

$$\text{দ্বিতীয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য} = \lambda_2$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ বেগ, } v = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩। তিনটি সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে $123, 369$ এবং 615 Hz । তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৯]

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = \frac{v}{f_1} : \frac{v}{f_2} : \frac{v}{f_3}$$

$$= \frac{1}{f_1} : \frac{1}{f_2} : \frac{1}{f_3}$$

$$= \frac{1}{123 \text{ Hz}} : \frac{1}{369 \text{ Hz}} : \frac{1}{615 \text{ Hz}}$$

$$= 5 : 1.67 : 1$$

উ: $5 : 1.67 : 1$

এখানে,

$$\text{প্রথম সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্ক, } f_1 = 123 \text{ Hz}$$

$$\text{দ্বিতীয় সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্ক, } f_2 = 369 \text{ Hz}$$

$$\text{তৃতীয় সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্ক, } f_3 = 615 \text{ Hz}$$

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৪। দুইটি সুরশলাকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য 218 Hz। বাতাসে শলাকা দুটি যে তরঙ্গ উৎপন্ন করে, তাদের একটির দুটি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপরটির তিনটি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান। শলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [চ. বো. ২০০৯]

শর্ত মোতাবেক,

$$2\lambda_1 = 3\lambda_2 \therefore \lambda_1 = \frac{3}{2}\lambda_2$$

বাতাসে শব্দের বেগ v হলে,

$$v = f_1\lambda_1 = f_2\lambda_2$$

$$\text{বা, } f_1 \times \frac{3}{2}\lambda_2 = f_2\lambda_2$$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{2}{3}f_2$$

$$\therefore f_1 < f_2$$

$$\therefore f_1 \sim f_2 = f_2 - f_1 = 218 \text{ Hz}$$

$$\text{বা, } f_2 - \frac{2}{3}f_2 = 218 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_2 = 218 \text{ Hz} \times 3 = 654 \text{ Hz}$$

$$\therefore f_1 = 654 \text{ Hz} - 218 \text{ Hz} = 436 \text{ Hz}$$

$$\text{উ: } 436 \text{ Hz}; 654 \text{ Hz}$$

এখানে,

প্রথম সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ_1

দ্বিতীয় সুরশলাকার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ_2

প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, f_1

দ্বিতীয় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, f_2

$$f_1 \sim f_2 = 218 \text{ Hz}$$

$$f_1 = ?$$

$$f_2 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৫। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.1 \sin \left(200 \pi t - \frac{20 \pi x}{17} \right)$ মিটার হলে এর বিস্তার, কম্পাঙ্ক, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর। [য. বো. ২০০৩]

প্রদত্ত সমীকরণ, $y = 0.1 \sin \left(200 \pi t - \frac{20 \pi x}{17} \right)$ কে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

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

বিস্তার, $a = 0.1 \text{ m}$

$$\omega = 2 \pi f = 200 \pi$$

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

$$\frac{2 \pi x}{\lambda} = \frac{20 \pi x}{17}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = \frac{17}{10} = 1.7 \text{ m}$$

তরঙ্গ বেগ, $v = f \lambda$

$$= 100 \times 1.7 = 170 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{উ: } 0.1 \text{ m}; 100 \text{ Hz}; 1.7 \text{ m}; 170 \text{ m s}^{-1}$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৬। একটি তারের উপর উৎপন্ন অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 0.5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right)$, এখানে, x এবং y সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়েছে। তরঙ্গটির বিস্তার, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর।

[ঢা. বো. ২০১১]

প্রদত্ত সমীকরণ,

$$y = 0.5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.5} - \frac{x}{50} \right)$$

বা, $y = 0.5 \sin \left(\frac{2\pi t}{0.5} - \frac{2\pi x}{50} \right)$ সমীকরণকে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

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

$$\text{বিস্তার, } a = 0.5 \text{ cm} \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{0.5} \quad \therefore \text{কম্পাঙ্ক, } f = 2 \text{ Hz}$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2 \text{ Hz}} = 0.5 \text{ s}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{50}$$

$$\therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 50 \text{ cm}$$

উ: 0.5 cm; 50 cm; 2 Hz; 0.5 s

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৭। কোনো তরঙ্গের বিস্তার 0.4 m হলে, $t = \frac{T}{4}$ সময় কম্পনের উৎস হতে $x = \frac{\lambda}{8}$ দূরত্বে

অবস্থিত বিন্দুর সাম্যাবস্থান হতে সরণ কত হবে ?

[ব. বো. ২০০৯]

আমরা জানি,

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

$$= 0.4 \text{ m} \sin \left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{4} - \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{8} \right)$$

$$= 0.4 \text{ m} \sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} \right) = 0.4 \text{ m} \sin \frac{\pi}{4}$$

$$= 0.4 \text{ m} \sin 45^\circ = 0.28 \text{ m}$$

উ: 0.28 m

গাণিতিক উদাহরণ-৯.৮। কোনো একটি সীমাবদ্ধ মাধ্যমে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 480 Hz। তরঙ্গস্থ পর পর দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব 0.346 m। মাধ্যমে তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর।

[ব. বো. ২০১২]

ধরা যাক, তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ

পর পর দুটি নিম্পন্দ বিন্দু মধ্যবর্তী দূরত্ব = $\frac{\lambda}{2}$

$$\therefore \frac{\lambda}{2} = 0.346 \text{ m} \quad \therefore \lambda = 0.692 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ বেগ, } v = f\lambda = 480 \text{ Hz} \times 0.692 \text{ m} \\ = 332.16 \text{ m s}^{-1}$$

উ: 332.16 m s⁻¹

এখানে,

বিস্তার, $a = 0.4 \text{ m}$

সময়, $t = \frac{T}{4}$

দূরত্ব, $x = \frac{\lambda}{8}$

সরণ, $y = ?$

এখানে,

কম্পাঙ্ক, $f = 480 \text{ Hz}$

তরঙ্গ বেগ, $v = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৯। কোনো শ্রেণিকক্ষে শব্দের তীব্রতা $2 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$ হলে শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেলে নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} = 10 \log \frac{2 \times 10^{-8}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 10 \log 2 \times 10^4 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$$

উ: 43 dB

এখানে,

$$\text{তীব্রতা, } I = 2 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$$

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

$$\text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১০। কোনো শ্রেণিকক্ষের শব্দের তীব্রতা 10^{-8} W m^{-2} । (ক) শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। (খ) শব্দের তীব্রতা তিনগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল কত হবে? [রা. বো. ২০০৩]

আমরা জানি,

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \text{ dB}$$

$$= 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 10 \log 10^4 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$$

$$\text{আবার, } \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB}$$

$$= 10 \log \frac{3 \times 10^{-8}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 10 \log (3 \times 10^4) \text{ dB} = 44.77 \text{ dB}$$

উ: 40 dB এবং 44.77 dB

এখানে,

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

প্রথম ক্ষেত্রে

$$\text{শ্রেণিকক্ষের তীব্রতা, } I_1 = 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{তীব্রতা লেভেল, } \beta_1 = ?$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে

$$\text{শ্রেণিকক্ষের তীব্রতা, } I_2 = 3I_1$$

$$= 3 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{তীব্রতা লেভেল, } \beta_2 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১১। একটি অ্যামপ্লিফায়ার থেকে নিঃসৃত শব্দের ক্ষমতা 10 mW থেকে 20 mW-এ পরিবর্তিত হলে শব্দের তীব্রতা লেভেলের কত ডেসিবেল পরিবর্তন হবে? [সি. বো. ২০০৯]

আমরা জানি,

$$\Delta\beta = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB}$$

$$= 10 \log \left(\frac{20 \text{ mW}}{10 \text{ mW}} \right) \text{ dB}$$

$$= 10 \log 2 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

উ: 3 dB.

এখানে,

$$\text{অ্যামপ্লিফায়ারের প্রাথমিক ক্ষমতা, } P_1 = 10 \text{ mW}$$

$$\text{অ্যামপ্লিফায়ারের পরিবর্তিত ক্ষমতা, } P_2 = 20 \text{ mW}$$

$$\text{তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন, } \Delta\beta = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১২। দুটি সুরশলাকা A ও B একই সময় শব্দায়িত হওয়ায় প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট উৎপন্ন হয়। কিন্তু A-তে খানিকটা ওজন লাগালে বিটের সংখ্যা কমে যায়। B-এর কম্পাঙ্ক 256 Hz হলে A-এর কম্পাঙ্ক বের কর।

$$\text{আমরা জানি, } f_A = f_B \pm N$$

$$= 256 \text{ Hz} \pm 5 \text{ Hz} = 261 \text{ Hz} \text{ বা } 251 \text{ Hz}$$

যেহেতু A শলাকার ভর বাড়ালে অর্থাৎ কম্পাঙ্ক কমালে বিট কমে,

অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য কমে, কাজেই A-এর কম্পাঙ্ক B-এর

কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি ছিল।

$$\therefore f_A = 261 \text{ Hz}$$

উ: 261 Hz.

এখানে,

$$B\text{-এর কম্পাঙ্ক, } f_B = 256 \text{ Hz}$$

$$\text{বিটের হার, } N = 5 \text{ s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$

$$A\text{-এর কম্পাঙ্ক, } f_A = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৩। একটি সুর 512 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকার সাথে প্রতি সেকেন্ডে 4 টি বিট এবং 514 Hz কম্পাঙ্কের অপর একটি সুরশলাকার সাথে প্রতি সেকেন্ডে 6 টি বিট উৎপন্ন করে। সুরটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৫]

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} f &= f_1 \pm N \\ &= 512 \text{ Hz} \pm 4 \text{ Hz} \\ &= 508 \text{ Hz বা, } 516 \text{ Hz} \end{aligned}$$

কিন্তু কম্পাঙ্ক বাড়লে বিটের হার বাড়ে,

অর্থাৎ কম্পাঙ্কের পার্থক্য বাড়ে,

কাজেই অজানা সুরের কম্পাঙ্ক জানা সুরের কম্পাঙ্কের চেয়ে কম ছিল।

$$\therefore f = 508 \text{ Hz}$$

উ: 508 Hz.

এখানে,

১ম ক্ষেত্রে কম্পাঙ্ক, $f_1 = 512 \text{ Hz}$

বিটের হার, $N = 4 \text{ Hz}$

২য় ক্ষেত্রে কম্পাঙ্ক, $f_2 = 514 \text{ Hz}$

বিটের হার, $N' = 6 \text{ Hz}$

সুরটির কম্পাঙ্ক, $f = ?$

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পরীক্ষা ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষায় সন্নিবেশিত সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৪। A এবং B দুটি সুরশলাকা একটি গ্যাসে 1 m এবং 1.01 m তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বিট উৎপন্ন হয়। B-এর কম্পাঙ্ক 512 Hz. 'A' শলাকার বাহুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় একত্রে শব্দায়িত করলে একই সংখ্যক বিট উৎপন্ন হয়।

(ক) গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের 'A' সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির পূর্বে না পরে 'B' এর চেয়ে বেশি ছিল। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [রা. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} v &= f \lambda \\ &= 512 \text{ s}^{-1} \times 1.01 \text{ m} \\ &= 517.12 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি, $f_2 = f_1 \pm N = 512 \text{ Hz} \pm 6 \text{ Hz}$

$$= 518 \text{ Hz বা, } 506 \text{ Hz}$$

এখানে,

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

কম্পাঙ্ক, $f = 512 \text{ Hz}$

তরঙ্গ বেগ, $v = ?$

এখানে,

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

বিটের হার, $N = 6 \text{ s}^{-1} = 6 \text{ Hz}$

অজানা শলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = ?$

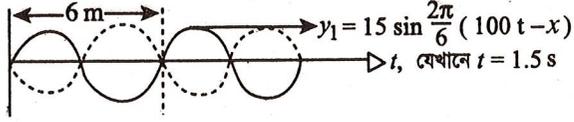
অজানা সুরশলাকায় তার জড়ালে ভর বাড়ে ফলে কম্পাঙ্ক কমে যায়। সুতরাং 506 Hz হতে পারে না কেননা তাহলে দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কম্পাঙ্ক কমে গিয়ে বিটের সংখ্যা বেড়ে যেত।

$$\therefore f_2 = 518 \text{ Hz.}$$

ব্যাখ্যা : আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় অজানা শলাকার কম্পাঙ্ক ঠিক আছে। কিন্তু তা নয়, অজানা শলাকার ভর সংযুক্ত করার ফলে এর কম্পাঙ্ক ভর সংযুক্তির আগে জানা সুরশলাকার কম্পাঙ্কের চেয়ে যত বেশি ছিল ভর সংযুক্তির পর কম্পাঙ্ক তত কমে গেছে। ফলে কম্পাঙ্কের পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। কাজেই বিট সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকছে।

উ: (ক) 517.12 m s^{-1} ; (খ) ভরবৃদ্ধির আগে বেশি ছিল।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৫। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



উদ্দীপকে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের মুক্ত প্রান্তের প্রতিফলন দেখানো হয়েছে।

(ক) উদ্দীপক অনুসারে তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর লব্ধি তরঙ্গ নির্ণয় কর।

(খ) 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)

[চ. বো. ২০১৬]

(ক) প্রদত্ত সমীকরণ, $Y_1 = 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x)$

তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর প্রতিফলিত তরঙ্গের সমীকরণ

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

তরঙ্গ দুটি উপরপাতিত হয়ে স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন করে। স্থির তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার লব্ধি সরণ y হলে,

$$y = y_1 + y_2 = 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t - x) + 15 \sin \frac{2\pi}{6} (100t + x)$$

$$= 15 \times 2 \sin \left(\frac{2\pi}{6} \times 100t \right) \cos \left(\frac{2\pi}{6} x \right)$$

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

$$= A \sin \frac{2\pi}{6} 100t$$

অর্থাৎ তরঙ্গটি প্রতিফলনের পর লব্ধি তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = A \sin \frac{2\pi}{6} \times 100t$$

এখানে, $A =$ লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার $= 30 \cos \frac{2\pi}{6} x$

(খ) আমরা জানি, স্থির তরঙ্গের সমীকরণ

$$y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt$$

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

$$= \left(2a \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} \right) \sin \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{T} t \quad [\because v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}]$$

$$\therefore y = (2a \cos \pi) \sin \frac{2\pi}{T} t$$

যখন, $t = 0$

$$\text{তখন, } y = 2a \cos \pi \sin 0^\circ = 0$$

যখন, $t = \frac{T}{4}$

$$\text{তখন, } y = 2a \cos \pi \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}$$

$$= 2a \cos \pi \sin \frac{\pi}{2}$$

$$= -2a = -30 \text{ cm} \quad [\because a = 15 \text{ cm}]$$

যখন, $t = \frac{T}{2}$

তখন, $y = 2a \cos \pi \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2}$

$$= 2a \cos \pi \sin \pi$$

$$= 0$$

যখন, $t = \frac{3T}{4}$

তখন, $y = 2a \cos \pi \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{3T}{4}$

$$= 2a \cos \pi \sin \frac{2\pi}{T}$$

$$= 2a = 2 \times 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

যখন, $t = T$

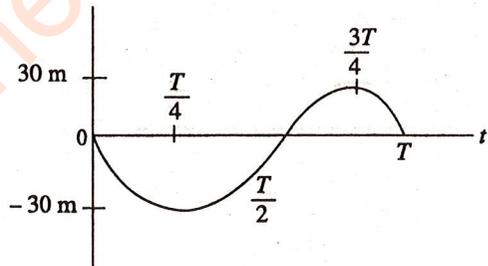
তখন, $y = 2a \cos \pi \sin \frac{2\pi}{T} T$

$$= 0$$

$x = \frac{\lambda}{2}$ দূরত্বে y এর বিভিন্ন মান

t	y	
0	0	0
$\frac{T}{4}$	$-2a$	-30 cm
$\frac{T}{2}$	0	0
$\frac{3T}{4}$	$3a$	30 cm
T	0	0

লেখচিত্র



গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৬। 0.5 m লম্বা একটি তারকে 50 N বল দ্বারা টানা হলো। যদি তারের ভর 0.005 kg হয়, তবে মৌলিক কম্পাঙ্ক কত? [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০১২; রা. বো. ২০০১; য. বো. ২০০২;

ব. বো. ২০০৮]

তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর μ হলে, আমরা জানি,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{কিন্তু } \mu = \frac{m}{l}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Tl}{m}} = \frac{1}{2 \times 0.5 \text{ m}} \sqrt{\frac{50 \text{ N} \times 0.5 \text{ m}}{0.005 \text{ kg}}}$$

$$= 70.71 \text{ s}^{-1}$$

$$= 70.71 \text{ Hz}$$

উ: 70.71 Hz

এখানে,

তারের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$

টান, $T = 50 \text{ N}$

ভর, $m = 0.005 \text{ kg}$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৭। একটি তারের দৈর্ঘ্য 0.50 m এবং টান 3 kg-এর ওজনের সমান। তারটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। তারটির এক মিটার দৈর্ঘ্যের ভর 5 g ও $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ । [চ. বো. ২০১১]

আমরা জানি,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 0.5 \text{ m}} \sqrt{\frac{29.4 \text{ N}}{0.005 \text{ kg}}}$$

$$= 76.68 \text{ Hz}$$

উ: 76.68 Hz

এখানে,

তারের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$

টান, $T = 3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 29.4 \text{ N}$

এক মিটার দৈর্ঘ্যের ভর, $\mu = 5 \text{ g m}^{-1} = 0.005 \text{ kg m}^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৮। 1.5 m দৈর্ঘ্যের একটি স্ট্রিং তার একটি স্থির বিন্দু থেকে উল্লম্বভাবে ঝুলিয়ে এর নিম্ন প্রান্তে 9 N ওজন ঝুলিয়ে দেওয়া হলো। তারটি টেনে ছেড়ে দিলে তারটি হতে উৎপন্ন মৌলিক কম্পাঙ্কের পরিমাণ বের কর। স্ট্রিং তারটির ভর $0.15 \times 10^{-3} \text{ kg}$ । [ব. বো. ২০১১]

তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর μ হলে, আমরা জানি,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\text{কিন্তু, } \mu = \frac{m}{l}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Tl}{m}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 1.5 \text{ m}} \sqrt{\frac{9 \text{ N} \times 1.5 \text{ m}}{0.15 \times 10^{-3} \text{ kg}}} = 100 \text{ Hz}$$

উ: 100 Hz

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১৯। একটি তারের ভর 3 g এবং দৈর্ঘ্য 60 cm। তারটি কত বল দ্বারা টানা দিলে এর কম্পনের ফলে সৃষ্ট প্রথম উপসুরের কম্পাঙ্ক হবে 200 Hz? [দি. বো. ২০১১]

আমরা জানি, প্রথম উপসুরের কম্পাঙ্ক

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{আবার, } \mu = \frac{m}{l}$$

$$\therefore f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{Tl}{m}}$$

$$\text{বা, } 200 \text{ Hz} = \frac{1}{0.6 \text{ m}} \sqrt{\frac{T \times 0.6 \text{ m}}{3 \times 10^{-3} \text{ kg}}}$$

$$\text{বা, } \frac{T \times 0.6 \text{ m}}{3 \times 10^{-3} \text{ kg}} = (200 \text{ Hz} \times 0.6 \text{ m})^2$$

$$\therefore T = \frac{(200 \text{ Hz} \times 0.6 \text{ m})^2 \times 3 \times 10^{-3} \text{ kg}}{0.6 \text{ m}} = 72 \text{ N}$$

উ: 72 N

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২০। একটি টানা তারের দৈর্ঘ্য পরিবর্তন না করে এর উপর প্রযুক্ত টান চারগুণ করা হলো। তারের কম্পাঙ্কের কত পরিবর্তন হবে? [ঢা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৯]

তারের দৈর্ঘ্য ও একক দৈর্ঘ্যের ভর স্থির থাকলে

$$\text{আমরা জানি, } f \propto \sqrt{T}$$

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

$$\text{এখানে, } T_2 = 4T_1$$

$$\therefore \frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{T_1}{4T_1}} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore f_2 = 2f_1$$

উ: কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ হবে।

ধরা যাক,

প্রাথমিক টান, T_1

প্রাথমিক কম্পাঙ্ক, f_1

\therefore চূড়ান্ত টান, $T_2 = 4T_1$

চূড়ান্ত কম্পাঙ্ক, $f_2 = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২১। ২০ cm দীর্ঘ একটি তার কোনো একটি সুরশলাকার সাথে ঐকতানে আছে। টান দ্বিগুণ করলে ঐকতানে আনতে কত দৈর্ঘ্যের প্রয়োজন হবে? [চ. বো. ২০০১]

তারটির একক দৈর্ঘ্যের ভর = μ

এবং প্রাথমিক ও শেষ কম্পাঙ্ক

f_1 ও f_2 হলে,

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} \text{ এবং } f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

এখন প্রশ্নানুসারে, $f_1 = f_2$

$$\therefore \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } l_2 &= l_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 20 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{2T_1}{T_1}} \\ &= 20 \text{ cm} \times \sqrt{2} = 28.28 \text{ cm} \end{aligned}$$

উ: ২৮.২৮ cm.

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২২। দুটি সদৃশ তার ঐকতানে আছে। ০.৩৬ m দৈর্ঘ্যের একটি তার ১০০ kg-এর ওজন দ্বারা টানা দেওয়া আছে। অপর একটি তার ২২০ kg-এর ওজন দ্বারা টানা দেওয়া থাকলে, দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য বের কর। [চ. বো. ২০০২; সি. বো. ২০১১]

যেহেতু তার দুটি সদৃশ, সুতরাং তাদের একক দৈর্ঘ্যের ভর সমান। ধরা যাক, তারদ্বয়ের একক দৈর্ঘ্যের ভর μ এবং তার দুটির কম্পাঙ্ক f_1 এবং f_2 ।

$$\therefore f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} \text{ এবং } f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

তারদ্বয় ঐকতানে থাকায়, $f_1 = f_2$

$$\therefore \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

$$\therefore l_2 = l_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 0.36 \text{ m} \times \sqrt{\frac{220 \text{ kg-wt}}{100 \text{ kg-wt}}} = 0.53 \text{ m}$$

উ: ০.৫৩ m

এখানে,

তারের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য, $l_1 = 20 \text{ cm}$

তারের প্রাথমিক টান, T_1

তারের শেষ টান, $T_2 = 2T_1$

তারের শেষ দৈর্ঘ্য, $l_2 = ?$

এখানে,

প্রথম তারের দৈর্ঘ্য, $l_1 = 0.36 \text{ m}$

প্রথম তারের টান, $T_1 = 100 \text{ kg-wt}$

দ্বিতীয় তারের টান, $T_2 = 220 \text{ kg-wt}$

দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য, $l_2 = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২৩। এক মিটার লম্বা একটি কম্পমান তার 40 N বল দ্বারা টানা অবস্থায় 320 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকার সাথে ঐকতানে হয়। যদি তারটির টানা বল পরিবর্তন করে 20 N করা হয় তবে এর দৈর্ঘ্যকে কিরূপ পরিবর্তন করলে আবার ঐ সুরশলাকার সাথে ঐকতানে আসবে ?

তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর μ , প্রাথমিক
ও শেষ কম্পাঙ্ক যথাক্রমে f_1 ও f_2 এবং
শেষ দৈর্ঘ্য l_2 হলে,

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} \text{ এবং } f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

এখন, প্রশ্নানুসারে, $f_1 = f_2$

$$\therefore \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}$$

$$\text{বা, } l_2 = l_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 1 \text{ m} \times \sqrt{\frac{20 \text{ N}}{40 \text{ N}}} = 0.7071 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta l = l_1 - l_2 = 1 \text{ m} - 0.7071 \text{ m} = 0.2929 \text{ m} = 29.29 \text{ cm}$$

সুতরাং তারের দৈর্ঘ্য 29.29 cm কমাতে হবে।

উ: দৈর্ঘ্য 29.29 cm কমাতে হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২৪। একটি সনোমিটারের তার 350 Hz কম্পাঙ্কের একটি টিউনিং ফর্কের সাথে ঐকতানে থাকে। তারের টান ঠিক রেখে সনোমিটারের তারের দৈর্ঘ্য 1.5% বৃদ্ধি করলে প্রতি সেকেন্ডে কয়টি বিট শোনা যাবে ?

আমরা জানি,

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$\therefore \frac{f_1}{f_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$\text{বা, } \frac{350 \text{ Hz}}{f_2} = \frac{101.5l_1}{100l_1}$$

$$\therefore f_2 = \frac{350 \times 100}{101.5} \text{ Hz} = 344 \text{ Hz}$$

$$\therefore N = f_1 - f_2 = 350 \text{ Hz} - 344 \text{ Hz} = 6 \text{ Hz}$$

উ: 6টি।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২৫। দুটি সুরশলাকা একই সাথে ধ্বনিত হলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট সৃষ্টি করে। একটি শলাকা কোনো টানা তারের 1.18 m দৈর্ঘ্যের সাথে ও অপরটি ঐ একই তারের 1.20 m দৈর্ঘ্যের সাথে ধ্বনি সমন্বয় করে, টান অপরিবর্তিত আছে। সুরশলাকা দুটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 1.18 \text{ m}} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \dots (1)$$

$$f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 1.20 \text{ m}} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \dots (2)$$

(1) কে (2) দ্বারা ভাগ করে,

এখানে,

$$\text{তারের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য, } l_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{তারের প্রাথমিক টান, } T_1 = 40 \text{ N}$$

$$\text{তারের শেষ টান, } T_2 = 20 \text{ N}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য পরিবর্তন, } \Delta l = ?$$

এখানে,

$$\text{টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক, } f_1 = 350 \text{ Hz}$$

$$\text{সনোমিটার তারের দৈর্ঘ্য} = l_1$$

$$\text{তারের টান} = T$$

$$\text{তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর} = \mu$$

$$\text{তারের দৈর্ঘ্য 1.5\% বৃদ্ধি করলে}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য হবে, } l_2 = l_1 + \frac{l_1 \times 1.5}{100} = \frac{101.5l_1}{100}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করার পর কম্পাঙ্ক} = f_2$$

$$\text{শ্রুত বিট সংখ্যা, } N = f_1 - f_2$$

ধরা যাক,

$$\text{শলাকা দুটির কম্পাঙ্ক যথাক্রমে } f_1 \text{ ও } f_2,$$

$$\text{তারের টান } T \text{ এবং একক দৈর্ঘ্যের ভর } \mu$$

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে তারের দৈর্ঘ্য, } l_1 = 1.18 \text{ m}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{1.20}{1.18}$$

$$\therefore f_2 = \frac{1.18}{1.20} f_1 \quad \dots \quad (3)$$

(3) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, $f_1 > f_2$

$$\therefore N = f_1 - f_2 \text{ বা, } 5 \text{ Hz} = f_1 - \frac{1.18}{1.20} f_1$$

$$\text{বা, } 5 \text{ Hz} = \frac{0.02}{1.20} f_1$$

$$\therefore f_1 = \frac{5 \text{ Hz} \times 1.20}{0.02} = 300 \text{ Hz}$$

$$f_2 = f_1 - 5 \text{ Hz} = 300 \text{ Hz} - 5 \text{ Hz} = 295 \text{ Hz}$$

উ: 300 Hz, 295 Hz.

গাণিতিক উদাহরণ-৯.২৬। সালাম 300 Hz কম্পাঙ্ক ও 0.25 cm বিস্তারের শব্দ তরঙ্গ পরপর বায়ু ও পানিতে প্রেরণ করে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4.16 m পেল। উভয় মাধ্যমে শব্দের বেগ ও তীব্রতা ভিন্ন ভিন্ন পাওয়া গেল। সালাম বলল শব্দের বেগ ও তীব্রতার মান বায়ু মাধ্যম থেকে পানি মাধ্যমে বেশি পাওয়া যাবে। বায়ু মাধ্যমে শব্দের বেগ 352 m s^{-1} । বায়ু ও পানির ঘনত্ব যথাক্রমে 1.293 kg m^{-3} ও 1000 kg m^{-3} ।

(ক) উদ্দীপক অনুসারে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

(খ) গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সালামের বক্তব্যের সঠিকতা যাচাই কর।

[রুয়েট ২০০৪-২০০৫; সি. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

পানি ও বায়ুতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_w ও λ_a হলে,

$$\lambda_w - \lambda_a = 4.16 \text{ m} \quad \dots (1)$$

$$\text{আমরা জানি, } v_w = f \lambda_w \quad \dots (2)$$

কিন্তু (1) সমীকরণ থেকে $\lambda_w = 4.16 + \lambda_a$

আবার, $v_a = f \lambda_a$

$$\therefore \lambda_a = \frac{v_a}{f} = \frac{352}{300} \text{ m} \therefore \lambda_w = \left(4.16 + \frac{352}{300} \right) \text{ m}$$

এখন (2) সমীকরণে মান বসিয়ে,

$$v_w = 300 \times \left(4.16 + \frac{352}{300} \right) \text{ m s}^{-1} = (300 \times 4.16 + 352) \text{ m s}^{-1}$$

$$= (1248 + 352) \text{ m s}^{-1} = 1600 \text{ m s}^{-1}$$

(খ) আমরা জানি,

শব্দের তীব্রতা, $I_a = 2 \pi^2 \rho_a v_a a^2 f^2$

$$I_a = 2 \times \pi^2 \times 1.293 \text{ kg m}^{-3} \times 352 \text{ m s}^{-1} \times (0.25 \times 10^{-2})^2 \times (300 \text{ s}^{-1})^2$$

$$= 5053.5 \text{ Wm}^{-2}$$

আবার, $I_w = 2 \times \pi^2 \rho_w v_w a^2 f^2$

$$= 2 \pi^2 \times 1000 \text{ kgm}^{-3} \times 1600 \text{ m s}^{-1}$$

$$\times (0.25 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \times (300 \text{ s}^{-1})^2$$

এখানে,

কম্পাঙ্ক, $f = 300 \text{ Hz}$

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

পানিতে শব্দের বেগ, $v_w = ?$

এখানে,

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

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

শব্দতরঙ্গের বিস্তার, $a = 0.25 \text{ cm}$

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

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

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

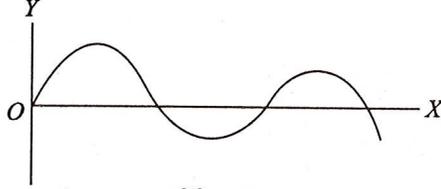
পানিতে শব্দের বেগ, $v_w = 1600 \text{ m s}^{-1}$

$$= 17765287.92 \text{ W m}^{-2}$$

∵ $v_w > v_a$ এবং $I_w > I_a$ ∴ সালামের বক্তব্য সঠিক।

উ: (ক) 1600 m s^{-1} ; (খ) সালামের বক্তব্য সঠিক।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২৭। নিম্নে একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ দেওয়া হলো :



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

এখানে, Y mm এককে, t s এককে এবং x m এককে

(ক) O বিন্দু হতে 0.25 m ও 1.0 m দূরের দুটি বিন্দুর মধ্যকার দশা পার্থক্য কত ?

(খ) উদ্দীপকে, বিস্তার ও কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ এবং একই মাধ্যমে বিপরীতমুখী হলে তরঙ্গটির সমীকরণ কিরূপ হবে ?

বিশ্লেষণ কর।

(ক) আমরা জানি, দশা পার্থক্য

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x = \frac{2 \times \pi \times 0.75 \text{ m}}{1.7 \text{ m}}$$

$$= 2.77 \text{ rad বা, } 248.78^\circ$$

(খ) প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ,

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

অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ

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

$$\text{বিস্তার, } a = 0.1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{20\pi}{17} \therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 1.7 \text{ m}$$

বিপরীতমুখী তরঙ্গটির জন্য

$$\text{বিস্তার, } a' = 2a = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f' = 2f = 2 \times 100 \text{ Hz} = 200 \text{ Hz}$$

$$\text{কৌণিক কম্পাঙ্ক, } \omega' = 2\pi f' = 2\pi \times 200 \text{ Hz} = 400\pi \text{ rad s}^{-1}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{f \lambda}{f'} = \frac{100 \text{ Hz} \times 1.7 \text{ m}}{200 \text{ Hz}} = 0.85 \text{ m}$$

বিপরীতমুখী তরঙ্গটির সমীকরণ,

$$Y' = a' \sin \left(\omega' t + \frac{2\pi}{\lambda'} x \right) = 0.2 \sin \left(400 \pi t + \frac{2\pi}{0.85} x \right)$$

$$Y' = 0.2 \sin \left(400 \pi t + \frac{200\pi}{85} x \right)$$

$$\text{উ: (ক) } 2.77 \text{ rad বা, } 248.78^\circ \quad (\text{খ}) Y' = 0.2 \sin \left(400 \pi t + \frac{200\pi}{85} x \right)$$

বায়ুতে শব্দের তীব্রতা, $I_a = ?$

পানিতে শব্দের তীব্রতা, $I_w = ?$

[ঢা. বো. ২০১৬]

গাণিতিক উদাহরণ : ৯.২৮। শামীম কোনো এক মাধ্যমে একটি অগ্রগামী তরঙ্গ দেখল যার সমীকরণ—

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

তখন সে উক্ত তরঙ্গের সমান কম্পাঙ্কবিশিষ্ট শব্দ অন্য এক মাধ্যমে করায় তরঙ্গবেগ বৃদ্ধি পেল এবং দেখতে পেল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.2 m হলো।

(ক) উদ্দীপকের তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বেগ নির্ণয় কর।

(খ) দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গবেগ প্রথম মাধ্যমের চেয়ে কত বৃদ্ধি পাবে ?

[য. বো. ২০১৬]

(ক) প্রদত্ত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $Y = 0.5 \sin (200 \pi t - 0.602 \pi x)$ -এর সাথে অগ্রগামী তরঙ্গের সাধারণ

সমীকরণ, $Y = a \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$ -কে তুলনা করে পাই,

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} = 0.602 \pi \text{ m}^{-1} \quad \therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = \frac{2 \text{ m}}{0.602} = 3.32 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ বেগ, } v = f \lambda = 100 \text{ Hz} \times 3.32 \text{ m} = 332 \text{ m s}^{-1}$$

(খ) দ্বিতীয় মাধ্যমে কম্পাঙ্ক, $f' =$ প্রথম মাধ্যমে কম্পাঙ্ক, $f = 100 \text{ Hz}$

দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ' হলে,

$$\text{প্রশ্নমতে, } \lambda' - \lambda = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \lambda' = 0.2 \text{ m} + 3.32 \text{ m} = 3.52 \text{ m}$$

$$\therefore \text{দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গবেগ, } v' = f' \lambda' = 100 \text{ Hz} \times 3.52 \text{ m} = 352 \text{ m s}^{-1}$$

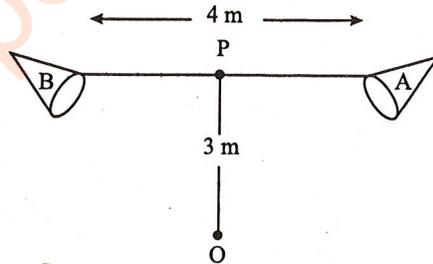
$$\therefore \text{তরঙ্গবেগের পার্থক্য, } \Delta v = v' - v = 352 \text{ m s}^{-1} - 332 \text{ m s}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

অর্থাৎ দ্বিতীয় মাধ্যমে তরঙ্গবেগ 20 m s^{-1} বৃদ্ধি পাবে।

উ: (ক) 3.32 m এবং 332 m s^{-1}

(খ) 20 m s^{-1} বৃদ্ধি পাবে

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২৯। শাহীন তার কলেজের একটি অনুষ্ঠানে 4 m দৈর্ঘ্যের স্টেজ তৈরি করল। স্টেজের একপ্রান্তে 1 mW ক্ষমতার একটি স্পীকার A স্থাপন করল; স্টেজের মধ্যবিন্দু P হতে সোজাসুজি 3 m দূরে O বিন্দুতে একজন শ্রোতার নিকট শব্দের তীব্রতা কম হওয়ায় সে স্টেজের মধ্যবিন্দু P হতে অপর প্রান্তে একই দূরত্বে ও একই ক্ষমতার অপর একটি স্পীকার B স্থাপন করল। নিচের চিত্রে তা দেখানো হলো :



(ক) স্পীকার A-এর জন্য O বিন্দুতে তীব্রতা কত?

(খ) স্পীকার A ও স্পীকার B উভয়ের সুইচ অন করলে O শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা দ্বিগুণ হবে কী?—
বিশ্লেষণ কর।

[রা. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

স্পীকার A এর জন্য O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা,

$$I_A = \frac{P_A}{A} = \frac{P_A}{4 \pi r^2}$$

এখানে,

$$r = AO = (2 \text{ m})^2 + (3 \text{ m})^2 = \sqrt{13} \text{ m}$$

$$\text{স্পীকারের ক্ষমতা, } P_o = 1 \text{ mW} = 1 \times 10^{-3} \text{ W}$$

$$I_A = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ W}}{4 \times \pi \times (\sqrt{13} \text{ m})^2}$$

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

(খ) আমরা জানি, তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

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

$$= 67.87 \text{ dB}$$

দুটি স্পীকার অন করায় O বিন্দুতে শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ হবে, সুতরাং মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{2 I_A}{I_0} \text{ dB}$$

$$= 10 \log \frac{2 \times 6.12 \times 10^{-6}}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 70.88 \text{ dB}$$

একটি স্পীকার অন করলে তীব্রতা লেভেল পাওয়া যায় 67.87 dB আর দুটি একসঙ্গে অন করলে সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল হয় 70.88 dB, সুতরাং দেখা যায় যে, উভয় স্পীকারের সুইচ অন করলে শব্দের তীব্রতা লেভেল পূর্বাপেক্ষা দ্বিগুণ হবে না তবে কিছু বাড়বে।

উ: (ক) $6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$; (খ) তীব্রতা লেভেল বাড়বে কিন্তু দ্বিগুণ হবে না।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩০। $Y = 6 \sin \left(8 \pi t - \frac{\pi x}{25} \right)$ একটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ নির্দেশ করে;

যেখানে x ও y কে সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়েছে। তরঙ্গটি 0.09 kg m^{-3} ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হচ্ছে।

(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) তরঙ্গটি শ্রাব্য কিনা—তীব্রতা লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে প্রমাণ কর।

[চ. বো. ২০১৫]

(ক) প্রদত্ত সমীকরণ, $Y = 6 \sin \left(8 \pi t - \frac{\pi x}{25} \right)$

চলমান তরঙ্গে সমীকরণ, $Y = a \sin \left(\omega t - \frac{2 \pi}{\lambda} x \right)$ -এর সাথে তুলনা করে পাই,

বিস্তার, $a = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$;

আবার, $\omega = 2 \pi f = 8 \pi$ \therefore কম্পাঙ্ক, $f = 4 \text{ Hz}$

$\frac{2 \pi}{\lambda} = \frac{\pi}{25 \text{ cm}}$ \therefore তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

তরঙ্গবেগ, $v = f \lambda = 4 \text{ s}^{-1} \times 0.5 \text{ m} = 2 \text{ m s}^{-1}$

(খ) আমরা জানি,

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

আবার, শব্দের তীব্রতা, $I = 2 \pi^2 \rho v a^2 f^2$

$$\text{বা, } I = 2 \times \pi^2 \times 0.09 \text{ kg m}^{-3} \times 2 \text{ m s}^{-1}$$

$$\times (0.06 \text{ m})^2 \times (4 \text{ s}^{-1})^2$$

$$= 0.2 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{এবং তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{0.2}{10^{-12}} \text{ dB}$$

$$= 113 \text{ dB}$$

শব্দের তীব্রতা, $I_0 = ?$

এখানে,

O বিন্দুতে তীব্রতা, $I_0 = 6.12 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$

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

A স্পীকারের শব্দের তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

এখানে,

মাধ্যমের ঘনত্ব, $\rho = 0.09 \text{ kg m}^{-3}$

তরঙ্গের বেগ, $v = 2 \text{ m s}^{-1}$

বিস্তার, $a = 0.06 \text{ m}$

কম্পাঙ্ক, $f = 4 \text{ s}^{-1}$

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

তরঙ্গের তীব্রতা, $I = ?$

তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

∴ 0 dB তীব্রতা লেভেল হচ্ছে শ্রাব্যতার প্রারম্ভিক সীমা এবং 120 dB থেকে শ্রুতি যন্ত্রণার শুরু। প্রদত্ত তরঙ্গ দ্বারা উৎপন্ন শব্দের তীব্রতা লেভেল 113 dB, অতএব তরঙ্গটি শ্রাব্য।

উ: (ক) 4 Hz ; (খ) তরঙ্গটি শ্রাব্য।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩১। তিনটি সুরশলাকা যাদের প্রথম দুটির গায়ে কম্পাঙ্ক 450 Hz লেখা আছে যার একটির বাহু কিছুটা ক্ষয়ে গেছে। তৃতীয় সুরশলাকার গায়ে কম্পাঙ্কের মান লেখা নেই। তৃতীয় সুরশলাকাটিকে পৃথকভাবে অপর দুটির সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বিট সৃষ্টি হয়। আবার প্রথম দুটি একই সাথে স্পন্দিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6টি বিট সৃষ্টি হয়। [১ম সুরশলাকা হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা 10^{-7} W m^{-2} ।

(ক) ১ম সুরশলাকা হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেল এককে নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের তথ্যসমূহ হতে ৩য় সুরশলাকাটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার মতামত লেখ। [ব. বো. ২০১৫]

$$\begin{aligned} \text{(ক) আমরা জানি, } \beta &= 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} \\ &= 10 \log \frac{10^{-7}}{10^{-12}} \text{ dB} \\ &= 50 \text{ dB} \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি,

$$f_2 = f_1 \pm N_1$$

প্রশ্নমতে, $f_2 > f_1$

$$\begin{aligned} \therefore f_2 &= f_1 + N_1 = 450 \text{ Hz} + 6 \text{ Hz} \\ &= 456 \text{ Hz} \end{aligned}$$

আবার প্রশ্নমতে,

$$\begin{aligned} f_3 &= f_1 \pm N_2 = f_2 \pm N_2 \\ &= 450 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz} = 456 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz} \\ \therefore f_3 &= 450 \text{ Hz} + 3 \text{ Hz} = 456 \text{ Hz} - 3 \text{ Hz} \\ &= 453 \text{ Hz} \end{aligned}$$

উ: (ক) 50 dB ; (খ) সম্ভব

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩২। নাফিস তাদের টিভিতে T-20 বিশ্বকাপের বাংলাদেশ বনাম ভারত খেলাটি দেখছিল। তখন টিভির শব্দের তীব্রতা $1 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$, টান টান উত্তেজনার মুহূর্তে মিতু ব্লেভার মেশিন চালু করল যার তীব্রতা লেভেল 85 dB। এবার নাফিস টিভির সাউন্ড বাড়িয়ে দিল যার তীব্রতা লেভেল 78 dB।

(ক) নাফিস তীব্রতা লেভেল কতটুকু বাড়িয়ে ছিল ?

(খ) উদ্দীপকের ব্লেভার চালু অবস্থায় সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল অস্বস্তিকর হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬]

$$\begin{aligned} \text{(ক) } \beta_1 &= 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} \\ &= 10 \log \frac{1 \times 10^{-6}}{10^{-12}} \text{ dB} \\ &= 60 \text{ dB} \\ \Delta\beta &= \beta_3 - \beta_1 = 78 \text{ dB} - 60 \text{ dB} = 18 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{(খ) } \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB}$$

$$\text{বা, } 85 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB}$$

এখানে,

শব্দের তীব্রতা, $I = 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$

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

তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_1 = 450 \text{ Hz}$

২য় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_2 = ?$

৩য় সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_3 = ?$

১ম ও ২য় সুরশলাকার মধ্যকার বিট সংখ্যা, $N_1 = 6 \text{ s}^{-1}$
 $= 6 \text{ Hz}$

৩য় ও ১ম বা ২য় সুরশলাকার মধ্যকার বিট সংখ্যা,
 $N_2 = 3 \text{ s}^{-1} = 3 \text{ Hz}$

এখানে,

টিভির শব্দের প্রাথমিক তীব্রতা, $I = 1 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$

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

টিভির শব্দের প্রাথমিক তীব্রতা লেভেল, $\beta_1 = ?$

ব্লেভারের তীব্রতা লেভেল, $\beta_2 = 85 \text{ dB}$

টিভির চূড়ান্ত তীব্রতা লেভেল, $\beta_3 = 78 \text{ dB}$

টিভির তীব্রতা লেভেল বৃদ্ধি, $\Delta\beta = \beta_3 - \beta_1 = ?$

সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল, $\beta = ?$

$$\text{বা, } \log \frac{I_2}{I_0} = 8.5$$

$$\text{বা, } \frac{I_2}{I_0} = (10)^{8.5}$$

$$\therefore I_2 = (10)^{8.5} I_0 \\ = (10)^{8.5} \times (10^{-12} \text{ W m}^{-2}) = 3.2 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$$

অনুরূপভাবে,

$$\beta_3 = 10 \log \frac{I_3}{I_0} \text{ dB}$$

$$\text{বা, } 78 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_3}{I_0} \text{ dB}$$

$$\text{বা, } \log \frac{I_3}{I_0} = 7.8 \quad \text{বা, } \frac{I_3}{I_0} = (10)^{7.8}$$

$$\text{বা, } I_3 = (10)^{7.8} \times (10^{-12} \text{ W m}^{-2}) = 6.3 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2}$$

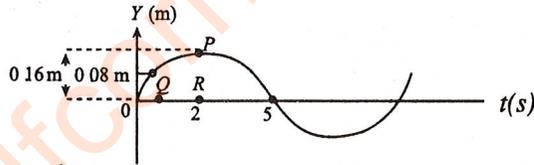
$$\text{উৎসদ্বয়ের মোট তীব্রতা, } I = I_2 + I_3 = 3.2 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2} + 6.3 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2} \\ = 3.8 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{উৎসদ্বয়ের সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} = 10 \log \frac{3.8 \times 10^{-4}}{10^{-12}} \text{ dB} = 86 \text{ dB}$$

সাধারণত 50 dB থেকে 60 dB পর্যন্ত তীব্রতা লেভেলের শব্দ আমাদের জন্যে মোটামুটি স্বস্তিদায়ক। কিন্তু উৎসদ্বয়ের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল 86 dB, সুতরাং এ শব্দ অস্বস্তিকর হবে।

উ: (ক) 18 dB বৃদ্ধি পেয়ে ছিল; (খ) অস্বস্তিকর হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৩।



(ক) R বিন্দুতে কণাটির সরণ নির্ণয় কর।

(খ) Q বিন্দুতে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

[কু. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$y = a \sin \omega t$$

$$= a \sin \left(\frac{2\pi}{T} \right) t$$

$$= 0.16 \text{ cm} \times \sin \left(\frac{2\pi}{10 \text{ s}} \right) \times 2 \text{ s}$$

$$= 0.152 \text{ m}$$

এখানে,

$$\text{বিস্তার, } a = 0.16 \text{ m}$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = 5 \times 2 = 10 \text{ s}$$

$$\text{সময়, } t = 2 \text{ s}$$

$$\text{সরণ, } y = ?$$

(খ) আমরা জানি,

$$Q \text{ বিন্দুতে স্থিতিশক্তি, } E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 y^2$$

$$\text{এবং } Q \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 (a^2 - y^2)$$

$$\therefore \frac{E_p}{E_k} = \frac{\frac{1}{2} m \omega^2 y^2}{\frac{1}{2} m \omega^2 (a^2 - y^2)} = \frac{y^2}{a^2 - y^2}$$

এখানে,

$$\text{সাম্যাবস্থান থেকে } Q \text{ বিন্দুর সরণ, } y = 0.08 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গের বিস্তার, } a = 0.16 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গের কৌণিক বেগ, } \omega = 0.2 \pi \text{ rad s}^{-1}$$

$$\text{তরঙ্গটিতে কণার ভর} = m$$

$$\frac{E_p}{E_k} = ?$$

$$= \frac{(0.08 \text{ m})^2}{(0.16 \text{ m})^2 - (0.08 \text{ m})^2} = \frac{6.4 \times 10^{-3}}{0.0192} = \frac{1}{3}$$

$$\therefore E_k = 3 E_p$$

অতএব গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে Q বিন্দুতে গতিশক্তি, স্থিতিশক্তির ৩ গুণ।

উ: (ক) 0.152 m; (খ) Q বিন্দুতে গতিশক্তি, স্থিতিশক্তির তিন গুণ।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৪। বায়ুতে দুটি শব্দ তরঙ্গের সমীকরণ করা হলো।

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

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

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

(ক) তরঙ্গদ্বয় একই সময়ে শব্দায়িত করা হলে প্রতি সে. উৎপন্ন বিট নির্ণয় কর।

(খ) দ্বিতীয় তরঙ্গের মাধ্যমে উৎপন্ন শব্দটি হাসপাতালের পরিবেশের জন্য উপযুক্ত হবে কিনা-তীব্রতার লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে যাচাই কর।

[য. বো. ২০১৭]

(ক) উদ্দীপকে প্রদত্ত তরঙ্গ

$$y_1 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 16.35 (105.1\pi t - x)$$

$$\text{এবং } y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 (15.764 \pi t - 0.15 x)$$

$$y_1 = 0.25 \times 10^{-2} \sin (1718.355 \pi t - 16.35 x)$$

$$y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin (17304 \pi t - 16.5 x)$$

সমীকরণ দুটিকে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

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

$$2 \pi f_1 = 1718.385 \pi \quad \therefore f_1 = 859.1925 \text{ Hz} \approx 859 \text{ Hz}$$

$$\text{এবং } 2 \pi f_2 = 1734.04 \pi \quad \therefore f_2 = 867.03 \text{ Hz} \approx 867 \text{ Hz}$$

$$\text{আমরা জানি, বিট সংখ্যা } N = f_1 - f_2 \text{ বা, } N = 867 - 859 = 8 \text{ s}^{-1}$$

$$\therefore \text{ প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা} = 8$$

(খ) দ্বিতীয় তরঙ্গের সমীকরণ

$$y_2 = 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 (15.764 \pi t - 0.15 x) \text{-এর ক্ষেত্রে}$$

$$= 0.25 \times 10^{-2} \sin 110 \times 0.15 (105.09 \pi t - x)$$

সমীকরণটিকে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ

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

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} = 110 \times 0.15 \therefore \lambda = \frac{2\pi}{110 \times 0.15} = 0.3808 \text{ m}$$

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

$$\text{এবং কম্পাঙ্ক, } f = 867 \text{ Hz [‘ক’ অংশ থেকে]}$$

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

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

$$\therefore \text{ শব্দ তরঙ্গে তীব্রতা, } I = 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v$$

$$= 2 \pi^2 \times (867 \text{ s}^{-1})^2 \times (0.25 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \\ \times 1.29 \text{ kg m}^{-3} \times 330.15 \text{ m s}^{-2} \\ = 3.95 \times 10^4 \text{ W m}^{-2}$$

$$\therefore \text{তীব্রতা লেভেল, } \beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ dB} \\ = 10 \log \frac{3.95 \times 10^4}{10^{-12}} \text{ dB} = 165.97 \text{ dB}$$

আমরা জানি, আমাদের কানে শ্রুতি যন্ত্রণার শুরু 120 dB থেকে, সুতরাং 165.97 dB-এর শব্দ হাসপাতালের পরিবেশের জন্য উপযুক্ত নয়।

উ: (ক) 8 Hz; (খ) হাসপাতালের পরিবেশের জন্য উপযুক্ত নয়।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৫। প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট সৃষ্টি করার লক্ষ্যে দুটি সুরশলাকা A ও B নেয়া হলো। A সুরশলাকা হতে সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা $1.01 \times 10^5 \text{ W m}^{-2}$ এবং বিস্তার 0.02 m । B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 161 Hz। (মাধ্যমের ঘনত্ব 1.25 kg m^{-3} এবং শব্দের বেগ 350 m s^{-1})।

(ক) B সুরশলাকার 250 কম্পনে শব্দ কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে উল্লিখিত বিট উৎপন্ন করতে হলে A সুরশলাকার কী পরিবর্তন আনা প্রয়োজন গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

(ক) আমরা জানি,

$$S_B = N \lambda_B$$

$$\text{আমরা, } v = f_B \lambda_B$$

$$\text{বা, } \lambda_B = \frac{v}{f_B}$$

$$\therefore S_B = N \times \frac{v}{f_B} \\ = \frac{250 \times 350 \text{ m s}^{-1}}{161 \text{ s}^{-1}} \\ = 543.5 \text{ m}$$

(খ) আমরা জানি,

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

$$f_A^2 = \frac{1.01 \times 10^5 \text{ W m}^{-2}}{2 \times \pi^2 \times 1.25 \text{ kg m}^{-3} \times 350 \text{ m s}^{-1} \times (0.02 \text{ m})^2}$$

$$\text{বা, } f_A^2 = 29.238 \times 10^3$$

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

এখানে,

B সুরশলাকার কম্পন সংখ্যা, $N = 250$

B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক, $f_B = 161 \text{ Hz}$

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

B সুরশলাকার শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_B = ?$

এখানে,

A সুরশলাকার শব্দের তীব্রতা,

$$I = 1.01 \times 10^5 \text{ W m}^{-2}$$

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

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

বিস্তার, $a = 0.02 \text{ m}$

A সুরশলাকার শব্দের কম্পাঙ্ক, $f_A = ?$

A ও B সুরশলাকা দুটি একত্রে শব্দায়িত করে 5 টি বিট সৃষ্টি করতে হলে এদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 5 Hz হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু উদ্দীপক অনুসারে B এর কম্পাঙ্ক 161 Hz এবং A এর কম্পাঙ্ক 171 Hz অর্থাৎ এদের কম্পাঙ্কের পার্থক্য 10 Hz। এখন এদের একত্রে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট সৃষ্টি করতে হলে A-এর কম্পাঙ্ক 5 Hz কমাতে হবে। এজন্য A-এর বাহুতে তার জড়িয়ে বা মোম লাগিয়ে এর ভর এমনভাবে বাড়ানো হয় যাতে করে এর কম্পাঙ্ক 5 Hz কমে কম্পাঙ্ক 266 Hz হয়।

উ: (ক) 543.5 m; (খ) A এর বাহুর ভর বাড়িয়ে কম্পাঙ্ক 5 Hz কমাতে হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৬। একটি পোল্ডিফার্মের মালিক তার ফার্মের মুরগির সংখ্যা 500 থেকে বাড়িয়ে 2000 করার সিদ্ধান্ত নিলেন। এর ফলে ফার্মের শব্দের তীব্রতার লেভেল কত বৃদ্ধি পাবে ?

[শ্রাব্যতার ন্যূনতম সীমা = $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$]

ধরা যাক, ফার্মে যখন 500 মুরগি ছিল তখন শব্দের তীব্রতা I

মুরগির সংখ্যা চারগুণ করা হলে শব্দের তীব্রতা হবে $4I$ । উভয় ক্ষেত্রে শব্দের তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে

β_{500} ও β_{2000} হলে,

$$\begin{aligned} \beta_{2000} - \beta_{500} &= 10 \log (I_{2000} / I_{500}) \text{ dB} = 10 \log [4I / I] \text{ dB} \\ &= 10 \log 4 \text{ dB} = 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

উ: 6 dB.

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৭। একটি ভ্যাকুয়াম ক্রিনার ও একটি টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে 85 dB এবং 78 dB। এদের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। শ্রাব্যতার ন্যূনতম সীমা $= 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ [রয়েট ২০০৭-২০০৮]

আমরা জানি,

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \text{ dB}$$

$$\text{বা, } 85 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \text{ dB}$$

$$\text{বা, } \log \frac{I_1}{I_0} = 8.5$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{I_0} = (10)^{8.5}$$

$$\begin{aligned} \therefore I_1 &= (10)^{8.5} I_0 \\ &= (10)^{8.5} (10^{-12} \text{ W m}^{-2}) \\ &= 3.2 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2} \end{aligned}$$

অনুরূপভাবে,

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

$$\text{বা, } 78 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB} \text{ বা, } \log \frac{I_2}{I_0} = 7.8 \text{ বা, } \frac{I_2}{I_0} = (10)^{7.8}$$

$$\text{বা, } I_2 = (10)^{7.8} I_0 = [(10)^{7.8}] \times [10^{-12} \text{ W m}^{-2}] = 0.6 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$$

$$\begin{aligned} \text{উৎসদ্বয়ের মোট তীব্রতা, } I &= I_1 + I_2 = 3.2 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2} + 0.6 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2} \\ &= 3.8 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2} \end{aligned}$$

উৎসদ্বয়ের সম্মিলিত তীব্রতা লেভেল,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB} = 10 \log \frac{3.8 \times 10^{-4} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \text{ dB} = 10 \log 3.8 \times 10^8 \text{ dB} = 86 \text{ dB}$$

উ: 86 dB.

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৮। একটি সুরশলাকা একটি টান টান তারের 20 cm ও 25 cm দৈর্ঘ্যের সাথে শব্দায়িত করলে যথাক্রমে 25 টি ও 10 টি বিট উৎপন্ন হয়। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। তারের টান ও প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর যথাক্রমে 12.25 N ও $2.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$ ।

ধরা যাক, তার দুটির কম্পাঙ্ক

যথাক্রমে f_1 ও f_2 এবং শলাকার

কম্পাঙ্ক f হলে আমরা জানি,

এখানে,

তারের টান, $T = 12.25 \text{ N}$

তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর, $\mu = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$

$$f_1 = \frac{1}{2l_1} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 0.20 \text{ m}} \sqrt{\frac{12.25 \text{ N}}{2.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}}}$$

$$= 175 \text{ s}^{-1}$$

$$= 175 \text{ Hz}$$

$$\text{এবং } f_2 = \frac{1}{2l_2} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 0.25 \text{ m}} \sqrt{\frac{12.25 \text{ N}}{2.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}}} = 140 \text{ s}^{-1} = 140 \text{ Hz.}$$

তারটির কম্পাঙ্ক কমলে বিটের সংখ্যা কমে বলে,

$$f_1 - f = 25 \text{ Hz}$$

$$\text{বা, } f = f_1 - 25 \text{ Hz} = 175 \text{ Hz} - 25 \text{ Hz} = 150 \text{ Hz}$$

উ: 150 Hz.

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩৯। একটি অ্যামপ্লিফায়ার থেকে নিঃসৃত শব্দের ক্ষমতা 20 mW থেকে 40 mW-এ পরিবর্তিত হলে শব্দের তীব্রতা লেভেলের কত ডেসিবেল পরিবর্তন হবে? [বি. স. ভে. ক. ২০১৭-২০১৮]

আমরা জানি,

$$\Delta\beta = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{40 \text{ mW}}{20 \text{ mW}} \right) \text{ dB}$$

$$= 10 \log 2 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

উ: 3 dB.

এখানে,

অ্যামপ্লিফায়ারের প্রাথমিক ক্ষমতা, $P_1 = 10 \text{ mW}$

অ্যামপ্লিফায়ারের পরিবর্তিত ক্ষমতা, $P_2 = 20 \text{ mW}$

তীব্রতা লেভেলের পরিবর্তন, $\Delta\beta = ?$

অনুশীলনী

ক-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্ত (●) ভরাট কর :

১। কোনো বস্তু t সময়ে N সংখ্যক কম্পন সম্পন্ন করলে এর কম্পাঙ্ক কত হবে ?

(ক) $f = \frac{t}{N}$

(খ) $f = \frac{N}{t}$

(গ) $f = Nt$

(ঘ) কোনটিই নয়

২। একটি পূর্ণ কম্পনে T সময়ে দশার পরিবর্তন 2π হলে কৌণিক কম্পাঙ্ক কত হবে ?

(ক) $\omega = 2\pi T$

(খ) $\omega = 2\pi f$

(গ) $\omega = \frac{2\pi}{f}$

(ঘ) $\omega = \frac{T}{2\pi}$

৩। কোনো তরঙ্গের কম্পাঙ্ক f এবং পর্যায়কাল T হলে এদের মধ্যে সম্পর্ক—

(ক) $T = \frac{1}{f}$

(খ) $T = f$

(গ) $T = \frac{1}{f^2}$

(ঘ) $f = \frac{1}{T^2}$

- ৪। কোনো তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ কম্পাঙ্ক f তরঙ্গ বেগ v এর মধ্যে সঠিক সম্পর্ক কোনটি? [মেডিকেল ভর্তি পরীক্ষা ২০১৭-২০১৮]
- (ক) $f = v\lambda$ (খ) $\lambda = fv$
- (গ) $v = f\lambda$ (ঘ) $f = \frac{\lambda}{v}$
- ৫। নিম্নোক্ত তরঙ্গের কোনটি অনুপ্রস্থ তরঙ্গ নয়?
- (ক) পানি তরঙ্গ (খ) শব্দ তরঙ্গ
- (গ) আলোক তরঙ্গ (ঘ) বেতার তরঙ্গ
- ৬। নিম্নোক্ত তরঙ্গের কোনটি লম্বিক বা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ? [দি. বো. ২০১৯; চ. বো. ২০১৯]
- (ক) তাপ তরঙ্গ (খ) বেতার তরঙ্গ
- (গ) পানি তরঙ্গ (ঘ) শব্দ তরঙ্গ
- ৭। নিচের কোনটি কম্পাঙ্কের একক?
- (ক) m (খ) cm
- (গ) rad (ঘ) Hz
- ৮। নিচের কোনটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একক নয়?
- (ক) m (খ) cm
- (গ) μm (ঘ) Hz
- ৯। কোনো তরঙ্গের উপর সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর গতিপথকে কী বলে?
- (ক) তরঙ্গদৈর্ঘ্য (খ) কম্পাঙ্ক
- (গ) বিস্তার (ঘ) তরঙ্গমুখ
- ১০। দুটি তরঙ্গের পথ পার্থক্য x এবং দশা পার্থক্য δ হলে তাদের মধ্যে সম্পর্ক— [সি. বো. ২০১৬]
- (ক) $x = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$ (খ) $x = \frac{\lambda}{2\pi} \delta$
- (গ) $x = \frac{\pi}{2\lambda} \delta$ (ঘ) $x = \pi\lambda$
- ১১। কোনো চলমান তরঙ্গের সমকোণে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি লম্বভাবে প্রবাহিত হয় তাকে ঐ তরঙ্গের কী বলে?
- (ক) দশা (খ) তীব্রতা
- (গ) তরঙ্গমুখ (ঘ) অগ্রগামী তরঙ্গ
- ১২। যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমকোণে অগ্রসর হয় তাকে কী বলে?
- (ক) দীঘল তরঙ্গ (খ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য
- (গ) আড় তরঙ্গ (ঘ) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ
- ১৩। যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয় তাকে কী বলে?
- (ক) স্থির তরঙ্গ (খ) দীঘল তরঙ্গ
- (গ) আড় তরঙ্গ (ঘ) অনুপ্রস্থ তরঙ্গ
- ১৪। যখন দুটি সদৃশ অগ্রগামী তরঙ্গ পরস্পরের উপর উপরিপাতিত হয়, তখন লব্ধি তরঙ্গের বেগ—
- (ক) বৃদ্ধি পায় (খ) হ্রাস পায়
- (গ) শূন্য হয়ে যায় (ঘ) অপরিবর্তিত থাকে
- ১৫। স্থির তরঙ্গের নিম্পন্দ বিন্দুতে কণার বেগ কত?
- (ক) শূন্য (খ) সর্বাধিক
- (গ) সর্বনিম্ন কিন্তু শূন্য নয় (ঘ) কোনোটিই নয়

- ১৬। আড়তরঙ্গ চেনা যাবে নিচের কোন বৈশিষ্ট্য দ্বারা ? [ব. বো. ২০১৬]
- (ক) অপবর্তন (খ) সমবর্তন
- (গ) ব্যতিচার (ঘ) প্রতিফলন
- ১৭। নিচের কোনটি যান্ত্রিক তরঙ্গ নির্দেশ করে ?
- (ক) শব্দ তরঙ্গ (খ) আলোক তরঙ্গ
- (গ) এক্স-রশ্মি (ঘ) বেতার তরঙ্গ
- ১৮। ২ m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি তরঙ্গের বেগ 300 m s^{-1} হলে এর কম্পাঙ্ক কোনটি ?
- (ক) 150 Hz (খ) 300 Hz
- (গ) 600 Hz (ঘ) 302 Hz
- ১৯। কোনো স্থির তরঙ্গের পরস্পর দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব 75 cm। এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে—
- (ক) 1.5 m (খ) 3 m
- (গ) 0.75 m (ঘ) কোনটিই নয়
- ২০। একটি ঘরের এক প্রান্তে একজন বংশীবাদক কেবলমাত্র একটি সুর বাজিয়ে চলেছেন যা অপর প্রান্ত থেকে প্রতিফলিত হয়ে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করছে। পরিমাপ করে দেখা গেল প্রতি 1 m পর পর শব্দের তীব্রতা সর্বনিম্ন। সুরের কম্পাঙ্ক কত ? বায়ুতে শব্দের বেগ 332 m s^{-1} ।
- (ক) 166 Hz (খ) 332 Hz
- (গ) 664 Hz (ঘ) 1328 Hz
- ২১। একটি স্থির তরঙ্গ সৃষ্টিকারী তরঙ্গগুলোর বিস্তার A হলে সুস্পন্দ বিন্দুগুলোর বিস্তার কত হবে ? [ব. বো. ২০১৬]
- (ক) $\pm 2A$ (খ) $\pm A$
- (গ) $\pm \frac{A}{2}$ (ঘ) 0
- ২২। শব্দের তীব্রতার সাথে বিস্তারের সম্পর্ক কোনটি ?
- (ক) $I \propto A$ (খ) $A \propto I$
- (গ) $I \propto A^2$ (ঘ) $I \propto \frac{1}{A^2}$
- ২৩। উৎস থেকে দূরত্বের সাথে শব্দের তীব্রতার সম্পর্ক কোনটি ?
- (ক) $I \propto r^2$ (খ) $I \propto r$
- (গ) $I \propto \frac{1}{r^2}$ (ঘ) $r \propto \frac{1}{I^2}$
- ২৪। 1000 Hz কম্পাঙ্কের কোনো শব্দের শ্রুতির প্রারম্ভ সীমার তীব্রতা কত ?
- (ক) 10^{12} W m^{-2} (খ) $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$
- (গ) 10^{10} W m^{-2} (ঘ) $10^{-10} \text{ W m}^{-2}$
- ২৫। কোনো শব্দের তীব্রতা লেভেল 1dB হলে তখন তার তীব্রতা প্রমাণ তীব্রতার কত গুণ হবে ? [রা. বো. ২০১৬]
- (ক) $10^{0.1}$ (খ) $10^{0.01}$
- (গ) 10 (ঘ) $\frac{1}{10}$
- ২৬। উৎসের কম্পাঙ্কের সাথে তীব্রতার সম্পর্ক কোনটি ? [দি. বো. ২০১৫]
- (ক) $I \propto f$ (খ) $I \propto f^2$
- (গ) $I \propto \frac{1}{f}$ (ঘ) $I \propto \frac{1}{f^2}$
- ২৭। সুর হচ্ছে কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি কম্পাঙ্কের সংখ্যা—
- (ক) একটি হয় (খ) দুটি হয়
- (গ) তিনটি হয় (ঘ) অসংখ্য

- ২৮। স্বর হচ্ছে কোনো উৎস থেকে নিঃসৃত শব্দে যদি কম্পাঙ্কের সংখ্যা—
 (ক) একটি হয় (খ) একের অধিক হয়
 (গ) কোনো কম্পাঙ্ক থাকে না (ঘ) কোনোটিই নয়
- ২৯। মূল সুর বা মৌলিক সুর হচ্ছে কোনো স্বরের মধ্যে বিদ্যমান সুরগুলোর মধ্যে যার কম্পাঙ্ক—
 (ক) সবচেয়ে বেশি (খ) সবচেয়ে কম
 (গ) সবচেয়ে কম কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ (ঘ) সবচেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের অর্ধেক
- ৩০। সমসংগতিপূর্ণ স্বর সমষ্টিকে বলা হয়— [কু. বো. ২০১৬]
 (ক) স্বরগ্রাম (খ) মূল সুর
 (গ) হারমোনিক (ঘ) উপসুর
- ৩১। অষ্টক হচ্ছে সেই উপসুর যার কম্পাঙ্ক অন্য একটি সুরের কম্পাঙ্কের—
 (ক) সমান (খ) দ্বিগুণ
 (গ) তিনগুণ (ঘ) চারগুণ
- ৩২। f_1 ও f_2 কম্পাঙ্কের দুটি সুরের সুর বিরাম হচ্ছে—
 (ক) $f_1 \times f_2$ (খ) $f_1 + f_2$
 (গ) $f_1 - f_2$ (ঘ) $f_2 \div f_1$
- ৩৩। দুটি উৎসের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে f_1 ও f_2 হলে প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিটসংখ্যা হবে— [য. বো. ২০১৬]
 (ক) $f_1 \times f_2$ (খ) $f_1 + f_2$
 (গ) $f_1 \sim f_2$ (ঘ) $f_1 \div f_2$
- ৩৪। অজানা কম্পাঙ্কের বাহুতে মোম লাগালে যদি বিট সংখ্যা কমে তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক জানা কম্পাঙ্কের—
 (ক) ছোট হবে (খ) বড় হবে
 (গ) সমান হবে (ঘ) অর্ধেক হবে
- ৩৫। অজানা কম্পাঙ্কের বাহুতে মোম লাগালে যদি বিট সংখ্যা বাড়ে তাহলে অজানা কম্পাঙ্ক জানা কম্পাঙ্কের—
 (ক) ছোট হবে (খ) বড় হবে
 (গ) সমান হবে (ঘ) দ্বিগুণ হবে
- ৩৬। অনুনাদ হবে যখন কোনো বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্ক তার উপর আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কের—
 (ক) চেয়ে বড় হবে (খ) চেয়ে ছোট হবে
 (গ) সমান হবে (ঘ) দ্বিগুণ হবে
- ৩৭। বিট কোন ঘটনার ফল ? [সি. বো. ২০১৬]
 (ক) অনুনাদ (খ) প্রতিফলন
 (গ) উপরিপাতন (ঘ) অপবর্তন
- ৩৮। A ও B দুটি সুরশলাকা সেকেন্ডে 10টি বিট উৎপন্ন করে। B -এর কম্পাঙ্ক 480 Hz হলে A -এর কম্পাঙ্ক কত ?
 $(f_A < f_B)$
 (ক) 465 Hz (খ) 490 Hz
 (গ) 470 Hz (ঘ) 495 Hz
- ৩৯। শব্দের তীব্রতা লেভেল মাপার একক হচ্ছে—
 (ক) Hz (খ) $W m^{-2}$
 (গ) dB (ঘ) $W m^{-1}$
- ৪০। কোনো শব্দের সূচন তীব্রতা কত বৃদ্ধি করলে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল 1dB বৃদ্ধি পায় ? [কু. বো. ২০১৬]
 (ক) 126% (খ) 12.61%
 (গ) 26% (ঘ) 1.26%

- ৪১। একমুখ বন্ধ একটি নলে একটি শব্দতরঙ্গ সৃষ্টি করা হলো। নলের দৈর্ঘ্য এমনভাবে ঠিক করা হলো যেন নলের ভেতরে শব্দ সর্বোচ্চ জোড়ালো হয়। নলের ভেতরে শব্দ তরঙ্গের প্রকৃতি কী হবে? [ঢা. বো. ২০১৫]
- (ক) লম্বিক এবং স্থির (খ) লম্বিক এবং অগ্রগামী
- (গ) আড় ও অগ্রগামী (ঘ) আড় ও স্থির
- ৪২। শব্দের তীব্রতার একক কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৫]
- (ক) $J s^{-2} m^{-2}$ (খ) $\frac{J}{s m^2}$
- (গ) $J^{-1} s^2 m^2$ (ঘ) $\frac{J s^{-2}}{m^{-2}}$
- ৪৩। দুইটি শব্দ উৎসের ক্রিয়ার লব্ধি শব্দের তীব্রতা প্রতি সেকেন্ডে চারবার পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি পায়। এ থেকে বোঝা যায় প্রতি সেকেন্ডে উৎপন্ন বিট সংখ্যা— [ঢা. বো. ২০১৫]
- (ক) ০ (খ) ২
- (গ) ৪ (ঘ) ৪
- ৪৪। কোন তীব্রতা লেভেলকে কানের শ্রুতির শুরু বলে? [কু. বো. ২০১৫]
- (ক) 1dB (খ) 0 dB
- (গ) 10 dB (ঘ) 2 dB
- ৪৫। শব্দের তীব্রতা পরিমাপের একক কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]
- (ক) Hz (খ) $W m^{-2}$
- (গ) $W m^{-1}$ (ঘ) dB
- ৪৬। শব্দের কোন তিনটি কম্পাঙ্কের সমন্বয়ে ত্রয়ীর সৃষ্টি হয়? [ঢা. বো. ২০১৫]
- (ক) 128 Hz, 192Hz, 256 Hz (খ) 192 Hz, 256Hz, 320 Hz
- (গ) 256 Hz, 320 Hz, 384 Hz (ঘ) 320 Hz, 384 Hz, 448 Hz
- ৪৭। শব্দের তীব্রতা— [ঢা. বো. ২০১৫]
- (ক) $I = 2\pi f^2 a^2 \rho v$ (খ) $I = 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v$
- (গ) $I = 2\pi f^2 a^2 \rho v^2$ (ঘ) $I = 2\pi^2 f^2 a^2 \rho v^2$
- ৪৮। নিচের কোনটি হারমোনিক? [ব. বো. ২০১৫]
- (ক) 50, 75 এবং 125 Hz (খ) 75, 100 এবং 125 Hz
- (গ) 75, 125 এবং 175 Hz (ঘ) 50, 100 এবং 150 Hz
- ৪৯। বস্তুর কম্পাঙ্ক আরোপিত পর্যাবৃত্ত স্পন্দনের কম্পাঙ্কের সমান হলে কী ঘটবে? [ব. বো. ২০১৫]
- (ক) বিট (খ) ব্যতিচার
- (গ) স্থির তরঙ্গ (ঘ) অনুনাদ
- ৫০। স্থির তরঙ্গের পরপর দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? [রয়েট ২০১১-২০১২; বুয়েট ২০০৭-২০০৮
সি. বো. ২০১৫; য. বো. ২০১৬; মা. বো. ২০১৮]
- (ক) $\frac{\lambda}{4}$ (খ) $\frac{\lambda}{2}$
- (গ) $\frac{3\lambda}{4}$ (ঘ) λ
- ৫১। কোনো স্থির তরঙ্গে পরপর দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব 50 cm। তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? [দি. বো. ২০১৫]
- (ক) 50 cm (খ) 75 cm
- (গ) 100 cm (ঘ) 200 cm

- ৫২। কোনো শব্দের তীব্রতা প্রমাণ তীব্রতার 9 গুণ হলে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল কত ডেসিবেল ? [সি. বো. ২০১৫]
- (ক) 0.095 (খ) 0.95
- (গ) 9.54 (ঘ) 95.4

- ৫৩। প্রমাণ তীব্রতার ক্ষেত্রে— [রা. বো. ২০১৫]
- (ক) কম্পাঙ্ক 1000Hz ও তীব্রতা $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$
- (খ) কম্পাঙ্ক 100Hz ও তীব্রতা $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$
- (গ) কম্পাঙ্ক 1000Hz ও তীব্রতা $10^{-10} \text{ W m}^{-2}$
- (ঘ) কম্পাঙ্ক 100Hz ও তীব্রতা $10^{-10} \text{ W m}^{-2}$

- ৫৪। স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হয় যখন—
- (i) সমান তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তরঙ্গ বিপরীত দিক থেকে এসে পরস্পরের উপর উপরিপতিত হয়
- (ii) সমান তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তরঙ্গ একই দিকে ধাবমান হয়
- (iii) ভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তরঙ্গ পরস্পরের উপর উপরিপতিত হয়
- নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও iii (খ) ii
- (গ) i (ঘ) iii

- ৫৫। যখন শব্দ বায়ু থেকে পানিতে প্রবেশ করে তখন বদলে যায়— [ঘ. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৫]
- (i) বেগ (ii) কম্পাঙ্ক (iii) তরঙ্গদৈর্ঘ্য
- নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii
- (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

- ৫৬। তিনটি বিবৃতি দেওয়া হলো—
- (i) হারমোনিক হচ্ছে যে উপসুরের কম্পাঙ্ক মৌলিক সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক
- (ii) শব্দ তরঙ্গ এক প্রকার যান্ত্রিক তরঙ্গ
- (iii) দুটি উৎসের কম্পাঙ্ক সমান হলে বিট সৃষ্টি হয়
- নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও iii (খ) i ও ii
- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

- ৫৭। তিনটি বিবৃতি দেওয়া হলো—
- (i) তীব্রতা হচ্ছে তরঙ্গ সঞ্চালনের পথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত শক্তি
- (ii) 1000 Hz কম্পাঙ্কবিশিষ্ট $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ তীব্রতাকে প্রমাণ তীব্রতা বলে।
- (iii) অনুনাদ হচ্ছে এক প্রকার পরবশ কম্পন
- নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও iii (খ) i ও ii
- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

- ৫৮। শব্দের তীব্রতা—
- (i) উৎস থেকে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক
- (ii) উৎসের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক
- (iii) উৎসের কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক

নিচের কোনটি সঠিক ?

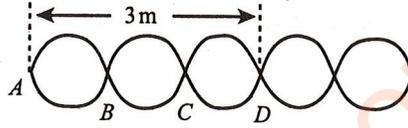
- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii
 (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৫৯। বিট ব্যবহার করা হয়—

- (i) শব্দের বেগ নির্ণয় করতে
 (ii) অজানা কম্পাঙ্ক নির্ণয় করতে
 (iii) বাদ্যযন্ত্রের সুর মিলাতে

নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
 (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii



উপরের উদ্দীপকের সাহায্যে ৬০ ও ৬১ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

[চ. বো. ২০১৬]

৬০। তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ?

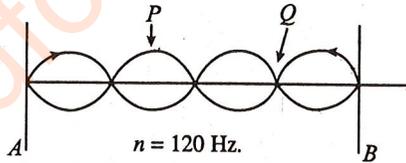
- (ক) 0.5 m (খ) 1 m
 (গ) 2 m (ঘ) 3 m

৬১। তরঙ্গের বেগ 200 m s^{-1} হলে পর্যায়কাল কত সেকেন্ড ?

- (ক) 0.015 (খ) 0.01
 (গ) 0.005 (ঘ) 0.0025

একটি স্থির তরঙ্গের চিত্র নিম্নরূপ :

[চ. বো. ২০১৬]



উদ্দীপকের আলোকে ৬২ ও ৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

৬২। P ও Q এর মধ্যবর্তী দূরত্ব—

- (ক) $\frac{3}{4} \lambda$ (খ) $\frac{\lambda}{4}$
 (গ) $\frac{\lambda}{2}$ (ঘ) λ

৬৩। P ও Q এর মধ্যবর্তী দূরত্ব 75 cm হলে 5 সেকেন্ডে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টিকারী তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব—

- (ক) 750 m (খ) 600 m
 (গ) 350 m (ঘ) 120 m

কোনো একটি সীমাবদ্ধ মাধ্যমে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 480 Hz। পরপর দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.75 m। নিম্নোক্ত ৬৪ নং ও ৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

৬৪। তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ?

- (ক) 0.75 m (খ) 1.50 m
 (গ) 3.00 m (ঘ) 3.50 m

৬৫। মাধ্যমে তরঙ্গবেগ কত ?

- (ক) 240 m s⁻¹ (খ) 920 m s⁻¹
 (গ) 720 m s⁻¹ (ঘ) 740 m s⁻¹

উদ্দীপকের আলোকে ৬৬ ও ৬৭ নং প্রশ্ন দুটির উত্তর দাও :

[রা. বো. ২০১৬]

100 Hz ও 110 Hz কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা যথাক্রমে A ও B। B এর বাহুতে সামান্য পরিমাণ মোম লাগিয়ে A ও B কে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট উৎপন্ন হয়।

৬৬। B এর বাহুতে মোম লাগানোর পূর্বে A ও B কে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে কয়টি বিট উৎপন্ন হবে ?

- (ক) 5 টি (খ) 10 টি
 (গ) 15 টি (ঘ) 20 টি

৬৭। B এর বাহুতে মোম লাগানোর পর A ও B এর কম্পাঙ্কের অনুপাত—

- (ক) 10 : 11 (খ) 20 : 21
 (গ) 11 : 10 (ঘ) 21 : 20

একটি শ্রেণিকক্ষে শব্দের তীব্রতা 10⁻⁸ W m⁻²। নিম্নোক্ত ৬৮ নং ও ৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [দি. বো. ২০১৫]

৬৮। শ্রেণিকক্ষে শব্দের তীব্রতা লেভেল হবে—

- (ক) 40 dB (খ) 50 dB
 (গ) 45 dB (ঘ) 55 dB

৬৯। শ্রেণি কক্ষে শব্দের তীব্রতা তিনগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল হবে—

- (ক) 45 dB (খ) 44.50 dB
 (গ) 44.77 dB (ঘ) 46 dB

৭০। পরবশ কম্পন অনুনাদ হবে না, যদি না পরবশ কম্পন সৃষ্টিকারী তরঙ্গদ্বয়ের সমান হয়—

[অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

- (ক) কম্পাঙ্ক (খ) বিস্তার
 (গ) তরঙ্গবেগ (ঘ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য

৭১। একটি টানা তারের দৈর্ঘ্য l ও একক দৈর্ঘ্যের ভর m এবং কম্পাঙ্ক f । এর কম্পাঙ্ক $2f$ করতে— [অভিন্ন প্রশ্ন-২০১৮]

i. দৈর্ঘ্য হ্রাস করে $\frac{1}{2}$ করতে হবে ii. দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করে $2l$ করতে হবে iii. তারের টান 4 গুণ করতে হবে
 নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
 (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭২। টানা তারে স্থির তরঙ্গ উৎপন্ন হওয়ার কারণ কোনটি ?

[মাদ্রাসা. বোর্ড ২০১৮]

- (ক) ব্যতিচার (খ) স্বরকম্প
 (গ) অনুনাদ (ঘ) মেলডি

৭৩। একটি শব্দ তরঙ্গ এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলে পরিবর্তিত হয়—

[বুয়েট ২০১৪-২০১৫]

- (ক) কম্পাঙ্ক ও বেগ (খ) কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য
 (গ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বেগ (ঘ) কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বেগ

- ৭৪। একটি তরঙ্গের দুটি বিন্দুর মধ্যে পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{4}$ । এই দুই বিন্দুর মধ্যে দশা পার্থক্য নির্ণয় কর।
[কুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- (ক) $\frac{\pi}{4}$ (খ) $\frac{2\pi}{3}$
(গ) $\frac{\pi}{6}$ (ঘ) $\frac{\pi}{2}$
- ৭৫। ভূমিকম্প হতে উৎপন্ন শব্দ কোন পর্যায়ের শব্দ?
[চুয়েট ২০০৯-২০১০]
- (ক) শাব্য তরঙ্গ (খ) শব্দের তরঙ্গ
(গ) শব্দোত্তর তরঙ্গ (ঘ) তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ
- ৭৬। একটি সুরশলাকা ২.৫ m দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্য তৈরি করতে পারে। যদি ঐ তরঙ্গের বেগ 340 m s^{-1} হয়, তবে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত?
[কুয়েট ২০১০-২০১১]
- (ক) 316 Hz (খ) 613 Hz
(গ) 631 Hz (ঘ) 136 Hz
- ৭৭। কোনো শ্রেণিকক্ষের শব্দের তীব্রতা 10^{-7} W m^{-2} । শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল কতটুকু বাড়বে?
(প্রমাণ তীব্রতা $=10^{-12} \text{ W m}^{-2}$)।
[বুয়েট ২০১৭-২০১৮]
- (ক) 2.75 dB (খ) 2.50 dB
(গ) 2.25 dB (ঘ) 3.01 dB
- ৭৮। একটি তরঙ্গের তীব্রতা সরাসরি যার সমানুপাতিক, তা হলো—
[বুয়েট ২০১১-২০১২]
- (ক) স্পন্দনের বিস্তার (খ) স্পন্দনের বিস্তারের বর্গ
(গ) স্পন্দনের কম্পাঙ্ক (ঘ) পিচ
- ৭৯। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.2 \sin \pi (500t - x)$ সরণ মিটারে ও সময় সেকেন্ডে প্রকাশ করা আছে; এ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কত?
[চুয়েট ২০১১-২০১২]
- (ক) 500 Hz (খ) 250 Hz
(গ) 1000 Hz (ঘ) উপরের কোনোটিই নয়
- ৮০। সরল হ্রদিত গতিতে চলমান একটি বস্তুর সমীকরণ $y = 10 \sin \left(12t - \frac{\pi}{6} \right)$; এখানে y -এর একক মিটার t -এর একক সেকেন্ড এবং দশা প্রবকের একক rad। বস্তুটির সর্বোচ্চ দ্রুতি কত?
[কুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 10 m s^{-1} (খ) 12 m s^{-1}
(গ) $\frac{\pi}{6} \text{ m s}^{-1}$ (ঘ) 120 m s^{-1}
- ৮১। $y = 2 \sin (3140 t - x)$ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক হবে—
[বুয়েট ২০১০-২০১১]
- (ক) 3140 Hz (খ) 1570 Hz
(গ) 150000 Hz (ঘ) 500 Hz
- ৮২। I ও $4I$ তীব্রতা সম্পন্ন দুটি তরঙ্গের উপরিপাতন হলে, সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন আলোর তীব্রতা হবে—
[বুয়েট ২০১১-২০১২; ২০০৮-২০০৯]
- (ক) $5I, 3I$ (খ) $9I, I$
(গ) $9I, 3I$ (ঘ) $5I, I$

- ৮৩। সলো কীভাবে সৃষ্টি হয় ? [বি. ম. ভে. ক. ২০১৭-২০১৮]
- (ক) একটিমাত্র বাদ্যযন্ত্র বাজিয়ে (খ) কয়েকটি শব্দ একের পর এক উচ্চারণ করে
- (গ) অনেকগুলো বাদ্যযন্ত্র একসঙ্গে বাজিয়ে (ঘ) কতগুলো শব্দ এক সঙ্গে উচ্চারণ করে
- ৮৪। একটি টানা তারে প্রবাহিত অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 10 \sin \left(\frac{t}{0.02} - \frac{x}{100} \right)$, যেখানে x ও y -এর একক সেন্টিমিটার এবং t -এর একক সেকেন্ড। তরঙ্গটির গতিবেগ কত ? [চুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 500 cm s^{-1} (খ) 50 m s^{-1}
- (গ) 10 m s^{-1} (ঘ) 400 cm s^{-1}
- ৮৫। দুটি একই প্রকার তরঙ্গের একটিকে সাইন ও অপরটিকে কোসাইন ফাংশন দ্বারা প্রকাশ করলে তাদের মধ্যে দশা পার্থক্য কত ? [কু. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 0 (খ) $\frac{\pi}{2}$
- (গ) $\frac{\pi}{4}$ (ঘ) $\frac{\pi}{3}$
- ৮৬। 300 Hz কম্পাঙ্কের একটি শব্দ তরঙ্গের পানি ও বাতাসে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4.16 m। শব্দের গতি বাতাসে 352 m s^{-1} হলে পানিতে শব্দের গতি কত ? [ঢা. বি. ২০১০-২০১১; জা. বি. ২০১১-২০১২; ২০০৯-২০১০; কু. বি. ২০১০-২০১১]
- (ক) 800 m s^{-1} (খ) 1200 m s^{-1}
- (গ) 1600 m s^{-1} (ঘ) 1800 cm s^{-1}
- ৮৭। একটি সুস্পন্দ বিন্দু ও একটি সন্নিহিত নিস্পন্দ বিন্দুর মধ্যবর্তী ব্যবধান— [জা. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) $\frac{\lambda}{2}$ (খ) $\frac{3\lambda}{2}$
- (গ) $\frac{\lambda}{4}$ (ঘ) $\frac{3\lambda}{4}$
- ৮৮। নিচের কোন ভৌত প্রক্রিয়া শব্দ-তরঙ্গ দ্বারা প্রদর্শিত হয় না ? [ঢা. বি. ২০১২-২০১৩]
- (ক) প্রতিসরণ (খ) ব্যতিচার
- (গ) সমবর্তন (ঘ) অপবর্তন
- ৮৯। শব্দ তরঙ্গকে বায়ুতে সমবর্তন করা যায় না, কারণ এ ধরনের তরঙ্গ হলো— [বুয়েট ২০১০-২০১১]
- (ক) চলমান (খ) স্থির
- (গ) অনুপ্রস্থ (ঘ) অনুদৈর্ঘ্য
- ৯০। একটি শ্রেণিকক্ষে শব্দের তীব্রতা 10^{-7} W m^{-2} । শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ হলে তীব্রতা লেভেল কত হবে ? [কুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 53 dB (খ) 53.01 dB
- (গ) 55.06 dB (ঘ) 53.02 dB
- ৯১। একটি ভ্যাকুয়াম ক্লিনার ও একটি টিভির তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে 86 dB এবং 84 dB। এদের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল কত ? প্রমাণ তীব্রতা $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ [কুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 85 dB (খ) 87 dB
- (গ) 89 dB (ঘ) 88 dB

- ৯২। একটি শব্দ তরঙ্গ বায়ুতে 3 মিনিটে 1080 m দূরত্ব অতিক্রম করে। এই শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 60 cm হলে তরঙ্গের পর্যায়কাল কত? [চুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- (ক) 10 s (খ) 1 s
 (গ) 0.1 s (ঘ) এর কোনোটিই নয়
- ৯৩। তরঙ্গের দুটি কণার মধ্যে পথপার্থক্য 0.325 m এবং দশা পার্থক্য 3.14 রেডিয়ান হলে, তরঙ্গের দৈর্ঘ্য কত? [রয়েট ২০১২-২০১৩]
- (ক) 0.46 m (খ) 0.65 cm
 (গ) 0.65 m (ঘ) 0.56 m
- ৯৪। P ও Q দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগ যথাক্রমে 300 m s^{-1} এবং 350 m s^{-1} । মাধ্যম দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য পার্থক্য 0.1 m হলে সুরশলাকার 55 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কতদূর যাবে? [কুয়েট ২০০৮-২০০৯]
- (ক) 77 m (খ) 60 m
 (গ) 38.5 m (ঘ) 30.5 m
- ৯৫। দুটি সুসংহত একবর্ণী তরঙ্গ একটি বিন্দুতে আপতিত হলে, নিচের কোন বক্তব্যটি এদের জন্য সত্য নয়? [বুয়েট ২০১১-২০১২]
- (ক) এদের আলোক দূরত্ব একই (খ) এদের দশার পার্থক্য অপরিবর্তনশীল
 (গ) এদের বিস্তার প্রায় একই রকম (ঘ) এদের দশা একই
- ৯৬। একটি অডিও ক্যাসেট প্লেয়ার ও একটি টেলিভিশনের তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে 93 dB এবং 85 dB। এদের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। [বুয়েট ২০১৭-২০১৮]
- (ক) 92.82 dB (খ) 93 dB
 (গ) 93.33 dB (ঘ) 93.64 dB
- ৯৭। দুটি তরঙ্গের প্রতিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 12 cm করে। যদি একটি থেকে অপরটি 14 cm অগ্রগামী হয় তবে এদের মধ্যে দশা পার্থক্য— [ঢা. বি. ২০০২-২০০৩]
- (ক) $\frac{\pi}{3}$ (খ) $\frac{\pi}{4}$
 (গ) $\frac{\pi}{5}$ (ঘ) $\frac{\pi}{6}$
- ৯৮। সমুদ্রে নোঙর করা একটি জাহাজের ক্যাপ্টেন লক্ষ্য করেন যে, ঢেউয়ের শীর্ষগুলো পরস্পর থেকে 16m দূরে এবং প্রতি 2 s পরপর একটি ঢেউ আসছে। ঢেউগুলোর বেগ কত? [কুয়েট ২০১০-২০১১]
- (ক) 8 m s^{-1} (খ) 16 m s^{-1}
 (গ) 32 m s^{-1} (ঘ) 64 m s^{-1}
- ৯৯। একটি তরঙ্গের সমীকরণ $y = 15 \sin(10x - 20t)$ দিয়ে নির্দেশিত হলে তরঙ্গটির বেগ কত একক? [কু. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 0.75 (খ) 0.5
 (গ) 2 (ঘ) 3
- ১০০। চলমান তরঙ্গের সমীকরণ $y = 100 \sin 2\pi(340t - 0.15x)$, এখানে x এবং y-এর একক মিটার, t-এর একক সেকেন্ড। তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। [ঢা. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 10 m (খ) 340 m
 (গ) 0.15 m (ঘ) 6.67 m

১০১। কোনো গ্যাসে 50 cm ও 50.5 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দুটি তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে 6টি বিট উৎপন্ন করলে ঐ গ্যাসে শব্দের বেগ কত ? [শে. বা. কৃ. বি. ২০১৪-২০১৫]

- (ক) 320 m s^{-1} (খ) 315 m s^{-1}
 (গ) 310 m s^{-1} (ঘ) 303 m s^{-1}

১০২। দুটি শব্দের ক্রিয়ায় প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট উৎপন্ন হয়। পরপর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন শব্দের মধ্যে সময়ের পার্থক্য কত ? [রা. বি. ২০১৫-২০১৬]

- (ক) 5 s (খ) 1 s
 (গ) 0.1 s (ঘ) কোনোটিই নয়

১০৩। গ্যাস মাধ্যমে শব্দের বেগ এর উষ্ণতার— [জা. বি. ২০১৪-২০১৫]

- (ক) বর্গের সমানুপাতিক (খ) সমানুপাতিক
 (গ) বর্গমূলের সমানুপাতিক (ঘ) বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক

১০৪। নিচের কোনটি তরঙ্গকে প্রকাশ করে না ? [জ.বি. ২০১২-২০১৩]

- (ক) $y = f(x + vt)$ (খ) $y = y_m \sin k(x + vt)$
 (গ) $y = y_m \log(x - vt)$ (ঘ) $y = f(x^2 - vt^2)$

১০৫। λ তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দুটি তরঙ্গের বিস্তার যথাক্রমে A এবং A/2। তরঙ্গদ্বয় 180° দশা বৈষম্য নিয়ে কোনো মাধ্যমে আপতিত হলে যে নতুন তরঙ্গ সৃষ্টি হবে তার বিস্তার হবে— [রা. বি. ২০১৪-২০১৫]

- (ক) 2 A (খ) 0.5 A
 (গ) 0 (ঘ) 0.2 A

১০৬। নির্দিষ্ট একটি টানা তার 1000 Hz কম্পাঙ্ক সৃষ্টি করে। যদি একই তার উপরিউক্ত কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ কম্পাঙ্ক সৃষ্টি করে, তাহলে তারের টান হবে— [বুয়েট ২০১০-২০১১]

- (ক) দ্বিগুণ (খ) চারগুণ
 (গ) অর্ধেক (ঘ) এক-চতুর্থাংশ

১০৭। 0° C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ কত হবে ? [বা.কৃ. বি. ২০১৪-২০১৫]

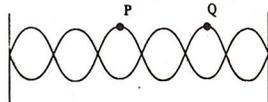
- (ক) 320 m s^{-1} (খ) 332 m s^{-1}
 (গ) 335 m s^{-1} (ঘ) 340 m s^{-1}

১০৮। দুটি স্পন্দনরত কণার সরণ যথাক্রমে $x = A \sin(\omega t)$ ও $x = A \cos(\omega t)$ হলে এদের মধ্যে দশার পার্থক্য— [ঢা. বি. (৭ কলেজ) ২০১৭-২০১৮]

- (ক) 2π (খ) π
 (গ) $\frac{\pi}{2}$ (ঘ) $\frac{\pi}{3}$

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ১০৯ ও ১১০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$y = 0.6 \sin 0.12 x \cos 24 t$ একটি স্থির তরঙ্গের সমীকরণ যা নিম্নলিখিত চিত্র দ্বারা প্রকাশিত। x ও y মিটার এককে। [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]



১০৯। স্থির তরঙ্গ গঠনকারী তরঙ্গের বেগ—

- (ক) 100 m s^{-1} (খ) 200 m s^{-1}
 (গ) 300 m s^{-1} (ঘ) 400 m s^{-1}

১১০। তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে—

(ক) $PQ = \frac{\lambda}{2}$

○

(খ) $PQ = \frac{3\lambda}{4}$

○

(গ) $PQ = \lambda$

○

(ঘ) $PQ = \frac{5\lambda}{4}$

○

১১১। পরবশ কম্পন অনুবাদ হবে না, যদি না পরবশ কম্পন সৃষ্টিকারী তরঙ্গদ্বয়ের সমান হয়—

[অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) কম্পাঙ্ক

○

(খ) বিস্তার

○

(গ) তরঙ্গবেগ

○

(ঘ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য

○

১১২। একটি পিয়ানো তারের দৈর্ঘ্য L এবং ভর M । যদি এর মূল কম্পাঙ্ক f হয়, তবে তারে টান হলো—

[ঢা. বি. ২০১৮-২০১৯]

(ক) $2Mf^2/L$

○

(খ) $2MLf^2$

○

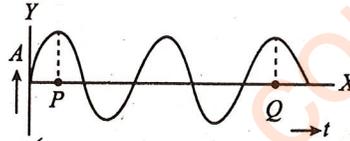
(গ) $4f^2L^3/M$

○

(ঘ) $4fM/L$

○

১১৩।



প্রদর্শিত তরঙ্গের P ও Q বিন্দুর দশা পার্থক্য কত ?

[ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) $\frac{\pi}{2}$

○

(খ) π

○

(গ) 2π

○

(ঘ) 4π

○

১১৪। তিনটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত ৪ঃ ৫ঃ ৬ হলে তাদের সমন্বয়ে যে সুরযুক্ত শব্দের উৎপাদিত হয় তাকে কী বলে ?

[ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) সমমেল

○

(খ) ত্রয়ী

○

(গ) সমতান

○

(ঘ) স্বরসঙ্গতি

○

১১৫। দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে ২৬০ Hz এবং ২৫৫ Hz। তারা কত সময় পরপর বীট উৎপন্ন করবে ?

[ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) ০.১ s

○

(খ) ০.২ s

○

(গ) ০.৫ s

○

(ঘ) ০.৮ s

○

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ১১৬ ও ১১৭নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

২২.৫ cm ব্যবধানে অবস্থিত তরঙ্গের দুটি কণার মধ্যে দশার পার্থক্য ৩.১৪ rad। উৎসের কম্পাঙ্ক ৪২০ Hz।

১১৬। তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ?

[য. বো. ২০১৯]

(ক) ০.২৫ m

○

(খ) ০.৪৫ m

○

(গ) ০.৭৫ m

○

(ঘ) ৪৫ m

○

১১৭। উদ্দীপক অনুসারে

i. তরঙ্গ বেগ 189 m s^{-1} ; ii. উৎপন্ন শব্দ শোনা যাবে; iii. পর্যায়কাল হবে ২.৩৮ s

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii

○

(খ) i ও iii

○

(গ) ii ও iii

○

(ঘ) i, ii ও iii

○

বছনির্বাচনি প্রশ্নাবলির উত্তরমালা :

১।(খ)	২।(খ)	৩।(ক)	৪।(গ)	৫।(খ)	৬।(ঘ)	৭।(ঘ)	৮।(ঘ)	৯।(ঘ)	১০।(খ)
১১।(খ)	১২।(গ)	১৩।(খ)	১৪।(ঘ)	১৫।(ক)	১৬।(খ)	১৭।(ক)	১৮।(ক)	১৯।(ক)	২০।(ক)
২১।(ক)	২২।(গ)	২৩।(গ)	২৪।(খ)	২৫।(ক)	২৬।(খ)	২৭।(ক)	২৮।(খ)	২৯।(খ)	৩০।(ক)
৩১।(খ)	৩২।(ঘ)	৩৩।(গ)	৩৪।(খ)	৩৫।(ক)	৩৬।(গ)	৩৭।(গ)	৩৮।(গ)	৩৯।(গ)	৪০।(গ)
৪১।(ক)	৪২।(খ)	৪৩।(গ)	৪৪।(খ)	৪৫।(খ)	৪৬।(গ)	৪৭।(খ)	৪৮।(ঘ)	৪৯।(ঘ)	৫০।(খ)
৫১।(গ)	৫২।(গ)	৫৩।(ক)	৫৪।(ক)	৫৫।(গ)	৫৬।(খ)	৫৭।(গ)	৫৮।(ক)	৫৯।(গ)	৬০।(গ)
৬১।(খ)	৬২।(ক)	৬৩।(খ)	৬৪।(খ)	৬৫।(গ)	৬৬।(খ)	৬৭।(খ)	৬৮।(ক)	৬৯।(গ)	৭০।(ক)
৭১।(খ)	৭২।(ক)	৭৩।(গ)	৭৪।(ঘ)	৭৫।(গ)	৭৬।(ঘ)	৭৭।(ঘ)	৭৮।(খ)	৭৯।(খ)	৮০।(ঘ)
৮১।(ঘ)	৮২।(ক)	৮৩।(ক)	৮৪।(খ)	৮৫।(খ)	৮৬।(গ)	৮৭।(গ)	৮৮।(গ)	৮৯।(ঘ)	৯০।(খ)
৯১।(ঘ)	৯২।(গ)	৯৩।(গ)	৯৪।(গ)	৯৫।(ঘ)	৯৬।(ঘ)	৯৭।(ক)	৯৮।(ক)	৯৯।(গ)	১০০।(ঘ)
১০১।(ঘ)	১০২।(গ)	১০৩।(গ)	১০৪।(ঘ)	১০৫।(খ)	১০৬।(খ)	১০৭।(খ)	১০৮।(গ)	১০৯।(খ)	১১০।(গ)
১১১।(ক)	১১২।(খ)	১১৩।(ঘ)	১১৪।(খ)	১১৫।(খ)	১১৬।(খ)	১১৭।(ঘ)			

খ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। রফিক ও শফিক দুই বন্ধু। একদিন বিকেল বেলা দীঘির পাড়ে বসে গল্প করছিল। হিমেল হাওয়া বইছিল। দীঘির পানিতে সুন্দর ঢেউ খেলে যাচ্ছে। রফিক বলল শব্দ এক রকমের তরঙ্গ যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক, বেগ ও তীব্রতা আছে।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তরঙ্গ কী ?

খ. তরঙ্গের বেগ, কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

গ. কোনো মাধ্যমে 480 Hz এবং 320 Hz কম্পাঙ্কের দুটি শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 2 m হলে মাধ্যমে শব্দের বেগ কত ?

ঘ. শব্দের তীব্রতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে ? তরঙ্গ সঞ্চালনে মাধ্যমের ঘনত্ব কমে গেলে তরঙ্গের তীব্রতার কী ঘটবে ? কেন ঘটবে ? তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পেলে এর পর্যায়কালের কী পরিবর্তন ঘটবে ? যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা কর।

২। একটি সুরশলাকা A মাধ্যমে একটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করলে তরঙ্গ 10 cm দূরত্ব অতিক্রম করে। মাধ্যম B তে সুরশলাকার একটি পূর্ণ কম্পনে তরঙ্গ 15 cm দূরত্ব অতিক্রম করে। মাধ্যম A তে শব্দের বেগ 3 m s^{-1} ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তরঙ্গদৈর্ঘ্য কী ?

খ. তরঙ্গ কত প্রকার ও কী কী উদাহরণসহ বুঝিয়ে দাও।

গ. সুরশলাকাটির পর্যায়কাল ও কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

ঘ. কোন মাধ্যমে শব্দের বেগ বেশি হবে ? গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

৩। দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 490 Hz এবং 350 Hz। প্রথম সুরশলাকাটি যে সময়ে বাতাসে 200 বার কম্পন দেয় সে সময় এটি দ্বারা সৃষ্ট শব্দতরঙ্গ বাতাসে 140 m দূরত্ব অতিক্রম করে। অন্য মাধ্যমে সুরশলাকা দুটির উৎপন্ন শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য হয় 2 m।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তরঙ্গের দশা কী ?

খ. আড় তরঙ্গ ব্যাখ্যা কর।

গ. বাতাসে প্রথম সুরশলাকা থেকে উৎপন্ন শব্দের বেগ কত ?

ঘ. দ্বিতীয় মাধ্যমে শব্দের বেগ কত ছিল ? বিশ্লেষণ কর।

- ৪। কোনো সমুদ্র সৈকতে মাইক থেকে বাতাসে 332 m s^{-1} বেগে ভেসে আসা শব্দের কম্পাঙ্ক 300 Hz । সমুদ্রের পানিতে ঐ শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাতাসে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাঁচগুণ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. সরল দোলন গতি কী ?

খ. কীভাবে স্থির তরঙ্গের উৎপত্তি হয় ব্যাখ্যা কর।

গ. সমুদ্রের পানিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ?

ঘ. 20 s সময়ে বাতাসের তুলনায় পানিতে শব্দতরঙ্গ কত বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে—গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

- ৫। একটি সুরশলাকা যে সময়ে 200 বার কম্পন দেয় সে সময় এটি দ্বারা সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গ বাতাসে 140 m দূরত্ব অতিক্রম করে। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 500 Hz ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. অগ্রগামী তরঙ্গ কী ?

খ. অনুনাদ কীভাবে সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা কর।

গ. বাতাসে উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. বাতাসে অপর একটি উৎস 1570 rad s^{-1} কৌণিক দ্রুতির একটি তরঙ্গ সৃষ্টি করে। এই তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার 200 কম্পনে তরঙ্গটি আদি তরঙ্গের চেয়ে কত কম বা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নির্ণয় কর।

- ৬। আমরা জানি মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের ফলে তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এ তরঙ্গের একটি গুরুত্বপূর্ণ রাশি হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য। তরঙ্গ দু প্রকার—আড় তরঙ্গ ও লম্বিক তরঙ্গ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তরঙ্গদৈর্ঘ্য কী ?

খ. আড় তরঙ্গ ও লম্বিক তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা কর।

গ. দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 128 Hz এবং 384 Hz । বায়ুতে শলাকা দুটি হতে সৃষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

ঘ. কোনো মাধ্যমে লম্বিক তরঙ্গ কীভাবে সৃষ্টি হয় ? একপ্রান্ত দৃঢ় অবলম্বনের সাথে বাঁধা একটি স্প্রিং-এর অপর প্রান্ত একটি সুরশলাকার এক বাহুর সাথে বেঁধে সুরশলাকার বাহুকে স্পন্দিত করলে কী ঘটবে এবং কেন ঘটবে ?

- ৭। কোন মাধ্যমের কণাগুলো সরল ছন্দিত স্পন্দনে আন্দোলিত হলে চলমান বা অগ্রগামী তরঙ্গের উদ্ভব হয়। এ আন্দোলন একটি কণা থেকে পরবর্তী কণায় পৌঁছাতে কিছুটা সময় প্রয়োজন হয়। ফলে তরঙ্গের অভিমুখ বরাবর কণাগুলোর দশা পরিবর্তন ঘটতে থাকে।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তরঙ্গের দশা কাকে বলে ?

খ. চলমান তরঙ্গ ও স্থির তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

গ. একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.1 \sin (200 \pi t - \frac{20 \pi}{17} x)$ মিটার হলে এই তরঙ্গের বিস্তার, কম্পাঙ্ক, তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. অগ্রগামী তরঙ্গ সৃষ্টিকারী মাধ্যমের কণাগুলোর সাধারণ সমীকরণকে $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ কে $y = a \sin (\omega t - kx)$ রূপে প্রকাশ কর। এ থেকে দেখাও যে, কণার সর্বোচ্চ বেগ ωa এবং সর্বোচ্চ ত্বরণের মান $\omega^2 a$ ।

৮। নাবিলা একটি তারের এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে বেঁধে অন্য প্রান্ত ধরে উপরের ও নিচে আড়াআড়িভাবে দোলাচ্ছিল। নাবিলার পদার্থবিজ্ঞানের ছাত্র ডাইয়া নাবিলার এই খেলা দেখছিলেন। তিনি লক্ষ্য করলেন যে, নাবিলা দোলনের ফলে তারে যে তরঙ্গের সৃষ্টি হচ্ছে তার কোনো কোনো স্থানে কোনো স্পন্দন নেই, আবার কোনো স্থানে স্পন্দন সর্বাধিক। সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দুর ধারণা তার মাথায় এসে গেল।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু কাকে বলে ?

খ. চিত্র অঙ্কন করে সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দুর ব্যাখ্যা দাও।

গ. স্থির তরঙ্গের লব্ধি সরণের রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

ঘ. স্থির তরঙ্গে সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু উভয়ের শর্ত আলোচনা কর।

৯। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{0.3} - \frac{x}{30} \right)$ । এখানে x ও y সেন্টিমিটারে এবং t সেকেন্ডে প্রকাশ করা হয়েছে।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

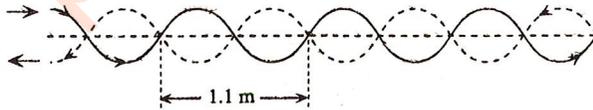
ক. স্থির তরঙ্গ কী ?

খ. তরঙ্গের উপরিপাতন ব্যাখ্যা কর।

গ. তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক ও বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গের সাধারণ সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

১০। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর।



নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. পরবশ কম্পন কী ?

খ. চিত্রটি ব্যাখ্যা কর।

গ. চিত্রের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 320 Hz হলে তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গে সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টির শর্ত আলোচনা কর।

১১। জাতীয় দিবসের প্যারেডের মহড়ায় বাদক দলের দুই সদস্য পরস্পর ঠিক মুখোমুখি ও কাছাকাছি দাঁড়িয়ে বিউগিল বাজাচ্ছেন। বিউগিল দুটি হতে একই কম্পাঙ্ক, 10^{-8} m বিস্তার এবং 3 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ নির্গত হচ্ছে। শব্দের বেগ 350 m s^{-1} ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. কম্পাঙ্ক কী ?

খ. প্রমাণ তীব্রতা বলতে কী বুঝ ?

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তরঙ্গ দুটির সম্মিলিত বিস্তার গাণিতিকভাবে প্রকাশ কর।

ঘ. উপরিপাতনে সৃষ্ট নতুন তরঙ্গটির সাথে আদি তরঙ্গদ্বয়ের কী কী মৌলিক পার্থক্য বিদ্যমান বিশ্লেষণ কর।

- ১২। মুনতাসির লেকের শান্ত পানিতে একটি টিল ছুড়ে মারাতে সৃষ্ট ঢেউগুলো চারদিকে ছড়িয়ে পড়লো। ঢেউগুলো স্থির অবস্থান থেকে 5 cm উপরে নিচে ও উঠানামা করতে লাগলো।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. অনুনাদ কী ?

খ. তীব্রতা লেবেল বলতে কী বুঝ ?

গ. লেকে সৃষ্ট তরঙ্গটিকে $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ আকারে প্রকাশ কর। তরঙ্গটির পর্যায়কাল ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছিল যথাক্রমে 0.04 s এবং 20 cm।

ঘ. টিলটির পানিতে পড়ার স্থান থেকে 5 m দূরে 10 সেকেন্ড পর কম্পমান কণার তাৎক্ষণিক বেগের সাথে তরঙ্গবেগের তুলনা কর।

- ১৩। একটি অজানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকাকে 512 Hz কম্পাঙ্কের সুরশলাকার সাথে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট সৃষ্টি হয়। এক টুকরা তারের সাহায্যে অজানা সুর শলাকার ভর বাড়িয়ে পুনরায় শব্দায়িত করলে 8 টি বিট উৎপন্ন হয়।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. বিট কী ?

খ. সকল অনুনাদ পরবশ কম্পন কিন্তু সকল পরবশ কম্পন অনুনাদ নয়—ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত অজানা সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত ? একে তুমি কীভাবে ব্যাখ্যা করবে ?

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও যে, বিটের হার উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান।

- ১৪। A ও B দুটি সুর শলাকা একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট সৃষ্টি হয়। কিন্তু A তে খানিকটা মোম লাগালে বিট সংখ্যা কমে যায়।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. মৌলিক সুর কী ?

খ. সকল হারমোনিকই উপসুর, কিন্তু সকল উপসুরই হারমোনিক নয়—ব্যাখ্যা কর।

গ. B এর কম্পাঙ্ক 480 Hz হলে A এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

ঘ. বিট গণনার সাহায্যে কীভাবে উক্ত সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায় আলোচনা কর।

- ১৫। A ও B দুটি সুরশলাকা। শলাকাদ্বয় একটি গ্যাসে 50 cm এবং 50.5 cm দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ উৎপন্ন করে। A ও B শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট সৃষ্টি হয়। B এর কম্পাঙ্ক 510 Hz।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. উপসুর কী ?

খ. টানা তারের আড়কম্পনের ভরের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

গ. উক্ত গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. A কে একটু ঘষে পুনরায় ধ্বনিত করলে একই সংখ্যক বিট উৎপন্ন হয়। ঘষার পূর্বে ও পরে A এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর এবং ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর।

১৬। একটি তারকে 2.5 kg ওজনের বল দ্বারা টান দেওয়া হলে এর থেকে 125 Hz কম্পাঙ্কের মৌলিক সুর নির্গত হয়। তারটির একক দৈর্ঘ্যের ভর 0.0098 kg m⁻¹।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তীব্রতা লেভেল কী ?

খ. মানুষের শ্রবণ সীমার তীব্রতার অনুপাত 10¹² বলতে কী বুঝ ?

গ. তারটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ঘ. তারটির দৈর্ঘ্য পরিবর্তন না করে এর উপর প্রযুক্ত টান চারগুণ করলে তারের কম্পাঙ্কের কীরূপ পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা দাও।

১৭। দুটি সুরশলাকা একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট উৎপন্ন হয়। একটি সুরশলাকা কোনো টানা তারের 1.18 m দৈর্ঘ্যের সাথে এবং অপরটি একই তারের 1.20 m দৈর্ঘ্যের সাথে ধ্রুনি সমন্বয় করে।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. সুর কী ?

খ. কোনো পর্যাবৃত্ত বল দ্বারা কোনো বস্তুকে কম্পিত করলে কী ধরনের কম্পনের সৃষ্টি হবে ব্যাখ্যা কর।

গ. সুরশলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

ঘ. প্রথম সুরশলাকার কম্পাঙ্ক আরো 10 Hz বৃদ্ধি করতে হলে তারের দৈর্ঘ্য কী পরিবর্তন আনতে হবে গাণিতিক বিশ্লেষণ করে নির্ণয় কর।

১৮। A ও B দুটি সদৃশ তার ঐক্যতানে আছে। 110 cm দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট A তারটি 10 kg ওজন বল দ্বারা টানা দেওয়া আছে। উক্ত তার দুটির সাথে সদৃশ অপর একটি 16 cm দীর্ঘ তার C-এর ভর 3.2 g।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. অনুনাদ কী ?

খ. টানা দেওয়া তারের টানের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত B তারটি 23 kg ওজন বল দ্বারা টানা দেওয়া থাকলে এর দৈর্ঘ্য কত ?

ঘ. 105 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তরঙ্গ উৎপন্নকারী একটি সুরশলাকার সাথে A ও B তার ঐক্যতানিক হলে, ঐদিন বাতাসে শব্দের বেগ কত ছিল গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে বের কর।

গ-বিভাগ : সাধারণ প্রশ্ন

১। সংজ্ঞা দাও বা কাকে বলে বা কী ?

(ক) পর্যাবৃত্ত গতি [কু. বো. ২০১৭]

(গ) সরল ছন্দিত গতি

(ঙ) পূর্ণকম্পন

(ছ) কম্পাঙ্ক

(ঝ) দশা [ঢা. বো. ২০১৯]

(ট) তীব্রতা বা প্রাবল্য

(ঢ) অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বা আড়তরঙ্গ

(ণ) অগ্রগামী তরঙ্গ [সি. বো. ২০১৬; মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

(থ) তরঙ্গ চূড়া

(খ) স্পন্দন গতি

(ঘ) তরঙ্গ

(চ) পর্যায়কাল

(জ) বিস্তার [ঢা. বো. ২০১৯]

(ঞ) তরঙ্গদৈর্ঘ্য

(ঠ) তরঙ্গ বেগ

(ড) লম্বিক তরঙ্গ

(ত) স্থির তরঙ্গ [ব. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৯]

(দ) তরঙ্গ খাঁজ

(ধ) সুস্পন্দ বিন্দু

(ন) নিস্পন্দ বিন্দু

(প) বেল

(ফ) ডেসিবেল

(ব) পরবশ কম্পন [চ. বো. ২০১৭]

(ভ) অনুনাদ [য. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৭]

(ম) তরঙ্গ মুখ [কু. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৭]

(য) কৌণিক কম্পাঙ্ক

২। তরঙ্গ কত প্রকার ও কী কী উদাহরণসহ বুঝিয়ে দাও।

৩। তরঙ্গদৈর্ঘ্য, তরঙ্গবেগ ও কম্পাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

অথবা, $v = f \lambda$ সম্পর্কটি দেখাও বা প্রতিপাদন কর।

৪। অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ও অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

৫। অগ্রগামী তরঙ্গে মাধ্যমের কণাগুলোর সরণের সাধারণ সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

৬। অগ্রগামী তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

৭। অগ্রগামী তরঙ্গের ক্ষেত্রে দেখাও যে, $y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ ৮। দেখাও যে, $y = a \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$

সমীকরণটিকে নিম্নোক্ত রূপেও লেখা যায় :

(i) $a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$ (ii) $a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ (iii) $a \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{v} \right)$ ৯। একটি স্থির তরঙ্গ অঙ্কন কর এবং এতে λ চিহ্নিত কর।১০। একটি স্থির তরঙ্গ অঙ্কন কর এবং এতে $\frac{3}{4} \lambda$ চিহ্নিত কর।

১১। তরঙ্গের উপরিপাতন বলতে কী বোঝায় ?

১২। স্থির তরঙ্গের সমীকরণ বা গাণিতিক রাশিমালা নির্ণয় কর।

১৩। স্থির তরঙ্গের সমীকরণ প্রতিপাদন করে সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দু সৃষ্টির শর্ত আলোচনা কর।

১৪। গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে স্থির তরঙ্গের ব্যাখ্যা দাও।

১৫। স্থির তরঙ্গে সুস্পন্দ বিন্দু উদ্ভবের শর্ত ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৫]

১৬। স্থির তরঙ্গে নিস্পন্দ বিন্দু উদ্ভবের শর্ত ব্যাখ্যা কর।

১৭। সুস্পন্দ বিন্দু ও নিস্পন্দ বিন্দুর দশা পার্থক্য 90° হয় কেন ? ব্যাখ্যা কর। [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]

১৮। স্থির তরঙ্গের নিস্পন্দ বিন্দুতে শক্তি শূন্য হয় কেন ? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৭]

১৯। অগ্রগামী ও স্থির তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা কর।

২০। মুক্ত কম্পন ও পরবশ কম্পন ব্যাখ্যা কর। অনুনাদ কী ?

২১। তরঙ্গের তীব্রতা কাকে বলে ? [সি. বো. ২০১৫]

২২। তরঙ্গের তীব্রতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে ? [দি. বো. ২০১৯]

২৩। তীব্রতার জন্য রাশিমালা নির্ণয় কর।

২৪। তরঙ্গের বিস্তারের সাথে তীব্রতার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৬]

২৫। অনুবাদী বস্তুর উপস্থিতি মাধ্যমের শব্দ তরঙ্গের তীব্রতার উপর কিভাবে প্রভাব বিস্তার করে ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০১৯]

২৬। শ্রাব্যতার প্রারম্ভ কাকে বলে ?

২৭। শব্দ কাকে বলে ? [সি. বো. ২০১৯]

২৮। মানুষের শ্রাব্যতার তীব্রতার অনুপাত 10^{12} —ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১৭]

- ২৯। প্রমাণ তীব্রতা কাকে বলে ? [রা. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৫]
- ৩০। একটি দোলায়মান সেকেন্ড দোলক শব্দ উৎপন্ন করে না কেন ? [রা. বো. ২০১৬]
- ৩১। শব্দের তীব্রতা লেভেল কী ? [দি. বো. ২০১৯]
- ৩২। শব্দের তীব্রতা লেভেল 20 dB বলতে কী বুঝ ? [ঢা. বো. ২০১৯]
- ৩৩। কোনো শ্রেণিকক্ষের তীব্রতা 10^{-6} W m^{-2} বলতে কী বুঝ ? [ব. বো. ২০১৫; ঢা. বো. ২০১৬]
- ৩৪। ডেসিবেল কী ? [দি. বো. ২০১৫]
- ৩৫। সুর ও স্বর কাকে বলে ?
- ৩৬। হারমোনিক বলতে কী বোঝায় ?
- ৩৭। মূল সুর বা মৌলিক সুর কাকে বলে ?
- ৩৮। উপসুর কী ?
- ৩৯। সকল হারমোনিকই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর হারমোনিক নয়—ব্যাখ্যা কর।
[য. বো. '২০১৫; দি. বো. ২০১৫; সি. বো. '১৬]
- ৪০। অষ্টক বলতে কী বুঝ ?
- ৪১। ত্রয়ীর মধ্যে কোনো অষ্টক নেই কেন ? [কু. বো. ২০১৭]
- ৪২। মেলডি কী ? [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]
- ৪৩। সুর বিরাম কাকে বলে ?
- ৪৪। সমসংগতি কাকে বলে ?
- ৪৫। ডায়াটোনিক স্বরগ্রাম কী ?
- ৪৬। ডায়াটোনিক স্বরগ্রামের সকল উপসুর হারমোনিক নয় কেন ?— ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০১৭]
- ৪৭। সমীকৃত স্বরগ্রাম কাকে বলে ?
- ৪৮। বিট কাকে বলে ? [ঢা. বো. ২০১৭; রা. বো. ২০১৫, ২০১৭; দি. বো. ২০১৫; অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ৪৯। প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বিট বলতে কী বুঝ ? [দি. বো. ২০১৫]
- ৫০। বিটের গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।
- ৫১। দেখাও যে, বিট উৎপন্নের হার উৎসদ্বয়ের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান।
- ৫২। বিটের সাহায্যে কীভাবে অজানা কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়—ব্যাখ্যা কর।
- ৫৩। স্বাভাবিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে ?
- ৫৪। পরবশ কম্পন বলতে কী বোঝায় ? [রা. বো. ২০১৭; য. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৭]
- ৫৫। অনুনাদ কাকে বলে ? [রা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৭; অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮;
চ. বো. ২০১৯]
- ৫৬। পরবশ কম্পন ও অনুনাদের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৫]
- ৫৭। অনুনাদ একটি বিশেষ ধরনের আরোপিত কম্পন—ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৯]
- ৫৮। সকল অনুনাদই আরোপিত কম্পন কিন্তু সকল আরোপিত কম্পন অনুনাদ নয়—ব্যাখ্যা কর।
- ৫৯। সৈন্যদলের কোনো ব্রিজের উপর দিয়ে মার্চ করে যাওয়া সঠিক নয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৫]
- ৬০। টানা তারের আড়কম্পনের সূত্রগুলো বিবৃত কর।
- ৬১। সুশ্রাব্য শব্দ কাকে বলে?

- ৬২। সুশ্রাব্য শব্দের বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী? [সি. বো. ২০১৫]
- ৬৩। বড় বড় হল রুমের দেয়ালে হার্ডবোর্ড কিংবা পার্টেক্স জাতীয় বোর্ড লাগানো হয় কেন? [রা. বো. ২০১৯]
- ৬৪। সঙ্গীত গুণ বিশ্লেষণে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান ব্যাখ্যা কর।
- ৬৫। সঙ্গীতগুণ শব্দ মানুষের মনে প্রশান্তি সৃষ্টি করে নিরাপদে রাখে— ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৯]
- ৬৬। আমাদের জীবনে নয়েজ ও সঙ্গীতগুণের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।
- ৬৭। শব্দের পিচ বা তীক্ষ্ণতা কাকে বলে? [রা. বো. ২০১৬]
- ৬৮। তীক্ষ্ণতা ও কম্পাঙ্ক একই কি না? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৯]
- ৬৯। শব্দের গুণ বা জাতি কাকে বলে?
- ৭০। ফন কী? ব্যাখ্যা কর।
- ৭১। ভাইব্রেশন মোডে থাকা মোবাইল কোনো টেবিলের উপর রাখলে অপেক্ষাকৃত জোরালো শব্দ হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।
[মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]

ঘ-বিভাগ : গাণিতিক সমস্যা

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

- ১। 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? [উ: 250 Hz]
[রা. বো. ২০১০]
- ২। একটি শব্দ তরঙ্গ বায়ুতে 3 মিনিটে 1020 মিটার দূরত্ব অতিক্রম করে; এই শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য 50 cm হলে তরঙ্গের পর্যায়কাল কত? [উ: 0.088 s] [কু. বো. ২০০৩]
- ৩। একটি সুরশলাকা A মাধ্যমে 10 cm এবং B মাধ্যমে 15 cm দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তরঙ্গ সঞ্চালন করে। A মাধ্যমে শব্দের বেগ 3 m s^{-1} হলে B মাধ্যমে শব্দ 5 s-এ কত দূরত্ব অতিক্রম করবে বের কর। [উ: 22.5 m] [কু. বো. ২০০৩]
- ৪। 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 শব্দের বেগ কত?
[উ: 600 m s^{-1}]
- ৫। A-মাধ্যমে শব্দের বেগ B-মাধ্যমে শব্দের বেগের চেয়ে 5 গুণ বেশি। B-মাধ্যমে একটি শব্দ উৎসের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10 cm হলে A-মাধ্যমে শব্দ উৎসের 100 বার কম্পনে শব্দ কত দূর যাবে? [উ: 50 m] [বি. বো. ২০০৩]
- ৬। P ও Q দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগ যথাক্রমে 300 m s^{-1} এবং 350 m s^{-1} । মাধ্যম দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.1 m হলে সুরশলাকার 50 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কতদূর যাবে? [উ: 35 m] [য. বো. ২০০৬]
- ৭। কোনো মাধ্যমে 480 Hz এবং 320 Hz কম্পাঙ্কের দুটি শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 2 m হলে মাধ্যমে শব্দের বেগ কত?
[উ: 1920 m s^{-1}] [চা. বো. ২০০৩; রা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০১০, ২০০৮;
সি. বো. ২০১২, ২০১৪; দি. বো. ২০১০]
- ৮। কোনো মাধ্যমে 512 Hz ও 480 Hz কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.75 m। ঐ মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। [উ: 5760 m s^{-1}]

- ৯। 320 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা হতে বাতাসে ও পানিতে উৎপন্ন তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 3.9 m। বায়ুতে শব্দের বেগ 345 m s^{-1} হলে পানিতে শব্দের বেগ কত? [উ: 1593 m s^{-1}] [ঢা. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৭]
- ১০। 320 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরশলাকা হতে বাতাসে ও পানিতে উৎপন্ন তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4 m। বায়ুতে শব্দের বেগ 345 m s^{-1} হলে পানিতে শব্দের বেগ কত? [উ: 1625 m s^{-1}] [কু. বো. ২০০৮]
- ১১। 300 Hz কম্পাঙ্কের একটি শব্দ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 4.16 m। বায়ুতে শব্দের বেগ 352 m s^{-1} হলে পানিতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। [উ: 1600 m s^{-1}] [য. বো. ২০১২; চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০১]
- ১২। দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্কের পার্থক্য 118 Hz। বাতাসে শলাকা দুটি যে তরঙ্গ উৎপন্ন করে, তাদের একটির দুটি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপরটির তিনটি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান। শলাকাদ্বয়ের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 236 Hz ও 354 Hz] [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০১০]
- ১৩। 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 কত? [উ: 350 m s^{-1}] [ঢা. বো. ২০০৩; য. বো. ২০০১০]
- ১৪। কোনো এক সীমাবদ্ধ মাধ্যমে সৃষ্ট স্থির তরঙ্গের কম্পন 512 Hz। তরঙ্গের পর পর দুটি নিম্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব 0.50 m। মাধ্যমে তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর। [উ: 256 m s^{-1}] [রা. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১১]
- ১৫। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 5 \sin(200 \pi t - 1.57 x)$; এখানে সবকিছু রাশি এসআই এককে প্রদত্ত। তরঙ্গটির বিস্তার, কম্পাঙ্ক, বেগ ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর। [উ: 5 m; 100 Hz; 400 m s^{-1} ; 0.01 s] [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১২; রা. বো. ২০১৭; য. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০০৯]
- ১৬। $y = 10 \sin(240 \pi t - 0.16 \pi x)$, এখানে সবকিছু রাশি SI এককে প্রদত্ত। তরঙ্গটির বিস্তার, কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল ও শব্দের বেগ নির্ণয় কর। [উ: 10 m, 120 Hz, 0.0083 s, 1500 m s^{-1}] [ব. বো. ২০০৯]
- ১৭। একটি তারের মধ্য দিয়ে অগ্রগামী আড়তরঙ্গের সমীকরণ হচ্ছে $y = 90 \sin \pi(20 t - 0.1x)$, এখানে y এবং x মিটার এবং t সেকেন্ডে প্রকাশিত। তরঙ্গটির (i) বিস্তার; (ii) তরঙ্গদৈর্ঘ্য; (iii) কম্পাঙ্ক ও (iv) তরঙ্গ বেগ নির্ণয় কর। [উ: (i) 90 m; (ii) 20 m; (iii) 10 Hz; (iv) 200 m s^{-1}] [চ. বো. ২০০৮]
- ১৮। কোনো কক্ষের শব্দের তীব্রতা $1 \times 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$ । শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল নির্ণয় কর। [উ: 53 dB]
- ১৯। কোনো শ্রেণিকক্ষে শব্দের তীব্রতা 10^{-7} W m^{-2} । শব্দের তীব্রতা তিনগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল কত হবে? [উ: 54.77 dB]
- ২০। কোনো শ্রেণিকক্ষের শব্দের তীব্রতা 10^{-8} W m^{-2} । শব্দের তীব্রতা লেভেল ডেসিবেলে নির্ণয় কর। শব্দের তীব্রতা দ্বিগুণ হলে নতুন তীব্রতা লেভেল কত হবে? [উ: 40 dB, 43 dB] [রা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০০৯]
- ২১। একটি সঙ্গীতানুষ্ঠানের অ্যাম্প্লিফায়ার থেকে 1W ক্ষমতার শব্দ উৎপন্ন হলে ঐ শব্দের তীব্রতা লেভেল কত? [উ: 120 dB]
- ২২। কোনো শব্দের তীব্রতা প্রমাণ তীব্রতার 100 গুণ হলে ঐ শব্দের তীব্রতার লেভেল কত ডেসিবেল? [উ: 20 dB] [য. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০১০;]
- ২৩। দুটি সুরেলী কাঁটা একত্রে শব্দায়িত করলে 3 সেকেন্ডে 15 টি বিট উৎপন্ন হয়। একটি সুরেলী কাঁটার কম্পাঙ্ক প্রতি সেকেন্ডে 252 Hz হলে, অপরটির কম্পাঙ্ক কত? [উ: 247 Hz বা, 257 Hz]

- ২৪। A ও B দুটি সুরশলাকাকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট উৎপন্ন হয়। A -এর বাহুতে মোম লাগালে বিটের সংখ্যা 4টি হয়। B -এর কম্পাঙ্ক 380 Hz হলে A -এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 385 Hz] [কু. বো. ২০০৮]
- ২৫। দুটি সুরশলাকা A ও B একত্রে কম্পিত হলে প্রতি সেকেন্ডে 4টি বিট উৎপন্ন হয়। কিন্তু A -তে খানিকটা মোম লাগালে বিট সংখ্যা কমে যায়। B -এর কম্পাঙ্ক 256 Hz হলে, A -এর কম্পাঙ্ক কত? [উ: 260 Hz] [রা. বো. ২০০৮]
- ২৬। A ও B দুটি সুরশলাকাকে একসাথে বাজালে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট শোনা যায়। A -এর ভর কমালে বিট কমে যায়। B -এর কম্পাঙ্ক 430 Hz হলে A -এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 425 Hz]
- ২৭। A ও B দুটি সুরশলাকা একত্রে শব্দায়িত করলে 3 সেকেন্ডে 15টি বিট শোনা যায়। A -এর বাহুতে ভর লাগালে বিট বাড়ে। A -এর কম্পাঙ্ক 300 Hz হলে B -এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 305 Hz]
- ২৮। কোনো মাধ্যমে A ও B দুটি সুরশলাকা একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 7 টি বিট উৎপন্ন হয়। A -এর ভর কমালে বিট কমে। A -এর কম্পাঙ্ক 450 Hz হলে B -এর কম্পাঙ্ক কত? [উ: 457 Hz]
- ২৯। A ও B দুটি সুরেলী কাঁটা একসাথে ধ্বনিত হলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট উৎপন্ন করে। A -কে একটু ঘষা হলো। এতে বিটের সংখ্যা বৃদ্ধি পেল। B -এর কম্পাঙ্ক 510 Hz হলে ঘষার পূর্বে A এর কম্পাঙ্ক কত ছিল? [উ: 515 Hz]
- ৩০। A ও B দুটি সুরেলী কাঁটা একসাথে ধ্বনিত হলে প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট উৎপন্ন হয়। A -কে একটু ঘষা হলে বিট সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। B -এর কম্পাঙ্ক 515 Hz হলে ঘষার পূর্বে A -এর কম্পাঙ্ক কত ছিল? [উ: 520 Hz] [ঢা. বো. ২০০৮]
- ৩১। A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 288 Hz। A এবং B সুরশলাকাদ্বয়কে একই সাথে বাজালে প্রতি সেকেন্ডে 4টি বিট শোনা যায়। A -কে কিছু ঘষে A এবং B -কে পুনরায় একই সাথে বাজালে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট শোনা যায়। B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 284 Hz]
- ৩২। A ও B দুটি সুরেলী কাঁটা একত্রে ধ্বনিত করলে প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট উৎপন্ন হয়। A -কে একটু ঘষে পুনরায় ধ্বনিত করলে একই সংখ্যক বিট উৎপন্ন হয়। B -এর কম্পাঙ্ক 510 Hz। ঘষার পূর্বে ও পরে A -এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর এবং ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর। [উ: 505 Hz ও 515 Hz]
- ৩৩। দুটি সুরশলাকা A ও B একই সময়ে শব্দায়িত হওয়ায় প্রতি সেকেন্ডে 5টি বিট সৃষ্টি করে। A -এর বাহুতে একখণ্ড তার জড়ালে আবার তারা প্রতি সেকেন্ডে 5 টি বিট সৃষ্টি করে। B -এর কম্পাঙ্ক 320 Hz হলে A -এর কম্পাঙ্ক কত? [উ: 325 Hz] [ঢা. বো. ২০১০]
- ৩৪। কোনো গ্যাসে 0.50 m ও 0.505 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে 6 টি বিট উৎপন্ন করলে শব্দের বেগ নির্ণয় কর। [উ: 303 m s⁻¹] [শে. বা. কু. বি. ২০১৪-২০১৫]
- ৩৫। A ও B দুটি সুরশলাকা কোনো গ্যাসীয় মাধ্যমে 2 m এবং 2.02 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। A ও B একত্রে শব্দায়িত করলে 12 সেকেন্ডে 40টি বিট উৎপন্ন করে। B এর কম্পাঙ্ক 333 Hz। A -এর বাহুতে মোম লাগিয়ে পুনরায় শব্দায়িত করলে সমসংখ্যক বিট উৎপন্ন করে।
(ক) গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।
(খ) উদ্দীপকের A সুরশলাকার কম্পাঙ্ক ভর বৃদ্ধির আগে না পরে B এর কম্পাঙ্কের চেয়ে বেশি ছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [উ: 672.66 m s⁻¹; (খ) ভর বৃদ্ধির আগে বেশি ছিল।]

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পরীক্ষা ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষায় সন্নিবেশিত সমস্যাগুলি]

- ৩৬। একটি গিটারের তিনটি সদৃশ এবং সমদৈর্ঘ্যের তার A , B , C -কে যথাক্রমে 100 N, 200 N ও 250 N মানের বল দ্বারা টানা আছে। A তারটি 50 Hz কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে। রিপন অর্থাৎ লক্ষ্য করল B ও C একত্রে কম্পিত করলে বিট শোনা যাচ্ছে কিন্তু A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বিট শোনা যাচ্ছে না।

(ক) B তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বিট শোনা যায় না কেন—গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও।

উ: (ক) 70.7 Hz ; (খ) A তারের কম্পাঙ্ক 50 Hz এবং C তারের কম্পাঙ্ক 79 Hz সুতরাং A ও C তার একত্রে কম্পিত করলে $79 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz} = 29 \text{ Hz}$ বিট উৎপন্ন হয়। কিন্তু বিটের সংখ্যা 10 -এর বেশি হলে আমাদের কানে তা উপলব্ধি করা সম্ভব হয় না। তাই A ও C তারকে একত্রে কম্পিত করলে বিট শোনা যায় না।

[য. বো. ২০১৫]

৩৭। $y = 6 \sin \left(8\pi t - \frac{\pi x}{25} \right)$ একটি চলমান তরঙ্গের সমীকরণ নির্দেশ করে; যেখানে x ও y কে সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়েছে। তরঙ্গটি 0.09 kg m^{-3} ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হচ্ছে।

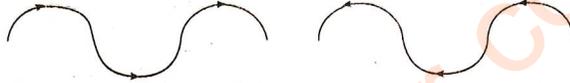
(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) তরঙ্গটি শাব্য কিনা—তীব্রতা লেভেল নির্ণয়ের মাধ্যমে প্রমাণ কর।

উ: (ক) 4 Hz ; (খ) তরঙ্গটির শব্দের তীব্রতা লেভেল, $\beta = 133 \text{ dB}$ । আমাদের কান 0 dB থেকে শুনতে শুরু করে। 120 dB -এ শ্রুতি যন্ত্রণার শুরু। তাই 133 dB এর শব্দ শোনা গেলেও কানের জন্য মারাত্মক ক্ষতিকর।

[চ. বো. ২০১৫]

৩৮। $y_1 = 0.1 \sin \left(200\pi t - \frac{20\pi}{17} x \right)$ এবং $y_2 = 0.1 \sin \left(200\pi t + \frac{20\pi}{17} x \right)$



উদ্দীপকে X ও Y মিটারে এবং সময় t সেকেন্ড ধরে নিম্নলিখিত প্রশ্নের উত্তর দাও :

(ক) প্রথম তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে উপরিপাতনের ফলে কোন ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামতের ব্যাখ্যা কর।

উ: (ক) 170 m s^{-1} ; (খ) উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতনের ফলে সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গটি হবে

$y = 0.2 \cos \left(\frac{20\pi}{17} x \right) \sin (200\pi t)$ এ সমীকরণে অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণের ন্যায় দশা কোণের ভিতর $(vt - x)$ জাতীয় কোনো রাশি অন্তর্ভুক্ত নেই। সুতরাং এ সমীকরণ স্থির তরঙ্গ প্রকাশ করে। [দি. বো. ২০১৫]

৩৯। বায়ু মাধ্যমে C সুরশলাকাটি A ও B দুটি সুরশলাকার সাথে 5 টি করে বিট 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) B সুরশলাকা হতে নির্গত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(খ) C সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কীভাবে নিশ্চিত হওয়া যায় তা গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

উ: (ক) 0.96 m ; (খ) A সুর শলাকার কম্পাঙ্ক 385 Hz এবং B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 375 Hz

∴ A ও B সুরশলাকা দুটি C সুরশলাকার সাথে 5 টি বিট উৎপন্ন করে অতএব C এর কম্পাঙ্ক 380 Hz ।

[ঢা. বো. ২০১৭]

৪০। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ নিম্নরূপ যা পরবর্তী স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি করে। $y = 0.5 \sin \left(800\pi t - \frac{2\pi}{0.5} x \right)$

(ক) অগ্রগামী তরঙ্গটির তরঙ্গবেগ নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে যে স্থির তরঙ্গটি সৃষ্টি হবে তার কম্পাঙ্ক এবং মূল তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের তুলনামূলক বিশ্লেষণ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[উ: (ক) 200 m s^{-1} ; (খ) মূল তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 400 Hz এবং লব্ধি তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 400 Hz , অর্থাৎ লব্ধি তরঙ্গের কম্পাঙ্ক মূল তরঙ্গের কম্পাঙ্কের সমান।] [কু. বো. ২০১৭]

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

(ক) তরঙ্গটি ৬ সে. এ কত দূরত্ব অতিক্রম করে?

(খ) যদি এরূপ আর একটি তরঙ্গ বিপরীত দিক হতে পরস্পরের উপর আপতিত হয় তবে সৃষ্ট তরঙ্গটি কীরূপ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[উ: (ক) 400 m ; (খ) লব্ধি তরঙ্গটি হবে $y = A \sin (100\pi t)$,

এখানে A লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার, $A = \cos (1.5\pi x)$] [রা. বো. ২০১৭]

৪২। একটি সনোমিটারে 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 কিনা পরীক্ষা করা হলো।

(ক) উদ্দীপকের দ্বিতীয় তারটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) বিট উৎপন্নের পরীক্ষার ফলাফল গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক আলোচনা কর।

[উ: (ক) 106 Hz ; (খ) $f_A = 100 \text{ Hz}$, $f_B = 106 \text{ Hz}$, $f_C = 112 \text{ Hz}$

A ও B তারের মধ্যবর্তী বিটসংখ্যা, $N_1 = 6 \text{ s}^{-1}$ A ও C তরঙ্গের মধ্যবর্তী বিটসংখ্যা, $N_2 = 11 \text{ s}^{-1}$ এবং B ও C তারের মধ্যবর্তী বিট সংখ্যা $N_3 = 6 \text{ s}^{-1}$ । আমাদের কান যেহেতু 10 s^{-1} এর বেশি বিট শনাক্ত করতে পারে না তাই A ও C তারের মধ্যবর্তী বিট শোনা যাবে না কিন্তু A ও B এবং B ও C তারের মধ্যবর্তী বিট শোনা যাবে।]

[চ. বো. ২০১৭]

৪৩। 16 m দীর্ঘ টানা তারে আড় কম্পন সৃষ্টি করতে পর্যাবৃত্ত বল প্রয়োগ করা হলে সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ হবে $y = 2 \sin \pi \left(30t - \frac{x}{4} \right)$; সকল রাশি SI এককে প্রকাশিত।

(ক) টানা তারে যে স্থির তরঙ্গ সৃষ্টি হবে এর কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে বর্ণিত তারটিতে আন্দোলনের ফলে জোড় সংখ্যক লুপ সৃষ্টি হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। [উ: (ক) 15 Hz ; (খ) ৪টি লুপ অর্থাৎ জোড় সংখ্যক লুপ সৃষ্টি হবে।] [ব. বো. ২০১৭]

৪৪। পদার্থবিজ্ঞানের শিক্ষার্থী লিয়ানা দুটি সুর শলাকা নিয়ে দেখল যে, একটির গায়ে 312 Hz লেখা আছে। সে শলাকা দুটি একত্রে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে ৬টি বিট শুনতে পেল। এবার সে অজানা সুর শলাকার গায়ে তার পঁচিয়ে একইভাবে শব্দায়িত করে প্রতি সেকেন্ডে একই সংখ্যক বিট শুনতে পেল। এখানে জানা সুর শলাকা থেকে সৃষ্ট শব্দের বেগ 340 m s^{-1} ।

(ক) কতটি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে জানা কম্পাঙ্কের সুর শলাকার সৃষ্ট শব্দ 130 m দূরত্ব অতিক্রম করবে?

(খ) লিয়ানা ভর বাড়ানোর পূর্বে ও পরে নির্ণীত অজানা কম্পাঙ্কের মধ্যে কোনো পার্থক্য পেয়েছিল কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। [উ: (ক) ১১৭ টি পূর্ণ কম্পন; (খ) কম্পাঙ্কের পার্থক্য 12 Hz ।] [সি. বো. ২০১৭]

৪৫। রেকর্ডিং কাজে ব্যবহৃত একটি গ্রামোফোন রেকর্ড প্রতি মিনিটে ১০ টি ঘূর্ণন সম্পন্ন করে। এতে ২ টি ট্র্যাক-এর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6 cm এবং 8 cm ।

(ক) গ্রামোফোন-এর ট্র্যাক দুটির রৈখিক দ্রুতি নির্ণয় কর।

(খ) যদি গ্রামোফোন রেকর্ডটি ১০% বেশি কৌণিক দ্রুতিতে ঘুরে তবে শব্দের তীব্রতার কোনো পরিবর্তন হবে কী? বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) 0.063 m s^{-1} এবং 0.083 m s^{-1} ; শব্দের তীব্র ১.২১ গুণ বৃদ্ধি পাবে।] [ব. বো. ২০১৭]

৪৬। A ও B দুটি সুর শলাকা একটি গ্যাসে 50 cm ও 51 cm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। শলাকা দুটিকে একত্রে শব্দায়িত করলে প্রতি সেকেন্ডে 6 টি বিট শোনা যায়। A -এর কম্পাঙ্ক 500 Hz।

(ক) গ্যাসটিতে শব্দের বেগ কত হবে হিসাব কর।

(খ) B শলাকাটিকে একটু ঘষে পুনরায় শব্দায়িত করলে বিট সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না—ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর।

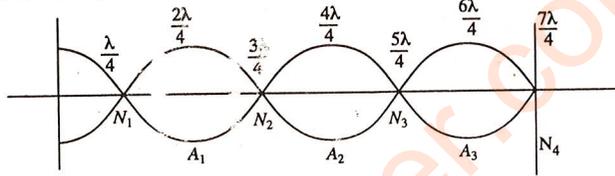
[উ: 250 m s^{-1} ; (খ) $f_A = 500 \text{ Hz}$ এবং ঘষার পূর্বে B এর কম্পাঙ্ক $f_B = 494 \text{ Hz}$ । B -কে ঘষার পর বিট সংখ্যা একই থাকে অর্থাৎ B -এর কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পেয়ে পার্থক্য আবার 6 হলে সমান সংখ্যক বিট শোনা যাবে অর্থাৎ B -এর কম্পাঙ্ক $500 + 6 = 506 \text{ Hz}$ হলে পুনরায় একই সংখ্যক বিট শোনা যাবে।] [দি. বো. ২০১৭]

৪৭। দুটি খুঁটির সাথে 2 m দীর্ঘ একটি তার টানটান করে বাঁধা আছে। তারটির মাঝখানে টান দিয়ে ছেড়ে দিলে 4টি লুপ উৎপন্ন হয়। এ ক্ষেত্রে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 2 Hz।

(ক) উদ্দীপকে সৃষ্ট তরঙ্গের বেগ নির্ণয় কর।

(খ) এ ধরনের তরঙ্গের কোনো বিন্দুতে স্পন্দন সর্বোচ্চ এবং কোনো বিন্দুতে স্পন্দন সর্বনিম্ন হওয়ার কারণ চিত্রসহ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) 2 m s^{-1} ; (খ) স্থির তরঙ্গের গাণিতিক রাশিমালা নির্ণয় করে চিত্র ঐক্কে দেখাতে হবে স্থির তরঙ্গের উপর যে



সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর জোড় গুণিতক দূরত্বে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুতে সুস্পন্দ (চিত্রে A_1, A_2, A_3) এবং যে সকল বিন্দু $\frac{\lambda}{4}$ এর বিজোড় গুণিতক দূরত্বে অবস্থিত সেই সকল বিন্দুকে নিস্পন্দ বিন্দু (চিত্রে N_1, N_2, N_3, N_4) সৃষ্টি হয়।

[মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৭]

৪৮। 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 দাঁড়িয়ে ছিল।

(ক) রেফারির সৃষ্ট শব্দের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) প্রতিফলনের পর রীতা ও মিতা উভয়েই কি সমান জোরালো শব্দ শুনতে পাবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

[উ: 100 Hz; (খ) মিতা ও রীতা কর্তৃক শ্রুত শব্দের তীব্রতা বিস্তারের উপর নির্ভর করবে। মিতার অবস্থানে স্থির তরঙ্গের বিস্তার 0 এবং রীতার অবস্থানে স্থির তরঙ্গের বিস্তার 20 m। অর্থাৎ প্রতিফলনের পর মিতা কোনো শব্দ শুনতে পাবে না। পক্ষান্তরে রীতা সর্বাধিক জোরালো শব্দ শুনতে পাবে।]

[অভিনু প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]

৪৯। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 5 \sin (300 \pi t - 1.57 x)$, এখানে সবকটি রাশি SI এককে প্রদত্ত। তরঙ্গটির বিস্তার, কম্পাঙ্ক, বেগ ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর। [উ: 5 m, 150 Hz, 600 m s⁻¹; $6.67 \times 10^{-3} \text{ s}$]

[রয়েট ২০১৫-২০১৬]

৫০। সমুদ্রের তলদেশে কোনো উৎস হতে 660 কম্পাঙ্কের সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গ সমুদ্রপৃষ্ঠ হতে 1 km উচ্চতায় পৌঁছাতে 3.33 s সময় লাগলে শব্দের উৎসটি সমুদ্রের তলদেশে কত গভীরে অবস্থান করছে নির্ণয় কর। (বায়ু ও পানিতে 660 কম্পাঙ্কের শব্দ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 1.85 m এবং বাতাসে শব্দের বেগ 330 m s⁻¹)।

[উ: 465.3 m] [রয়েট ২০০১-২০১২]

- ৫১। কোনো সুরশলাকা একটি মাধ্যমে 5 cm দৈর্ঘ্যের এবং 350 m s^{-1} বেগের শব্দতরঙ্গ উৎপন্ন করে। অপর একটি মাধ্যমে তরঙ্গ বেগ যদি 332.5 m s^{-1} হয় তবে ঐ মাধ্যমে সুরশলাকার 100 কম্পনে শব্দ কতদূর করে ?
[উ: 4.75 m] [চুয়েট ২০০৮-২০০৯]
- ৫২। P ও Q দুটি মাধ্যমে শব্দের বেগ যথাক্রমে 300 m s^{-1} এবং 350 m s^{-1} । মাধ্যম দুটিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য এর পার্থক্য 0.1m হলে সুরশলাকার 50 কম্পনে শব্দ Q মাধ্যমে কত দূর যাবে ?
[উ: 35 m]
[পা.বি.প্র.বি ২০১৫-২০১৬]
- ৫৩। বায়ুতে 664 Hz কম্পাঙ্কের একটি সুরেলী কাঁটা আছে। কাঁটাটির 100 পূর্ণ কম্পনকালে সৃষ্ট শব্দ কত দূরত্ব অতিক্রম করবে ? বাতাসে শব্দের বেগ 332 m s^{-1} ।
[উ: 50 m] [মেরিন একাডেমি ২০১৫-২০১৬]
- ৫৪। একটি অডিও ক্যাসেট প্লেয়ার ও একটি টেলিভিশনের তীব্রতা লেভেল যথাক্রমে 93 dB এবং 85 dB। এদের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতা লেভেল কত ?
[উ: 93.66 dB] [কুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- ৫৫। কোনো শব্দের তীব্রতার লেভেল প্রাথমিকের দ্বিগুণ হলে পরিবর্তিত তীব্রতা কত ? [উ: 100 I] [বুটেক্স ২০১৫-২০১৬]
- ৫৬। একটি খামারের মালিক তার ফার্মের মুরগির সংখ্যা 500 থেকে 1000 করার সিদ্ধান্ত নিলেন। এর ফলে ফার্মের শব্দের তীব্রতা লেভেল কত বৃদ্ধি পাবে ?
[উ: 3 dB] [বঙ্গবন্ধু বি. প্র. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ৫৭। দুটি $\frac{\pi}{2}$ rad দশা পার্থক্যের সদৃশ অগ্রগামী তরঙ্গ একই দিকে ধাবিত হচ্ছে। যদি তরঙ্গ দুটির প্রত্যেকটির বিস্তার y_m হয় তবে লব্ধি তরঙ্গটির বিস্তার কত ?
[উ: $\sqrt{2} y_m$] [বুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- ৫৮। A মাধ্যমে শব্দের বেগ B মাধ্যমে শব্দের বেগের 5 গুণ। মাধ্যম দুটিতে একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 400 cm। B মাধ্যমে শব্দের বেগ 380 m s^{-1} হলে শব্দের উৎসের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 380 Hz] [বুয়েট ১৯৯৯-২০০০]
- ৫৯। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ হচ্ছে $y = 100 \sin \pi \left(\frac{x}{100} - \frac{t}{0.25} \right)$; এখানে সবকিছু রাশি SI এককে হলে তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, পর্যায়কাল, কম্পাঙ্ক এবং বেগ নির্ণয় কর। [উ: 200 m; 0.05 s; 2 Hz; 400 m s^{-1}]
[কুয়েট ২০০৪-২০০৫]
- ৬০। দেখাও যে, শব্দের তীব্রতার স্তর যখন 1 ডেসিবেল পরিবর্তিত হয় তখন তীব্রতা শতকরা 26 ভাগ পরিবর্তিত হয়।
[বুয়েট ২০০২-২০০৩]
- ৬১। সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন একটি কণার সমীকরণ $y = 10 \sin (\omega t + \delta)$, পর্যায়কাল 30 s এবং আদিসরণ 0.05 m হলে, তরঙ্গটির (ক) কোণিক কম্পাঙ্ক, (খ) আদি দশা নির্ণয় কর।
[উ: $\frac{\pi}{15} \text{ rad s}^{-1}$ (খ) 0.287° বা, $5 \times 10^{-3} \text{ rad}$] [চুয়েট ২০০৯-২০১০]
- ৬২। একটি শব্দতরঙ্গ বায়ুতে 3 মিনিটে 1080 m দূরত্ব অতিক্রম করে। এই শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 60 cm হলে তরঙ্গের পর্যায়কাল কত ?
[উ: 0.1 s] [চুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- ৬৩। একটি সরল ছন্দিত তরঙ্গ গ্যাসের মধ্য দিয়ে +X অক্ষের দিকে চলমান এবং এর বিস্তার 2 cm, বেগ 30 m s^{-1} এবং কম্পাঙ্ক 300 s^{-1} । মূল বিন্দু হতে 100 cm দূরত্বে 6 s পরে অগ্রগামী তরঙ্গটির সরণ কত ?
[উ: 0] [কুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- ৬৪। কোনো ব্যক্তি একটি পাহাড়ে দাঁড়িয়ে শব্দ করলেন এবং শব্দ প্রতিধ্বনিত হয়ে 3 s পর ঐ ব্যক্তির নিকট পৌঁছাল। প্রতিধ্বনি শোনার পর ব্যক্তিটি পাহাড়ের 500 ft অগ্রসর হয়ে পুনরায় শব্দ করলেন এর প্রতিধ্বনি 2 s পরে শুনতে পেলেন। শব্দের গতি এবং পাহাড় থেকে ব্যক্তির প্রথম অবস্থানের মধ্যে দূরত্ব FPS সিস্টেমে কত হবে ?
[উ: 1000 ft/s; 1500 ft] [কুয়েট ২০১১-২০১২]
- ৬৫। একটি ভ্যাকুয়াম ক্লিনার ও একটি টেলিভিশনের শব্দের তীব্রতা যথাক্রমে 80 dB এবং 78 dB। এদের সম্মিলিত শব্দের তীব্রতার মাত্রা কত ?
[উ: 82.12 dB] [বুয়েট ২০১২-২০১৩]
- ৬৬। একটি পাথর কোনো কুয়ার মধ্যে ছেড়ে দিলে সে পাথরটি কুয়ার তলায় 100 m s^{-1} বেগে গিয়ে পড়ে। পাথর পড়ার শব্দ ফেলার 15 s পরে শোনা গেল; শব্দের গতিবেগ বের কর। [উ: 106.4 m s^{-1}] [কুয়েট ২০০৯-২০১০]

৬৭। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ, $y = 5 \sin(300 \pi t - 1.57x)$, এখানে সব কয়টি রাশি এসআই এককে প্রদত্ত। তরঙ্গটির বিস্তার, কম্পাঙ্ক, বেগ ও পর্যায়কাল নির্ণয় কর।

[উ: 5 m; 150 Hz, 600.3 m s⁻¹; 6.67 × 10⁻³ s] [বুয়েট ২০১৫-২০১৬]

৬৮। একটি টানা তারের ভর 50 g এবং দৈর্ঘ্য 2 m। এর সাথে 5 kg ভরের বস্তু ঝুলালে মূল সুরের কম্পাঙ্ক কত?

[উ: 11.07 Hz] [বুয়েট ২০১৫-২০১৬]

৬৯। 60 cm দীর্ঘ একটি তার প্রতি সেকেন্ডে 120 বার কাঁপে। যদি এর দৈর্ঘ্য 40 cm করা হয় এবং টান 4 গুণ বৃদ্ধি করা হয়। তাহলে তারের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

[উ: 360 Hz] [কয়েট ২০১০-২০১১]

৭০। দুটি একই ধরনের তার সমকম্পাঙ্কে তির্যক কম্পনে কম্পিত হচ্ছে। যখন একটি তারের টান 2.01% বৃদ্ধি করা হয় এবং তার দুটিকে একত্রে কম্পিত করা হয়, তখন প্রতি সেকেন্ডে 3টি স্বরকম্প উৎপন্ন হয়। তার দুটির প্রারম্ভিক কম্পনাঙ্ক নির্ণয় কর।

[উ: 300 Hz] [কয়েট ২০১৫-২০১৬]

৭১। একটি সুতায দুটি তরঙ্গের মিলনের ফলে যে স্থির তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তার সমীকরণ হচ্ছে $y = 5 \sin \frac{\pi x}{3} \cos 40 \pi t$, যেখানে x ও y হলো সেন্টিমিটারে এবং t হলো সেকেন্ডে। (ক) তরঙ্গ দুটির প্রত্যেকটির বিস্তার ও বেগ কত? (খ) দুটি পরপর নিঃসন্দ বিস্তারের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

[উ: (ক) 2.5 cm, 120 cm s⁻¹; (খ) 3 cm]

[বুয়েট ২০১৬-২০১৭]

৭২। একটি খোলা অর্গান নল 256 Hz কম্পাঙ্কবিশিষ্ট একটি সুরশলাকার সাথে 8 টি স্বরকম্প উৎপন্ন করে। সুরশলাকা কর্তৃক নিঃসৃত সুরের কম্পাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম। অর্গান নলের দৈর্ঘ্য কী পরিমাণ বাড়ালে, এটি সুরশলাকার সাথে একতালে বাজবে? গুরু বায়ুতে শব্দের বেগ = 286 m s⁻¹।

[উ: 1.69 cm] [কয়েট ২০০৫-২০০৬]

৭৩। 1m ও 1.01 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি শব্দ তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে 3 টি বিট উৎপন্ন করে। বাতাসে শব্দের বেগ কত?

[উ: 303 m s⁻¹] [কয়েট ২০০৬-২০০৭]

৭৪। একটি সুতা $y = 5 \cos \frac{\pi x}{3} \sin 40 \pi t$ সমীকরণ অনুযায়ী স্পন্দিত হচ্ছে। যে তরঙ্গ দুটির উপরিপাতনের ফলে স্পন্দনটির সৃষ্টি হয় তার বিস্তার ও বেগ নির্ণয় কর। এখানে x ও y এর একক হচ্ছে cm এবং t এর একক হচ্ছে s।

[উ: 2.5 cm; 120 cm s⁻¹] [বুয়েট ২০১৩-২০১৪]

৭৫। একটি লাউড স্পিকারের শঙ্কু (cone) 262 Hz কম্পাঙ্কের সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দিত হয়। শঙ্কুর কেন্দ্রের বিস্তার $A = 1.5 \times 10^{-4}$ m এবং $t = 0$ সময়ে সরণ $x = A$ হয়। শঙ্কুর কেন্দ্রের গতি বর্ণনাকারী সমীকরণটি নির্ণয় কর। শঙ্কুর বেগ ও ত্বরণকে সময়ের ফাংশন হিসেবে প্রকাশ কর।

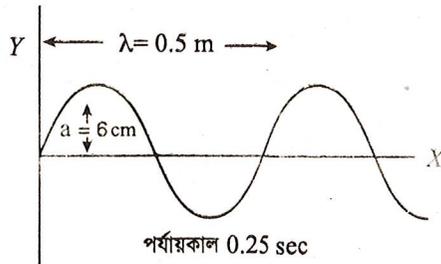
[উ: $x = 1.5 \times 10^{-4} \cos 524 \pi t$;

$v = -0.24693 \sin 524 \pi t$; $a = -406.493 \cos 524 \pi t$] [বুয়েট ২০১৪-২০১৫]

৭৬। একটি ফাঁকা মাঠে অনুষ্ঠিত কনসার্টে ব্যবহৃত একটি লাউড স্পিকার 250 W উৎপন্ন করে। লাউড স্পিকার হতে 20 m ও 30 m দূরে শব্দের তীব্রতা কত হবে? এই 10 m এর ব্যবধানে শব্দের ধ্বনি ডেসিবেলে কতটুকু হ্রাস পাবে?

[উ: 0.04976 W m⁻², 0.022116 W m⁻²; 3.52 dB] [বুয়েট ২০০২-২০০৩]

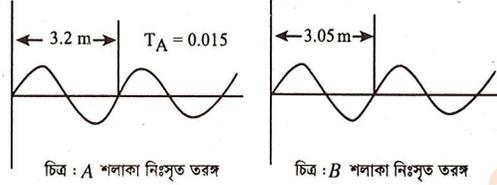
৭৭।



তরঙ্গটি 0.09 kg m⁻³ ঘনত্বের মাধ্যমের মধ্যদিয়ে সঞ্চালিত। [$I_0 = 10^{-12}$ W m⁻²] সৃষ্ট শব্দের তীব্রতা লেভেল কত নির্ণয় কর।

[উ: 113 dB] [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

- ৭৮। একটি অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $y = 0.1 \sin \left(200 \pi t - \frac{20 \pi}{17} x \right)$ SI একক হলে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? [উ: 1.7 m] [জা. বি. ২০১৭-২০১৮]
- ৭৯। তিনটি সুরশলাকা নেওয়া হলো যাদের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে 105 Hz, 315 Hz এবং 525 Hz। শলাকা তিনটি দিয়ে বায়ুতে শব্দ সৃষ্টি করলে সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত কী হবে? [উ: 15 : 5 : 3] [ঢা. বি. ২০১৭-২০১৮]
- ৮০। নিচের চিত্রে কোনো এক পরীক্ষাগারে দুটি সুর শলাকা A ও B কে শব্দায়িত করলে যে তরঙ্গ উৎপন্ন হয় তার লেখচিত্র দেখানো হলো :



(ক) পরীক্ষাগারে A শলাকার দ্বারা সৃষ্ট শব্দের বেগ কত নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের সুর শলাকা দুটি একত্রে বাজালে বিট উৎপন্ন করবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[উ: (ক) 320 m s^{-1} ; (খ) সুর শলাকার দুটির কম্পাঙ্কের পার্থক্য 4.91 Hz অতএব এদেরকে একত্রে বাজালে বিট উৎপন্ন হবে।] [কু. বো. ২০১৯]

- ৮১। P, Q ও R তিনটি সুরশলাকা একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে রাখা হলো। P সুরশলাকার 4টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্য Q-এর 5টি পূর্ণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান। তাদের মধ্যে কম্পাঙ্কের পার্থক্য 60 Hz , কিন্তু R সুরশলাকা দ্বারা সৃষ্ট অগ্রগামী তরঙ্গের সমীকরণ $Y = 0.2 \sin 2\pi \left(100 t - \frac{x}{15} \right) \text{ m}$

(ক) উদ্দীপকের P ও Q সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) কী পদক্ষেপ নিলে R সুরশলাকার তরঙ্গ দ্বারা স্থির তরঙ্গ পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) $f_P = 240 \text{ Hz}$ এবং $f_Q = 300 \text{ Hz}$; (খ) $y = 0.4 \cos \frac{2\pi}{15} x \sin \frac{2\pi}{15} (300 t)$ যা একটি স্থির তরঙ্গ] [চ. বো. ২০১৯]

- ৮২। A সুরশলাকা দ্বারা সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গের সমীকরণটি হলো $y = 0.7 \sin \pi (500t - 1.47x)$ । সমীকরণটিতে উল্লিখিত সকল রাশি SI এককে প্রকাশ করা হয়েছে। অপর একটি B সুরশলাকা সনোমিটারের তারের 0.25 m দৈর্ঘ্য সৃষ্ট মূল সুরের সাথে ঐকতান সৃষ্টি করে। সনোমিটারের তারটি 5 kg-wt বল দ্বারা টানা এবং তারটির 1 m দৈর্ঘ্যের ভর 3 gm ।

(ক) A সুরশলাকা দ্বারা সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? নির্ণয় কর।

(খ) A ও B কে একত্রে কাঁপানো হলে বিট শোনা যাবে কি না তা বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) 0.735 m ; (খ) সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 255 Hz এবং B সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 250 Hz , সুতরাং এদেরকে একত্রে কাঁপানো হলে 5টি বিট উৎপন্ন হবে।] [দি. বো. ২০১৯]