সপ্তম অধ্যায়

তরঙ্গ ও শব্দ

WAVES AND SOUND

[পুকুরের পানিতে ঢিল ছুড়লে আমরা তরঙ্গ দেখতে পাই। তরঙ্গ শক্তিকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে বয়ে নিয়ে যায়। শব্দ এক প্রকার তরঙ্গ। শব্দ শক্তি আমাদেরকে শ্রবণের অনুভূতি জাগায়। শব্দের মাধ্যমেই আমরা তথ্য প্রেরণ করতে পারি। তাই শব্দ আমাদের জীবনের সাথে ওতপ্রোতভাবে জড়িত। আবার শব্দ দূষণ আমাদের মারাত্মক ক্ষতি করে। এই অধ্যায়ে আমরা তরঙ্গ, শব্দ, শব্দের প্রতিধ্বনি, শব্দের বেগ, শব্দ দূষণ প্রভৃতি নিয়ে আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা–

১. তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. তরঙ্গসংশ্লিষ্ট রাশিসমূহের মধ্যে সরল গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং পরিমাপ করতে পারব।
৩. শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. প্রতিধ্বনি সৃষ্টি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. দৈনন্দিন জীবনে প্রতিধ্বনির ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. শব্দের বেগ, কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং তা থেকে রাশিসমূহ পরিমাপ করতে পারব।
৭. শব্দের বেগের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. শ্রাব্যতার সীমা ও এদের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. শব্দের পীচ ও তীক্ষ্ণতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. শব্দ দূষণের কারণ ও ফলাফল এবং প্রতিরোধের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।

৭.১ তরঙ্গ
Waves

পুকুরের স্থির পানিতে একটি ঢিল ছুড়ে মারা হলো। ঢিলটি যখন পানিতে আঘাত করে তখন ঐ স্থানের পানির কণাগুলো আন্দোলিত হয়। এই আন্দোলিত কণাগুলো পার্শ্ববর্তী স্থির কণাগুলোকে আন্দোলিত করে। এভাবে কণা হতে কণাতে স্থানান্তরিত হয়ে আন্দোলন অবশেষে পুকুরের কিনারায় গিয়ে পৌঁছায়। পানির কণাগুলো শুধু উপর নিচে উঠানামা করে কিন্তু সামনের দিকে অগ্রসর হয় না। প্রত্যেক কণার এই ধরনের গতির ফলে যে পর্যায়বৃত্ত আন্দোলন পানির উপর দিয়ে চলে যায় তাকেই তরঙ্গ বলে। পানিতে আন্দোলনের কারণে পানির কণাসমূহে যে যান্ত্রিক শক্তির সৃষ্টি হয় তা কম্পনের মাধ্যমে একস্থান হতে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়। সুতরাং তরঙ্গ দ্বারা শক্তি একস্থান থেকে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়।

চিত্র: ৭.১

যে পর্যায়বৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থায়ীভাবে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তা যান্ত্রিক তরঙ্গ। পানির তরঙ্গ,শব্দ তরঙ্গ প্রভৃতি যান্ত্রিক তরঙ্গ। যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের প্রয়োজন। আর এক ধরনের তরঙ্গ আছে যা সঞ্চালনের জন্য কোনো মাধ্যম লাগে না। এরা হলো তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ।

উল্লেখ্য যে বর্তমান অধ্যায়ে আমাদের আলোচনা শুধুমাত্র যান্ত্রিক তরঙ্গের মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখবো। এখানে তরঙ্গ বলতে স্থিতিস্থাপক মাধ্যমে সৃষ্ট তরঙ্গকে বুঝবো।

তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ

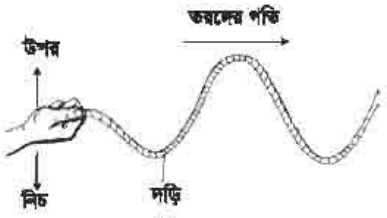
১. মাধ্যমের কণাগুলোর স্পন্দন গতির ফলে তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কিন্তু কণাগুলোর স্থায়ী স্থানান্তর হয় না।
২. যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন।
৩. তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালন করে।
৪. তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।
৫. তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন ঘটে।

তরঙ্গের প্রকারভেদ

তরঙ্গ দুই প্রকার: ১) অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ২) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।

কাজ : চিত্রের ন্যায় একটা লম্বা দড়ি নাও। দড়ির একপ্রান্ত একটি শক্ত অবলম্বনের সাথে আটকাও। অপর প্রান্ত ধরে হাত উপর–নিচে বা ডানে–বামে সঞ্চালন কর।

দড়িতে এবার ৭.২ চিত্রের ন্যায় একটি তরঙ্গের সৃষ্টি হবে। লক্ষ কর হাতের সঞ্চালন বা কম্পনের দিক উপর–নিচ বা ডানে–বামে কিন্তু তরঙ্গের গতির দিক অনুভূমিক। এখানে কম্পনের দিক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে আড়াআড়ি বা প্রস্থ বরাবর। এই তরঙ্গই হচ্ছে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ। সুতরাং আমরা বলতে পারি, যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে লম্বভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে। পানির তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গের উদাহরণ।

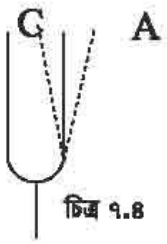


চিত্র: ৭.২

চিত্র ৭.৩

একটি স্প্রিংকে ৭.৩ চিত্রের ন্যায় আটকানো হলো। এবার আমরা উক্ত স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্ত ধরে চিত্রের ন্যায় সামনে–পিছে হাত সঞ্চালন করি। হাত সামনের দিকে নিলে স্প্রিং–এ একটি সংকোচন প্রবাহের সৃষ্টি হবে আবার হাত পিছনের দিকে নিলে একটি প্রসারণ প্রবাহের সৃষ্টি হবে। সংকোচন ও প্রসারণ প্রবাহ সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। এখানে হাতের সঞ্চালন বা কম্পন যেদিকে তরঙ্গও সেই দিকে অগ্রসর হয়। অর্থাৎ এখানে কম্পনের দিক এবং তরঙ্গের গতির দিক পরস্পর সমান্তরাল বা একই। সুতরাং আমরা বলতে পারি, যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে। বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের উদাহরণ।

অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন বিন্দুকে তরঙ্গশীর্ষ ও তরঙ্গপাদ বলে। অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গে অনুরূপ রাশি হচ্ছে সংকোচন ও প্রসারণ।

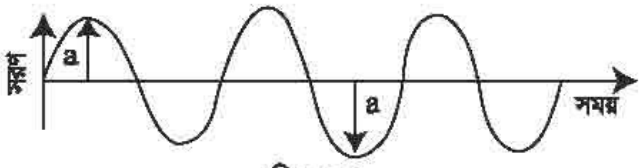


চিত্র ৭.৪

৭.২ তরঙ্গসংশ্লিষ্ট রাশি
Wave related quantities

পূর্ণ স্পন্দন : তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণা একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে আবার একই দিক থেকে সেই বিন্দুতে ফিরে এলে তাকে একটি পূর্ণ স্পন্দন বলা হয়

পর্যায়কাল : যে সময় পরপর তরঙ্গের পুনরাবৃত্তি ঘটে। অর্থাৎ যে সময়ে তরঙ্গের উপরস্থ কোন কণার একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন হয় তাকে পর্যায়কাল বলে। পর্যায়কালকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক সেকেন্ড (s)।



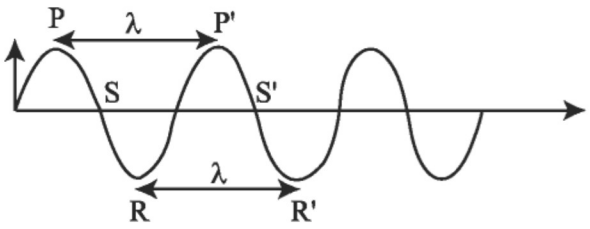
চিত্র: ৭.৫

কম্পাঙ্ক : প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে। তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কম্পনশীল বস্তু থেকে তাই কম্পনশীল বস্তুর কম্পাঙ্ক তরঙ্গের কম্পাঙ্কের সমান। কম্পাঙ্কের একক হার্জ (Hz)। স্পন্দনশীল কোনো বস্তুকণা এক সেকেন্ডে একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করলে তার কম্পাঙ্ককে 1 Hz বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের সম্পর্ক হলো $f=\frac{1}{T}$

বিস্তার : তরঙ্গ সৃষ্টি হতে হলে মাধ্যমের কণাগুলোর সাম্যাবস্থানের দুই পাশে কম্পিত হতে হবে। সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে তরঙ্গাস্থিত কোন কণার সর্বাধিক সরণকে বিস্তার বলে। ৭.৫ চিত্রে a হলো বিস্তার।

দশা : কোনো একটি তরঙ্গায়িত কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সামগ্রিক অবস্থা প্রকাশক রাশিকে তার দশা বলে। গতির সামগ্রিক অবস্থা বলতে কণার গতির দিক, সরণ, বেগ,ত্বরণ ইত্যাদি বুঝায়। অনুপ্রস্থ তরঙ্গের ঊর্ধ্বচূড়াসমূহ বা নিম্নচূড়াসমূহ সর্বদা একই দশায় থাকে।

৭.৬ চিত্রে P এবং P' বা R ও R' অবস্থানের কণাগুলো একই দশায় আছে।



চিত্র ৭.৬

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য : তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার একটি পূর্ণ কম্পনে যে সময় লাগে সেই সময়ে তরঙ্গ যেটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে। তরঙ্গের উপর একই দশায় আছে এমন পরপর দুইটি কণার মধ্যবর্তী দূরত্বই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যকে λ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এর একক মিটার (m)।

চিত্রে PP' বা RR' বা SS' দৈর্ঘ্য হলো তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ।

তরঙ্গ বেগ : নির্দিষ্ট দিকে তরঙ্গ এক সেকেন্ডে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ বেগ বলে।

৭.৩ তরঙ্গ সংশ্লিষ্ট কয়েকটি সম্পর্ক

A few relations related to wave

কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি স্পন্দনশীল বস্তুকণা 1 সেকেন্ডে যতটা স্পন্দন সম্পন্ন করে তাকে কম্পাঙ্ক বলে। এই কম্পাঙ্ককে f দ্বারা সূচিত করা হয়। আবার পর্যায়কাল T হলে

T সেকেন্ডে স্পন্দনের সংখ্যা 1টি

1 সেকেন্ডে ,, ,, $\frac{1}{T}$ টি

1 সেকেন্ডের এই স্পন্দন সংখ্যাই কম্পাঙ্ক। সুতরাং কম্পনাঙ্ক $f = \frac{1}{T}$ (7.1)

তরঙ্গবেগ ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি 1 সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণস্পন্দন সম্পন্ন হয় তাকে কম্পাঙ্ক বলে। আবার 1 টি পূর্ণ স্পন্দনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্বকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। সুতরাং তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

1 টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = λ

f টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = $f\lambda$

যেহেতু কম্পাঙ্ক f তাই f টি পূর্ণ তরঙ্গ তৈরি হয় 1 সেকেন্ডে

সুতরাং 1 সেকেন্ডে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = $f\lambda$

এটাই তরঙ্গবেগ v। সুতরাং তরঙ্গ বেগ

$v = f\lambda$ (7.2)

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

আমরা জানি,

বেগ, $v = f\lambda$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340\ \text{ms}^{-1}}{0.2\ \text{m}} = 1700\ \text{Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1700\ \text{s}^{-1}} = 0.000588\ \text{s}$$

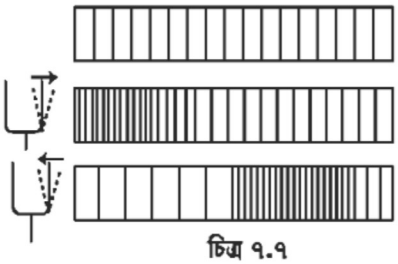
$$= 5.88 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

নির্ণেয় কম্পাঙ্ক 1700 Hz ; পর্যায়কাল 5.88×10^{-4} s

দেওয়া আছে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 20\ \text{cm} = 0.2\ \text{m}$
শব্দের বেগ, $v = 340\ \text{ms}^{-1}$
কম্পাঙ্ক, $f = ?$
পর্যায়কাল, $T = ?$

৭.৪ শব্দ তরঙ্গ
Sound wave

আমরা জানি শব্দ এক প্রকার শক্তি। এই শক্তি সঞ্চালিত হয় শব্দ তরঙ্গের মাধ্যমে। শব্দ তরঙ্গ হলো একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। এই তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় মাধ্যমের কণাগুলোর বা স্তরসমূহের সংকোচন ও প্রসারণের সৃষ্টি হয় (চিত্র ৭.৭)। মাধ্যম দিয়ে সঞ্চালিত হয়ে এই শব্দতরঙ্গ আমাদের কানে এসে শ্রবণের অনুভূতি জাগায়। উল্লেখ্য যে উৎসের কম্পন ছাড়া শব্দের উৎপত্তি হয় না। সুরশলাকা, কাসার বাটি, স্কুলের ঘন্টা যখন বাজে তখন হাত দিয়ে আস্তে আস্তে স্পর্শ করলে বুঝতে পারবে যে ওটা কাঁপছে। যখন তুমি কথা বল তখন যদি তোমার কণ্ঠনালী স্পর্শ কর দেখবে তোমার কণ্ঠনালী কাঁপছে।



চিত্র ৭.৭

কর্মকাণ্ড : একটি কাঁসার বাটিতে পানি নাও। বাটিকে আঘাত কর। শব্দ শুনতে পাচ্ছো। পানিতে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ঢেউও দেখতে পাচ্ছো। এবার হাত দিয়ে বাটিটিকে ধরো। শব্দ কি এখন শুনতে পাচ্ছো? পানির ঢেউ কি আছে?

যতক্ষণ বাটিটি শব্দ সৃষ্টি করছিল ততক্ষণ সেটি কেঁপেছে তাই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তরঙ্গের সৃষ্টি হয়েছে। বাটিটির শব্দ থেমে গেলে তার কম্পনও থেমে গেছে আর ঢেউও থেমে গেছে। সুতরাং বোঝা গেল কম্পমান বস্তু শব্দ সৃষ্টি করে। কিন্তু কোনো বস্তু কাঁপলেই যে আমরা সেই শব্দ শুনতে পারবো এমন কোনো কথা নেই। শব্দের উৎস ও শ্রোতার মাঝে একটি জড় মাধ্যম থাকতে হবে এবং উৎসের কম্পাঙ্ক $20H_z$ থেকে $20{,}000H_z$ এর মধ্যে হতে হবে।

চিত্র: ৭.৮

শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য

কোনো বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। তাই শব্দকে একটি যান্ত্রিক তরঙ্গ বলা হয়। এই তরঙ্গের প্রবাহের দিক এবং কম্পনের দিক একই বলে এটি একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। শব্দ তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। বায়বীয় মাধ্যমে এর বেগ কম, তরলে তার চেয়ে বেশি, কঠিন পদার্থে আরো বেশি। শব্দের তীব্রতা তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ তরঙ্গের বিস্তার বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হবে। শব্দ তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন সম্ভব। শব্দের বেগ মাধ্যমের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার উপরও নির্ভরশীল।

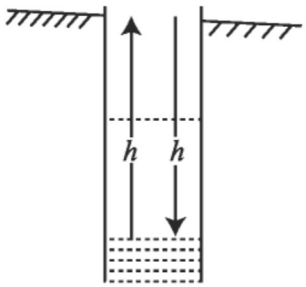
৭.৫ প্রতিধ্বনি
Echo

নদীর পাড়ে দাঁড়িয়ে শব্দ করলে কিছুক্ষণ পর সেই শব্দের পুনরাবৃত্তি শোনার অভিজ্ঞতা হয়তো আমাদের অনেকেরই আছে। পাহাড় বা দালানের কাছে জোরে শব্দ করলে অনুরূপ ঘটনা ঘটে। বড় খালি ঘরের একপ্রান্তে ধ্বনি করলে কিছুক্ষণ পর ঠিক সেই শব্দ শোনা যায়। এসব ঘটনা শব্দের প্রতিফলনের জন্য ঘটে।

যখন কোনো শব্দ মূল শব্দ থেকে আলাদা হয়ে মূল শব্দের পুনরাবৃত্তি করে, তখন ঐ প্রতিফলিত শব্দকে প্রতিধ্বনি বলে। সহজ কথায় প্রতিফলনের জন্য ধ্বনির পুনরাবৃত্তিকে প্রতিধ্বনি বলে।

প্রতিফলকের নূন্যতম দূরত্ব

কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দ বা ধ্বনি কানে শোনার পর সেই শব্দের রেশ প্রায় $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড যাবৎ আমাদের মস্তিষ্কে থেকে যায়। একে শব্দানুভূতির স্থায়ীত্বকাল বলে। এই $\frac{1}{10}$ সেকেন্ডের মধ্যে অন্য শব্দ কানে এসে পৌঁছালে তা আমরা আলাদা করে শুনতে পাই না। সুতরাং কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে হলে প্রতিফলককে উৎস থেকে এমন দূরত্বে রাখতে হবে যাতে মূল শব্দ প্রতিফলিত হয়ে কানে ফিরে আসতে অন্তত $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড সময় নেয়। যদি 0^0C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 332 ms^{-1} ধরা হয় তাহলে $\frac{1}{10}$ সেকেন্ডে শব্দ 33.2 m যায়। সুতরাং প্রতিফলককে শ্রোতা থেকে কমপক্ষে $\frac{33.2}{2}$ m বা 16.6 m দূরত্বে রাখতে হবে।



চিত্র: ৭.৯

এবার বল ছোট্ট ঘরে শব্দের প্রতিধ্বনি শোনা যায় না কেন?

৭.৬ প্রতিধ্বনির ব্যবহার
Uses of echo

কূপের গভীরতা নির্ণয় : প্রতিধ্বনির সাহায্যে খুব সহজে কূপের মধ্যে পানির উপরিতল কত গভীরে আছে তা নির্ণয় করা যায়। কূপের উপরে কোনো শব্দ উৎপন্ন করলে সেই শব্দ পানি পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে এলে প্রতিধ্বনি শোনা যায়। এখন শব্দ উৎপন্ন করা ও সেই শব্দের প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় থামা ঘড়ির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। ধরা যাক, পানি পৃষ্ঠের গভীরতা h ,

শব্দ উৎপন্ন করা ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় t,

শব্দের বেগ v,

এখন শব্দ উৎপন্ন হওয়ার পর পানি পৃষ্ঠে প্রতিফলিত হয়ে শ্রোতার কাছে ফিরে আসতে যেহেতু $2h$ দূরত্ব অতিক্রম করে

অতএব, $2h = v \times t$

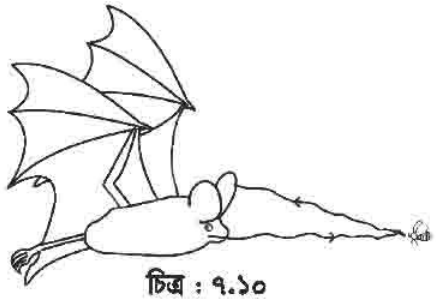
$$\text{বা } h = \frac{v \times t}{2} \qquad (7.3)$$

কূপের পানি পৃষ্ঠের গভীরতা 16.6 মিটারের কম হলে, প্রতিধ্বনি ভিত্তিক এই পরীক্ষাটি করা সম্ভব হবে না।

একইভাবে ভূগর্ভের খনিজ পদার্থের সন্ধান লাভে এ পদ্ধতি ব্যবহার হচ্ছে।

বাদুরের পথচলা

শব্দের প্রতিধ্বনির সাহায্যেই বাদুর পথ চলে। বাদুর চোখে দেখে না। বাদুর শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করতে পারে আবার শুনতেও পারে।এই শব্দ আমরা শুনতে পাই না। বাদুর শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করে সামনে ছড়িয়ে দেয়। ঐ শব্দ কোনো প্রতিবন্ধকে বাধা পেয়ে আবার বাদুরের কাছে চলে আসে।ফিরে আসা শব্দ শুনে বুঝতে পারে যে সামনে কোনো বস্তু আছে কিনা। বাদুর এভাবে তার শিকারও ধরে। যদি বাধা পেয়ে শব্দ



চিত্র : ৭.১০

ফিরে না আসে তবে বুঝতে পারে যে ফাঁকা জায়গা আছে, সেই পথ বরাবর সে উড়ে চলে। অনেক সময় বাদুর বৈদ্যুতিক তারের সঠিক অবস্থান নির্ণয় করতে ব্যর্থ হয়। ফলে সমান্তরাল দুই তারের মধ্য দিয়ে উড়ে চলার সময় যখনই ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তার (বা সক্রিয় ও নিরপেক্ষ তার) বাদুরের শরীরের মাধ্যমে সংযোগ পেয়ে যায় তখনই বাদুরের শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় আর সে মারা যায়। এজন্য মাঝেমধ্যে বৈদ্যুতিক তারে ঝুলন্ত মরা বাদুর দেখা যায়।

বাদুর প্রায় 1,00000 হার্জ কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করতে ও শুনতে পারে।

৭.৭ শব্দের বেগের পরিবর্তন

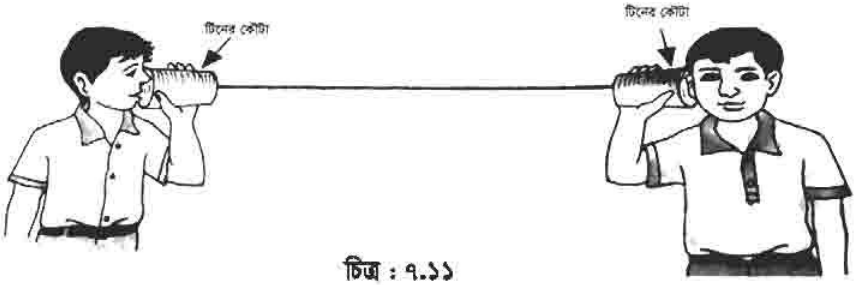
Variation of velocity of sound

শব্দ উৎস থেকে আমাদের কানে শব্দ আসতে কিছুটা সময় নেয়। প্রতি সেকেন্ডে শব্দ যতটা পথ অতিক্রম করে তাকে শব্দের বেগ বলে। শব্দের বেগ কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

মাধ্যমের প্রকৃতি : বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ বিভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বায়ু, পানি এবং লোহাতে শব্দের বেগ ভিন্ন ভিন্ন। 20^0C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344 m s^{-1}, পানিতে 1450 m s^{-1}, আর লোহায় 5130 m s^{-1}। সাধারণভাবে বলা যায় বায়ুতে শব্দের বেগ কম,তরলে তার চেয়ে বেশি আর কঠিন পদার্থে সবচেয়ে বেশি।

নিজেরা কর : দুইটি খালি টিনের কৌটা নাও। প্রায় বিশ মিটার লম্বা চিকন তার দ্বারা কৌটা দুইটিকে সংযুক্ত কর। তোমার বন্ধু একটা কৌটায় মুখ লাগিয়ে কথা বলছে। অপর কৌটায় তুমি কান লাগিয়ে সেই কথা শোনার চেষ্টা কর।

তুমি কি কথা শুনতে পারবে? হ্যাঁ শুনতে পারবে। কারণ এখানে শব্দ সঞ্চালিত হচ্ছে তার দ্বারা যা একটি কঠিন পদার্থ।



চিত্র : ৭.১১

তাপমাত্রা: বায়ুর তাপমাত্রা যত বাড়ে বায়ুতে শব্দের বেগও তত বাড়ে। এজন্য শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে শব্দের বেগ বেশি।

হিসাব কর : 20^0C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344 m s^{-1}। 0^0C তাপমাত্রায় বেগ 332 m s^{-1}। প্রতি 1^0C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বায়ুতে শব্দের বেগ কতটুকু বৃদ্ধি পায়?

বায়ুর আর্দ্রতা : বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়। এজন্য শুষ্ক বায়ুর চেয়ে ভেজা বায়ুতে শব্দের বেগ বেশি।

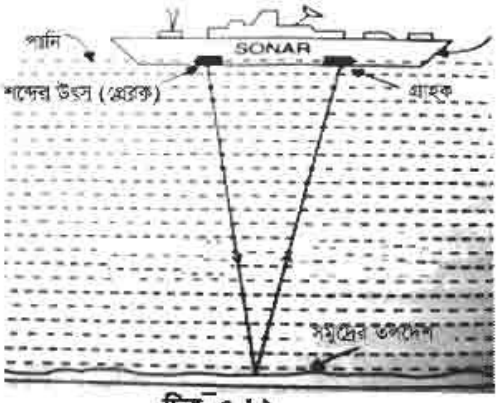
৭.৮ শ্রাব্যতার সীমা ও এদের ব্যবহার

Audibility range and its uses

আমরা জানি, বস্তুর কম্পন ছাড়া শব্দ উৎপন্ন হয় না। যদি কোনো বস্তু প্রতি সেকেন্ডে কমপক্ষে 20 বার কাঁপে তবে সেই বস্তু থেকে উৎপন্ন শব্দ শোনা যাবে। এভাবে আবার কম্পন যদি প্রতি সেকেন্ডে 20,000 বার এর বেশি হয় তাহলেও শব্দ শোনা যাবে না। সুতরাং আমাদের কানে যে শব্দ শোনা যায় তার কম্পাঙ্কের সীমা হলো 20 Hz থেকে 20,000 Hz। কম্পাঙ্কের এই পাল্লাকে শ্রাব্যতার পাল্লা (Audible Range) বলে। যদি কম্পাঙ্ক 20 Hz এর কম হয় তবে তাকে শব্দেতর (Infrasonic) কম্পন বলে। যদি কম্পাঙ্ক 20,000Hz এর বেশি হয় তবে তাকে শব্দোত্তর (Ultrasonic) কম্পন বলে। শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ মানুষে শুনতে না পেলেও বাদুর, কুকুর, মৌমাছির ন্যায় কিছু কিছু প্রাণী এ শব্দ উৎপন্ন করতে পারে আবার শুনতেও পারে।

শব্দোত্তর শব্দের প্রয়োগ ও ব্যবহার

সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়: সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়ের জন্য SONAR নামক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। SONAR এর পুরো নাম Sound Navigation And Ranging।এই যন্ত্রে শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের ব্যবস্থা আছে।



চিত্র: ৭.১২

পানির মধ্যে এই যন্ত্রের সাহায্যে শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে প্রেরণ করা হয়। এই শব্দ সমুদ্রের তলদেশে বাধা পেয়ে আবার উপরে উঠে আসলে গ্রাহক যন্ত্রের সাহায্যে গ্রহণ করা হয়। শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের সময় রেকর্ড করে বিয়োগ করলে শব্দের ভ্রমণকাল বের করা যায়। ধরা যাক এই সময় t এবং সমুদ্রের গভীরতা d। যদি পানিতে শব্দের বেগ v হয় তবে,

$2d = v \times t$

or, $d = \frac{v \times t}{2}$ (7.4)

শব্দ যাওয়া ও আসা মিলে $d + d = 2d$ পথ অতিক্রম করে। এখন শব্দের বেগ জেনে উপরের সমীকরণের সহায্যে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায়।

কাপড়ের ময়লা পরিষ্কার করা: আজকাল আধুনিক ওয়াশিং মেশিন বের হয়েছে যার দ্বারা সহজে কাপড় পরিষ্কার করা যায়। পানির মধ্যে সাবান বা গুড়ো সাবান মিশ্রিত করে কাপড় ভিজিয়ে রেখে সেই পানির মধ্যে শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ প্রেরণ করা হয়। এই শব্দ কাপড়ের ময়লাকে বাইরে বের করে আনে এবং কাপড় পরিষ্কার হয়ে যায়।

রোগ নির্ণয়ে : মানুষের দেহের অভ্যন্তরীণ ছবি এক্সরে দ্বারা যেমন তোলা যায় তেমন শব্দোত্তর কম্পনের শব্দের সাহায্যে ছবি তুলে রোগ নির্ণয় করা যায়। এই প্রক্রিয়ার নাম আল্ট্রাসনোগ্রাফি (Ultrasonography)। এই শব্দ দেহের অভ্যন্তরে প্রেরণ করা হয় এবং প্রতিফলিত শব্দকে আলোক শক্তিতে রূপান্তর করে টেলিভিশনের পর্দায় ফেলা হয়। ফলে কোনো রোগ থাকলে ধরা পড়ে।

চিকিৎসা ক্ষেত্রে: দাঁতের স্কেলিং বা পাথর তোলার জন্য শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ ব্যবহৃত হয়। কিডনির ছোট পাথর ভেঙে গুড়া করে তা অপসারণের কাজেও এই শব্দ ব্যবহৃত হয়।

অন্যান্য কাজে: ধাতব পিন্ড বা পাতে সূক্ষ্মতম ফাটল অনুসন্ধানে,সূক্ষ্ম ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করার কাজে, ক্ষতিকর রোগজীবাণু ধ্বংসের কাজেও শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ ব্যবহৃত হয়।

শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দের ব্যবহার :

শব্দোত্তর কম্পনের সীমা হচ্ছে 1 Hz থেকে 20 Hz। এই কম্পনের শব্দ মানুষ শুনতে পায়না তবে কোনো কোনো জীবজন্তু শুনতে পায়। হাতি এই কম্পনের শব্দ দ্বারা নিজেদের মধ্যে যোগাযোগ রক্ষা করে চলে। কোনোরূপ বিকৃতি ছাড়া এই শব্দ বহুদূর পর্যন্ত যেতে পারে। ভূমিকম্প এবং পারমাণবিক বিস্ফোরণের সময় এই শব্দোত্তর কম্পনের সৃষ্টি হয় এবং প্রবল ঝাকুনির মাধ্যমে ধ্বংস যজ্ঞ চালায়।

চিত্র: ৭.১৩

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২ : নদীর এক পাড়ে দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি হাততালি দিল। ঐ শব্দ নদীর অপর পাড় থেকে ফিরে এসে 1.5 s পর প্রতিধ্বনি শোনা গেল। ঐ সময় বায়ুতে শব্দের বেগ $340\ \text{m s}^{-1}$ হলে নদীটির প্রশস্ততা কত?

সমাধান : ধরা যাক নদীর প্রশস্ততা d। সুতরাং আমরা পাই,

$$2d = v \times t$$

$$\text{অতএব } d = \frac{v \times t}{2}$$

$$= \frac{340\ \text{m s}^{-1} \times 1.5\ \text{s}}{2}$$

$$= 255\ \text{m}$$

এখানে,
বেগ $v = 340\ \text{m s}^{-1}$
সময় $t = 1.5\ \text{s}$,
প্রশস্ততা $d = ?$

সুতরাং নদীর প্রশস্ততা 255 m

৭.৯ সুরযুক্ত শব্দ ও তার বৈশিষ্ট্য

Musical sound and its characteristics

আমরা প্রতিদিন বহুরকম শব্দ শুনতে পাই। রাস্তা দিয়ে যানবাহন চলাচলের শব্দ, হাটবাজারের শব্দ,বর্ষাকালে বৃষ্টি পড়ার শব্দ,বিভিন্ন বাদ্যযন্ত্রের শব্দ ইত্যাদি আমরা প্রতিদিন শুনে থাকি। এসকল শব্দের কিছু কিছু শুনতে শ্রুতিমধুর লাগে আর কিছু কিছু শুনতে শ্রুতিকটু লাগে। অনুভূতির দিক দিয়ে বিচার করলে শ্রুতিমধুর শব্দ হচ্ছে সুরযুক্ত শব্দ।

মূলত শব্দ উৎসের নিয়মিত ও পর্যায়বৃত্ত কম্পনের ফলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় এবং যা আমাদের কানে শ্রুতিমধুর বলে মনে হয় তাকে সুরযুক্ত শব্দ বলে। গিটার, বেহালা, বাশের বাঁশি প্রভৃতি বাদ্যযন্ত্রের শব্দ সুরযুক্ত শব্দ।

সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য

সুরযুক্ত শব্দের তিনটি বৈশিষ্ট্য আছে– প্রাবল্য বা তীব্রতা (Loudness or Intensity), তীক্ষ্ণতা (Pitch) এবং গুণ বা জাতি (Quality or Timbre)।

প্রাবল্য বা তীব্রতা: প্রাবল্য বা তীব্রতা বলতে শব্দ কতটা জোরে হচ্ছে তা বুঝায়। শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। SI প তিতে শব্দের তীব্রতার একক Wm^{-2}।

তীক্ষ্ণতা: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রাবল্যের খাদের সুর এবং চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বা পীচ বলে। তীক্ষ্ণতা উৎসের কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে। কম্পাঙ্ক যত বেশি হয়, সুর তত চড়া হয় এবং তীক্ষ্ণতা বা পীচ তত বেশি হয়।

গুণ বা জাতি: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের জন্য বিভিন্ন উৎস থেকে উৎপন্ন একই প্রাবল্য ও তীক্ষ্ণতাযুক্ত শব্দের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে গুণ বা জাতি বলে।

পুরুষের গলার স্বর মোটা কিন্তু নারী ও শিশুর গলার স্বর তীক্ষ্ণ কেন?

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

৭.১০ শব্দ দূষণ

Noise pollution

পারস্পরিক যোগাযোগ ও ভাব আদানপ্রদানের জন্য শব্দ প্রয়োজন। কিন্তু অপ্রয়োজনীয় শব্দ ও কোলাহল অসহ্য লাগে। বিভিন্ন উৎস থেকে উৎপন্ন জোরালো এবং অপ্রয়োজনীয় শব্দ যখন মানুষের সহনশীলতার মাত্রা ছাড়িয়ে বিরক্তি ঘটায় এবং স্বাস্থ্যের ক্ষতিসাধন করে তখন তাকে শব্দ দূষণ বলে।

মাইকের অবাধ ব্যবহার, ঢোলের শব্দ, বোমাবাজি, পটকা ফোটানোর আওয়াজ, কল কারখানার শব্দ, গাড়ির হর্নের আওয়াজ, উচ্চ ভলুমে চালিত টেপ রেকর্ডার ও টেলিভিশনের শব্দ, পুরনো গাড়ির ইঞ্জিনের শব্দ, উড়োজাহাজ ও যুদ্ধ বিমানের তীব্র শব্দ প্রভৃতি শব্দ দূষণের প্রধান কারণ।

অবিরাম তীব্র শব্দ মানসিক উত্তেজনা বাড়ায় ও মেজাজ খিটখিটে করে। শব্দ দূষণ বমি বমি ভাব, ক্ষুধা মন্দা, রক্তচাপ বৃদ্ধি, হৃদপিন্ড ও মস্তিষ্কের জটিল রোগ, অনিদ্রাজনিত অসুস্থতা, ক্লান্তি ও অবসাদগ্রস্থ হয়ে পড়া, কর্মক্ষমতা হ্রাস, স্মৃতিশক্তি হ্রাস, মাথা ঘোরা প্রভৃতি ক্ষতিকারক প্রভাব সৃষ্টি করে। হঠাৎ তীব্র শব্দ মানুষের শ্রবণশক্তি নষ্ট করতে পারে।

বর্তমানে শব্দ দূষণ মারাত্মক সমস্যার সৃষ্টি করছে। এর কবলে পড়ে প্রায়ই অসুস্থ রোগী এবং পরীক্ষার্থীরা ক্ষতিগ্রস্থ হচ্ছে। শব্দ দূষণের হাত থেকে বাচাঁর উপায় হলো শব্দ কমানো। এ প্রসঙ্গে আমরা কিছু পদক্ষেপ গ্রহণ করতে পারি। যেকোনো উৎসব বা অনুষ্ঠানে উচ্চস্বরে মাইক বাজানো থেকে বিরত থাকতে হবে। উৎসবে পটকা, বাজি ফুটানো নিষিদ্ধ করতে হবে। গাড়ির হর্ন অযথা বাজানো বা জোরে বাজানো পরিহার করা উচিত। কম শব্দ উৎপাদনকারী ইঞ্জিন বা যন্ত্রপাতি তৈরি এবং লোকালয় থেকে দূরে কলকারখানা ও বিমান বন্দর স্থাপন করেও আমরা শব্দদূষণের হাত থেকে রেহাই পেতে পারি। শহরের মাঝে মাঝে উন্মুক্ত জায়গা রাখা এবং রাস্তার ধারে গাছপালা লাগানো উচিত। কলকারখানায় শব্দ শোষণ যন্ত্রের ব্যবহার চালু করে এবং জনসচেতনতা বৃদ্ধি করে শব্দ দূষণ নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

অনুশীলনী

ক.বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে টিক (√) চিহ্ন দাও

১। শব্দ কোন ধরনের তরঙ্গ?

ক. তির্যক তরঙ্গ খ. তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ

গ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ ঘ. বেতার তরঙ্গ

২। শব্দের বেগ কোন মাধমে সবচেয়ে বেশি।

ক. কঠিন খ. তরল

গ. গ্যাসীয় ঘ. প্লাজমা

৩। বৈদ্যুতিক লাইনে মৃত বাদুর ঝুলে থাকতে দেখা যায় কেন ?

i. বৈদ্যুতিক তারগুলোর অবস্থান এবং মধ্যবর্তী দূরত্ব সম্পর্কে তাৎক্ষণিকভাবে সুস্পষ্ট ধারণা না থাকায়।

ii. সামনের দিকের শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রতিধ্বনি শুনতে না পাওয়ায়।

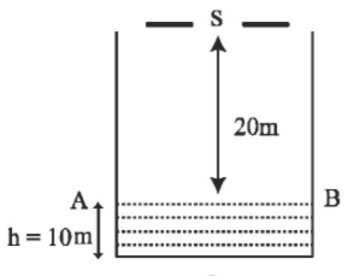
iii. বাদুর একটি তারে ঝুলে অপর তারটি স্পর্শ করায়।

নিচের কোন উত্তরটি সঠিক

ক. i ও ii খ. i ও iii

গ. ii ও iii ঘ. i, ii ও iii

চিত্রে S একটি শব্দ উৎস এবং AB পানির পৃষ্ঠতল। শব্দের বেগ 332 m s^{-1} ধরে নিয়ে এবং পার্শ্বের তথ্য ও চিত্রের ভিত্তিতে ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।



চিত্র

৪. পানির উচ্চতা h এর মান সর্বোচ্চ কত পর্যন্ত প্রতিধ্বনি শোনা যাবে ?

ক. 13.40 cm খ. 13.40 m

গ. 3.4 m ঘ. 3.4 cm

৫. প্রদত্ত চিত্রের ক্ষেত্রে প্রতিধ্বনি শুনতে কত সময় প্রয়োজন হবে ?

ক. 0.10 s খ. 0.12 s

গ. 0.14 s ঘ. 0.18 s

খ. সৃজনশীল প্রশ্ন

১। রাফসান দশম শ্রেণির নির্বাচনী পরীক্ষা দিচ্ছে। পরের দিন তার পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষা। পাশের বাড়িতে বিয়ের অনুষ্ঠান। সেখানে রাত দুইটা পর্যন্ত জোরে জোরে গান বাজলো।উচ্চ শব্দের জন্য তার পড়াশুনার দারুণ ব্যাঘাত ঘটলো। তার বাবা উচ্চরক্তচাপের রোগী। তাঁরও অসুবিধা হলো।

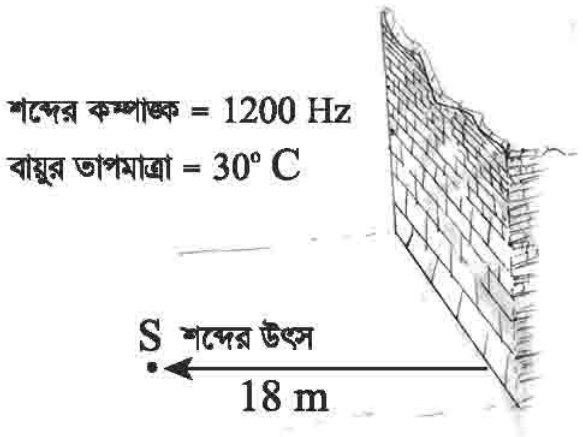
ক. শব্দদূষণ কী ?

খ. শব্দদূষণের কারণ ব্যাখ্যা কর।

গ. রাফসানের বাবার কী অসুবিধা হতে পারে এবং এ প্রসঙ্গে জনস্বাস্থ্যে শব্দ দূষণের প্রভাব লিখ।

ঘ. রাফসানের এলাকায় শব্দদূষণ প্রতিরোধে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে?

২।



ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

খ) পানির ঢেউ অনুপ্রস্থ তরঙ্গ কেন? ব্যাখ্যা কর

গ) শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ঘ) S অবস্থান থেকে প্রতিধ্বনি শোনা সম্ভব কি? গাণিতিক যুক্তিসহ যাচাই কর।